Física de Partículas Elementales (G71)

4 Curso - Grado de Física - Primer parcial

Cuestión 1. Una de las reacciones posibles en el detector de neutrinos Superkamiokande es aquella en la que un neutrino interacciona con un neutrón de la piscina del detector dando lugar a un muon, un pion y otro neutrón $\nu + n \rightarrow \mu + \pi + n$. Calcula la energía mínima del neutrino para que esta reacción sea posible. Considera: $m(\nu) \simeq 0\ GeV$, $m(n) = 0{,}94\ GeV$, $m(\mu) = 0{,}106\ GeV$ y $m(\pi) = 0{,}140\ GeV$. **(1 punto)**. En la reacción anterior el pion y el neutrón se generan a través del decaimiento de un neutrón excitado intermedio $N^{\star} \rightarrow \pi + n$. ¿Cuál debe ser la masa mínima del neutrón excitado para que sea posible dicho proceso?. **(1 punto)**.

Cuestión 2. Escribir la expresión de la regla de oro de Fermi y discutir el significado de los diferentes términos **(1 punto)**. Considera el proceso weak $e^-\nu_\mu \rightarrow \nu_e\mu^-$: dibuja el diagrama de Feynman asociado de primer orden **(0.5 puntos)**. Con ayuda de las reglas de Feynmann indica la estructura que tendría el elemento de matriz asociado, explicando brevemente lo que es cada término **(0.5 puntos)**.

Cuestión 3. Prueba las siguientes relaciones de las matrices γ en donde a^μ y b^μ son cuadrivectores cualesquiera. **(2 Puntos)**:

1. $\gamma^\mu\gamma^\nu\gamma_\mu = -2\gamma^\nu$
2. $\gamma^\mu\gamma^\nu\gamma^\rho\gamma_\mu = 4g^{\nu\rho}$
3. $\gamma^\mu a_\nu\gamma^\nu\gamma_\mu = -2a_\nu\gamma^\nu$
4. $\gamma^\mu a_\nu\gamma^\nu b_\rho\gamma^\rho\gamma_\mu = 2a^\mu b_\mu$

Cuestión 4. Utilizando la expresión $(\gamma^\mu p_\mu - m)u = 0$ obten la expresión para el spinor adjunto $\bar{u}(\gamma^\mu p_\mu - m) = 0$ sabiendo que $\{\gamma^\mu, \gamma^\nu\} = 2g^{\mu\nu}$ **(1 punto)**. Sin utilizar las expresiones explíticas para los espinores u, muestra que si tenemos la condición de normalización $u^\dagger u = 2E$, entonces $\bar{u}u = 2m$ **(1 punto)**. **Pista:** Multiplica $\bar{u}\gamma^\nu$ por la izquierda a $(\gamma^\mu p_\mu - m)u = 0$ y $\gamma^\nu u$ por la derecha a $\bar{u}(\gamma^\mu p_\mu - m) = 0$, súmalas y considera el caso $\nu = 0$ sabiendo que $(\gamma^0)^2 = 1$.

Cuestión 5. Definir el concepto de helicidad. **(0.5 Puntos)**. ¿Por qué se dice que el momento angular orbital no es una buena magnitud para estudiar las soluciones de la ecuación de Dirac? (**0.5 Puntos**).

Cuestión 6. ¿A qué llamamos operador conjugación de carga y cómo se relaciona con la interacción electromagnética?. Demuestra que si aplicamos el operador conjugación de carga a los espinores de partícula en **??**, obtenemos los espinores de antipartícula. **(1 Punto)**.

$$u_\uparrow = N \begin{pmatrix} \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ e^{i\phi}\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ \frac{|\vec{p}|}{E+m}\cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ \frac{|\vec{p}|}{E+m}e^{i\phi}\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \end{pmatrix} \qquad u_\downarrow = N \begin{pmatrix} -\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ e^{i\phi}\cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ \frac{|\vec{p}|}{E+m}\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ -\frac{|\vec{p}|}{E+m}e^{i\phi}\cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \end{pmatrix}$$

$$v_\uparrow = N \begin{pmatrix} \frac{|\vec{p}|}{E+m}\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ -\frac{|\vec{p}|}{E+m}e^{i\phi}\cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ -\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ e^{i\phi}\cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \end{pmatrix} \qquad v_\downarrow = N \begin{pmatrix} \frac{|\vec{p}|}{E+m}\cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ \frac{|\vec{p}|}{E+m}e^{i\phi}\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \\ e^{i\phi}\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \end{pmatrix}$$

Figura 0.1: Espinores solución a la ecuación de Dirac y autoestados del operador helicidad.

$$\gamma^0 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}, \qquad \gamma^1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\gamma^2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & -i \\ 0 & 0 & i & 0 \\ 0 & i & 0 & 0 \\ -i & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \qquad \gamma^3 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Figura 0.2: Matrices de Dirac.