

Teoria e Fenomenologia delle Interazioni Fondamentali

Emanuele Re

18/10/2022

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.

- Si consideri il decadimento di un quark top in un quark bottom e in un bosone W :

$$t(p) \rightarrow b(k_1) + W^+(k_2).$$

Assumendo che quark b sia massless ($k_1^2 = 0$) e considerando invece il top e il W massivi ($k_2^2 = M_W^2$, $p^2 = M_t^2$), calcolare l'ampiezza quadra di questo decadimento e successivamente la larghezza totale.

- Si consideri ora il decadimento in cui anche il bosone W^+ decade in leptoni, per esempio in una coppia $e^+ + \nu_e$:

$$t(p) \rightarrow b(k_1) + \nu(k_2) + e^+(k_3).$$

Dimostrare che l'ampiezza quadra di questo decadimento è proporzionale a

$$(p \cdot k_3)(k_1 \cdot k_2)$$

- Il branching ratio per il decadimento $t \rightarrow b + \nu + e^+$, cioè

$$Br(t \rightarrow b\nu e^+) = \frac{\Gamma(t \rightarrow b\nu e^+)}{\Gamma_t^{total}}$$

vale circa 1/9. Perché?

Formule e valori numerici utili:

- vertice (t, b, W) :

$$-iV_{tb} \frac{g_w}{2\sqrt{2}} \gamma^\mu (1 - \gamma_5)$$

dove V_{tb} è l'elemento tb della matrice CKM.

- identita' utili per matrice γ_5 :

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

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

- valori numerici per masse e elemento tb della matrice CKM (non e' necessario usare questi valori, ma possono essere utili per il terzo punto):

$$M_t \simeq 175 \text{ GeV}, \quad M_W \simeq 80 \text{ GeV}, \quad |V_{tb}| \sim 1$$