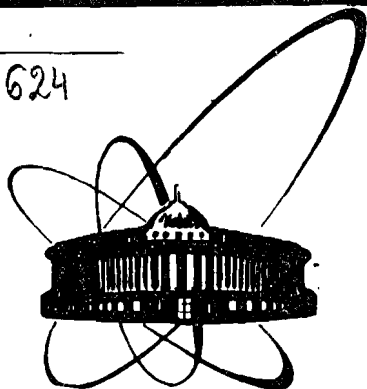


H 624



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

с 346.461 + с 346.69 + с 346а

Д2-87-314

Ф.Никитиу\*, И.В.Фаломкин, Ю.А.Щербаков

ВОЗМОЖНА ЛИ ДВОЙНАЯ ПЕРЕЗАРЯДКА  
ПИОНОВ НА ДЕЙТЕРИИ?

Направлено в Оргкомитет 5 Всесоюзного семинара  
"Программа экспериментальных исследований на  
мезонной фабрике ИЯИ АН СССР", Звенигород,  
11-15 апреля 1987 года

\* Институт ядерной физики и инженерии, Бухарест

1987

## ВВЕДЕНИЕ

В появившихся в последнее время работах<sup>/1,2/</sup> выдвигается предположение о существовании относительно узких дибарионных резонансов с изотопическим спином  $T = 2$  в районе порога рождения пиона. Наряду с этим существуют, по-видимому<sup>/2-4/</sup>, и другие узкие резонансы ниже порога образования пионов, и гипотеза  $T = 2$  для них не может быть исключена.

С другой стороны, имеется интересная гипотеза, касающаяся существования нового барионного состояния с  $J = 1/2^+$ ,  $T = 3/2$  и массой ниже порога рождения пиона<sup>/3/</sup>. Этот новый "нуклон"\* — R-частица (ренелон) с массой  $\sim 1025$  МэВ предсказывается по новой массовой формуле для барионов, а также для дибарионов.

Близкая гипотеза о существовании нового барионного состояния в мультиплете  $\Sigma(1475)$  обсуждается в работе<sup>/5/</sup>. Состояние ожидается стабильным относительно сильных взаимодействий и имеет массу около 1100 МэВ.

Дибарионы с  $T = 2$  и R-частица с такими массами должны быть стабильны относительно сильного взаимодействия. Поэтому наиболее "популярные" пики малой массы в  $pp$ -инвариантной массе, интерпретируемые как дибарионы ( $B(1905)$ ,  $B(1935)$  и  $B(1965)$ ), должны быть стабильными, если  $T = 2$  и R-частица также стабильна ( $m_R < m_{\pi^+} + m_N$ ). Если R-частица существует, то порог состояния  $NR \sqrt{s} = 1965$  МэВ, и естественная гипотеза заключается в том, чтобы рассматривать нижние стабильные дибарионы как возможные NR-связанные состояния (дейтроноподобные структуры)<sup>/4/</sup>, и тогда значение  $T = 2$  для этих состояний не будет загадкой.

Ниже порога  $\pi NN$  дибарионы с  $T = 2$  будут иметь только электромагнитные или слабые моды распадов. Возможные слабые моды распада для  $B^{+++}$ ,  $B^-$ ,  $R^{++}$  и  $R^-$  будут следующими:

$$B^{+++} \rightarrow pp e^+ \bar{\nu},$$

$$B^- \rightarrow nn e^- \nu,$$

\* В работе<sup>/4/</sup> указывается, что данная частица имеет малое время жизни из-за распада по электромагнитному каналу  $\sim 10^{-20}$  с (поэтому она и не могла наблюдаться при поиске антинуклонов), а некоторая доля их может распадаться слабым образом со временем жизни  $10^{-8} - 10^{-6}$  с<sup>/2/</sup>.

