

Ejercicios Electrodinámica Cuántica. Capítulo 6

Autor del curso: Javier García

Problemas resueltos por: Roger Balsach

16 de mayo de 2023

1. Calcular las amplitudes para el proceso $e^-e^+ \rightarrow \mu^-\mu^+$.

Según las reglas heurísticas dadas por Javier las amplitudes vienen dadas por los productos

$$\mathcal{M} \sim \varepsilon_{\pm}^*(\hat{n}) \cdot \varepsilon_{\pm}(\hat{z}) \quad (1)$$

Donde \hat{z} es la dirección del electrón y \hat{n} la dirección del muón. El signo \pm depende de la helicidad de las dos partículas. En resumen, el signo correspondiente para el electrón/muón dependerá de si la helicidad es positiva (R) o negativa (L). Usando la ecuación 5.3 del formulario de Crul:

$$\varepsilon_{\sigma}^{\mu} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 \\ \cos(\theta) \\ \sigma i \\ -\sin(\theta) \end{pmatrix}$$

Donde $\sigma = \pm$ representa la helicidad. Sustituyendo en la ecuación (1)

$$\mathcal{M} = -(\cos(\theta) + \sigma_e \sigma_{\mu})$$

Por lo que las cuatro amplitudes son las siguientes:

$$\begin{aligned} \mathcal{M}_{e_R^- e_L^+ \rightarrow \mu_R^- \mu_L^+} &\sim -(\cos(\theta) + 1), & \mathcal{M}_{e_R^- e_L^+ \rightarrow \mu_L^- \mu_R^+} &\sim -(\cos(\theta) - 1) \\ \mathcal{M}_{e_L^- e_R^+ \rightarrow \mu_L^- \mu_R^+} &\sim -(\cos(\theta) + 1), & \mathcal{M}_{e_L^- e_R^+ \rightarrow \mu_R^- \mu_L^+} &\sim -(\cos(\theta) - 1) \end{aligned}$$

Estas fórmulas difieren con las que Javier escribió en el signo. Esto sin embargo no tiene importancia por dos motivos, el primero es que lo relevante en física siempre es el módulo de la amplitud y por lo tanto, multiplicar la amplitud por -1 no tiene efecto físico. El otro motivo es que la fórmula heurística que hemos usado ignora factores constantes, en consecuencia, multiplicar por otro factor constante (como -1) no es relevante en esta aproximación.