

DECAIMENTO DE MÉSONS NO MODELO 3P_0

PATRICIA GONÇALVES MOREIRA¹; MARIO LUIZ LOPES DA SILVA²

¹Universidade Federal de Pelotas – patigmoreira@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – mario.silva@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Desde que o méson foi admitido teoricamente pelo físico japonês Yukawa, em 1935, para explicar como ocorreria o processo de interação entre prótons e nêutrons no núcleo atômico – o que foi detectado posteriormente a partir de experimentos por Lattes, Occhialini e Powell, em 1947 - o estudo da física de mésons e o estudo da interação forte são associados. Quando se percebeu que os nucleons (prótons e nêutrons) tinham uma estrutura interna, formados por partículas menores chamadas quarks, uma nova teoria foi construída capaz de descrever a interação entre quarks. Sendo assim, Yukawa, Fritsch, Weinberg, Gross e seus colaboradores propuseram a teoria da interação forte, a Cromodinâmica Quântica (*Quantum Chromodynamics* – QCD), utilizada para regime de altas energias. A QCD descreve a interação entre partículas que possuem uma propriedade chamada carga de cor, que ocorre através da troca de uma partícula que possui massa nula, o glúon. Devido ao fato de possuírem cargas de cor, os glúons podem interagir entre si. Dessa forma, podemos dizer QCD é a teoria que descreve a interação entre quarks e glúons no interior dos hádrons. O hádron é uma partícula composta, formado por um estado ligado de quarks.

Há muito tempo os modelos de criação de pares para decaimentos hadrônicos fortes têm sido formulados e estudados por muitos autores [5]. O modelo 3P_0 é um modelo de decaimento que considera apenas decaimentos do tipo OZI-permitidos para as interações fortes. O modelo 3P_0 descreve a criação de um par quark-antiquark adicional na presença do méson do estado inicial. O modelo foi introduzido há mais de trinta anos por MICU (1967) e aplicado em decaimento de mésons, na década de setenta, por LE YAOUANC (1973). Esta descrição é uma consequência natural de hádrons descritos pelo modelo de quarks constituinte.

Neste modelo, o par quark-antiquark criado tem os números quânticos do vácuo e, em relação aos números quânticos aditivos, deve ser neutro. Em outras palavras, o par deve ser um singleto de cor e sabor, deve ter paridade positiva, enquanto o momento linear e angular total iguais a zero. Um par férmion-antiférmion que possui estas propriedades deve ter $J^{PC} = 0^{++}$, isto é, $L = 1$ (onda-P) e $S = 1$.

As mais extensas aplicações para o decaimento de mésons foram obtidas por KOKOSKI (1987). Estes autores, além de calcularem quase 400 amplitudes diferentes (das quais umas 60 já foram medidas), também colocaram o modelo numa base teórica mais firme, mostrando que ele podia ser deduzido a partir de uma formulação de tubo de fluxo (*flux-tube*) baseada na QCD na rede.

Neste trabalho estamos revisando o modelo 3P_0 para o decaimento de mésons de DA SILVA (2008). Embora não tenhamos resultados inéditos, este servirá como base para um estudo mais aprofundado dos decaimentos fortes de hádrons. Esperamos no próximo ano obter alguns resultados inéditos que serão apresentados em eventos da área de conhecimento e uma possível publicação em periódico.

2. METODOLOGIA

A formulação do 3P_0 que adotaremos neste trabalho foi deduzida por ACKLEH (1996). Os cálculos e aplicações que mostraremos no restante deste capítulo resultam deste estudo. Esta formulação do 3P_0 considera os decaimentos como sendo originados pelo limite não-relativístico do Hamiltoniano abaixo

$$H_{q\bar{q}} = g_{q\bar{q}} \int d\vec{x} \bar{\psi}(\vec{x}) \psi(\vec{x}).$$

Os decaimentos estudados são do tipo

$$(q\bar{q})_A \rightarrow (q\bar{q})_B + (q\bar{q})_C$$

isto é, um méson que decai em outros dois.

