

“色空间”中介子和重子的质量分裂

高 崇 寿

(北京大学物理系)

最近在强子结构模型的研究中提出了层子间超强相互作用在色空间的对称性可能不是 $SU(3)$ 而是色置换 S_3 和色守恒 $U(1)^{[1][2]}$, 其明显优点是自然地给出超强相互作用的饱和性. 在此基础上提出的具有整数电荷的十二个层子模型方案^[3], 可以解释新粒子 J/ψ 和 ψ 的一些基本属性, 可以解释近几年来发现的一些重要新现象的一些基本特征, 并给出一些重要的实验预言.

在工作[4]中曾给出, 在所建议的相互作用下, 层子和反层子组成的系统(“介子”)和三个层子组成的系统(“重子”)的能级分裂如图:

“介子”

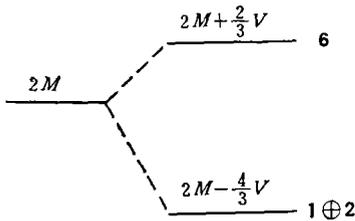


图 1

“重子”

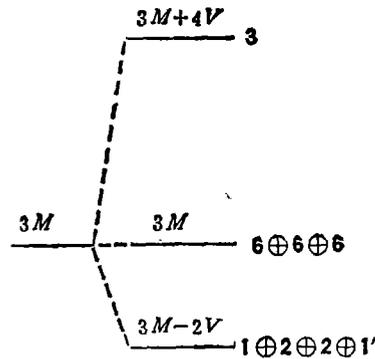


图 2

当层子质量 M 很大时, 应有 $V \approx \frac{3}{2} M$, 其中 V 为反映结合能的位势参量. 由此得到介子只能是表示 $1 \oplus 2$, 重子只能是表示 $1 \oplus 2 \oplus 2 \oplus 1'$, 而其它态都不能是束缚态.

介子的三个简并态在色空间是 $R\bar{R}, B\bar{B}, G\bar{G}$ 的线性组合, 重子的六个简并态在色空间是 $RBG, BGR, GRB, BRG, GBR, RGB$ 的线性组合. 我们来考察质量简并如何解除的问题.

上面所给出的超强相互作用方案, 相当于过去色空间 $SU(3)$ 的八种胶子中只有 λ_3 和 λ_8 两种胶子作用很强, 它们两者耦合强度相同. 但是色置换和色守恒 S_3 对称性还允许另六种胶子 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7$ 存在, 只要它们的耦合强度相同. 为了解除质量的简并, 我们可引入这六种胶子, 假定它们的耦合强度要远比 λ_3 和 λ_8 胶子弱.

对于介子的情形, 例如 $R\bar{R}$ 态到 $B\bar{B}$ 态之间就可以允许有质量跃迁, 它可以通过交换

λ_1, λ_2 胶子进行。一般说来, 考虑了各级贡献, 可表如图 3。考虑到 $S(3)$ 对称性, $R\bar{R}, B\bar{B}, G\bar{G}$ 之间的质量跃迁应取相同值 $-b$,

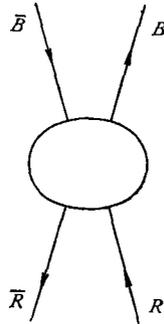


图 3

如取质量平方算符为

$$m^2 = \begin{pmatrix} m_0^2 & -b & -b \\ -b & m_0^2 & -b \\ -b & -b & m_0^2 \end{pmatrix}$$

则简并解除为 $m^2 = m_0^2 - 2b$ 的 **1**, 其波函数为

$$\tilde{\omega} = \frac{1}{\sqrt{3}} (R\bar{R} + B\bar{B} + G\bar{G});$$

$m^2 = m_0^2 + b$ 的 **2**, 其波函数为

$$\tilde{\varphi} = \frac{1}{\sqrt{6}} (R\bar{R} + B\bar{B} - 2G\bar{G}), \quad \tilde{\rho} = \frac{1}{\sqrt{2}} (R\bar{R} - B\bar{B}).$$

对于重子的情形, 可取基矢为 $RBG, BGR, GRB, BRG, GBR, RGB$ 这六个态。它们之间的差别是空间分布情况不同。我们用 RBG 代表 $R(1)B(2)G(3)$ 的态, 即在坐标空间(或动量空间)中 R 处于 1 处, B 处于 2 处, G 处于 3 处的态。如果相互作用位势空间分布既不集中于一点(这时要求波函数中 1, 2, 3 位置重合)又不在全空间均匀分布(这时要求波函数在动量空间集中到一点)而有有限大小的范围时, 则需要考虑这些态之间可能的质量跃迁。作为初级近似, 只考虑两体间的交换作用, 可以用图表示。考虑到 $S(3)$ 对称, 质量算符可表为:

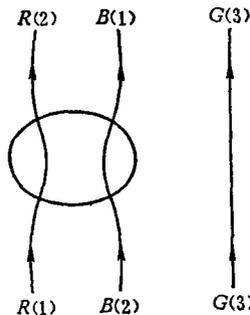


图 4

$$\begin{pmatrix} m_0 & 0 & 0 & b' & b' & b' \\ 0 & m_0 & 0 & b' & b' & b' \\ 0 & 0 & m_0 & b' & b' & b' \\ b' & b' & b' & m_0 & 0 & 0 \\ b' & b' & b' & 0 & m_0 & 0 \\ b' & b' & b' & 0 & 0 & m_0 \end{pmatrix}$$

这样质量简并解除为

$m = m_0 - 3b'$ 的 $\mathbf{1}'$, 其波函数为 RBG 的完全反对称态;

$m = m_0 + 3b'$ 的 $\mathbf{1}$, 其波函数为 RBG 的完全对称态;

$m = m_0$ 的 $\mathbf{2} \oplus \mathbf{2}$, 其波函数为与上两态正交的四个混合对称态, 两个 $\mathbf{2}$ 的质量仍是简并的。

从物理上的合理性要求, 已熟知的介子和重子分别应属于 $\mathbf{1}$ 和 $\mathbf{1}'$, 这要求分裂参数 $b > 0$, $b' > 0$ 。这样我们得到如下的结果:

由于色空间结构不同而存在的质量较高的介子有两族 ($\bar{\varphi}$ 和 $\bar{\rho}$), 它们的质量相近; 由于色空间结构不同而存在的质量较高的重子有五族, 其中四族 (相当于 $\mathbf{2} \oplus \mathbf{2}$) 质量相近, 另一族 ($\mathbf{1}$) 则质量更高, 这三个质量值之间是等距的。因此正如 [3] 中对介子讨论的结果类似, 只要发现了一个“新”重子, 则可以预言一系列“新”重子的质量, 并可以如 [3] 中对介子讨论类似地讨论“新”重子的相互作用性质和衰变行为。

参 考 资 料

- [1] 李综、卞震、习成, 物理学报, **24** (1975), 372.
- [2] 高崇寿, 高能物理与核物理, **1** (1977), 92.
- [3] 北京大学物理系基本粒子理论组, 本期, 1.
- [4] 北京大学物理系基本粒子理论组, 高能物理与核物理, **1** (1977), 19.

MASS SPLITTINGS OF MESONS AND BARYONS IN COLOUR SPACE

Gao Chung-shou

(Department of Physics, Peking University)