

e^+e^- 湮灭过程的重子产生*

刘希明

(山东大学物理系, 济南)

摘 要

本文指出 $(3/2)^+$ 与 $(1/2)^+$ 重子相对权重的改变对末态长寿命重子产额没有影响, 而对 $(3/2)^+$ 重子产额改变显著. 分析 e^+e^- 实验资料发现对 $(3/2)^+$ 重子很强的抑制参数为 0.3, 由此得到的末态重子产额及产额比才能与实验符合.

一、引 言

$e^+e^- \rightarrow h's$ 或 $pp \rightarrow h's$ 软过程中直接产生强子之间的相对权重可分为二类. 一是同一自旋多重态各粒子之间的相对权重, 含有 b 个 s 和 \bar{s} 夸克的强子受到奇异抑制为 λ^b , $\lambda = p_u/p_s$, 对各种反应实验上得到基本相同的值 $\lambda = 0.3$. 另一类是不同自旋态之间的相对权重目前还没有定论. 按照 $SU(6)$ 对称性假定给出 $R = (3/2)^+$ 重子/ $(1/2)^+$ 重子 = 2, 我们曾指出^[1] R 值的改变对末态长寿命粒子产额影响不大, $R = 2$ 或 1 计算的结果与实验都一致. 因此不能由末态长寿命重子产额实验资料对 R 值给以检验. 我们提出的夸克产生律^[2], LUND SF 弦碎裂模型^[2]以及 Webber CF 集团碎裂模型^[2]预言的 e^+e^- 湮灭过程 $(3/2)^+$ 重子产额都比实验结果偏高很大. 这个偏离是与 R 值有关的, 有必要做进一步的分析. 最近, 许多实验组^[4-11]测量了 $(3/2)^+$ 重子的产额及与 $(1/2)^+$ 重子的比值, 我们可以通过对这些实验结果的分析对 R 值检验, 并进一步计算出末态重子产额与实验比较. 第二节首先分析 R 值对重子产额的影响, 并根据现有的实验资料给出 $R = 0.31$ 第三节进一步计算了三个能量下的重子产额与实验进行了比较, 对结果做了简单讨论.

二、比值 R 与末态重子产额的关系

实验测量的 $(3/2)^+$ 重子产额是最初产生的重子, 而 $(1/2)^+$ 重子产额还包括了其它重子、主要是 $(3/2)^+$ 重子的衰变贡献, 如质子 P 的产额还要包括 $\lambda, \Delta, \Sigma^*$ 的衰变贡献. 因此实验上给出的重子产额比不能直接与 $SU(6)$ 对称性的预言比较, 也即要从理论上给出与实验测量结果对应的产额比, 二者才可进行比较, 以检验 $SU(6)$ 的预言. 重子 B_i 对 B_j 的衰变分支比 $B_i(B_j \rightarrow B_i)$ 可由 P.D.G.^[12] 粒子性质资料算出. $(1/2)^+$ 八重态与 $(3/2)^+$ 十重态重子的相对权重分别用 $C_i(1/2)$ 、 $C_i(3/2)$ 表示, 它们仅与奇异抑制因子

* 国家自然科学基金资助的课题.
本文 1989 年 1 月 30 日收到.

λ 有关。如果仅考虑最初产生的 56 重态重子, 则计入衰变贡献后 $(1/2)^+$ 重子 B_i 的归一化权重是

$$\frac{\sum_j C_j(1/2) \cdot B_r(B_j \rightarrow B_i) + \sum_k R \cdot C_k(3/2) \cdot B_r(B_k \rightarrow B_i)}{\sum_j C_j(1/2) + \sum_k R \cdot C_k(3/2)}, \quad (1)$$

而 $(3/2)^+$ 重子 B_i 的归一化权重则是

$$R \cdot C_i(3/2) / \left[\sum_j C_j(1/2) + \sum_k R \cdot C_k(3/2) \right]. \quad (2)$$

只要求出某能量下的平均重子多重数 $\langle B \rangle$, 与(1)、(2)式相乘就求出对应的末态重子产额。即(1)、(2)式给出各种重子产额之间的相对比例, 它们仅与 R 有关。表 1 列出 R 取不同值时由(1)、(2)式计算出各种重子的归一化权重。可以看到 R 值在 $2 \sim 0.31$ 的一个很宽范围内, $(1/2)^+$ 重子, 如 N, Σ 之权重基本没有多大改变, 而 $(3/2)^+$ 重子之权重则降低了一半多。可见, 只有研究 $(3/2)^+$ 重子的产生, 才可检验 $SU(6)$ 的预言。因为 R 直接改变(2)式的分子, 而仅改变(1)式的后一项, 且二式中归一化分母改变相同, 自然会得出表 1 中的结果。

