

三重子系统 $SU(6)$ “么正能带”结构

张禹顺 李扬国 王滩滩

(中国科学院高能物理研究所) (中国科学院理论物理研究所)

陈晓天 阮图南

(中国科学技术大学)

摘 要

本文在文章 [1-3] 的基础上, 进一步讨论三重子系统的 $SU(6)$ 么正对称性. 认为质子、中子和 Λ 超子组成 $SU(3)$ 群的基础粒子, 考虑自旋后组成 $SU(6)$ 群的基础粒子. 文中得到了三重子系统具有“么正能带”, 并且作了系统的讨论. 利用 T_3^2 破坏的质量公式, 对 $SU(6)$ 给出了同类奇异相似态不同自旋的能级间的联系. 最后, 利用质量公式作了简单的计算, 结果与实验没有矛盾.

一、引 言

在文章 [1] 中, 我们讨论了重子-反重子系统的 $SU(3)$ 么正对称性. 文中指出, 重子-反重子系统必须按 $SU(3)$ 群分类. 由于 Λ 超子和核子间存在着“原始”质量差, 破坏了 $SU(3)$ 么正对称性. 因此造成了能级分裂, 相应的 T_3^2 张量给出了同一类奇异相似态间的质量关系, 这样在 $p\bar{p}$ 系统中就形成了“么正能带”. 这种能带类似于原子核中的转动带.

在文章 [2-3] 中, 又讨论了双重子系统、重子-反重子系统的 $SU(6)$ 么正对称性. 文中把自旋为 $1/2$ 的质子、中子和 Λ 超子组成 $SU(6)$ 群的基础粒子. 因此, 双重子系统、重子-反重子系统都必须按 $SU(6)$ 群分类. [2-3] 中着重指出, $SU(6)$ 群把自旋为 0 的奇异相似态和自旋为 1 的奇异相似态联系起来. $SU(2)$ 的卡雪米尔算子 $S(S+1)$ 给出了这两类奇异相似态间的质量关系. 因此, $SU(3)$ 给出了同一类奇异相似态间的质量关系, 而 $SU(6)$ 则给出了同一类奇异相似态不同自旋的能级间的联系.

文章 [1-3] 的计算表明在重子-反重子系统和双重子系统中, 用么正对称理论进行分析, 所得到的结果与实验基本上一致. 这说明 p, n, Λ 作为基础粒子来讨论由 p, n, Λ 所组成的几个重子系统是很有用的一种途径. 为了更广泛的检验这个理论, 本文进一步讨论三重子系统的 $SU(6)$ 么正对称性. 与 [2-3] 文章一样, 认为自旋为 $1/2$ 的质子、中子和 Λ 超子组成 $SU(6)$ 群的基础粒子. 由于 p, n, Λ 都是费米子, 所以, 三重子系统的总波函数应服从费米统计, 因而, 必须考虑 $SU(6)$ 的各种不可约表示. 本文给出了三重子系统的全反对称波函数、全对称波函数、部分反对称波函数、部分对称波函数的具体表式, 并给

出了它们的量子数。在这基础上,文章提出了三重子 p, n, Λ 系统具有“么正能带”。并且比较系统地对它们进行了讨论。文中利用 T_3^2 破坏的质量公式,对 $SU(6)$ 给出了自旋为 $3/2$ 的奇异相似态和自旋为 $1/2$ 的奇异相似态间的联系。最后,利用质量公式作了简单的计算,结果与实验没有矛盾。

二、 $SU(6)$ 么正对称

在非相对论近似下, p, n, Λ 的自旋波函数是二维旋量 $\chi_r (r = 1, 2)$

$$\chi_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \chi_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}. \quad (2.1)$$

由于空间各向同性,它按转动群变换

$$\chi'_r = e^{i\theta \cdot \sigma / 2} \chi_r.$$

其中 σ 是泡利矩阵,若将内部对称 $SU(3)$ 与外部空间对称 $SU(2)$ 扩充为一个更大的对称 $SU(6)$

$$\phi'_\Lambda = e^{i\theta_{ij} x_{ij}} \phi_\Lambda.$$

其中

$$\phi_\Lambda = \phi_\alpha \chi_r \quad (r = 1, 2; \alpha = 1, 2, 3)$$

是 $SU(6)$ 空间的基矢, ϕ_α 是 p, n, Λ 的 $SU(3)$ 基矢^[2], 而 x_{ij} 是 $SU(6)$ 生成元: $\lambda_i \cdot \sigma_j$ ($i=0, 1, \dots, 8; j=0, 1, 2, 3$). 由此给出三重子系统的 $SU(6)$ 变换

$$\phi'_{ABC} = e^{i\theta_{ij} x_{ij}} \phi_{ABC}, \quad X_{ij} = x_{ij}^{(1)} + x_{ij}^{(2)} + x_{ij}^{(3)}, \quad (2.2)$$

T_3^2 破坏给出质量公式

$$M(T, Y, S) = M_0 + a_1 Y + a_2 \left[T(T+1) - \frac{1}{4} Y^2 \right] + a_3 S(S+1), \quad (2.3)$$