$$R^{++} \rightarrow pe^+ \bar{\nu},$$

$$R^- \rightarrow ne^- \nu.$$

Дибарионные резонансы могут также иметь R-канал для распада, например:

$$B^{+++} \rightarrow R^{++} p,$$

$$B^- \rightarrow R^- n.$$

Таким образом, наряду с обычными реакциями<sup>/6,7/</sup>

$$\pi^+ + {}^4\text{He} \rightarrow \pi^- + 4p \quad /5/$$

и

$$\pi^- + {}^3\text{He} \rightarrow \pi^+ + 3n \quad /6/$$

возможны также реакции с включением B- и R-частиц, как, например:

$$\pi^+ + {}^3\text{He} \rightarrow R^{++} + 2p + \pi^-$$

или

$$\pi^+ + {}^3\text{He} \rightarrow B^{+++} + p + \pi^-.$$

Существование этих частиц будет также разрешать двойную перезарядку на дейтроне (DCEXD) при энергиях ниже порога рождения мезона:

$$\pi^+ d \rightarrow \pi^- B^{+++} \quad \text{или} \quad \pi^+ d \rightarrow \pi^- R^{++} p,$$

$$\pi^- d \rightarrow \pi^+ B^- \quad \text{или} \quad \pi^- d \rightarrow \pi^+ R^- n.$$

В работе<sup>/4/</sup> упоминалось, что возможно существование мультиплетта с R-частицей, допускающей появление реакции типа  $\pi^- + p \Rightarrow R^- \pi^+$ , обнаружение которой будет однозначно указывать на существование именно новых частиц с полуцелым спином, а не дибарионных состояний с целым спином.

## ДИБАРИОНЫ И РЕНЕЛОНЫ

Имеются два возможных объяснения резонансов с малой массой и  $T = 2$  в канале  $\pi d$ : либо рождаются дибарионы — B (рис. 1), либо одиночный нуклон возбуждается до R-частицы (с  $T = 3/2$ ) (рис. 2).

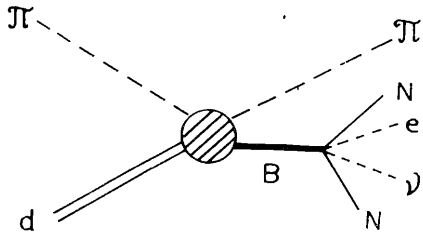


Рис. 1

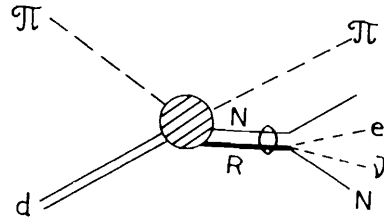


Рис. 2

В работе <sup>/3/</sup> выведена массовая формула в предположении, что барион содержит адронный блоб или блоб кваркового моря с квантовыми числами  $T = S = 0$ , который взаимодействует с валентными кварками с полным спином  $1/2$  или  $3/2$ , при этом энергия возбуждения (возбуждение аромата) будет равна универсальному коэффициенту  $a$ .

Итак, для стабильных барионов массовая формула дается выражением

$$M_{B_1} = a(N - N_0) + E_0, \quad (1)$$

где

$$N = \frac{7 + 6T - 35S}{11 + 2T - 3S} \quad (T - \text{изоспин, } S - \text{странность}), \quad (1')$$

$N_0 = 0,636$ ,  $E_0 = 908$  МэВ,  $a = 80 \div 85$  МэВ.

