

PHQ638 : DEVOIR no 3
remettre le 14 novembre 2022

Problème 1 : Diffusion électron-muon

Ce problème vise à compléter le calcul de la section différentielle de la diffusion entre deux fermions de types différents (par ex. électron sur muon, électron sur proton, etc.). Un seul diagramme de Feynman contribue au processus et est illustré dans les notes ; les quadri-impulsions seront numérotées conformément à cette illustration.

A À partir des règles de Feynman, démontrez l'expression suivante pour l'amplitude du processus :

$$\mathcal{M} = \frac{4\pi\alpha}{(p_1 - p_3)^2} g_{\mu\nu} [\bar{u}_{p_3, s_3} \gamma^\mu u_{p_1, s_1}] [\bar{u}_{p_4, s_4} \gamma^\nu u_{p_2, s_2}] \quad (1)$$

B Démontrez la relation

$$\sum_{s=1,2} (u_{\mathbf{p}, s})_\alpha (\bar{u}_{\mathbf{p}, s})_\beta = (p_\mu \gamma^\mu + m)_{\alpha\beta} \quad (2)$$

C Démontrez que le carré de l'amplitude de diffusion, sommé sur les spins finaux et moyenné sur les spins initiaux des particules, est

$$\langle |\mathcal{M}|^2 \rangle = \frac{8 \cdot (4\pi\alpha)^2}{(p_1 - p_3)^4} [(p_1 \cdot p_2)(p_3 \cdot p_4) + (p_1 \cdot p_4)(p_2 \cdot p_3) - m^2(p_1 \cdot p_3) - M^2(p_2 \cdot p_4) + 2m^2 M^2] \quad (3)$$

D Considérez maintenant le cas où la particule de masse M est très massive en comparaison de l'énergie de la particule de masse m , mais que cette dernière peut tout de même être relativiste. Plaçons-nous dans le référentiel de la cible (particule de masse M au repos). Dans ce cas, l'énergie transférée à la cible est négligeable, comme si elle était fixe. Démontrez que la section différentielle de diffusion a la forme suivante :

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{\alpha^2 E^2}{4(\mathbf{p}^2)^2 \sin^4 \theta/2} (1 - \beta^2 \sin^2 \theta/2) \quad (4)$$

où β est la vitesse du projectile. Ceci est la formule de Mott. Vous devez pour cela utiliser le résultat suivant pour la section différentielle de diffusion dans le repère du laboratoire :

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{(8\pi)^2} \frac{\mathbf{p}_f^2 |\mathcal{M}_{fi}|^2}{M |\mathbf{p}_i| (|\mathbf{p}_f| (E_i + M) - |\mathbf{p}_i| E_f \cos \theta)} \quad (5)$$

où les indices i et f font référence à l'état initial et l'état final du projectile (l'électron) et M est la masse de la cible (le muon).