其中 T, Y, S 分别是 $SU(6)$ 的某个不可约表示的同位旋、超荷和自旋。

根据群的对称性理论,并利用置换群 \mathcal{A}_3 的四个不可约表示的正交单位,可以把 ϕ_{ABC} 约化为以下四个不可约波函数之和

$$\phi_{ABC} = \phi_{ABC}^{(A)} + \phi_{ABC}^{(S)} + \phi_{ABC}^{(1)} + \phi_{ABC}^{(2)}. \quad (2.4)$$

其中 $\phi_{ABC}^{(A)}$ 是全反对称波函数 ($A, B, C = 1, \dots, 6$); $\phi_{ABC}^{(S)}$ 是全对称波函数; $\phi_{ABC}^{(1)}$ 是部分反对称波函数; $\phi_{ABC}^{(2)}$ 是部分对称波函数。下面分别进行讨论。

全反对称波函数可以写成 (20 重态)

$$\begin{aligned} \phi_{ABC}^{(A)} = Y_A \phi_{ABC} = & \chi_{rst}^{(S)} \phi_{aBr}^{(A)} + \frac{1}{18} \{ (\chi_{rst} - \chi_{rts}) (\phi_{\alpha\beta\gamma} + \phi_{\alpha\gamma\beta}) + (\chi_{rst} \\ & - \chi_{rts}) (\phi_{\tau\alpha\beta} + \phi_{\beta\alpha\gamma}) + (\chi_{str} - \chi_{str}) (\phi_{\beta\gamma\alpha} + \phi_{\tau\beta\alpha}) \\ & + (\chi_{str} - \chi_{str}) (\phi_{\beta\gamma\alpha} + \phi_{\beta\alpha\gamma}) + (\chi_{rst} - \chi_{rst}) (\phi_{\alpha\beta\gamma} + \phi_{\tau\beta\alpha}) \\ & + (\chi_{str} - \chi_{str}) (\phi_{\tau\alpha\beta} + \phi_{\alpha\tau\beta}) + (\chi_{str} - \chi_{str}) (\phi_{\tau\alpha\beta} + \phi_{\tau\beta\alpha}) \\ & + (\chi_{str} - \chi_{rst}) (\phi_{\beta\gamma\alpha} + \phi_{\alpha\tau\beta}) + (\chi_{rst} - \chi_{rst}) (\phi_{\alpha\beta\gamma} + \phi_{\beta\alpha\gamma}) \}, \quad (2.5) \end{aligned}$$

其中 $\chi_{rst}^{(S)} \phi_{aBr}^{(A)}$ 代表自旋为 $3/2$ 的奇异相似态。 ($r, s, t = 1, 2$). 第二项表示自旋为 $1/2$ 的 8 个奇异相似态,它们的量子数列表 1 如下:

表 1

	[ppn]	[pnn]	[pp Δ]	[pn, Δ]	[nn Δ]	[p $\Delta\Delta$]	[n $\Delta\Delta$]	[pn Δ]	[pn Δ] ^{*0}
Q	2	1	2	1	0	1	0	1	1
T_3	1/2	-1/2	1	0	-1	1/2	-1/2	0	0
T	1/2	1/2	1	1	1	1/2	1/2	0	0
Y	3	3	2	2	2	1	1	2	2
B	3	3	3	3	3	3	3	3	3

画成权图如图 1.

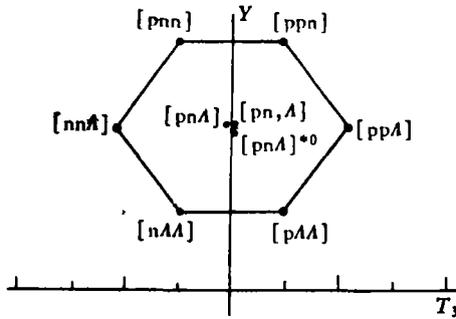


图 1

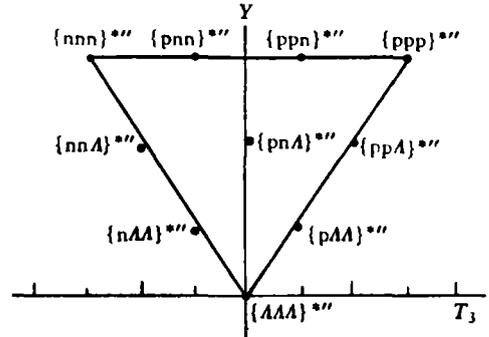


图 2

由质量公式给出 16 个奇异相似态间的质量关系

$$3M_{[pn\Delta]} + M_{[pp\Delta]} = 2(M_{[pnn]} + M_{[p\Delta\Delta]}) \quad (2.6)$$

其中符号 [pn, Δ] 表示与 [pn Δ] 的区别.

