

# ESAME SCRITTO DI FISICA TEORICA I

14 luglio 2021

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

Si consideri una teoria contenente un campo scalare complesso  $\phi$  ed un fermione di Dirac  $\psi$  accoppiati al campo elettromagnetico  $F^{\mu\nu}$ , avente lagrangiana

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + (D_\mu\phi)^*(D^\mu\phi) - m_\phi^2\phi^*\phi + \bar{\psi}(i\not{D} - m)\psi, \quad (1)$$

dove la derivata covariante  $D_\mu$  è definita come

$$D_\mu = \partial_\mu + ieA_\mu. \quad (2)$$

- (1) Determinare il tensore energia-impulso per la teoria data. Utilizzare il risultato per determinare la hamiltoniana, e scrivere quest'ultima in termini dei campi canonici e dei momenti ad essi coniugati.
- (2) Elencare le simmetrie interne (cioè che lasciano invariate le coordinate spazio-temporali) della teoria, e determinare le correnti di Noether classiche associate. A che leggi di conservazione corrispondono da un punto di vista fisico?
- (3) Scrivere le regole di Feynman per la teoria.
- (4) Determinare al primo ordine perturbativo il modulo quadro dell'ampiezza non polarizzata per il processo  $f\bar{f} \rightarrow \phi\bar{\phi}$  (produzione di coppie scalari in annichilazione fermione-antifermione). Scrivere il risultato in termini di invarianti di Mandelstam per valori generici di  $m$  ed  $m_\phi$ .
- (5) Per valori generici delle masse  $m$  e  $m_\phi$ , determinare l'andamento dell'ampiezza calcolata al punto precedente nel limite di alta energia. Determinare inoltre in funzione di  $m$  e  $m_\phi$  il valore minimo dell'energia per il quale il processo è possibile, ed il valore dell'ampiezza in corrispondenza di questo valore di energia.
- (6) Calcolare l'ampiezza per il processo  $f\phi \rightarrow f\phi$ , mettendola in relazione con l'espressione calcolata al punto 4.