

## 9.5 GeV 附近的新粒子 $\Upsilon$ 和 层子模型的 $SU(5)$ 扩充

李 铁 忠

(中国科学院高能物理研究所)

在  $J/\psi$  粒子发现后, 因  $SU(3)$  难于容纳, 有人将层子模型理论<sup>[1]</sup>的对称性从  $SU(3)$  扩充到  $SU(4)$ <sup>[2]</sup>. 三年来的实验, 尤其是 D、F 粒子的发现, 证明  $SU(4)$  确实是好的方案. 一年多之前我们曾提出这样的问题<sup>[3]</sup>: 如再发现窄共振的中性矢量介子怎么办? 最近实验上在 9.5 GeV 附近确实发现了新的共振<sup>[4]</sup>. 对这个共振包含有那些粒子, 到目前有以下几种分析:

- (1) 在  $9.54 \pm 0.04 \text{ GeV}$  处有一个新粒子;
- (2) 在  $9.44 \pm 0.03 \text{ GeV}$  和  $10.17 \pm 0.05 \text{ GeV}$  处有两个新粒子;
- (3) 在  $9.40 \pm 0.02 \text{ GeV}$ ,  $9.99 \pm 0.05 \text{ GeV}$ ,  $10.41 \pm 0.12 \text{ GeV}$  处有三个新粒子<sup>[5]</sup>.

有的资料指出: 在 9.5 GeV 附近的共振已经被分辨出来有两个窄峰<sup>[6]</sup>. 如果窄共振在实验上是确实的话, 则  $SU(4)$  已不好容纳, 其扩充的一种可能就是  $SU(5)$ . 去年, 我们曾以当时 FERMILAB 宣称发现了的但跟着又被 SLAC 否认的 6 GeV 粒子做为扩充到  $SU(5)$ <sup>[3]</sup> 的例子, 现在看来这个粒子可能是不存在了. 如果资料 [6] 说的两个窄共振就是在 9.44 GeV 和 10.17 GeV 处的话, 那么可把 10.17 GeV 当做 9.44 GeV 的径向激发并称做  $\Upsilon'$ , 把称做  $\Upsilon$  的 9.44 GeV 的粒子做为扩充到  $SU(5)$  的依据. 不必从头做起, 前一篇<sup>[3]</sup>当中, 除将 6 GeV 的数值相应的换成 9.44 GeV 以外, 完全适用. 只是由于当时 6 GeV 粒子未被肯定, 前一篇<sup>[3]</sup>有些具体结果没算出. 本文仅做以补充, 凡 [3] 上有的这里都不再重述.

前一篇<sup>[3]</sup>里,  $n'$  层子的电荷用的是  $\frac{2}{3}$ . 这样有局限性, 因为  $n'$  层子的电荷尚待进一步实验去探讨. 因此, 我们把  $n'$  层子的电荷扩充到任意值  $Q_{n'}$ , 并对  $Q_{n'} = \frac{2}{3}$  和  $Q_{n'} = -\frac{1}{3}$  两个值给出相应的结果.

首先,  $n'$  层子的电荷是任意值  $Q_{n'}$  时, 做为新增加的量子数  $b$  荷的算符应改成

$$b = \left( 2Q_{n'} - \frac{1}{3} \right) \lambda_3^2, \quad (1)$$

其质量公式应改成

$$M = M_0 + M_1 \left( \frac{\left( Y + C + \frac{b}{2Q_{n'} - \frac{1}{3}} \right)^2}{4} - \frac{1}{2Q_{n'} - \frac{1}{3}} Cb - I(I+1) \right) + M_2(C^2 + W) + M_3 \left( \frac{b^2}{\left( 2Q_{n'} - \frac{1}{3} \right)^2} + X \right) + M_4 Y + M_5 C + M_6 \frac{b}{2Q_{n'} - \frac{1}{3}} + M_7 W' + M_8 X' + M_9 X''$$

和

$$m^2 = m_0^2 + m_1^2 \left( \frac{\left( Y + C + \frac{b}{2Q_{n'} - \frac{1}{3}} \right)^2}{4} - \frac{1}{2Q_{n'} - \frac{1}{3}} Cb - I(I+1) \right) + m_2^2(C^2 + W) + m_3^2 \left( \frac{b^2}{\left( 2Q_{n'} - \frac{1}{3} \right)^2} + X \right). \tag{2}$$

由这些质量公式可知,由  $n'$  层子组成的“基本”粒子与  $n'$  层子的电荷无关。

其次,当把 9.44GeV 的粒子填到  $SU(5)$  的  $1^-$  么旋波函数中  $\phi_b$  的位置时,就必然预言出带新量子数  $b$  的新粒子,用  $\lambda_i (i = 3, 4, 5)$  破坏给出的  $1^-$  介子的质量关系求得

$$m_{H^*} = 6.68\text{GeV}, m_{I^*} = 6.71\text{GeV}, m_{R^*} = 6.99\text{GeV}. \tag{3}$$

用(2)式也可求出与(3)式符合的值,这三种粒子带的  $b$  荷等量子数为:

	$H^{*0}$	$\bar{H}^{*0}$	$H^{*+}$	$H^{*-}$	$I^{*+}$	$I^{*-}$	$R^{*0}$	$\bar{R}^{*0}$	
$I$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	0	0	
$Y$	0	0	0	0	1	-1	0	0	
$C$	0	0	0	0	0	0	-1	1	
$b$	$Q_{n'}$	$2Q_{n'} - \frac{1}{3}$	$-(2Q_{n'} - \frac{1}{3})$						
	$Q_{n'} = \frac{2}{3}$	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
	$Q_{n'} = -\frac{1}{3}$	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1