全对称波函数为 (56 重态)

$$\begin{aligned} \phi_{ABC}^{(S)} = & \chi_{rst}^{(S)} \phi_{a\beta\gamma}^{(S)} + \frac{1}{18} \{ (\chi_{rst} - \chi_{rts})(\phi_{\alpha\beta\gamma} - \phi_{\alpha\gamma\beta}) \\ & + (\chi_{rst} - \chi_{rts})(\phi_{\tau\alpha\beta} - \phi_{\beta\alpha\tau}) + (\chi_{rst} - \chi_{rts})(\phi_{\beta\tau\alpha} - \phi_{\tau\beta\alpha}) \\ & + (\chi_{rst} - \chi_{rts})(\phi_{\beta\tau\alpha} - \phi_{\beta\alpha\tau}) + (\chi_{rst} - \chi_{rts})(\phi_{\alpha\beta\gamma} - \phi_{\alpha\gamma\beta}) \\ & + (\chi_{rst} - \chi_{rts})(\phi_{\tau\alpha\beta} - \phi_{\alpha\tau\beta}) + (\chi_{rst} - \chi_{rts})(\phi_{\tau\alpha\beta} - \phi_{\tau\beta\alpha}) \\ & + (\chi_{rst} - \chi_{rts})(\phi_{\beta\tau\alpha} - \phi_{\alpha\tau\beta}) + (\chi_{rst} - \chi_{rts})(\phi_{\alpha\beta\gamma} - \phi_{\beta\alpha\tau}) \}. \end{aligned} \quad (2.7)$$

其中 $\chi_{rst}^{(S)} \phi_{a\beta\gamma}^{(S)}$ 代表自旋为 3/2 的 10 个奇异相似态, 它们的量子数列表 2 如下:

表 2

	{ppp} ^{**}	{ppn} ^{**}	{pnn} ^{**}	{nnp} ^{**}	{pp Δ } ^{**}	{pn Δ } ^{**}	{n $\Delta\Delta$ } ^{**}	{p $\Delta\Delta$ } ^{**}	{n $\Delta\Delta$ } ^{**}	{ $\Delta\Delta\Delta$ } ^{**}
Q	3	2	1	0	2	1	0	1	0	1
T_3	3/2	1/2	-1/2	-3/2	1	0	-1	1/2	-1/2	0
T	3/2	3/2	3/2	3/2	1	1	1	1/2	1/2	0
Y	3	3	3	3	2	2	2	1	1	0
B	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

画成权图如图 2.

由质量公式给出 40 个奇异相似态间的质量关系

$$M_{\{\Delta\Delta\Delta\}^{**}} - M_{\{p\Delta\Delta\}^{**}} = M_{\{p\Delta\Delta\}^{**}} - M_{\{pp\Delta\}^{**}} = M_{\{pp\Delta\}^{**}} - M_{\{ppp\}^{**}}, \quad (2.8)$$

可见能谱是等间隔的。

(2.7) 式的第二项是自旋为 1/2 的 8 个奇异相似态, 它的量子数列表 3 如下:

表 3

	{ppn}	{pnn}	{ppA}	{pn,A}	{nnA}	{pAA}	{nAA}	{pnA}
Q	2	1	2	1	0	1	0	1
T ₃	1/2	-1/2	1	0	-1	1/2	-1/2	0
T	1/2	1/2	1	1	1	1/2	1/2	0
Y	3	3	2	2	2	1	1	2
B	3	3	3	3	3	3	3	3

画成权图如图 3:

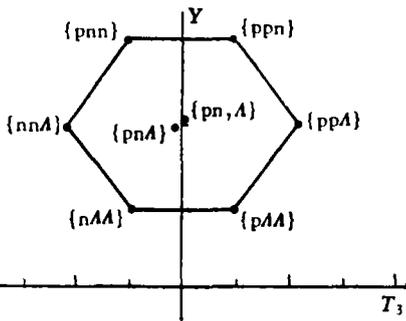


图 3

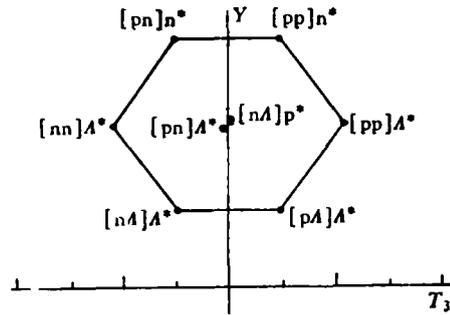


图 4

并给出同一不可约表示不同自旋的奇异相似态间的质量关系

$$M_{\{pAA\}^{**}} - M_{\{pAA\}} = M_{\{ppA\}^{**}} - M_{\{ppA\}} \quad (2.9)$$

显然上式代表不同奇异相似态间的自旋质量差。符号 {pn, A} 表示与 {pnA} 的区别。

部分反对称波函数为 (70 重态)

