

# Elementi di fisica teorica

Carlo Oleari

13/2/2019

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

Scrivere in modo chiaro e leggibile. Si consiglia 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.

## Problema 1

Si vuole studiare l'effetto del moto di un atomo, rispetto ad un osservatore fisso, sulla frequenza della radiazione che esso emette. A tal fine:

- a) calcolare l'allargamento Doppler delle righe spettrali, ovvero la variazione percentuale in frequenza, che si osserva nella radiazione emessa a seguito di transizioni atomiche che avvengono in gas, alla temperatura assoluta  $T$ . Si consideri il caso  $kT \ll mc^2$ , dove la costante di Boltzmann  $k = 8.6 \times 10^{-5} \text{ eV K}^{-1}$ , ed  $m$  è la massa dell'atomo.
- b) Stimare tale valore per atomi leggeri a temperatura ambiente.

## Problema 2

Nel suo sistema di riferimento a riposo, un pione  $\pi^0$  di massa  $M$  decade isotropicamente in 2 fotoni. Si consideri ora il pione in volo con velocità  $v$  nel sistema del laboratorio. In questo sistema di riferimento, determinare esplicitamente la distribuzione angolare di ciascun fotone rispetto alla direzione di volo del pione.

## Problema 3

In un sistema di riferimento inerziale sia data una particella di massa  $m$  e carica  $q$ , con velocità iniziale  $\mathbf{v}(0) = (v_x(0), v_y(0), v_z(0))$ . Siano inoltre presenti un campo elettrico  $\mathbf{E}$ , parallelo all'asse delle  $y$ , e un campo magnetico  $\mathbf{B}$ , parallelo all'asse delle  $z$ , entrambi costanti, omogenei e tali che  $|\mathbf{E}| = |\mathbf{B}|$  in unità naturali.

Calcolare l'andamento del quadrimomento  $p^\mu$  in funzione del tempo proprio  $\tau$  e della velocità iniziale.

## Problema 4

Sia data la seguente Lagrangiana per un campo scalare reale  $\phi(x)$  ( $\lambda$  costante)

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2} \partial_\mu \phi \partial^\mu \phi - \frac{\lambda}{4} \phi^4.$$

- a) Scrivere l'equazione del moto per il campo scalare  $\phi(x)$ .
- b) Scrivere il tensore canonico energia-impulso.
- c) Verificare che tale tensore è conservato.

Commentare i risultati ottenuti.