

Elementi di fisica teorica

Carlo Oleari

10/07/2017

Risolvere i seguenti problemi tenendo presente che risultati non semplificati e non ridotti ai minimi termini non saranno ritenuti validi.

Problema 1

Uno specchio si muove parallelamente al suo piano. Un fascio di luce incide su questo specchio ad un angolo θ . A quale angolo verrà riflesso il fascio?

Problema 2

Si supponga che un osservatore in un sistema di riferimento inerziale \mathcal{S} a riposo rispetto alle stelle fisse lontane, le veda distribuite isotropicamente, ovvero, nell'angolo solido infinitesimo $d\Omega$, il numero di stelle che vede sia $dN = N/(4\pi)d\Omega$, dove N è il numero totale di stelle nel cielo.

Si supponga ora che ci sia un altro osservatore in un sistema \mathcal{S}' in moto con velocità v lungo la direzione x .

1. Calcolare la distribuzione angolare $D(\theta', \phi')$ delle stelle viste da questo osservatore. Ovvero, il numero di stelle che questo osservatore vede nel suo angolo solido infinitesimo $d\Omega'$ è $D(\theta', \phi') d\Omega'$.

2. Verificare che

$$\int_{\text{sfera}} d\Omega' D(\theta', \phi') = N,$$

ovvero che il numero delle stelle non cambia, e verificare anche che, per $v \rightarrow 0$, $D(\theta', \phi') \rightarrow N/(4\pi)$

3. Discutere l'andamento di $D(\theta', \phi')$ e dedurre come questo osservatore vedrà la distribuzione delle stelle nel cielo.

Problema 3

Un atomo eccitato con energia di eccitazione \mathcal{E}_0 decade in volo allo stato fondamentale di massa M emettendo un fotone di energia \mathcal{E} . Nel caso particolare in cui l'atomo nello stato finale risulta fermo, determinare \mathcal{E} in funzione di \mathcal{E}_0 ed M .

Problema 4

Nel processo di collisione elastica tra un fotone ed un elettrone, in moto lungo la stessa direzione ed in versi opposti, determinare quale deve essere la velocità iniziale dell'elettrone affinché, nel caso di riflessione nella direzione opposta a quella di incidenza, il fotone riflesso abbia la stessa energia \mathcal{E} di quello incidente.

Problema 5

In un sistema di riferimento inerziale \mathcal{S} sia dato il seguente quadripotenziale A^μ

$$A^\mu = (e^{-kz}, e^{-ky}, 0, 0),$$

dove k è una costante reale.

1. A^μ soddisfa il gauge di Lorentz? E il gauge di Coulomb ($\nabla \cdot \mathbf{A} = 0$)? Giustificare le risposte.
2. Qual è il quadripotenziale A'^μ in un sistema di riferimento \mathcal{S}' in moto rispetto ad \mathcal{S} con una velocità v diretta lungo l'asse delle z ?
3. A'^μ soddisfa il gauge di Lorentz? E il gauge di Coulomb? Giustificare le risposte.

Problema 6

Si consideri la cosiddetta densità Lagrangiana di Fermi per un campo elettromagnetico

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4}F^{\mu\nu}F_{\mu\nu} - \frac{\lambda}{2}(\partial_\mu A^\mu)^2$$

dove λ è un parametro reale arbitrario.

1. Scrivere le equazioni del moto per tale densità Lagrangiana.
2. Tale Lagrangiana è invariante di gauge? Che condizione ulteriore deve soddisfare una trasformazione di gauge affinché la densità Lagrangiana risulti invariante?

NB: Scrivere in modo chiaro e leggibile. Siete vivamente pregati di fare i calcoli prima in brutta copia, e di riportarli solo successivamente in bella copia. Formule e soluzioni pasticciate saranno pesantemente penalizzate, anche se corrette.