

## Elementi di fisica teorica

Carlo Oleari

11/10/2016

Risolvere, in sequenza, i seguenti problemi.

### Problema 1

Un razzo, partendo dalla terra, se ne allontana sottoposto ad una accelerazione  $a$  costante nel sistema di riferimento di quiete istantanea del razzo stesso.

- Ricavare la legge del moto, ovvero la dipendenza della distanza del razzo dalla terra, in funzione del tempo  $t$  terrestre.
- Mostrare che esiste un tempo massimo  $T$  dopo la partenza, dopo il quale risulta impossibile inviare da terra messaggi in grado di raggiungere il razzo. Calcolare la dipendenza di  $T$  da  $a$

### Problema 2

Uno specchio si sta muovendo con velocità  $v$  lungo una certa direzione, con la superficie riflettente perpendicolare alla direzione stessa. Un fascio di luce di frequenza  $\nu$  è diretto contro lo specchio ad un angolo  $\theta$  rispetto alla direzione del moto. Calcolare la direzione del raggio di luce riflessa.

### Problema 3

Un fotone incide su di un protone fermo nel sistema del laboratorio e dà origine al processo

$$\gamma + p \rightarrow n + \pi^+$$

Assumendo che le masse del protone e del neutrone siano approssimativamente uguali, indicate con  $m$ , e che la massa del pione sia  $m_\pi$ :

- Determinare l'energia minima che deve avere il fotone affinché il processo avvenga.
- In corrispondenza di tale energia, calcolare la vita media del  $\pi^+$  nel sistema di riferimento del laboratorio, sapendo che la vita media in quiete vale  $\tau_0$ .

### Problema 4

In un sistema di riferimento inerziale  $\mathcal{S}$  sono presenti un campo elettrico  $\vec{\mathbf{E}}$ , parallelo all'asse delle  $z$ , ed un campo magnetico  $\vec{\mathbf{B}}$ , parallelo all'asse delle  $x$ , uniformi e costanti, con  $|\vec{\mathbf{E}}| < |\vec{\mathbf{B}}|$ . Sia inoltre data una particella di carica  $q$  e massa  $m$  che all'istante  $t = 0$  si trovi nel punto  $\vec{\mathbf{r}}_0 = (x_0, y_0, z_0)$ , con momento relativistico  $\vec{\mathbf{p}}_0 = (p_{0x}, p_{0y}, p_{0z})$ . Si vuole studiare il moto di tale particella.

- a) A tal fine, sappiamo che esiste un sistema di riferimento  $\mathcal{S}'$  nel quale le equazioni relativistiche che descrivono il moto risultano semplificate, perché uno dei due campi è zero in tale sistema. Determinare tale sistema e calcolare posizione e momento iniziali della particella in tale sistema
- b) Studiare quantitativamente il moto della particella in  $\mathcal{S}'$ .
- c) Descrivere quindi come tale moto viene visto in  $\mathcal{S}$ .

### Problema 5

Si consideri la seguente densità Lagrangiana per i due campi scalari  $\phi$  (reale) e  $\psi$  (complesso)

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2} \partial_\mu \phi \partial^\mu \phi - \frac{1}{2} M^2 \phi^2 + \partial_\mu \psi^* \partial^\mu \psi - m^2 \psi^* \psi - \lambda \phi^2 \psi^* \psi$$

dove  $M$ ,  $m$  sono parametri aventi le dimensioni di una massa, mentre  $\lambda$  è un parametro adimensionato.

1. Scrivere le equazioni del moto per i due campi.
2. Applicando il teorema della Noether a seguito dell'invarianza per trasformazione di fase del campo  $\psi$ , scrivere la corrente conservata.
3. Verificare esplicitamente che la corrente così scritta sia conservata.

**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.