TÉCNICO LISBOA

Física de Partículas
Aula 2
Mecânica Quântica Relativista: Colisões e Decaimentos

Jorge C. Romão
Instituto Superior Técnico, Departamento de Física & CFTP
A. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa, Portugal

1 Outubro 2013

Sumário da Aula

Sumário
Decaimentos
Colisões
2 partículas
Regras de Feynman

- Introdução
- A regra de ouro para os decaimentos
- Dimensões de Γ e de $\mathcal{M}$
- Decaimentos para duas partículas
- A regra de ouro para as secções eficazes
- Colisões $1+2 \to 3+4$ no CM
- Regras de Feynman para um modelo sem spin
- Tempo de vida média de A
- Colisão $A+A \to B+B$
- Processos de ordem superior

Regra de ouro para os decaimentos

$$\Gamma = \underbrace{\frac{1}{2\hbar m_1}}_{A} \underbrace{S}_{B} \int \underbrace{|\mathcal{M}|^2}_{C} \underbrace{(2\pi)^4 \delta^4(p_1 - \sum_{i=2}^{n} p_i) \prod_{j=2}^{n} \frac{d^3 p_j}{(2\pi)^3 2p_j^0}}_{D}$$

- A: Estado inicial
- B: Fator simetria estado final
- C: Amplitude invariante (dinâmica)
- D: Estado final
- Dimensões de $\mathcal{M}$:

$$[\mathcal{M}] = (\text{massa} \times c)^{4-n}$$

Regra de ouro para as secções eficazes

$$\sigma = \underbrace{\frac{\hbar^2}{4\sqrt{(p_1 \cdot p_2)^2 - m_1^2 m_2^2 c^4}}}_{A} \underbrace{S}_{B} \int \underbrace{|\mathcal{M}|^2}_{C} \underbrace{(2\pi)^4 \delta^4 (p_1 + p_2 - \sum_{i=3}^{n} p_i) \prod_{j=2}^{n} \frac{d^3 p_j}{(2\pi)^3 2 p_j^0}}_{D}$$

- A: Estado inicial
- B: Fator simetria estado final
- C: Amplitude invariante (dinâmica)
- D: Estado final
- Dimensões de $\mathcal{M}$:

$$[\mathcal{M}] = (\text{massa} \times c)^{4-n}$$

Caso de 2 partículas no estado final

Quando temos duas partículas no estado final temos os seguintes resultados no CM:

- Decaimento $1 \to 2 + 3$

$$\Gamma = \frac{S}{8\pi\hbar m_1^2 c}\, |\vec{p}_2|\;\, |\mathcal{M}|^2$$

- Colisões $1 + 2 \to 3 + 4$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{\hbar^2 S}{64\pi^2 s\, c^2} \frac{|\vec{p}_3|}{|\vec{p}_1|} |\mathcal{M}|^2$$

Regras de Feynman no modelo ABC

1. Desenhe todas as maneiras distintas de ligar o estado inicial ao estado final numa dada ordem da interação.
2. Por cada vértice multiplique pelo fator
$$-i\, g \tag{1}$$
3. Por cada linha interna com momento q multiplique pelo propagador
$$\frac{i}{q^2 - m^2 c^2} \tag{2}$$
4. Aplique conservação de energia-momento em cada vértice
5. Por cada loop escolha um momento q para uma linha interna qualquer e multiplique pelo fator
$$\int \frac{d^4 q}{(2\pi)^4} \tag{3}$$
6. O resultado da aplicação das regras anteriores dá $-i\,\mathcal{M}$, por isso para obter $\mathcal{M}$ multiplique o resultado final por i.