由(2)与(1)式求出, $(3/2)^+$ 重子 B_i 与 $(1/2)^+$ 重子 B_i 的产额比与 R 值、也与衰变分支比有关。

$$\frac{B_i(3/2)}{B_i(1/2)} = \frac{R \cdot C_i(3/2)}{\sum_j C_j\left(\frac{1}{2}\right) \cdot B_r(B_j \rightarrow B_i) + \sum_k C_k(3/2) \cdot R \cdot B_r(B_k \rightarrow B_i)} \quad (3)$$

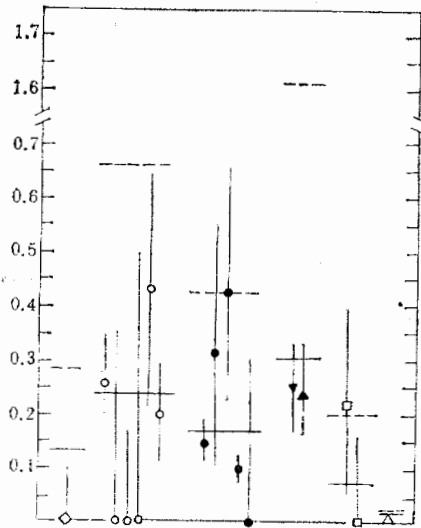


图 1 R 值与末态 $\frac{3}{2}^+$ 、 $\frac{1}{2}^+$ 重子

产额比的关系

$\diamond \Delta^{++}/p$, $\circ \Sigma^*/\Sigma$, $\bullet \Sigma^{**}/\Lambda\bar{\Lambda}$, $\blacktriangledown \Sigma^*/\Sigma^0$,
 $\blacktriangle \Sigma^{**}/\Sigma^0$, $\square \Omega^-/\Omega$, $\triangle \Omega^-/\Lambda$. 实验
 点引之文献[4-11]

这个比值可以直接与实验结果比较。在图 1 中给出不同实验组在能量 $10 \sim 34 \text{ GeV}$ 范围内的结果, 图中虚线给出 $R = 2$ 时与实验对应的重子比, 明显看出与大部分实验偏离很大。如果取 $R = 0.31$, 图中实线画出的比值与现有实验结果基本符合。通常把 $R < 2$ 看成对 $(3/2)^+$ 重子的抑制, 称为“自旋抑制”效应。这种效应的原因目前还不清楚在下一节做一简单讨论。

三、末态 $(3/2)^+$ 重子产额

进一步求出末态重子产额并与实验比较是对 R 值的进一步检验。这里只需由实验或理论计算给出一重子产额或平均重子数, 就可利用关系式(1)、(2)求出其它所有重子产额。下面由模型给出总的平均重子数 $\langle B \rangle$ 计算其它重子产额, 这也是对模型的直接检验。虽然各种模型都能给出某能量下总的重子数, 但一般是由各种末态重子产额之和给出。而夸克产生律^[5]则能给出某能量下

最初产生的平均重子数 $\langle B \rangle$, 这才是我们需要的. 在 [3] 中给出某能量 \sqrt{s} 下夸克 jet f 产生的平均夸克对数 $\langle N_f \rangle$ 是

$$\langle N_f \rangle = [\alpha^2 + \beta \sqrt{s} (1 - Z_f)]^{1/2} - \alpha,$$

与 N 对应的平均重子数则是

$$\langle B(N) \rangle = \sum_M \sum_B B \cdot \frac{2N(N!)^2 (M + 2B - 1)!}{(2N)! M! (B!)^2} 3^{M-1} \delta_{N, M+3B},$$

总的平均重子数 $\langle B \rangle$ 则是三种夸克 jet 按夸克电荷平方加权平均

$$\langle B \rangle = \frac{\sum_f e_f^2 \langle B(N) \rangle_f}{\sum_f e_f^2} \quad (4)$$

上面式中参数已在 [3] 中给出. 在表 2, 3, 4 中给出三个能量下计算结果与实验的比较.

表 1 R 值与重子相对产额的关系

R	2	1	0.5	0.31
N	1.033	1.022	1.010	1.003
λ	0.419	0.428	0.437	0.443
Σ	0.055	0.079	0.107	0.123
Ξ	0.042	0.044	0.047	0.048
Δ	0.294	0.236	0.169	0.131
Σ^*	0.088	0.071	0.051	0.039
Ξ^*	0.026	0.021	0.015	0.012
Ω^-	0.008	0.006	0.005	0.004