$$\begin{aligned} \phi_{ABC}^{(1)} = & \chi_{rst}^{(S)} \phi_{a\beta\gamma}^{(1)} + \chi_{rst}^{(S)} \phi_{a\beta\gamma}^{(S)} + \chi_{rst}^{(A)} \phi_{a\beta\gamma}^{(A)} + \frac{1}{18} \{ -(\chi_{istr} - \chi_{irs}) (\phi_{\alpha\tau\beta} + \phi_{\alpha\beta\tau}) \\ & - (\chi_{rst} - \chi_{istr}) (\phi_{\beta\alpha\tau} + \phi_{\tau\alpha\beta}) + 2(\chi_{irs} - \chi_{rst}) (\phi_{\tau\beta\alpha} + \phi_{\beta\tau\alpha}) \\ & - (\chi_{rst} - \chi_{irs}) (\phi_{\beta\alpha\tau} + \phi_{\beta\tau\alpha}) - (\chi_{rst} - \chi_{istr}) (\phi_{\tau\beta\alpha} + \phi_{\alpha\beta\tau}) \\ & + 2(\chi_{istr} - \chi_{istr}) (\phi_{\alpha\tau\beta} + \phi_{\tau\alpha\beta}) - (\chi_{istr} - \chi_{istr}) (\phi_{\tau\beta\alpha} + \phi_{\tau\alpha\beta}) \\ & - (\chi_{istr} - \chi_{rst}) (\phi_{\alpha\tau\beta} + \phi_{\beta\tau\alpha}) + 2(\chi_{rst} - \chi_{istr}) (\phi_{\beta\alpha\tau} + \phi_{\alpha\beta\tau}) \}. \end{aligned} \quad (2.10)$$

(2.10) 式第一项表示自旋为 3/2 的 8 个奇异相似态, 它们的量子数列表 4.

表 4

	[pp]n*	[pn]n*	[pp]A*	[nA]p*	[nn]A*	[pA]A*	[nA]A*	[pn]A*
Q	2	1	2	1	0	1	0	1
T ₃	1/2	-1/2	1	0	-1	1/2	-1/2	0
T	1/2	1/2	1	1	1	1/2	1/2	0
Y	3	3	2	2	2	1	1	2
B	3	3	3	3	3	3	3	3

画成权图如图 4. 它们的质量关系

$$3M_{[pn]A^*} + M_{[pp]A^*} = 2(M_{[pn]n^*} + M_{[pA]A^*}). \quad (2.11)$$

(2.10) 式的第二项表示自旋为 1/2 的 10 个奇异相似态, 其量子数列表 5 如下:

表 5

	$[pp]p''$	$[pp]n''$	$[pn]n''$	$[nn]n''$	$[pp]A''$	$[pn]A''$	$[nn]A''$	$[pA]A''$	$[nA]A''$	$[AA]A''$
Q	3	2	1	0	2	1	0	1	0	0
T_3	3/2	1/2	-1/2	-3/2	1	0	-1	1/2	-1/2	0
T	3/2	3/2	3/2	3/2	1	1	1	1/2	1/2	0
Y	3	3	3	3	2	2	2	1	1	0
B	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

画成权图如图 5:

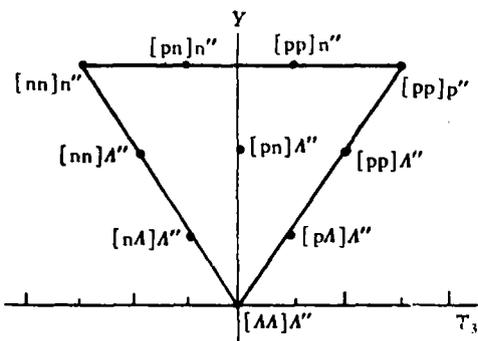


图 5

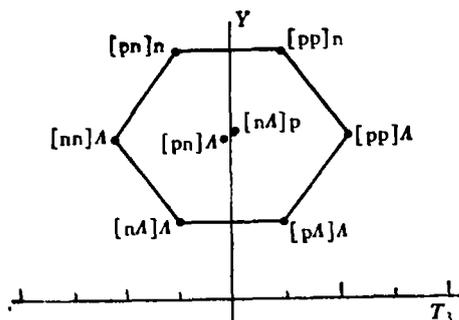


图 6

自旋为 1/2 的 20 个奇异相似态具有等间隔能谱

$$M_{[AA]A''} - M_{[pA]A''} = M_{[pA]A''} - M_{[pp]A''} = M_{[pp]A''} - M_{[pp]p''}. \quad (2.12)$$

(2.10) 式的第三项表示自旋为 1/2 的奇异相似态, 记为 $[pn]A^0$, 其量子数为

$$B = 3, Q = 1, T_3 = 0, T = 0, Y = 2. \quad (2.13)$$

(2.10) 式的第四项表示自旋为 1/2 的 8 个奇异相似态, 其量子数列表 6 如下:

表 6

	$[pp]n$	$[pn]n$	$[pp]A$	$[nA]p$	$[nn]A$	$[pA]A$	$[nA]A$	$[pn]A$
Q	2	1	2	1	0	1	0	1
T_3	1/2	-1/2	1	0	-1	1/2	-1/2	0
T	1/2	1/2	1	1	1	1/2	1/2	0
Y	3	3	2	2	2	1	1	2
B	3	3	3	3	3	3	3	3

画成权图如图 6.

