

## ESTRUCTURA DE LA MATERIA 4

### PRIMER CUATRIMESTRE DE 2018

#### PRÁCTICA 8: MODELO ELECTRODÉBIL

1. En la teoría de Fermi efectiva para el decaimiento  $\beta$  el lagrangiano de interacción está dado por:

$$\mathcal{L} = \frac{G_F}{\sqrt{2}} \left( \bar{p}\gamma^\mu (C_V + C_A\gamma^5)n \bar{e}\gamma_\mu (1 - \gamma^5)v_e + h.c. \right)$$

donde  $C_V$  y  $C_A$  son constantes determinadas experimentalmente; y  $p$ ,  $n$ ,  $e$  y  $v_e$  son los espinores que representan protones, neutrones, electrones y neutrinos de electrón respectivamente.

- (a) Muestre que se pueden generar los decaimiento  $\beta^+$  y  $\beta^-$ , y dibuje los diagramas de Feynman correspondientes.
- (b) A primera vista parece que en este lagrangiano sólo el neutrino tiene quiralidad definida *left*. Muestre que, además, del campo del electrón sólo interviene la parte *left*.
2. En la teoría de Fermi se define la corriente débil leptónica  $J_\alpha^{(L)}$  como

$$J_\alpha^{(L)} = \bar{v}_e\gamma_\alpha(1 - \gamma^5)e + \bar{v}_\mu\gamma_\alpha(1 - \gamma^5)\mu + \bar{v}_\tau\gamma_\alpha(1 - \gamma^5)\tau$$

y la corriente débil hadrónica (sin Cabibbo) como:

$$J_\alpha^{(H)} = \bar{u}\gamma_\alpha(1 - \gamma^5)d + \bar{c}\gamma_\alpha(1 - \gamma^5)s + \bar{t}\gamma_\alpha(1 - \gamma^5)b$$

A partir de ellas se construye el lagrangiano de interacción corriente-corriente dado por:

$$\mathcal{L} = (J_\alpha^{(L)} + J_\alpha^{(H)})^\dagger (J_\alpha^{(L)} + J_\alpha^{(H)})$$

- (a) Muestre que  $J_{(e)}^\alpha \dagger = \bar{e}\gamma^\alpha(1 - \gamma^5)v_e$
- (b) Halle y dibuje los posibles vértices de interacción de esta teoría.
- (c) Teniendo en cuenta este lagrangiano y también el lagrangiano de QED, dibuje los posibles canales de decaimiento del muón. O sea, si usted tiene un muón en reposo, ¿en qué partículas puede decaer y cómo? ¿Cómo detectaría experimentalmente que un muón decayó? ¿Cuál es un buen lugar para hallar muones?

3. Teniendo en cuenta el lagrangiano de Fermi dado en el problema anterior y el de QED, indique cuáles de los siguientes procesos son posibles y cuáles no. Justifique utilizando diagramas de Feynman y leyes de conservación.

(a) $e^-e^+ \rightarrow \mu^-\bar{\nu}_\mu$	(b) $e^- \nu_e \rightarrow \mu^-\bar{\nu}_\mu$	(c) $e^- \rightarrow \mu^-\bar{\nu}_\mu \nu_e$
(d) $\mu^- \rightarrow e^-\bar{\nu}_e \nu_\mu$	(e) $e^-e^- \rightarrow e^-e^-$	(f) $\mu^+e^- \rightarrow \mu^+e^-$
(g) $\tau^+e^- \rightarrow \nu_\tau \nu_e$	(h) $\tau^+e^- \rightarrow \nu_\mu \nu_e$	(i) $\mu^+e^- \rightarrow \gamma$
(j) $\gamma\gamma \rightarrow \nu_e \nu_e$	(k) $e^-\bar{\nu}_e \rightarrow \mu^-\bar{\nu}_\mu$	(l) $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma\gamma$
(m) $u\bar{u} \rightarrow d\bar{d}$	(n) $s\bar{d} \rightarrow c\bar{c}$	(o) $\nu_e s \rightarrow e^- c$
(p) $c \rightarrow de^+ \nu_e$	(q) $\gamma\gamma \rightarrow \nu_e \bar{\nu}_e$	(r) $e^-u \rightarrow s\nu_e$

4. Si, para simplificar, se consideran sólo las dos primeras generaciones de fermiones, incluir el ángulo de Cabibbo  $\theta_c = 13^\circ$  modifica la corriente débil hadrónica de la siguiente manera:

$$J_\alpha^{(H)} = \bar{u}\gamma_\alpha(1 - \gamma^5)(d \cos \theta_c + s \sin \theta_c) + \bar{c}\gamma_\alpha(1 - \gamma^5)(s \cos \theta_c - d \sin \theta_c)$$

A la luz de esta modificación de la teoría diga como cambian los resultados de los ítems (m) a (r) del problema anterior.

5. Considere los siguientes decaimientos. Diga cuáles pueden ocurrir al tomar la teoría de Fermi junto con QED. Justifique utilizando diagramas de Feynman y leyes de conservación.

(a) $\Sigma^- \rightarrow \Lambda \pi^-$	(b) $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$	(c) $K^- \rightarrow \pi^- \pi^0$
(d) $\Sigma^- \rightarrow n \pi^-$	(e) $\Sigma^+ \rightarrow p \gamma$	(f) $D^0 \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+ \pi^-$

6. Muestre que para un ángulo de Cabibbo  $\theta_c = 13^\circ$  se predice la siguiente relación entre los decaimientos del  $D^0$ :  $K^- \pi^+ : \pi^- \pi^+ : K^+ \pi^- \simeq 360 : 19 : 1$