сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

Р2-81-256

Нгуен Тхи Хонг

ПРАВИЛА СУММ ДЛЯ МАГНИТНЫХ МОМЕНТОВ "КРАСИВЫХ" БАРИОНОВ

1981

Экспериментальное открытие новых резонансных состояний, принадлежащих к Υ семейству [1], требует введения нового квантового числа "красоты" и, таким образом, стимулирует изучение SU(5) ароматной симметрии /см., например, [2-4] /.

В настоящей работе мы рассматриваем магнитные моменты 40-плета $1/2^+$ барионов, включающего в себя, кроме обычных и очарованных, также и "красивые" барионы. По аналогии со случаем SU(3) и SU(4) симметрий естественно провести рассмотрение в рамках схемы спиново-унитарной спиновой симметрии $SU(10) \supset \supset SU(5) \times SU_J(2)$, предполагая при этом, что оператор магнитного момента $\vec{\mu}$ преобразуется как компонента в части $(24 \oplus 1,3)$ присоединенного представления 99 группы SU(10), именно как произведение спина $\vec{J}$ и заряда Q:

$$\vec{\mu} \sim \vec{J} \otimes Q. \qquad /1/$$

В кварковом представлении имеем

$$\vec{J} = \frac{1}{2}\vec{\sigma}$$
$$Q = \lambda_Q \equiv \mathrm{diag}\left(\frac{3}{2}, -\frac{1}{3}, -\frac{1}{3}, \frac{2}{3}, -\frac{1}{3}\right), \qquad /2/$$

и, следовательно, $\vec{\mu}$ принимает вид

$$\vec{\mu} = g\vec{\sigma} \otimes \lambda_Q \ . \qquad /3/$$

В схеме SU(10) -симметрии 40 $1/2^+$ -барионов вместе с 35 $3/2^+$-барионами объединяются в неприводимом мультиплете 220, который имеет следующее разложение согласно редукции $SU(10) \supset SU(5) \times SU_J(2)$

$$220 = (40,2) + (35,4) \qquad /4/$$

и описывается полностью симметричным спинором третьего ранга ψ_{ABC}:

$$\psi_{ABC} = \chi_{\alpha\beta\gamma} D_{abc} + \frac{1}{3}\{ \epsilon_{\alpha\beta}\chi_\gamma \ \psi_{[ab]c} + \text{цикл} \} . \qquad /5/$$

Здесь были использованы следующие обозначения: D_{abc} - 35-плетный полностью симметричный спинор SU(5) ; $\psi_{[ab]c}$ - 40-плетный спинор SU(5), удовлетворяющий условиям

$$\psi_{[ab]c} = -\psi_{[ba]c}, \quad \psi_{[ab]c} + \psi_{[bc]a} + \psi_{[ca]b} = 0, \qquad /6/$$

$\chi_{\alpha\beta\gamma}$, χ_α - спиновые функции ($a,b,c = 1,2,\ldots,5$) индексы SU(5) ; $\alpha,\beta,\gamma = 1,2$ – спиновые индексы; $A \equiv (\alpha a)$, $B \equiv (\beta b), \ldots$ индексы SU(10).

При отсутствии нарушения внутренней симметрии в силу /3/ и /5/ мы имеем следующее выражение для магнитного момента 220-плета барионов:

$$\vec{\mu} = g\bar{\psi}^{ABC}\psi_{ABD}(\lambda_Q \quad \vec{\sigma})^D_C , \qquad /7/$$

и тогда магнитные моменты всех частиц данного мультиплета пропорциональны друг другу. Однако, как было показано в [5-8], экспериментальные данные по магнитному моменту не могут быть хорошо объяснены без учета нарушения внутренней симметрии.

Как и в работе [8], мы принимаем предположение о том, что разности масс кварков не являются самым общим источником для получения вклада от такого нарушения, и рассматриваем нарушение путем введения шпурионов в электромагнитной вершине, преобразующихся как 8-я, 15-я и 24-я компоненты в части /1,24/ представления 99 группы SU(10). Вместо /7/ мы имеем теперь следующее общее выражение для $\vec{\mu}$:

$$\begin{aligned} \vec{\mu} = {} & g\bar{\psi}^{ABC}\psi_{ABD}(\lambda_Q \otimes \vec{\sigma})^D_C + \\ & + \bar{\psi}^{ABC}\psi_{ABD}(\lambda_Q \otimes \vec{\sigma})^E_C (h_8\lambda_8 \otimes 1 + h_{15}\lambda_{15} \otimes 1 + h_{24}\lambda_{24} \otimes 1)^D_E + \\ & + \bar{\psi}^{ABC}\psi_{ADE}(\lambda_Q \otimes \vec{\sigma})^D_B (k_8\lambda_8 \otimes 1 + k_{15}\lambda_{15} \otimes 1 + k_{24}\lambda_{24} \otimes 1)^E_C, \end{aligned} \qquad /8/$$

