

文章编号:1671-6833(2005)01-0086-02

关于 2^3S_1 介子九重态中同位旋二重态的质量

马 冰¹, 王小珍²

(1. 郑州大学物理工程学院, 河南 郑州 450052; 2. 郑州师范高等专科学校物理系, 河南 郑州 550044)

摘 要: 借助对于接近理想混合的介子九重态, 味道有关的夸克偶素间的湮灭效应可以忽略这样一个假定, 利用在介子、介子混合框架下导出的质量关系, 预言 2^3S_1 介子九重态中同位旋二重态的质量大约为 $1584 \pm 16.7 \text{ MeV}$, 该结果与相对论性的夸克模型给出的预言符合很好. 理论预言与 $K^*(1410)$ 的质量之间的比较, 显示把 $K^*(1410)$ 安排为 2^3S_1 介子九重态的成员是不合适的. 该理论预言将会对实验上寻找 2^3S_1 介子九重态中的同位旋二重态提供一些帮助.

关键词: 介子; 质量; 混合

中图分类号: O 572.2

文献标识码: A

0 引言

粒子表^[1]建议 2^3S_1 介子九重态的安排为: $\rho(1450)$, $K^*(1410)$, $\omega(1420)$, $\phi(1680)$. 对于把 $((1450), ((1420), ((1680)$ 安排为 2^3S_1 介子态, 人们是普遍接受的, 但把 $K^*(1410)$ 安排为 2^3S_1 介子态却是有争议的. 文献^[2]指出, 即使考虑 2^3S_1 和 1^3D_1 相互混合的可能性, $K^*(1410)$ 看起来仍太轻, 很难安排为 2^3S_1 介子态, 人们甚至可以怀疑 $K^*(1410)$ 是否存在. 粒子数据组^[1]也建议 $K^*(1680)$ 可能替代 $K^*(1410)$ 安排为 2^3S_1 介子态. 关于 2^3S_1 介子九重态中的 $I = \frac{1}{2}$ 成员的质量, 夸克模型的预言值大约为 1580 MeV ^[3], 在这篇文章中, 我们将在介子、介子混合的框架下, 来预言这个态的质量.

1 混合框架下的质量关系

我们知道, 在一个介子九重态中, 同位旋为零的态会发生混合. 在 $N = (\bar{u}\bar{u} + \bar{d}\bar{d})/\sqrt{2}$ 和 $S = \bar{s}\bar{s}$ 基下, 描述介子九重态中同位旋标量态的混合的质量平方矩阵可表述为

$$M^2 = \begin{bmatrix} M_N^2 + A_{SS} & A_{NS} \\ A_{NS} & M_S^2 + A_{SS} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: M_N 和 M_S 分别为裸态 N 和 S 的质量; A_{NN} , A_{NS} 和 A_{SS} 分别为 $N \leftrightarrow N$, $N \leftrightarrow S$ 和 $S \leftrightarrow S$ 间的跃迁

振幅, A_{NN} , A_{NS} 和 A_{SS} 可参数化为^[4]

$$A_{SS} = A, A_{NN} = 2R^2A, A_{NS} = \sqrt{2}RA \quad (2)$$

则式(1)可表示为

$$M^2 = \begin{bmatrix} M_N^2 + 2R^2A & \sqrt{2}RA \\ \sqrt{2}RA & M_S^2 + A \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中: 参数 R 描述味道有关的夸克偶素间的湮灭效应^[3].

对于 2^3S_1 介子九重态, 物理态 $\omega(1420)$ 和 $\phi(1680)$ 的质量平方为式(3)的本征值, 即

$$UM^2U^{-1} = \begin{bmatrix} M_{\omega(1420)}^2 & 0 \\ 0 & M_{\phi(1680)}^2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

物理态 $\omega(1420)$ 和 $\phi(1680)$ 可表示为

$$\begin{bmatrix} \omega(1420) \\ \phi(1680) \end{bmatrix} = U \begin{bmatrix} N \\ S \end{bmatrix} \quad (5)$$

由于 N 与 $\rho(1450)$ 相互正交, 可以认为 N 与 $\rho(1450)$ 质量相同^[5], $M_N^2 = M_{\rho(1450)}^2$, 根据 Gell-Mann-Okubo 质量公式^[7] $M_S^2 = 2M_{I=1/2}^2 - M_{\rho(1450)}^2$, $M_{I=1/2}$ 表示为 2^3S_1 介子九重态中的 $I = \frac{1}{2}$ 成员的质量. 根据式(3)和式(4), 可以有

$$M_{I=1/2}^2 = \sqrt{\frac{1}{4}(M_{\omega(1420)}^2 + M_{\phi(1680)}^2) + 2M_{\rho(1450)}^2 + \frac{X}{R^2}} \quad (6)$$

其中,

$$A = \frac{1}{2+4R^2}(M_{\omega(1420)}^2 + M_{\phi(1680)}^2 - 2M_{\rho(1450)}^2 - \frac{X}{R^2}),$$
$$X = (R^2(2M_{\rho(1450)}^2 - (M_{\omega(1420)}^2 + M_{\phi(1680)}^2) - M_{\rho(1450)}^2))$$

收稿日期: 2004-10-30; 修订日期: 2005-01-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10205012); 河南省杰出青年科学基金资助项目(0412000300); 河南省自然科学基金资助项目(0311010800); 河南省教育厅自然科学基金资助项目(2003140025)

作者简介: 马 冰(1976-), 女, 河南省许昌市人, 郑州大学讲师, 主要从事与粒子物理有关的数值模拟及计算研究.

$$-2M_{\alpha(1420)}^2 M_{\eta(1680)}^2 (1+R^2) + (M_{\alpha(1420)}^4 + M_{\eta(1680)}^4 R^2))^{1/2}.$$

文献[4]指出,对于接近理想混合的介子九重态,味道有关的夸克偶素间的湮灭效应可以忽略,即可取 $R=1$. 在这个条件帮助下,对于实验上已经确立的、接近理想混合的介子九重态,式(6)给出的结果与实验符合很好,如表 1 所示.