它们的质量关系

$$3M_{[pn]A} + M_{[pp]A} = 2(M_{[pn]n} + M_{[pA]A}). \quad (2.14)$$

由于 $\phi_{ABC}^{(1)}$ 是 $SU(6)$ 的一个不可约表示, 因此, 它的所有质量关系都由同一个质量公式导出. 例如同一类奇异相似态间的质量关系为

$$3M_{[pn]A} + M_{[pp]A} = 2(M_{[pn]n} + M_{[pA]A}),$$

$$3M_{\{pn\}A^*} + M_{\{pp\}A^*} = 2(M_{\{pn\}n^*} + M_{\{pA\}A^*}), \quad (2.15)$$

$$M_{\{\Lambda\Lambda\}A''} - M_{\{pA\}A''} = M_{\{pA\}A''} - M_{\{pp\}A''} = M_{\{pp\}A''} - M_{\{pp\}p''},$$

上式代表 T_3^2 质量差. 又例如不同类奇异相似态间的质量关系为

$$\begin{aligned} M_{\{pn\}n^*} - M_{\{pn\}n} &= M_{\{pp\}A^*} - M_{\{pp\}A} = M_{\{pA\}A^*} - M_{\{pA\}A} \\ &= M_{\{pn\}A^*} - M_{\{pn\}A}, \end{aligned}$$

$$M_{\{pA\}A} - M_{\{pp\}A} = M_{\{pA\}A^*} - M_{\{pp\}A^*}, \quad M_{\{pn\}A} = M_{\{pn\}A^*}. \quad (2.16)$$

上式代表自旋质量差.

部分对称波函数为 (70 重态)

$$\begin{aligned} \phi_{ABC}^{(2)} &= \chi_{rst}^{(S)}\phi_{a\beta\gamma}^{(2)} + \chi_{rst}^{(1)}\phi_{a\beta\gamma}^{(4)} + \chi_{rst}^{(2)}\phi_{a\beta\gamma}^{(S)} + \frac{1}{18} \{ +(\chi_{rst} - \chi_{rst})(\phi_{\beta\alpha\gamma} - \phi_{\beta\gamma\alpha}) \\ &+ (\chi_{rst} - \chi_{rst})(\phi_{\tau\beta\alpha} - \phi_{\alpha\beta\tau}) - 2(\chi_{rst} - \chi_{rst})(\phi_{\alpha\tau\beta} - \phi_{\tau\alpha\beta}) \\ &+ (\chi_{rst} - \chi_{rst})(\phi_{\alpha\tau\beta} - \phi_{\alpha\beta\tau}) + (\chi_{rst} - \chi_{rst})(\phi_{\beta\alpha\tau} - \phi_{\tau\alpha\beta}), \\ &- 2(\chi_{rst} - \chi_{rst})(\phi_{\tau\beta\alpha} - \phi_{\beta\tau\alpha}) + (\chi_{rst} - \chi_{rst})(\phi_{\tau\beta\alpha} - \phi_{\tau\alpha\beta}) \\ &+ (\chi_{rst} - \chi_{rst})(\phi_{\alpha\tau\beta} - \phi_{\beta\tau\alpha}) - 2(\chi_{rst} - \chi_{rst})(\phi_{\beta\alpha\tau} - \phi_{\alpha\beta\tau}) \}. \end{aligned} \quad (2.17)$$

(2.17) 式的第一项表示自旋为 3/2 的 8 个奇异相似态, 其量子数列表 7 如下:

表 7

	$\{pp\}n^*$	$\{nn\}p^*$	$\{pp\}A^*$	$\{nA\}p^*$	$\{nn\}A^*$	$\{pA\}A^*$	$\{nA\}A^*$	$\{pn\}A^*$
Q	2	1	2	1	0	1	0	1
T_3	1/2	-1/2	1	0	-1	1/2	-1/2	0
T	1/2	1/2	1	1	1	1/2	1/2	0
Y	3	3	2	2	2	1	1	2
B	3	3	3	3	3	3	3	3

画成权图如图 7:

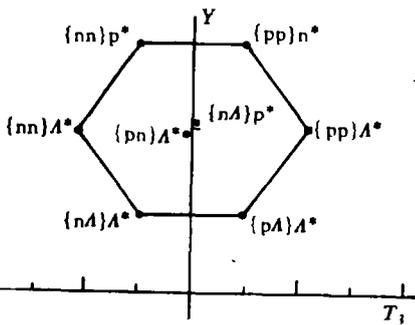


图 7

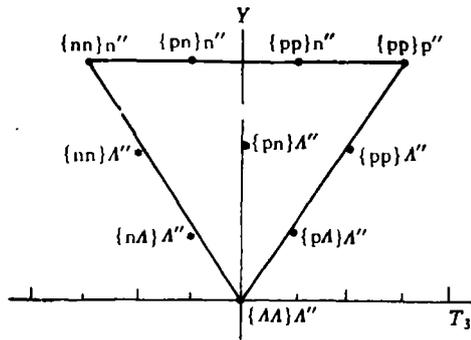


图 8

它们的质量关系为

$$3M_{\{pn\}A^*} + M_{\{pp\}A^*} = 2(M_{\{pp\}n^*} + M_{\{pA\}A^*}). \quad (2.18)$$