где

$$\begin{aligned} & \lambda_8 = \frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathrm{diag}(1,1,-2,0,0) \\ & \lambda_{15} = \frac{1}{\sqrt{6}}\,\mathrm{diag}(1,1,1,-3,0), \quad \lambda_{24} = \frac{1}{\sqrt{10}}\,\mathrm{diag}(1,1,1,1,-4). \end{aligned} \qquad /9/$$

Подставляя /7/ в /8/, получаем

$$\begin{aligned} \vec{\mu} = {} & \frac{1}{9}\bar{\chi}^\alpha(\vec{\sigma})^\beta_\alpha\chi_\beta \times \\ & \times \{(4\bar{\psi}^{[ab]c}\psi_{[ab]d} + 2\bar{\psi}^{[bc]a}\psi_{[da]b}) \times \\ & \times (g\lambda_Q + h_8\lambda_Q\lambda_8 + h_{15}\lambda_Q\lambda_{15} + h_{24}\lambda_Q\lambda_{24})^d_c + \\ & + (3\bar{\psi}^{[ca]b}\psi_{[ea]d} + 2\bar{\psi}^{[ab]c}\psi_{[de]a} - \bar{\psi}^{[bc]a}\psi_{[ea]d} - \\ & - \bar{\psi}^{[ca]b}\psi_{[ad]e})(\lambda_Q)^d_b (k_8\lambda_8 + k_{15}\lambda_{15} + k_{24}\lambda_{24})^e_c\} + \ldots \end{aligned} \qquad /10/$$

В /10/ выписана только часть $\vec{\mu}$, соответствующая переходу $\frac{1}{2}^+ \to \frac{1}{2}^+$, и пропущены части, соответствующие переходам $\frac{1}{2}^+ \to \frac{3}{2}^+$ и $\frac{3}{2}^+ \to \frac{3}{2}^+$, которые здесь нас не интересуют.

SU(5) -подмультиплет $\frac{1}{2}^+$ барионов имеет следующее распределение:

- 8 барионов с "красотой" $B = 0$, шармом $C = 0$:

$Y = 1$: $p = \sqrt{2}\,\psi_{[12]1}$, $n = \sqrt{2}\,\psi_{[12]2}$

$Y = 0$: $\Sigma^+ = \sqrt{2}\,\psi_{[31]1}$, $\Sigma^\circ = \psi_{[23]1} + \psi_{[13]2}$, $\Sigma^- = \sqrt{2}\,\psi_{[23]2}$

$Y = 0$: $\Lambda = -\sqrt{3}\,\psi_{[12]3}$

$Y = -1$: $\Xi^\circ = \sqrt{2}\,\psi_{[31]3}$, $\Xi^- = \sqrt{2}\,\psi_{[23]3}$

- 6 барионов с $B = 0$, $C = 1$:

$Y = 1$: $R^{++} = \sqrt{2}\,\psi_{[14]1}$, $R^+ = -(\psi_{[24]1} + \psi_{[14]2})$, $R^\circ = -\sqrt{2}\,\psi_{[24]2}$

$Y = 0$: $S^+ = \psi_{[14]3} + \psi_{[34]1}$, $S^\circ = \psi_{[24]3} + \psi_{[34]2}$

$Y = -1$: $T^\circ = \sqrt{2}\,\psi_{[34]3}$

- 3 бариона с $B = 0$, $C = 1$:

$Y = 1$: $A^+ = \sqrt{3}\,\psi_{[12]4}$

$Y = 0$: $B^+ = \sqrt{3}\,\psi_{[31]4}$, $B^\circ = \sqrt{3}\,\psi_{[32]4}$

- 3 бариона с $B = 0$, $C = 2$:

$Y = 1$: $U^{++} = \sqrt{2}\,\psi_{[14]4}$, $U^+ = \sqrt{2}\,\psi_{[24]4}$

$Y = 0$: $V^+ = \sqrt{2}\,\psi_{[34]4}$

- 6 барионов с $B = -1$, $C = 0$

$Y = 1$: $M^+ = \sqrt{2}\,\psi_{[15]1}$, $M^\circ = -(\psi_{[15]2} + \psi_{[25]1})$, $M^- = -\sqrt{2}\,\psi_{[25]2}$,

$Y = 0$: $G^\circ = \psi_{[15]3} + \psi_{[35]1}$, $G^- = \psi_{[25]3} + \psi_{[35]2}$

$Y = -1$: $Q^- = \sqrt{2}\,\psi_{[35]3}$

- 3 бариона с $B = -1$, $C = 1$:

