第 13 卷 第 6 期　　高能物理与核物理　　Vol. 13, No. 6
1989 年 6 月　　HIGH ENERGY PHYSICS AND NUCLEAR PHYSICS　　June, 1989

快报

ι–E 疑难和推广的矩分析*

郁　宏
（中国科学院高能物理研究所，北京）

摘　要

本文引进过程 $e^+e^- \to J/\psi \to \gamma B$, $B \to P_1P_2P_3$ 的矩的光子角分布来讨论 ι–E 疑难，得到了判断 $J/\psi \to \gamma K\bar{K}\pi$ 过程中产生的共振峰是否包含 $E(1^{++})$ 分量的一个有效判据.

一、引　言

$\iota/\eta(1440)$ 和 $E/f_1(1420)$ 介子在强子谱中是颇引人注意的. 在 J/ψ 辐射衰变中产生的 $K_s^0K^\pm\pi^\mp$ 共振态（ι/η）首先被 MARK II 组[1]观察到. 其后，晶体球组[2]完成了衰变方式 $J/\psi \to \gamma K^+K^-\pi^0$ 中共振的同量异位素分析，指出它的衰变方式是以准二体方式（$J/\psi \to \gamma\iota$, $\iota \to \delta\pi$, $\delta \to K^+K^-$）为主，它的量子数被确定为 $J^{PC} = 0^{-+}$. MARK III 组[3]和 DM2 组[4]用共振态衰变为三个赝标介子的 Jacob-Berman 方法[5]进行了自旋-宇称分析，发现 $J/\psi \to \gamma K\bar{K}\pi$ 中共振峰的量子数也是 $J^{PC} = 0^{-+}$. E(1420) 首先被 Baillon 等人[6] 在 $P\bar{P}$ 湮灭衰变为 $K\bar{K}\pi$ 的过程中发现. 但二十多年来，实验上仍不能肯定它的自旋-宇称是 1^+ 还是 0^-.

MARK III 组注意到在 $J/\psi \to \gamma K\bar{K}\pi$ 过程中，共振峰不能很好地被一单个的 Breit-Wigner 结构来拟合. 很大的可能是此共振峰包含了多个态（ι、E 等）.

假设，在 $J/\psi \to \gamma K\bar{K}\pi$ 中出现的共振峰就包含 $\iota(0^{-+})$ 和 $E(0^{-+}$ 或者 $1^{++})$. 如果 E(1420) 的量子数与 ι 相同，均为 $J^{PC} = 0^{-+}$，那么 MARK III 组和 DM2 组的自旋-宇称分析结果完全可以被接受. 如果 E(1420) 的 $J^{PC} = 1^{++}$，以上二个组的分析就很难理解，只能认为由于事例太少，误差大，使所用的分析方法不足以分辨出其中的 1^{++} 分量. 这就是 ι–E 疑难.

本文在 Jacob-Berman 角分布的基础上进行推广的矩分析，试图给出能分辨 $J/\psi \to \gamma K\bar{K}\pi$ 中产生的共振峰里有无 $E(1^{++})$ 分量的有效判据.

二、Jacob-Berman 角分布

用共振态衰变为三个赝标介子的 Jacob-Berman 方法，可以得到过程 $e^+e^- \to J/\psi \to$

* 国家自然科学基金资助项目.
本文 1988 年 9 月 14 日收到.

γB，B $\rightarrow P_1P_2P_3$ 的衰变平面法线方向的角分布为

$$W_J(\theta_\gamma, \theta, \phi) \sim \sum_{\Lambda\Lambda'} I(\lambda_J, \lambda'_J) A^J_{\lambda_\gamma\Lambda} A^J_{\lambda_\gamma\Lambda'} \sum_\mu D^{J*}_{-\Lambda\mu}(\phi, \theta, 0) \cdot D^J_{-\Lambda'\mu}(\phi, \theta, 0) |R_\mu|^2 \tag{1}$$

其中

$$|R_\mu|^2 = 2\pi \sum_{\lambda_1\lambda_2\lambda_3} \iint d\omega_1 d\omega_2 |F_\mu(\omega_1\lambda_1, \omega_2\lambda_2, \omega_3\lambda_3)|^2 \tag{2}$$

$I(\lambda_J, \lambda'_J)$ 和子过程 $e^+e^- \rightarrow J/\psi$ 相关，其表达式见文献 [7]；$A^J_{\lambda_\gamma\Lambda}$ 是子过程 $J/\psi \rightarrow \gamma B$ 的螺旋性振幅；F_μ 是过程 $B \rightarrow P_1P_2P_3$ 的唯象衰变振幅；$\omega_1\lambda_1, \omega_2\lambda_2$ 和 $\omega_3\lambda_3$ 分别是三个赝标介子 P_1、P_2 和 P_3 的能量和螺旋性．R_μ 被称为衰变参数．由宇称守恒，我们有以下关系式

$$F_\mu = P(-1)^{\mu+1} F_\mu \tag{3}$$

于是，对不同 J^{PC} 的玻色共振态 B，可得独立衰变参数的数目（如表 1 所示）

表 1　不同 J^{PC} 态的独立衰变参数的数目

J^{PC}	μ	独立衰变参数的数目
0^{-+}	0	1
1^{++}	1，−1	2

显然，当 $J^{PC} = 0^{-+}$，角分布为

$$W_0(\theta_\gamma, \theta, \phi) \sim (1 + \cos^2\theta_\gamma)|R_0|^2 \tag{4}$$

