Física de Partículas Elementales (G71)

4 Curso - Grado de Física - Doble Grado Física Matemáticas - Ejercicios Tema 5

Cuestión 1. Usando las amplitudes para estados de helicidad calcular la sección eficaz diferencial para el proceso $e+\mu \to e+\mu$, siguiendo los siguientes pasos:

1. Usando las reglas de Feynman para QED mostrar que el elemento de matriz de más bajo orden es:

$$M_{fi} = -\frac{e^2}{(p_1-p_3)^2} g_{\mu\nu}[\bar{u}(p_3)\gamma^\mu u(p_1)][\bar{u}(p_4)\gamma^\nu u(p_2)]$$

2. Trabajando en el sistema de referencia del centro de masas y escribiendo los cuadrimomentos del electrón inicial y final como $p_1^\mu = (E_1, 0, 0, p)$ y $p_3^\mu = (E_1, psin(\theta), 0, pcos(\theta))$, demuestra que las corrientes asociadas al electrón para las cuatro helicidades pueden escribirse como:

$$\begin{aligned}
\bar{u}_\downarrow(p_3)\gamma^\mu u_\downarrow(p_1) &= 2(E_1 c, ps, -ips, pc) \\
\bar{u}_\uparrow(p_3)\gamma^\mu u_\downarrow(p_1) &= 2(ms, 0, 0, 0) \\
\bar{u}_\uparrow(p_3)\gamma^\mu u_\uparrow(p_1) &= 2(E_1 c, ps, ips, pc) \\
\bar{u}_\downarrow(p_3)\gamma^\mu u_\uparrow(p_1) &= -2(ms, 0, 0, 0)
\end{aligned}$$

siendo $s = sin(\theta/2)$ y $c = cos(\theta/2)$.

3. Explicar por qué el efecto de aplicar el operador de paridad $P = \gamma^0$ es:

$$P\bar{u}_\uparrow(p,\theta,\phi) = Pu_\downarrow(p,\pi-\theta,\pi+\phi)$$

y calcula haciendo uso de ello las corrientes asociadas a los muones de las distintas combinaciones de helicidad.

4. Para el caso relativista $E >> M$, muestra que el elemento de matriz al cuadrado para el caso en el que tanto el electrón como el muon incidentes son left-handed, está dado por:

$$|M_{LL}|^2 = \frac{4e^2 s^2}{(p_1 - p_3)^4}$$

donde $s = (p_1 + p_2)^2$. Hallas las expresiones correspondientes para M_{RR}, M_{RL} y M_{LR}.

5. En el límite relativista demuestra que la sección eficaz diferencial para este proceso en el caso no polarizado en el sistema centro de masas es:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{2\alpha^2}{s} \frac{1 + 1/4(1 + cos^2(\theta))}{(1 - cos^2(\theta))}$$

Cuestión 2. Demuestra que los operadores de proyección quiral cumplen: $P_R + P_L = I$, $P_R P_R = P_R$, $P_L P_L = P_L$ y $P_R P_L = 0$.

Cuestión 3. Demuestra que:

$$\Lambda^+ = \frac{m + \gamma^\mu p_\mu}{2m} \; \Lambda^- = \frac{m - \gamma^\mu p_\mu}{2m}$$

son también operadores de proyección y demuestra que proyectan sobre los estados de partícula y antipartícula respectivamente.

$$\Lambda^+ u = u, \Lambda^- v = v, \Lambda^+ v = \Lambda^- u = 0$$