

Teoria e Fenomenologia delle Interazioni Fondamentali

Emanuele Re

14/04/2023

Tempo a disposizione: 3 ore.

Scrivere in modo chiaro e leggibile. Si consiglia di fare i calcoli prima in brutta copia e di riportarli solo successivamente in bella copia. In bella copia devono comunque comparire sia i passaggi di calcolo non banali sia, dove opportuno, brevi commenti su proprietà o considerazioni che si stanno usando da uno step al successivo.

1. Calcolare la larghezza di decadimento di una ipotetica particella pseudoscalare A (massa m_A) in una coppia di fermioni massivi (massa m_f). Si dettagli anche il calcolo dello spazio delle fasi.

$$\text{coupling } Af\bar{f} : +\frac{m_f}{v}\gamma_5$$

2. Assumendo ipoteticamente che $m_H > M_Z$, calcolare la larghezza di decadimento del bosone di Higgs in una coppia ZZ .
3. Assumendo che lo Yukawa coupling $Hf\bar{f}$ sia trascurabile per elettroni e muoni, si disegnino i diagrammi di Feynman per i seguenti processi di decadimento:

a) $H \rightarrow e^+e^-\mu^+\mu^-$

b) $H \rightarrow e^+e^-e^+e^-$

c) $H \rightarrow e^+e^-\nu_e\bar{\nu}_e$

d) $H \rightarrow e^-\mu^+\bar{\nu}_e\nu_\mu$

Si calcoli poi l'ampiezza quadra per il processo d) (assumendo i leptoni massless) :

$$H(Q) \rightarrow e^-(p_1) \bar{\nu}_e(p_2) \mu^+(p_3) \nu_\mu(p_4)$$

4. Si calcoli (assumendo quark massless) l'ampiezza del processo

$$u(p_1)\bar{d}(p_2) \rightarrow W^+(p_3)\gamma(p_4)$$

e si verifichi che tale ampiezza è gauge-invariante in QED (ovvero si verifichi che facendo la sostituzione $\epsilon_4 \rightarrow p_4$, l'ampiezza appena calcolata si annulla).

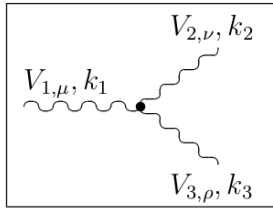
5. Si discuta se la sezione d'urto differenziale per il processo

$$u(p_1)\bar{d}(p_2) \rightarrow W^+(p_3)\gamma(p_4)$$

è finita quando integrata su tutto lo spazio delle fasi, e se opportuno si discutano le eventuali singolarità presenti.

Formule utili:

- vertice QED: $-ieQ_f\gamma^\mu$
- vertice AW^+W^- :



$$= -ieC \left[g_{\mu\nu}(k_2 - k_1)_\rho + g_{\nu\rho}(k_3 - k_2)_\mu + g_{\rho\mu}(k_1 - k_3)_\nu \right]$$

dove per vertice con un fotone $C = 1$. I momenti sono tutti entranti.

- γ matrices:

$$\text{Tr}(\gamma^\mu \gamma^\nu \gamma^\rho \gamma^\sigma \gamma_5) = -4i\epsilon^{\mu\nu\rho\sigma}$$

$$\epsilon^{\mu\nu\rho\sigma} \epsilon_{\mu\nu}{}^{\alpha\beta} = -2(g^{\rho\alpha} g^{\sigma\beta} - g^{\rho\beta} g^{\sigma\alpha})$$