

## Elementi di fisica teorica

Carlo Oleari

10/04/2018

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

- a) Calcolare la relazione che intercorre tra l'intervallo di tempo di emissione e l'intervallo di ricezione (nei rispettivi sistemi di riferimento) di impulsi elettromagnetici, per sistemi di riferimento in moto con velocità relativa  $v$ .
- b) Si considerino ora un'astronave che si avvicina alla terra con velocità  $v_1$ , ed una seconda che si allontana da terra, nella stessa direzione della prima, con velocità  $v_2$ . Dalla seconda astronave vengono inviati alla prima due segnali elettromagnetici, intervallati da un tempo  $\Delta T_2$  (tempo sulla seconda astronave). Calcolare l'intervallo  $\Delta T_1$  tra i tempi di ricezione sulla prima astronave.

### Problema 2

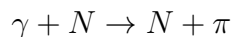
Un atomo eccitato di massa  $M$  in moto con velocità  $v$  nel sistema del laboratorio decade in uno stato di massa  $m$  emettendo un fotone.

Calcolare la relazione tra la velocità finale  $v'$  dell'atomo e l'angolo  $\theta$ , formato dalle direzioni di volo delle particelle finali

### Problema 3

Si consideri l'urto frontale di un fotone  $\gamma$  con energia  $E_\gamma$  con un nucleone  $N$  di energia  $E$ , nel sistema del laboratorio.

- a) Si calcoli l'energia minima che deve avere il nucleone affinché possa avvenire la reazione



- b) Nel caso in cui il fotone abbia temperatura di 3 K, si valuti numericamente l'energia trovata, sapendo che  $m_N = 940$  MeV e  $m_\pi = 140$  MeV.

Costante di Boltzmann =  $8.6 \times 10^{-5}$  eV K<sup>-1</sup>.

#### Problema 4

Una particella test di massa  $m$  e carica positiva  $q$  compie orbite circolari attorno ad una particella “fissa” (ovvero molto massiccia), avente carica positiva  $Q$ . Sia inoltre presente un campo magnetico  $B$  uniforme e perpendicolare al piano dell’orbita, il cui compito è quello di tenere la particella test in orbita. Nel sistema di riferimento inerziale solidale con la particella centrale, la particella test compie orbite circolari con frequenza angolare costante  $\omega$ . Calcolare il rapporto  $q/m$  per la particella test in funzione di  $\omega$ ,  $R$ ,  $B$  e  $Q$ .

#### Problema 5

Si consideri la seguente trasformazione non lineare di coordinate

$$x'^{\mu} = \frac{x^{\mu} + x^3 b^{\mu}}{a \cdot x}$$

con  $a^{\mu}$  e  $b^{\mu}$  tetravettori costanti. Calcolare il differenziale di tale trasformazione

$$dx'^{\mu} = K^{\mu\nu} dx_{\nu},$$

ovvero ricavare  $K^{\mu\nu}$ .

#### Problema 6

Ricordando la definizione del tensore duale del tensore campo elettromagnetico

$$*F^{\alpha\beta} = \frac{1}{2} \epsilon^{\alpha\beta\gamma\delta} F_{\gamma\delta},$$

dimostrare che

a)

$$*F_{\mu\nu} *F^{\mu\nu} = -F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}$$

b)

$$T_{\mu}^{\nu} \equiv \frac{1}{4} g_{\mu}^{\nu} F_{\alpha\beta} F^{\alpha\beta} - F_{\alpha\mu} F^{\alpha\nu} = -\frac{1}{2} (F_{\alpha\mu} F^{\alpha\nu} + *F_{\alpha\mu} *F^{\alpha\nu})$$