(2.17) 式的第二项表示自旋为 1/2 的奇异相似态, 记为 $\{pn\}A^0$, 它的量子数为

$$B = 3, \quad Q = 1, \quad T_3 = 0, \quad T = 0, \quad Y = 2. \quad (2.19)$$

(2.17) 式的第三项表示自旋为 1/2 的 10 个奇异相似态, 其量子数列表 8 如下:

表 8

	$\{pp\}p''$	$\{pp\}n''$	$\{pn\}n''$	$\{nn\}n''$	$\{pp\}A''$	$\{pn\}A''$	$\{nn\}A''$	$\{pA\}A''$	$\{nA\}A''$	$\{AA\}A''$
Q	3	2	1	0	2	1	0	1	0	0
T_3	3/2	1/2	-1/2	-3/2	1	0	-1	1/2	-1/2	0
T	3/2	3/2	3/2	3/2	1	1	1	1/2	1/2	0
Y	3	3	3	3	2	2	2	1	1	0
B	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

画成权图如图 8.

它们具有如下等间隔能谱

$$M_{\{AA\}A''} - M_{\{pA\}A''} = M_{\{pA\}A''} - M_{\{pp\}A''} = M_{\{pp\}A''} - M_{\{pp\}p''}. \quad (2.20)$$

(2.17) 式的第四项表示自旋为 1/2 的 8 个奇异相似态, 其量子数列表如下:

表 9

	$\{pp\}n$	$\{pn\}n$	$\{pp\}A$	$\{nA\}p$	$\{nn\}A$	$\{pA\}A$	$\{nA\}A$	$\{pn\}A$
Q	2	1	2	1	0	1	0	1
T_3	1/2	-1/2	1	0	-1	1/2	-1/2	0
T	1/2	1/2	1	1	1	1/2	1/2	0
Y	3	3	2	2	2	1	1	2
B	3	3	3	3	3	3	3	3

画成权图如图 9:

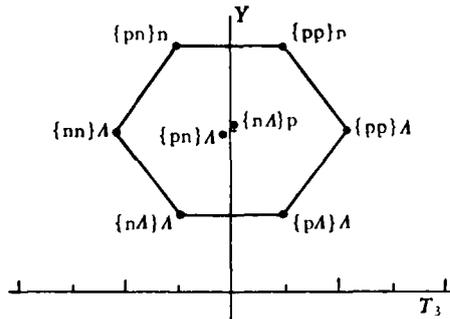


图 9

它们满足如下质量关系

$$3M_{\{pn\}A} + M_{\{pp\}A} = 2(M_{\{pp\}n} + M_{\{pA\}A}), \quad (2.21)$$

因此 $\phi_{ABC}^{(2)}$ 的质量关系如下

T_3^3 质量差为

$$\begin{aligned} 3M_{\{pn\}A} + M_{\{pp\}A} &= 2(M_{\{pp\}n} + M_{\{pA\}A}) \\ 3M_{\{pn\}A^*} + M_{\{pp\}A^*} &= 2(M_{\{pp\}n^*} + M_{\{pA\}A^*}) \end{aligned} \quad (2.22)$$

$$M_{\{AA\}A''} - M_{\{pA\}A''} = M_{\{pA\}A''} - M_{\{pp\}A''} = M_{\{pp\}A''} - M_{\{pp\}p''}.$$

自旋质量差为

$$\begin{aligned} M_{\{pp\}n^*} - M_{\{pp\}n} &= M_{\{pp\}A^*} - M_{\{pp\}A} = M_{\{pA\}A^*} - M_{\{pA\}A} = M_{\{pn\}A^*} - M_{\{pn\}A} \\ M_{\{pp\}A^*} - M_{\{pA\}A^*} &= M_{\{pp\}A} - M_{\{pA\}A} \\ M_{\{pn\}A} &= M_{\{pn\}A^0}. \end{aligned} \quad (2.23)$$

三、结果与讨论

从三重子系统的 $SU(6)$ 么正对称性理论,可以得到如下的结论:

1. 三重子 p, n, Λ 系统具有“么正能带”结构. $SU(6)$ “么正能带”可以分为三类能带:

第一类能带只有一个“么正能带”,这个带有三条能级组成 $[pn\Lambda], [pn\Lambda]^{0*}, [pn, \Lambda]$. 这三条能级的奇异数都为 -1 ; $[pn\Lambda]^{0*}$ 的自旋为 $3/2$, 同位旋为 0 ; $[pn\Lambda]$ 的自旋为 $1/2$, 同位旋为 0 ; $[pn, \Lambda]$ 的自旋为 $1/2$, 同位旋为 1 . 由于 p, n, Λ 在 $SU(6)$ 空间处于反对称状态,因此,根据泡里原理,它们在轨道空间应该是对称的.

第二类有七个“么正能带”.

第一个带有两条能级组成 $\{pnn\}, \{pnn\}^{**}$. 其中 $\{pnn\}$ 的自旋为 $1/2$, 同位旋为 $1/2$; $\{pnn\}^{**}$ 的自旋为 $3/2$, 同位旋为 $3/2$, 它们的奇异数都等于 0 .