$Y = 1$: $H^+ = \psi_{[15]4} + \psi_{[45]1}$, $H^\circ = \psi_{[25]4} + \psi_{[45]2}$

$Y = 0$: $L^\circ = \psi_{[35]4} + \psi_{[45]3}$

- 1 барион с $B=-1, C=2, Y=1$: $C^{+}=\sqrt{2}\,\psi_{[45]4}$
- 3 бариона с $B=-1, C=0$:

  $Y=1$, $E^{\circ}=\sqrt{3}\,\psi_{[12]5}$

  $Y=0$: $F^{\circ}=\sqrt{3}\,\psi_{[13]5}$, $F^{-}=\sqrt{3}\,\psi_{[23]5}$
- 3 бариона с $B=-1$, $C=1$:

  $Y=1$: $I^{+}=\sqrt{3}\,\psi_{[14]5}$, $I^{\circ}=\sqrt{3}\,\psi_{[24]5}$

  $Y=0$: $J^{\circ}=\sqrt{3}\,\psi_{[34]5}$

- 3 бариона с $B=-2$, $C=0$:

$Y=1$: $Y^{\circ}=\sqrt{2}\,\psi_{[15]5}$, $Y^{-}=\sqrt{2}\,\psi_{[25]5}$

$Y=0$: $Z^{-}=\sqrt{2}\,\psi_{[35]5}$

- 1 барион с $B=-2$, $C=1$, $Y=1$: $W^{\circ}=\sqrt{2}\,\psi_{[45]5}$. /Здесь представлена группа частиц по мультиплетам SU(3) -подгруппы, обозначения частиц используются условно/.

Исходя из /10/, мы можем выразить значения магнитных моментов через константы $g, h_8, \ldots, k_{24}$. Результаты вычисления приведены в таблице.

Отсюда можно получить различные соотношения для магнитных моментов частиц. Приводим только наиболее простые из них:

1. Правила сумм для частиц с $B=0$, которые следуют уже из схемы симметрии $SU(6)\supset SU(3)\times SU(2)_J$ и $SU(8)\supset SU(4)\times SU(2)_J$ и остаются неизменными при введении шпурионов, нарушающих SU(5) -симметрию:

$$p=-\frac{3}{2}n \qquad /11/$$

$$\Sigma^{+}=4\Sigma^{\circ}+\Lambda \qquad /12/$$

$$2\Sigma^{-}=-(\Sigma^{+}+\Lambda) \qquad /13/$$

$$\Lambda=n+\Sigma^{+}+\Xi^{\circ} \qquad /14/$$

$$\Xi^{\circ}=\Sigma^{+}+3\Sigma^{-}+2\Xi^{-} \qquad /15/$$

$$B^{+}=B^{\circ} \qquad /16/$$

$$R^{\circ}+T^{\circ}=2S^{\circ} \qquad /17/$$

$$R^{\circ}+R^{++}=2R^{+} \qquad /18/$$

Таблица

Вклады в магнитные моменты $1/2^{+}$ барионов /масштаб увеличен в 9 раз/

	g	$h_8/\sqrt{3}$	$k_8/\sqrt{3}$	$h_{15}/\sqrt{6}$	$k_{15}/\sqrt{6}$	$h_{24}/\sqrt{10}$	$k_{24}/\sqrt{10}$
p	3	3	3	3	3	3	3
n	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Σ^{+}	3	2	-I	3	3	3	3
Σ^{0}	I	0	0	I	I	I	I
Σ^{-}	-I	-2	I	-I	-I	-I	-I
Λ	-I	2	-I	-I	-I	-I	-I
Ξ^{0}	-2	2	2	-2	-2	-2	-2
Ξ^{-}	-I	3	0	-I	-I	-I	-I
R^{++}	2	8/3	2/3	I4/3	-I0/3	2	2
R^{+}	0	2/3	-I/3	8/3	-4/3	0	0
R^{0}	-2	-4/3	-4/3	2/3	2/3	-2	-2
S^{+}	0	8/3	-4/3	8/3	-4/3	0	0
S^{0}	-2	2/3	2/3	2/3	2/3	-2	-2
T^{0}	-2	8/3	8/3	2/3	2/3	-2	-2
A^{c}	2	0	2	-6	2	2	2
B^{+}	2	0	-I	-6	2	2	2
B^{0}	2	0	-I	-6	2	2	2
U^{++}	2	-2/3	4/3	-26/3	-2/3	2	2
U^{+}	3	I/3	4/3	-23/3	-II/3	3	3
V^{+}	3	-2/3	-8/3	-23/3	-II/3	3	3
M^{+}	3	8/3	5/3	8/3	5/3	4/3	-II/3
M^{0}	I	2/3	2/3	2/3	2/3	-2/3	-2/3
M^{-}	-I	-4/3	-I/3	-4/3	-I/3	-8/3	7/3
G^{0}	I	8/3	-II/6	2/3	2/3	-2/3	-2/3
G^{-}	-I	2/3	I/6	-4/3	-I/3	-8/3	7/3
Q^{-}	-I	8/3	2/3	-4/3	-I/3	-8/3	7/3
H^{+}	3	4/3	5/6	-8/3	-5/3	4/3	-II/3
H^{0}	I	-2/3	5/6	-I4/3	4/3	-2/3	-2/3
L^{0}	I	4/3	-5/3	-I4/3	4/3	-2/3	-2/3
C^{+}	3	0	0	-8	-5	4/3	-II/3
E^{0}	-I	0	-I	0	-I	4	-I
F^{0}	-I	0	I/2	0	-I	4	-I
F^{-}	-I	0	I/2	0	-I	4	-I
I^{+}	-I	0	-I/2	0	I	4	-I
I^{0}	-I	0	-I/2	0	I	4	-I
J^{0}	-I	0	I	0	I	4	-I
Y^{0}	-2	-2/3	-2/3	-2/3	-2/3	I4/3	I4/3
Y^{-1}	-I	I/3	-2/3	I/3	-2/3	I7/3	2/3
Z^{-}	-I	-2/3	4/3	I/3	-2/3	I7/3	2/3
W^{0}	-2	0	0	2	2	I4/3	I4/3

