

DECAIMENTO RADIATIVO DE MÉSONS ESCALARES

ANANDA RAMIRES DAS NEVES STIGGER¹; MÁRIO LUIZ LOPES DA SILVA²

¹Universidade Federal de Pelotas – anandaramires@gmail.com

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

1. INTRODUÇÃO

As informações sobre a estrutura da matéria vêm sendo estudadas desde o início do século XX. Estes estudos resultaram em tudo que se conhece hoje sobre partículas subatômicas e sua composição. No entanto, ainda existem várias questões em aberto, como por exemplo os chamados mésons escalares. Neste setor existem muitas incertezas a respeito de qual a composição dessas partículas (CREDE; MEYER, 2009).

Os mésons escalares estudados nesse trabalho são $f_0(1370)$, $f_0(1500)$ e $f_0(1710)$. Acredita-se que estes mésons são compostos por uma mistura de estados, onde temos uma componente de quarks do tipo u e d , outra do por quarks do tipo s e outra por glúons. Apesar de serem estudados a bastante tempo ainda não existe um consenso sobre sua composição.

Este trabalho tem por objetivo fornecer resultados que possam auxiliar na determinação do esquema de mistura mais adequado para estes estados. Isto poderá ser implementado quando houverem resultados experimentais para as taxas de decaimento.

2. METODOLOGIA

A taxa de decaimento radiativo pode ser obtida, no contexto de um modelo de quarks não-relativístico (CLOSE et al., 2002), a partir da seguinte amplitude

$$\mathbf{M}_{A \rightarrow B} = \mathbf{M}_{A \rightarrow B}^q + \mathbf{M}_{A \rightarrow B}^{\bar{q}}.$$

onde

$$\begin{aligned} \mathbf{M}_{A \rightarrow B}^q = & \frac{I_q}{2m_q} \int d^3k [\text{Tr}\{\phi_B^\dagger(k - \frac{1}{2}\mathbf{p})\phi_A(k)\}(2\mathbf{k} - \mathbf{p}) \\ & - i \text{Tr}\{\phi_B^\dagger(\mathbf{k} - \frac{1}{2}\mathbf{p})\sigma\phi_A(\mathbf{k})\} \times \mathbf{p}] \end{aligned}$$

e

$$\begin{aligned} \mathbf{M}_{A \rightarrow B}^{\bar{q}} = & \frac{I_{\bar{q}}}{2m_q} \int d^3k [\text{Tr}\{\phi_A(\mathbf{k})\phi_B^\dagger(\mathbf{k} + \frac{1}{2}\mathbf{p})\}(2\mathbf{k} + \mathbf{p}) \\ & - i \text{Tr}\{\phi_A(\mathbf{k})\sigma\phi_B^\dagger(\mathbf{k} + \frac{1}{2}\mathbf{p})\} \times \mathbf{p}], \end{aligned}$$

Para mésons com spin zero a função de onda é dada por

$$\phi_M(\mathbf{q}) = \frac{1}{\sqrt{2}} \hat{1} Y_{jm}(\hat{q}) R_M(q)$$

e para mésons de spin 1

$$\phi_M(\mathbf{q}) = \frac{1}{\sqrt{2}} \mathbf{Y}_{Jlm}(\hat{q}) \sigma R_M(q)$$

Esta amplitude pode ser relacionada com a taxa de decaimento diferencial

$$\frac{d\Gamma}{d\cos\theta} = p \frac{E_B}{m_A} \alpha I \sum |M_{A \rightarrow B}|^2$$