第二个带有两条能级组成: $\{ppn\}, \{ppn\}^{**}$, 它们的量子数与第一个带中的能级相同.

第三个带有两条能级组成: $\{nn\Lambda\}, \{nn\Lambda\}^{**}$. 其中 $\{nn\Lambda\}$ 的自旋为 $1/2$, 同位旋为 1 ; $\{nn\Lambda\}^{**}$ 的自旋为 $3/2$, 同位旋为 1 , 它们的奇异数都为 -1 .

第四个带有三条能级组成: $\{pn\Lambda\}, \{pn, \Lambda\}, \{pn\Lambda\}^{**}$. 其中 $\{pn\Lambda\}$ 的自旋为 $1/2$, 同位旋为 0 ; $\{pn, \Lambda\}$ 的自旋为 $1/2$, 同位旋为 1 ; $\{pn\Lambda\}^{**}$ 的自旋为 $3/2$, 同位旋为 1 , 它们的奇异数为 -1 .

第五个带有两条能级组成 $\{pp\Lambda\}, \{pp\Lambda\}^{**}$, 其中 $\{pp\Lambda\}$ 的自旋为 $1/2$, 同位旋为 1 ; $\{pp\Lambda\}^{**}$ 的自旋为 $3/2$, 同位旋为 1 , 它们的奇异数为 -1 .

第六个带有两条能级组成: $\{n\Lambda\Lambda\}, \{n\Lambda\Lambda\}^{**}$ 其中 $\{n\Lambda\Lambda\}$ 的自旋为 $1/2$, 同位旋为 $1/2$; $\{n\Lambda\Lambda\}^{**}$ 的自旋为 $3/2$, 同位旋为 $1/2$, 它们的奇异数为 -2 .

第七个带有两条能级组成: $\{p\Lambda\Lambda\}, \{p\Lambda\Lambda\}^{**}$. 其中 $\{p\Lambda\Lambda\}$ 的自旋为 $1/2$, 同位旋为 $1/2$; $\{p\Lambda\Lambda\}^{**}$ 的自旋为 $3/2$, 同位旋为 $1/2$, 它们的奇异数为 -2 .

第二类能带中的 $SU(6)$ 空间处于全对称状态,因此,根据泡里原理,它们在轨道空间应处于反对称.

由于我们所讨论的系统是费米系统,应服从泡里原理,总的系统的波函数必须是反对称的. 因此, $SU(6)$ 中的部分反对称和部分对称波函数(即 70 重态)必须与相应的外部空间的部分对称或部分反对称的波函数组合成总的反对称波函数. 由此可见,服从费米统计的能级只有一类,其中,有一些能级具有能带结构(如图 10 中的 $[BB]B$ 和 $\{BB\}B$, 实际上是一类能带,我们称它为第三类能带). 然而,由于三重子系统的基态空间部分为全对称的(即 $L = 0$),故这 70 重态的能级是属于激发态. 三重子系统“么正能带”结构示意图见图 10.

2. 从 $SU(6)$ 么正对称性的讨论可知,由于 T_3 破坏给出了同类奇异相似态间的不同自旋态能级间关系. 例如它把自旋为 $1/2$ 的奇异相似态和自旋为 $3/2$ 的奇异相似态统一为一个表示,并且给出了它们的质量关系.

3. ${}^3\text{He}$ 的基态 $(J^* = \frac{1}{2}^+)^{(4)}$ 的轨道角动量 $L = 0$, 自旋为 $1/2$. 根据泡里原理,三重