Para determinar uma taxa de decaimento é necessário avaliar o elemento de matriz do Hamiltoniano de decaimento, o qual é da forma

$$\langle BC | H_{q\bar{q}} | A \rangle = \delta(\vec{P}_A - \vec{P}_B - \vec{P}_C) h_{fi}.$$

A definição geral de uma taxa de decaimento é

$$\Gamma_{A \rightarrow BC} = 2\pi P \frac{E_B E_C}{M_A} \int d\Omega |h_{fi}|^2$$

ou

$$\Gamma_{A \rightarrow BC} = 2\pi P \frac{E_B E_C}{M_A} \sum_{LS} |\mathcal{M}_{LS}|^2.$$

onde

$$\mathcal{M}_{LS} = \frac{\gamma}{\pi^{1/4} \beta^{1/2}} \mathcal{P}_{LS}(x) e^{-x^2/2}.$$

Como exemplo usaremos o seguinte decaimentos:

$$\mathcal{P}_{10}^{(3S_1 \rightarrow 1S_0 + 1S_0)} = -\frac{2^5}{3^3} x \quad (\rho \rightarrow \pi + \pi)$$

onde

$$x = P/\beta$$

e

$$P = \frac{\sqrt{[m_A^2 - (m_B + m_C)^2][m_A^2 - (m_B - m_C)^2]}}{2m_A}$$

Com isso a expressão para a taxa de decaimento fica

$$\Gamma_{\rho \rightarrow \pi\pi} = \sqrt{\pi} \left(\frac{2^{10}}{3^6} \right) \gamma^2 \frac{M_\rho}{4} x^3 e^{-x^2/6}$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultados apresentamos na, Figura 1, a taxa de decaimento do méson rho em função do parâmetro beta. Os demais parâmetros foram fixados com base na literatura ACKLEH (1996) da seguinte forma $M_{\rho} = 0,77 \text{ GeV}$, $M_{\text{pion}} = 0,138 \text{ GeV}$ e Γ (gamma) = 0.506.

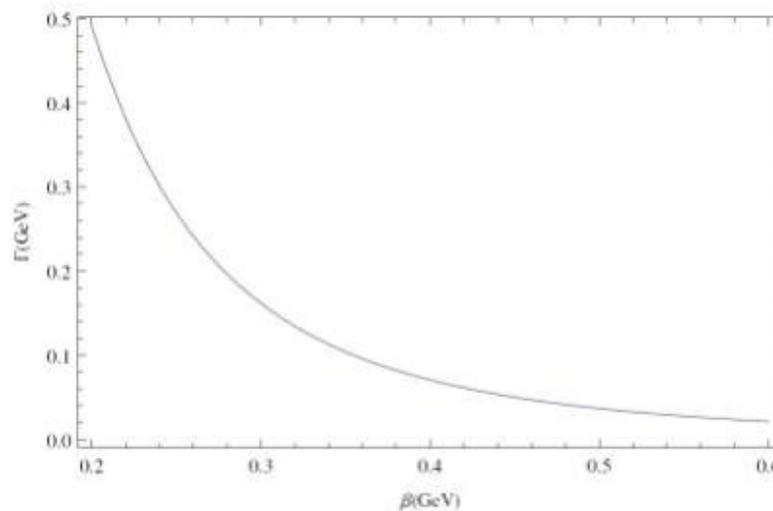


Figura 1: Decaimento do méson rho em dois píons.

Com base em ajustes para diversos processos foi obtido o melhor conjunto de parâmetro para ajustar os dados experimentais para as taxas de decaimento. O melhor ajuste foi obtido para os parâmetros listados anteriormente e β (beta) = 0,397 GeV. Dessa forma a taxa de decaimento para o processo estudado é 79 MeV.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho foi utilizado como exercício para se poder compreender os conceitos envolvidos no estudo do decaimento forte de mésons. Dessa forma,

nossos objetivos foram atingidos e isso nos possibilitará estudos mais elaborados no tratamento dos decaimentos fortes de hádrons.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MICU, L. Decay rates of meson resonances in a quark model. **Nuclear Physics B**, Amsterdam, v. 10, n. 3, p. 521-526, 1969.
2. LE YAOUANC, A.; OLIVIER, L.; PÈNE, O.; RAYNAL. "Naive" Quark-Pair-Creation Model of Strong-Interaction Vertices. **Physical Review D**, Nova York, v. 8, n. 7, p. 2223-2234, 1973.
3. KOKOSKI, R.; ISGUR, N. Meson decays by flux-tube breaking. **Physical Review D**, Nova York, v. 35, n. 3, p. 907-933, 1987.
4. DA SILVA, D. T.; DA SILVA, M. L. L.; DE QUADROS, J. N.; HADJIMICHEF, D. Meson decay in a corrected 3P_0 model. **Physical Review D**, Nova York, v. 78, n. 7, p. 076004, 2008.
5. ACKLEH, E. S.; BARNES, T.; SWANSON, E. S. On the mechanism of open-flavor strong decays. **Physical Review D**, Nova York, v. 54, n. 11, p. 6811-6829, 1996.