表 1 接近理想混合的介子九重理论值和实验值
Tab. 1 The predicted results given by Eq. (6) and the measured results for the almost ideally mixing meson nonets

| 质量 | $M_{1=1/2}(1^3S_1)$ | $M_{1=1/2}(1^3P_1)$ | $M_{1=1/2}(1^3D_3)$ |
|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 式(6)预言/MeV | 901.1 ± 0.6 | 11432.9 ± 2.7 | 1779.1 ± 5 |
| 实验值 ^[1] /MeV | 893.9 ± 0.19 | 1429.0 ± 0.99 | 1776 ± 7 |

对于 2^3S_1 介子九重态,由于 $\rho(1450)$ 和 $\omega(1420)$ 的质量接近,可以认为 2^3S_1 介子九重态接近理想混合^[8],因此,我们可以取 $R=1$,再由式(6),可以得到 2^3S_1 介子九重态中的 $I=\frac{1}{2}$ 成员的质量大约为 $M_{I=1/2}=1584\pm16.7\text{MeV}$. 在我们的计算当中,我们取 $\rho(1450)$, $\omega(1420)$ 和 $\eta(1680)$ 的质量分别为 1465, 1419 和 1680 MeV^[1].

应当指出,我们的结果与 Godfrey 和 Isgur 利用相对论性的夸克模型给出的预言,1580MeV^[3]符合得相当好. 比较我们的预言和 $K^*(1410)$ 的质量 $(1414\pm15\text{MeV})$ ^[1],清楚地显示,把 $K^*(1410)$ 安排为 2^3S_1 介子态是不合适的.

2 结论

在介子、介子混合框架下,我们给出了关于介

子九重态成员间的质量关系,根据对于接近理想混合的介子九重态,味道有关的夸克偶素间的湮灭效应可以忽略这样一个假定,我们预言 2^3S_1 介子九重态中的 $I=1/2$ 成员的质量大约为 $1584\pm16.7\text{MeV}$,我们的预言与夸克模型的预言符合地相当好. 理论预言与 $K^*(1410)$ 的质量之间大的偏差,意味着把 $K^*(1410)$ 安排为 2^3S_1 介子九重态中的成员是不合适的. 我们的预言将会为实验上寻找和确认 2^3S_1 介子九重态中的同位旋二重态提供一些帮助.

参考文献:

[1] HAGWARA K, HIKASA K, NAKAMURA K, et al. Review of particle physics [J]. Phys. Rev. D, 2002, 66: 901~945.
[2] TORNQVIST N A. Light meson spectroscopy and threshold effects [J]. Nucl. Phys. Proc., 1991, 21(Suppl.): 196~206.
[3] GODFREY S, ISGUR N. Mesons in a relativized quark model with chromodynamics [J]. Phys. Rev. D, 1985, 32: 189~231.
[4] LI D M, MA B, YAO Q K, et al. Meson mixing and the mass of the isodoublet of 2^1S_0 nonet [J]. Mod. Phys. Lett. (A), 2003, 18: 2775~2783.
[5] LI D M, YU H, SHEN Q X. On the mass relation of a meson nonet [J]. Mod. Phys. Lett. (A), 2002, 17: 163~170.
[6] KAWAI E. A large mixing effect on η, η' and [J]. Phys. Lett. (B), 1983, 124: 262~264.
[7] OKUBO S. Note on unitary symmetry in strong interactions [J]. Prog. Theor. Phys., 1962, 27: 949~966.
[8] KOPEL, WERMES N. J/ψ decays [J]. Phys. Rept., 1989, 174: 167~292.

On the Mass of the Isodoublet of the 2^3S_1 Meson Nonet

MA Bing¹, WANG Xiao-zhen

(1. School of Physical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China; 2. Department of Physics, Zhengzhou Normal College, Zhengzhou 550044, China)

Abstract : Based on the mass relation obtained in the framework of meson-meson mixing, with the help of the assumption that for the almost ideally mixing meson nonets, the corrections deduced by the flavor-dependent quarkonia transition can be ignored, and the mass of the isodoublet of the 2^3S_1 meson nonet is predicted to be $1584\pm16.7\text{MeV}$. The agreement between our prediction and the result suggested by the quark model is good. Comparison of the theoretical prediction with the mass of the $K^*(1410)$ clearly shows that it would be unreasonable to assign the $K^*(1410)$ as the member of the 2^3S_1 meson nonet. The prediction will be useful to search the isodoublet of the 2^3S_1 meson nonet experimentally.

Key words : meson ; mass ; mixing