表 2 $\sqrt{s} = 10.6 \text{ GeV}$ 重子产额与实验^[4)]比较

	实验	$R = 0.31$	$R = 2$
Σ^{*-}	$(0.553 \pm 0.109 \pm 0.098) \times 10^{-2}$	0.577×10^{-2}	1.23×10^{-2}
Σ^{*+}	$(0.513 \pm 0.095 \pm 0.092) \times 10^{-2}$	0.577×10^{-2}	1.23×10^{-2}
Ξ^{*0}	$(1.46 \pm 0.51 \pm 0.23) \times 10^{-3}$	1.67×10^{-3}	3.70×10^{-3}
Ω^-	$(0.72 \pm 0.36 \pm 0.13) \times 10^{-3}$	0.50×10^{-3}	1.11×10^{-3}
Ξ^-	$(0.67 \pm 0.06 \pm 0.07) \times 10^{-2}$	0.706×10^{-2}	0.564×10^{-2}
Λ	$(0.92 \pm 0.03 \pm 0.08) \times 10^{-1}$	0.661×10^{-1}	0.587×10^{-1}

表 3 $\sqrt{s} = 34 \text{ GeV}$ 重子产额与实验^[5)]比较

	实验	$R = 0.31$	$R = 2$
Δ^{++}	< 0.1	0.095	0.245
Σ^{*+}	< 0.09	0.056	0.147

这些结果表明与图 1 重子比一样, $R = 0.31$ 时才与实验结果基本一致, 而 $R = 2$ 时

表4 $\sqrt{S} = 29$ GeV 重子产额与实验比较

	实 验		本文计算结果		模型预言		
			R = 0.31	R = 2	Lund ^[2]	Webber ^[2]	Caltech-II ^[2]
Σ^{*+}	$0.073 \pm 0.032 \pm 0.017$	[6]	0.029	0.065	0.06	0.09	0.01
	$0.033 \pm 0.006 \pm 0.005$	[7]					
Ω	$0.014 \pm 0.006 \pm 0.004$	[8]	0.0026	0.0059	0.0003	0.005	0.000
	0.027 ± 0.017	[8]					

给出的结果与实验偏离都很大。

实验上也观察到 1^- 、 0^- 介子比 $V/P \neq 3$ 的现象^[13], 似乎与介子的质量有关而称为“质量效应”。当考虑了 $L=1$ 介子对 $L=0$ 介子的衰变贡献, 取 $L=1, 0$ 介子比 3:1 时, 理论预言与实验结果基本一致^[3], 并不存在“质量效应”。 $(3/2)^+$ 、 $(1/2)^+$ 重子比 $R \neq 2$ 的一个可能原因也可以看成 $L=1$ 重子对 $L=0$ 重子的衰变贡献, 文献[2]给出二者比例如 $\lambda(1520)/\Sigma^* \simeq 1.5$ 相当大。但这方面的实验资料如 $L=1$ 重子的衰变道的资料还很少, 因此 $SU(6)$ 预言是否正确需要实验的进一步检验。

参 考 文 献

- [1] Xie Qu-bing and Liu Xi-ming, *Chin. J. High Ener. and Nucl. Phys.*, **11**(1987), 192.
- [2] Tobriorn Stostrand, *INTERNATIONAL JOURNAL OF MODERN PHYSICS*, **A3**(1988), 751.
- [3] Xie Qu-bing and Liu Xi-ming, *Phys. Rev.*, **D38**(1988), 2169.
- [4] ARGUS Collab. H. Albrecht et al., *Z. Phys.*, **C39**(1988), 177.
- [5] TASSO Collab. M. Althoff et al., *Z. Phys.*, **C26**(1984), 181.
- [6] D. H. Saxo, Proc. Intern. Europhysics Conf. on High energy Physics (Bari, 1985), p. 859.
- [7] HRS Collab. S. Abachi et al., *Phys. Rev. Lett.*, **58**(1987), 2627.
- [8] MARK II Collab. S. R. Klein et al., *Phys. Rev. Lett.*, **59**(1987), 7412.
- [9] ARGUS Collab. H. Albrecht et al., *Phys. Lett.*, **B183**(1987), 413.
- [10] CLEO Collab. M. S. Alam et al., *Phys. Rev. Lett.*, **53**(1984), 24.
- [11] MARK II Collab. S. R. Klein et al., *Phys. Rev. Lett.*, **58**(1987), 644.
- [12] Particle Data Group. Review of particle properties. *Phys. Lett.*, **B170**(1986), 1.
- [13] HRS Collab. M. Derrick et al., *Phys. Lett.*, **B158**(1985), 519; HRS Collab. M. Derrick et al., *Phys. Rev. Lett.*, **53**(1984), 1971.

BARYON PRODUCTION IN e^+e^- ANNIHILATION

LIU XIMING

*(Shandong University, Jinan)***ABSTRACT**

It is pointed out that the relative weight between $(3/2)^+$ and $(1/2)^+$ baryons has no effect on the yield of long-lived baryons in final states, but changes the yield of $(3/2)^+$ baryons considerably. By analysing the experimental data we show a very strong suppression factor of $(3/2)^+$ baryons of the order 0.3, and as a result the yield of the final state baryons and their ratio all agree with experiment.