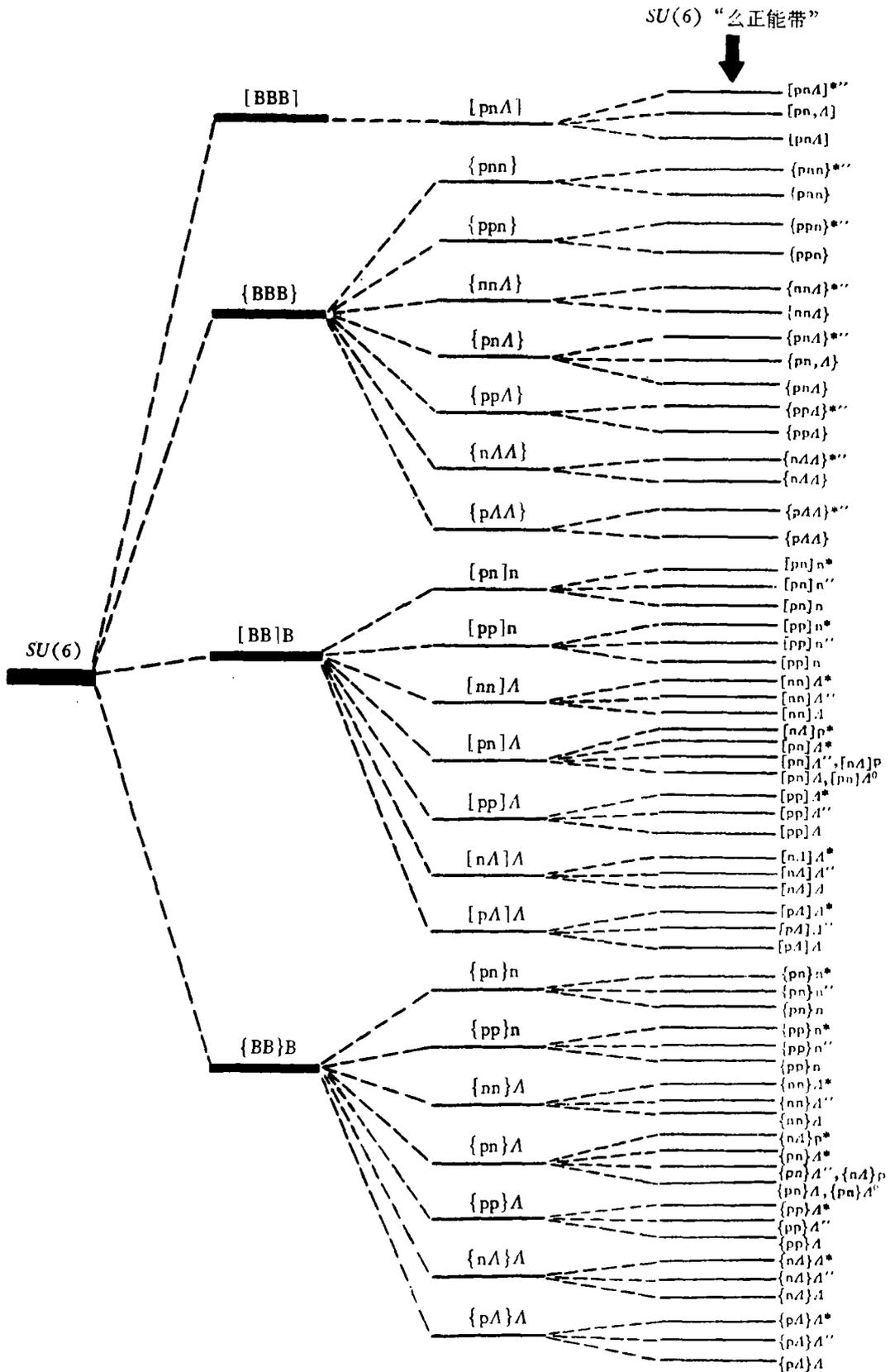


图 10 BBB 系统“么正能带”结构示意图

子系统的总的波函数必须是反对称的。由于 $L = 0$, 即它的轨道部分是对称的。因此, 它的自旋么旋部分必须是反对称的, 亦即, 应该用 ϕ_{ABC}^{\prime} 来描述 ${}^3\text{He}$ 基态。又由于 ${}^3\text{He}$ 的基态的自旋为 $1/2$, 所以, 又必须用 ϕ_{ABC}^{\prime} 的第二项 (即 (2.5) 式的第二项) 来描述 ${}^3\text{He}$ 基态。因此, 从表 4 可知 ${}^3\text{He}$ 可填入 $[\text{ppn}]$ 之中。根据同样的讨论可知 ${}^3\text{H}$ 的基态 ($J^+ = \frac{1}{2}^+$) 可填入同一个表示 $[\text{pnn}]$ 之中。二者除电荷外, 其他量子数都相同。因此, 它们的质量应该基本上相等。实验上

${}^3\text{He}$ 基态的质量等于 2808.4183MeV ,

${}^3\text{H}$ 基态的质量等于 2808.9438MeV ,

这说明理论与实验没有矛盾。

由于目前缺乏三重子系统方面的实验数据, 因此, 文章着重于理论方面的讨论。我们希望有比较多的实验数来检验这个理论。

参 考 文 献

- [1] 陈晓天、阮图南、张禹顺、李扬国, *Scientia Sinica*, **23**(1980), 823; 高能物理与核物理, **4**(1980), 445.
- [2] 张禹顺、王潍潍、陈晓天、李扬国、阮图南, 高能物理与核物理, **5**(1981), 149.
- [3] 王潍潍、张禹顺、李扬国、陈晓天、阮图南, 高能物理与核物理, **5**(1981), 441.
- [4] S. Fiarman and S. S. Hanna, *Nucl. Phys.*, **A251**(1975), 1.

THE $SU(6)$ "UNITARY ENERGY BAND" STRUCTURE IN THE TRIBARYON SYSTEM

ZHANG YU-SHUN LI YANG-GUO

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

WANG WEI-WEI

(*Institute of Theoretical Physics, Academia Sinica*)

CHEN XIAO-TIAN RUAN TU-NAN

(*University of Science and Technology of China*),

ABSTRACT

A picture of the tribaryon system is proposed based on the papers [1—3]. It is considered that proton, neutron and Λ hyperon from the basic particles of $SU(3)$ group and form the basic particles of $SU(6)$ group on account for spin. It turns out that there exist "unitary energy band" structure in the tribaryon system. From the mass formula of T_3^3 breaking, one can find that the $SU(6)$ symmetry gives the mass relations between different spin levels of the same strangeness analog states. Finally, simple calculations are made and there is no discrepancy between the results and the experimental data.