Para mésons escalares, a taxa de decaimento radiativo em mésons vetoriais é:

$$\Gamma(f_0 \rightarrow \gamma V) = \frac{8}{3} \alpha p \frac{E_B}{m_A} \frac{\beta^2}{m_q^2} F^2 \left(1 + \lambda \frac{p^2}{\beta^2} \right)^2 I,$$

onde I é o fator isospin (1/4 para decaimento em mésons com quarks u e d e 1/9 para decaimento em mésons com quarks s), E_B é a energia do méson no estado final no referencial centro de massa,

$$\lambda = \frac{\beta_A^2}{2(\beta_A^2 + \beta_B^2)},$$

$$\beta = \sqrt{\frac{2\beta_{f_1}^2 \beta_V^2}{(\beta_{f_1}^2 + \beta_V^2)}},$$

e

$$F = \frac{\beta^4}{\beta_{f_1}^{5/2} \beta_V^{3/2}} \exp(-p^2/8(\beta_{f_1}^2 + \beta_V^2)).$$

Estas expressões podem ser utilizadas para obter resultados para as taxas de decaimento radiativo de mésons escalares em mésons vetoriais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho, foi feita uma atualização nos resultados obtidos na literatura (CLOSE et al., 2003) e mostrados na Tabela 1. Foram utilizados, neste estudo, os valores atualizados das propriedades dessas partículas. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2. Estes resultados podem ser utilizados para se obter informações sobre a estrutura interna das partículas em questão, através da comparação com possíveis resultados experimentais. Comparando os resultados obtidos neste trabalho e os resultados obtidos na literatura, podemos observar que houve uma alteração significativa nos valores.

Tabela 1: Resultados para as taxas de decaimento radiativo de f_0 em mésons vetoriais obtidos em CLOSE et al., 2003.

	$\rho(770)$			$\Phi(1020)$		
	L	M	H	L	M	H
$f_0(1370)$	443	1121	1540	8	9	32
$f_0(1500)$	2519	1458	476	9	60	454
$f_0(1710)$	42	94	705	800	718	78

Tabela 2: Resultados para as taxas de decaimento radiativo de f_0 em mésons vetoriais.

	$\rho(770)$			$\Phi(1020)$		
	L	M	H	L	M	H
$f_0(1370)$	593	1501	1377	14	16	62
$f_0(1500)$	3428	1984	645	18	121	918
$f_0(1710)$	52	119	901	2193	1928	217

Um complemento para este estudo pode ser realizado através do processo de fotoprodução destas partículas. Este processo pode ser calculado em função dos acoplamentos presentes na interação. Um desses acoplamentos pode ser obtido a partir da taxas de decaimento apresentadas (DA SILVA; MACHADO, 2012).

4. CONCLUSÕES

Podemos observar, nesse estudo, que os valores das taxas de decaimento podem servir como uma ferramenta para determinar a estrutura interna dos estados em estudo. No entanto, para que isso seja possível, são necessários dados experimentais precisos para essas taxas de decaimento.

Os resultados obtidos, tem uma diferença significativa com relação aos existentes anteriormente. Esta diferença se deve a atualização das propriedades dos mésons estudados tais como a massa.

Uma alternativa a falta de dados experimentais para as taxas de decaimento é, calcular o processo de fotoprodução para estes mésons. Dessa forma, este processo pode ser vinculado a taxa de decaimento radiativo o que oferece a possibilidade de compararmos os resultados com dados existentes desse processo.

Este estudo representa um passo na direção de elucidar a composição desses mésons. Entretanto, esbarramos nas limitações experimentais existentes hoje. Esperamos que estas limitações sejam superadas com a finalização da construção de uma nova geração de aceleradores, mais precisos e capazes de explorar estes processos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CREDE, V.; MEYER, C. A. The experimental status of glueballs. **Progress in Particle and Nuclear Physics**, v 63, p 74-116, 2009.

CLOSE, F. E; DONNACIE, A.; KALASHNIKOVA, Yu S. Radiative Decays o Excited Vector Mesons. **Physics Review**, D65, p. 092003, 2002.

_____. Radiative Decays: A New Flavor Filter. **Physics Review**, D67, p.074031, 2003.



DA SILVA, M. L. L.; MACHADO, M. V. T. Investigating photoproduction of scalar mesons at medium energies. **Physics Review**, C86, p. 015209, 2012.