当 $J^{PC} = 1^{++}$，角分布为

$$W_1(\theta_\gamma, \theta, \phi) \sim \left[\frac{1}{2}\sin^2\theta x^2 \sin^2\theta_\gamma + (1 + \cos^2\theta_\gamma)\sin^2\theta - \sin 2\theta_\gamma \cdot x \cdot \cos\phi \sin\theta \cos\theta\right](|R_{+1}|^2 + |R_{-1}|^2) \tag{5}$$

因为 $J = 1$，所以只有一个螺旋性振幅比 x．

对 θ 及 ϕ 积分，可得如下的光子角分布

$$W_0(\theta_\gamma) \sim (1 + \cos^2\theta_\gamma)|R_0|^2, W_1(\theta_\gamma) \sim (1 + A\cos^2\theta_\gamma)(|R_{+1}|^2 + |R_{-1}|^2)$$

$$A = \frac{2 - x^2}{2 + x^2} \tag{6}$$

在事例数不够多，而且 0^{-+} 和 1^{++} 二个态不易区分开的情况下，测量共振峰的角分布确实很难判断峰中是否包含 $E(1^{++})$ 分量．

三、推广的矩分析

在文献[7]中，我们推广了矩分析法[8]将它用到过程 $e^+e^- \rightarrow J/\psi \rightarrow \gamma B, B \rightarrow P_1P_2$ 中去．引进了矩的光子角分布 $H_J(\theta_\gamma, LM)$，提供了确定 $\xi(2230)$ 和 $\theta/f_2(1720)$ 的自旋的一种新途径．对于过程 $e^+e^- \rightarrow J/\psi \rightarrow \gamma B, B \rightarrow P_1P_2P_3$，可以作类似的推广．我们得到以下的矩的光子角分布

$$H_J(\theta_\gamma, LM) \sim \langle D^L_{M0}(\phi, \theta, 0)\rangle$$

$$\sim \sum_{\Lambda\Lambda'} I(\lambda_J, \lambda'_J) A^J_{\lambda_\gamma\Lambda} A^{J*}_{\lambda_\gamma\Lambda'} \sum_{\mu} (J-\Lambda' LM | J-\Lambda)$$

$$\cdot (J\mu L0 | J\mu) |R_\mu|^2 = t^{M*}_{J,L}(\theta_\gamma) \sum_{\mu} (J\mu L0 | J\mu) |R_\mu|^2 \quad (7)$$

其中,多极参数为

$$t^{M*}_{J,L}(\theta_\gamma) = \sum_{\Lambda\Lambda'} I(\lambda_J, \lambda'_J) A^J_{\lambda_\gamma\Lambda} A^{J*}_{\lambda_\gamma\Lambda'} (J-\Lambda' LM | J-\Lambda) \quad (8)$$

对 $J^{PC} = 0^{-+}$, 容易得到

$$H_0(\theta_\gamma, 00) \sim (1 + \cos^2\vartheta_\gamma) |R_0|^2$$

$$H_0(\theta_\gamma, 20) = 0 \quad (9)$$

对 $J^{PC} = 1^{++}$, 我们有

$$H_1(\theta_\gamma, 00) \sim (1 + A_1\cos^2\theta_\gamma)(|R_{+1}|^2 + |R_{-1}|^2)$$

$$A_1 = \frac{1-2x^2}{1+2x^2} \qquad |A_1| \leqslant 1 \quad (10)$$

$$H_1(\theta_\gamma, 20) \sim (1 + A_2\cos^2\theta_\gamma)(|R_{+1}|^2 + |R_{-1}|^2)$$

$$A_2 = \frac{1+x^2}{1-x^2} \qquad |A_2| \geqslant 1 \quad (11)$$

和(4)、(5)和(6)式相比, $H_0(\theta_\gamma, 20)$ 和 $H_1(\theta_\gamma, 20)$ 之间的差别更为明显. 只要得到 $J/\psi \to \gamma K\bar{K}\pi$ 过程中共振峰的角分布,就可求出矩的光子角分布 $H_J(\theta_\gamma, 20)$. 若 $H_J(\theta_\gamma, 20)$ 不等于零,并且随 θ_γ 的变化如(11)式所示, 则共振峰中必存在 $E(1^{++})$ 分量. 否则, 即 $H_J(\theta_\gamma, 20) = 0$, 那么此峰中一定不包含 1^{++} 分量. 这显然是一个判别 $J/\psi \to \gamma K\bar{K}\pi$ 过程产生的共振峰中是否有 $E(1^{++})$ 分量的有效判据.

参 考 文 献

[1] D. L. Scharre et al., *Phys. Lett.* **97B**(1980), 329.
[2] C. Edwards et al., *Phys. Rev. Lett.*, **49**(1982), 259.
[3] J. D. Richman, *Ph D thesis, Caltech.*, CALT-68-1231(1985).
[4] J. E. Augustin et al., LAL/85-27(1985).
[5] S. M. Berman and M. Jacob, *Phys. Rev.* **139**(1965), 1023.
[6] P. Baillon et al., *Nuovo Cim.* **50A**(1967), 393.
[7] 郁宏 BIHEP-TH-88-19, 高能物理与核物理,**13**(1989),87.
[8] S. U. Chung, *Phys. Rev.* **169**(1968), 1342.

THE ι-E PUZZLE AND THE GENERALIZED MOMENT ANALYSIS

Yu Hong

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica, Beijing)

Abstract

We have introduced the photon angular distribution for moments of the process $e^+e^- \to J/\psi \to \gamma B$, $B \to P_1P_2P_3$ to discuss the ι-E puzzle and got an effective criterion to distinguish whether there exist $E(1^{++})$ component in the peak for the process $e^+e^- \to J/\psi \to \gamma K\bar{K}\pi$.