

“Seção de Choque do espalhamento $e^+ + e^- \rightarrow \mu^+ + \mu^-$ ”

Ana Flávia dos Santos*, Arlene Cristina Aguilar.

Resumo

Neste trabalho vamos estudar o processo de espalhamento $e^+ + e^- \rightarrow \mu^+ + \mu^-$, que é um dos espalhamentos mais simples, que ocorre dentro do contexto da Eletrodinâmica Quântica (QED). Neste processo, um par de elétron-pósitron se aniquila criando um fóton, que na sequência produz um par múon-antimúon. Iremos calcular a seção de choque total não-polarizada deste espalhamento em nível de árvore. Nosso objetivo é analisar a dependência da seção de choque com a energia, e comparar os resultados teóricos com os dados experimentais disponíveis. Também analisaremos um processo análogo onde os léptons do estado final são $\tau^+ + \tau^-$, a fim de determinar a razão entre as duas seções de choques totais.

Palavras-chave:

Eletrodinâmica quântica, regras de Feynman, seção de choque.

Introdução

A QED é a teoria responsável por descrever a interação entre a luz e matéria através do formalismo da teoria quântica de campos, que é a unificação da mecânica quântica com a relatividade especial. Nesta teoria, as interações eletromagnéticas sofridas pelas partículas de matéria (férmions de spin $\frac{1}{2}$) eletricamente carregadas ocorrem através da troca de fótons, que são bóson de spin 1 sem massa. Uma das características cruciais da QED é que ela pode ser tratada como uma teoria de perturbação, onde seu parâmetro de expansão da série é a constante de estrutura fina $\alpha = 1/137$.

A QED é considerada a teoria científica mais bem sucedida, uma vez que ela permite determinar o momento magnético de dipolo do elétron com uma precisão de uma parte em 10^{10} [1].

Uma das principais aplicações da QED é descrever os processos de colisões de partículas e determinar suas respectivas amplitudes de espalhamento, seções de choque e a larguras de decaimento que podem ser confrontadas com os dados experimentais existentes obtidos pelos aceleradores de partículas [1].

Resultados e Discussão

Um dos espalhamentos mais simples que podemos estudar no contexto da QED é o processo de aniquilação de um par elétron-pósitron produzindo múon-antimúon. O diagrama de Feynman que representa este processo em nível de árvore (ordem mais baixa em teoria de perturbação) é mostrado na Fig. 1.

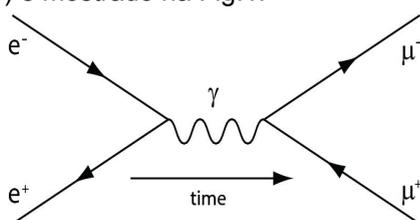


Figura 1. Diagrama de Feynman representando a aniquilação de um par de elétron-pósitron e a criação do par múon-antimúon.

Nos espalhamentos de partículas elementares, o principal parâmetro de interesse é a seção de choque, que essencialmente corresponde à probabilidade de ocorrência da interação entre partículas. A seção de choque depende da natureza da partícula incidente e da partícula alvo, do tipo de interação entre elas, além da energia e velocidade da partícula incidente [2]. Nosso objetivo é calcular a seção de choque do processo $e^+ + e^- \rightarrow \mu^+ + \mu^-$, analisar a dependência desta seção de choque total com a energia e, por fim calcular a razão R entre as seções de choque total que produzem os pares múon-antimúon e tau-antitau.

Usando as regras de Feynman para o diagrama apresentado na Fig.1, calcularemos a amplitude de espalhamento \mathcal{M} (cujo $|\mathcal{M}|^2$ está diretamente associado com a seção de choque). Para o cálculo da seção de choque também será necessário determinar o espaço de fase invariante de Lorentz para espalhamentos $2 \rightarrow 2$. Como último passo, vamos comparar os resultados obtidos para R com os dados experimentais disponíveis na literatura.

Conclusões

Para o desenvolvimento deste trabalho aplicamos o formalismo da QED. Descrevemos as partículas de spin $\frac{1}{2}$ através de campos espinoriais, derivamos e utilizamos as regras de Feynman para a obtenção de seções de choque, que são parâmetros físicos que podem ser medidos nos aceleradores de partículas.

Agradecimentos

Este projeto teve o apoio financeiro do CNPq através da bolsa PIBIC.

¹ I. J. R. Aitchison and A. J. G. Hey, “Gauge theories in particle physics: A practical introduction. Vol. 1: From relativistic quantum mechanics to QED,” Bristol, UK: IOP (2003) 406 p.

² D. J. GRIFFITHS, “Introduction To Elementary Particles,” NEW YORK, USA: WILEY (1987), 2nd ed., 392p.