$$R^{\circ}+2R^{+}=-A^{+} \qquad /19/$$

$$3U^{++}-2U^{+}=-4R^{+} \qquad /20/$$

$$2(V^{+}-U^{+})=3n+2\Sigma^{+} \qquad /21/$$

$$U^{++}-2A^{+}-2R^{+}=n \qquad /22/$$

$$B^{+}-A^{+}=n+\frac{1}{2}(\Sigma^{+}-\Sigma^{-}) \qquad /23/$$

$$S^{\circ}-T^{\circ}=\frac{1}{2}(n-\Xi^{\circ}) \qquad /24/$$

$$S^{+}-R^{+}=\frac{1}{2}(\Lambda-\Sigma^{-}) \qquad /25/$$

2. Правила сумм для"красивых" частиц $(B=-1,-2)$:

$$F^{\circ}=F^{-} \qquad /26/$$

$$I^{+}=I^{\circ} \qquad /27/$$

$$M^{+}+M^{-}=2M^{\circ} \qquad /28/$$

$$E^{\circ}+J^{\circ}=F^{\circ}+I^{\circ} \qquad /29/$$

$$H^{\circ}+G^{\circ}=L^{\circ}+M^{\circ} \qquad /30/$$

$$C^{+}+M^{+}=2H^{+} \qquad /31/$$

$$H^{\circ}-L^{\circ}=\frac{1}{3}p+\frac{1}{4}\Sigma^{+}+\frac{7}{4}\Sigma^{-} \qquad /32/$$

$$E^{\circ}-F^{\circ}=-\frac{1}{3}p+\frac{1}{4}\Sigma^{+}-\frac{1}{4}\Sigma^{-} \qquad /33/$$

$$M^{-}-Q^{-}=-\frac{2}{3}p+\frac{8}{2}\Sigma^{+}+\frac{5}{2}\Sigma^{-} \qquad /34/$$

$$M^{-}-G^{-}=-\frac{1}{3}p+\frac{3}{4}\Sigma^{+}+\frac{5}{4}\Sigma^{-} \qquad /35/$$

$$Z^{-}-Y^{-}=\frac{1}{3}p+\Sigma^{-} \qquad /36/$$

/Здесь магнитные моменты частиц обозначены их символами/.

Отметим соотношения /32/-/36/, которые связывают значения магнитных моментов красивых частиц со значениями магнитных моментов обычных частиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Herb S.W. et al. Phys.Rev.Lett., 1977, 39, p.252.
2. Dattoli G., Mignani R., Prosperi D. Lett.Nuovo Cim., 1980, 27, p.252.

3. Caloi R., Gentile S., Mignani R. Lett.Nuovo Cim., 1980, 29, p.92.
4. Nguyen Thi Hong. Lett. Nuovo Cim., 1980, 29, p.151.
5. Tomozawa Y. Phys.Rev., 1979, D19, p.1626.
6. Franklin J. Phys.Rev., 1979, D20, p.1742.
7. Kanzwar S., Verma R.C., Khanna M.D. Prog.Theor.Phys., 1979, 62, p.1419.
8. Verma R.C. Phys.Rev., 1980, D22, p.1156.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 апреля 1981 года.