TEORÍA CUÁNTICA DE CAMPOS- 4

21. Para la interacción entre un campo escalar real ϕ y un campo escalar complejo φ considere el lagrangeano de interacción:

$$\mathscr{L}_{\text{int}} = -g\, \phi\, \varphi^\dagger \varphi$$

a. Calcule al orden más bajo la vida media de la desintegración $\phi \to \varphi\,\overline{\varphi}$.

b. Calcule la sección eficaz en el CM de $\varphi\,\overline{\varphi} \to \phi\,\phi$.

c. Compare los resultados si en vez de una interacción con un campo escalar complejo se tiene una interacción escalar de Yukawa con un fermión.

22. La desintegración semi-leptónica del pión cargado π^-:

$$\pi^- \to \mu^- \nu_\mu \;; \quad \pi^- \to e^- \nu_e$$

se puede describir con el lagrangeano

$$\mathscr{L}_I = \kappa \pi^- \left(m_\mu \bar{\mu} P_L \nu_\mu + m_e \bar{e} P_L \nu_e \right) + h.c.$$

donde π^- es un campo de KG complejo y los demás son los campos de Dirac de las partículas que intervienen. Las masas del muón y del electrón son 106 MeV y 0.5 MeV respectivamente. Indique las dimensiones de la constante de acoplamiento *k*. Escriba las reglas de Feynman para estas interacciones. Despreciando posibles masas de los neutrinos calcule los anchos de desintegración $\Gamma(\pi^- \to \mu^- \nu_\mu)$ y $\Gamma(\pi^- \to e^- \nu_e)$ en función de las masas y constante de acoplamiento. Si la masa del pión cargado es 140 MeV calcule R=$\Gamma(\pi^- \to \mu^- \nu_\mu)/\Gamma(\pi^- \to e^- \nu_e)$ y compare con el valor experimental R_{exp}=8129.

23. Si los neutrinos tienen masa es probable que tengan nuevas interacciones. Por ejemplo, podrían tener una interacción con un nuevo escalar neutro, ϕ, de la forma:

$$\mathscr{L}_{\nu\phi} = i g_\phi \bar{\nu} \gamma_5 \nu\, \phi$$

Suponga que el escalar no tiene masa (o es despreciable) y que los neutrinos son campos de Dirac con masa m: en estas condiciones calcule la sección eficaz en el centro de masas de la reacción $\nu\,\overline{\nu} \to \phi\phi$. Calcule la sección eficaz diferencial total.

24. a. Calcule explícitamente las ecuaciones de movimiento para el lagrangeano utilizado para cuantificar el campo de fotones en el caso $\lambda \neq 1$. Verifique que el lagrangeano de Fermi difiere en una cuadri-divergencia con este lagrangeano.

b. Calcule el propagador en el espacio de momentos para $\lambda \neq 1$.

c. Calcule los momentos conjugados para los dos lagrangeanos e imponga las reglas de conmutación canónicas. Para λ=1 verifique que estas reglas, escritas en función de los campos y su derivadas temporales, son idénticas.

25. Simetría de intercambio. Considere el proceso $e^- \mu^- \to e^- \mu^-$, relacionado con el ejemplo visto en clase $e^- e^+ \to \mu^- \mu^+$. Escriba el diagrama que contribuye a menor orden, llamando de igual forma a los momentos de las partículas. Muestre que la única diferencia está en la definición de q = p_1 - p_2 = k_1 - k_2 en este caso, y $v \to u\,, \overline{v} \to \overline{u}$ en este caso. Escriba entonces el elemento de matriz reducido, usando los resultados del ejemplo, haciendo los cambios que correspondan. Finalmente, escriba la cinemática en el centro de masa para este caso y la sección eficaz no polarizada. Considere el límite $s \longrightarrow \infty$ y verifique que la sección eficaz total diverge.

26. Simetría de intercambio. Considere la aniquilación de un par electrón–positrón en dos fotones. Escriba, usando los resultados del efecto Compton, el elemento de matriz al cuadrado promediado en espín. Escriba la cinemática y sección eficaz en el CM en función de β = p/E = $(1 - 4\, m^2 / s)^{1/2}$. Considere el límite ultra-relativista para la sección eficaz diferencial y total. Escriba también la sección eficaz en el límite no relativista.