

# ESAME SCRITTO DI FISICA TEORICA I

23 settembre 2015

*Tempo massimo 2 ore. Non sono ammessi libri o appunti*

Si consideri l'elettrodinamica quantistica con due campi fermionici di Dirac di ugual carica e diversa massa (“elettrone” e “muone”) accoppiati al campo elettromagnetico. La lagrangiana è

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + \bar{\psi}_e (i\not{D} - m) \psi_e + \bar{\psi}_\mu (i\not{D} - M) \psi_\mu, \quad (1)$$

dove  $D_\mu = \partial_\mu - ieA_\mu$ ,  $A_\mu$  è il potenziale del campo elettromagnetico,  $e$  è la carica elettrica, e  $m$  ed  $M$  sono le due masse, con  $M \sim 100m$ .

- (1) Scrivere le regole di Feynman per la teoria.
- (2) Determinare il modulo quadro dell'ampiezza non-polarizzata per l'urto elastico  $e\mu$  al più basso ordine perturbativo, mantenendo la dipendenza dalle masse, ed esprimendo il risultato in termini di invarianti di Mandelstam.
- (3) Determinare lo spazio delle fasi ed il fattore di flusso nel sistema del centro di massa, scegliendo opportunamente le variabili cinematiche.
- (4) Determinare la sezione d'urto differenziale nel sistema del centro di massa, esprimendo il risultato in termini del modulo del tri-impulso  $p$  dell'elettrone entrante, e di un angolo.
- (5) Determinare la sezione d'urto differenziale nelle cinque regioni cinematiche in cui le due scale di massa dividono il range di energia accessibile: (i)  $p \ll m \ll M$ ; (ii)  $p \sim m \ll M$ ; (iii)  $m \ll p \ll M$ ; (iv)  $m \ll p \sim M$ ; (v)  $m \ll M \ll p$ .
- (6) Discutere e giustificare il comportamento della sezione d'urto differenziale nel limite  $p \rightarrow 0$  e nel limite in cui, quando  $p \gg M$ , gli impulsi dell'elettrone entrante ed uscente diventano paralleli.