因用类似的方法从  $SU(4)$  求得的  $D, F$  粒子的质量比实验值偏高。所以,我们认为实验测得的  $H^*, I^*, R^*$  的粒子的质量比(3)式预言的值可能低些。

另外,在  $SU(3)$  理论中自旋质量差关系与实验符合的很好。在  $SU(4)$  理论里也应用了这一点,且实验证明符合的也不太差。因此在  $SU(5)$  范围里我们仍可以应用这一点,即假设:  $1^-$  介子和  $0^-$  介子两个不可约表示的质量公式中相应的  $m_1^2, m_2^2, m_3^2$  近似相等。这样以一个  $0^-$  介子的质量输入,即可求出  $0^-$  介子的全部质量。先写下  $SU(5)$  的  $0^-$  介子的么旋波函数:



我们从  $1^-$  介子多重态定出了 (2) 式的

$$m_1^2 = 0.1353\text{GeV}^2, m_2^2 = 1.9966\text{GeV}^2, m_3^2 = 17.533\text{GeV}^2.$$

对 (2) 式输入  $\pi$  介子的质量就可以定出带新量子数  $b$  的  $0^-$  介子的质量:  $m_H = 6.56\text{GeV}$ ,  $m_I = 6.575\text{GeV}$ ,  $m_R = 6.87\text{GeV}$ . 但考虑到在  $SU(4)$  中用同样方法定出的带 Charm 数的 D、F 粒子比实验偏高(约高 10%, 这可能是由于自旋质量差关系的近似而来), 因此下面的数值

$$m_H = 5.90\text{GeV}, m_I = 5.92\text{GeV}, m_R = 6.18\text{GeV},$$

可能更接近实验测得的值. 对  $\eta_b^0$  仍然有一个与  $\eta^0, X^0, \eta_c^0$  混合的问题. 用  $SU(4)$  的类似方法<sup>[2]</sup>可估出  $\eta_b$  的质量. 但输入上面求得的  $m_H$  的值, 利用前一篇<sup>[3]</sup>  $\lambda_i (i = 3, 4, 5)$  破坏的质量关系, 亦可求得  $m_{\eta_b} = 8.32\text{GeV}$ .

对  $\phi_b \rightarrow e^+e^-, \mu^+\mu^-$  的衰变宽度, 用层子模型<sup>[1]</sup>或复合场论<sup>[7]</sup>的结果, 对  $n'$  层子电荷为  $2/3$  和  $-1/3$  的两种情况, 输入两种零点波函数, 估出如下的数值:

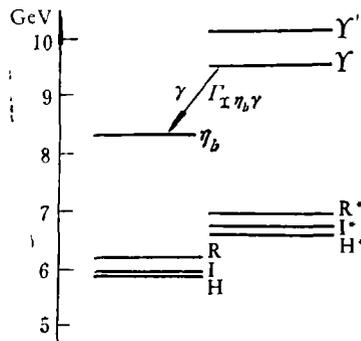
输 入		$ \psi_{\rho \rightarrow 2l}(0) ^2$	$ \psi_{\varphi_c \rightarrow 2l}(0) ^2$	输 入		$ \psi_{\varphi'_c \rightarrow 2l}(0) ^2$
$\Gamma_{\phi_b \rightarrow 2l}$	$Q_{n'} = \frac{2}{3}$	1.29KeV	3.3KeV	$\Gamma_{\phi_b \rightarrow 2l}$	$Q_{n'} = \frac{2}{3}$	1.56KeV
	$Q_{n'} = -\frac{1}{3}$	0.32KeV	0.83KeV		$Q_{n'} = -\frac{1}{3}$	0.39KeV

对  $\phi_b \rightarrow \eta_b + \gamma$  的辐射宽度, 用层子模型的结果, 对  $n'$  层子电荷为  $2/3$  和  $-1/3$  的两种情况, 输入由  $\omega \rightarrow \pi\gamma$  的实验值定出的时空波函数的重叠积分, 获得:

$Q_{n'}$	$\frac{2}{3}$	$-\frac{1}{3}$
$\Gamma_{\phi_b \eta_b \gamma}$	0.662MeV	0.165MeV

- 小结: 1. 将  $9.44\text{GeV}$  的  $Y$  粒子填到  $SU(5)$  的  $\psi_{\phi_b}$  的位置;  
 2. 预言了带新量子数  $b$  的  $1^-$  和  $0^-$  介子的质量;  
 3. 估出了  $Y \rightarrow 2l$  和  $Y \rightarrow \eta_b + \gamma$  的宽度.

将带  $b$  量子数的粒子的质量谱搜集于下:



此外,与  $SU(4)$  类似在  $\gamma$  和  $\gamma'$  之间还应存在三个  $P$  态粒子.

关于第五个层子  $n'$  的存在,在弱作用中如何解释的问题尚待进一步探讨.

### 参 考 资 料

- [1] 北京基本粒子理论组, 1966年北京暑假讨论会论文.
- [2] 吴济民、黄涛, 学科通报, **20** (1975), 184.
- [3] 李铁忠, 物理学报, **26** (1977), 535.
- [4] S. W. Herb et al., *Phys. Rev. Lett.*, **39**(1977), 252.
- [5] L. Lederman, *International Symposium on Lepton and Photon Interactions at High Energies*, (1977).
- [6] CERN COURIER Hamburg, **17**(1977), 274.
- [7] 何祚庥、黄涛, 物理学报, **23** (1974), 113; 264.

## NEW PARTICLES $\gamma$ NEAR 9.5GeV AND $SU(5)$ EXTENSION OF THE STRATON MODEL

LI TIE-ZHONG

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