Массовая формула <sup>/3/</sup> для легких мезонов ( $\pi$  и  $K$ ) и формула для дибарионов имеют следующий вид:

$$M_M = 2a(N - N_0), \quad (2)$$

$$M_{B_2} = \frac{a}{2}(N - N_0) + M_0. \quad (3)$$

Мы интерпретируем "частицу"  $M_0 = 908$  МэВ как "адронный блоб" — фиктивную частицу, которая взаимодействует с валентными кварками с наименьшим спиновым состоянием ( $J_{3q} = 1/2$  или  $3/2$ ) через изостранный потенциал осцилляторного типа и дает нуклон как основное состояние, а другие частицы — как возбужденные состояния по аромату. В уравнении (3) для дибарионов величина  $M_0$  может даваться ротационной массовой формулой <sup>/8/</sup>

$$M_0 = M_1 + M_2 J(J + 1). \quad (4)$$

Комбинируя уравнения (3) и (4), мы можем получить хороший фит для дибарионов с малой массой из следующего уравнения:

$$M_{B_2} = a_{B_2}(N - N_0) + \beta J(J + 1) + E_{B_2},$$

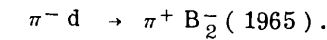
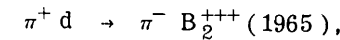
где

$$a_{B_2} \approx \frac{a}{2}, \quad E_{B_2} \approx 2E_{B_1} \approx 1847, \quad \beta = 14 \text{ МэВ} \quad /7/$$

с тем же самым числом  $N(T, S)$ , даваемым уравнением (1'). Используя эту массовую формулу, мы находим следующие возможные значения квантовых чисел для дибарионов с малой массой:

$B_2(1905)$	$T = 1$	$J = 1$		
$B_2(1035)$	$T = 0$	$J = 2$		
$B_2(1965)$	$T = 1$	$J = 2$	$T = 2$	$J = 1$
$B_2(2015)$	$T = 0$	$J = 3$	$T = 2$	$J = 2$
$B_2(2048)$	$T = 1$	$J = 3$		

Дибарионными кандидатами с  $T = 2$  являются частицы  $B(1965)$  и  $B(2015)$ . Для того чтобы экспериментально проверить существование этих состояний с  $T = 2$ , можно исследовать двойную перезарядку пионов на дейтерии. Простейшими реакциями будут



Эти реакции могут быть изучены эксклюзивно путем простого детектирования моноэнергетических  $\pi^\pm$ -мезонов при определенных углах рассеяния  $\pi^\pm$ -мезонов на дейтерии. Пороговая энергия этих реакций составляет  $T_\pi = 97$  МэВ. Эксперимент должен быть выполнен в энергетическом интервале  $T_\pi = 97 \div 157$  МэВ ( $T_\pi = 157$  МэВ — это порог для рождения пиона в реакции  $\pi d \rightarrow \pi\pi NN$ ).

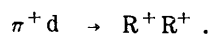
Теперь следует отметить, что вышеуказанные реакции могут идти также через рождение только  $R$ -частиц и будут иметь тот же самый порог, то есть  $\pi^+ d \rightarrow R^{++} p \pi^-$  и  $\pi^- d \rightarrow R^- n \pi^+$ .

Поэтому если двойная перезарядка пионов на дейтерии существует, то эта реакция связана с существованием либо дибарионов с  $T = 2$ , либо  $R$ -частиц, или же с существованием обеих частиц.

Для того чтобы проверить гипотезу  $T = 2$  для других дибарионов, мы должны исследовать двойную перезарядку пионов на дейтерии при других энергиях. Пороговые энергии для других дибарионов с малой массой, имеющих  $T = 2$ , будут следующими:

- $\pi^\pm d \rightarrow \pi^\mp B_2(1905)$ ,  $T_\pi = 31,8$  МэВ,
- $\pi^\pm d \rightarrow \pi^\mp B_2(1935)$ ,  $T_\pi = 64,7$  МэВ,
- $\pi^\pm d \rightarrow \pi^\mp B_2(2015)$ ,  $T_\pi = 154,3$  МэВ.

Для реакции "в" пороговая энергия уже близка к порогу рождения пиона. Здесь следует отметить, что порог реакции "а" является одновременно порогом для другой возможной реакции с участием  $R$ -частицы:



Может оказаться, что структура с небольшим минимумом в ходе сечения, по-видимому, наблюдаемая при определенной энергии в реакции  $\pi^+ d \rightarrow \text{pp}^{3,9}$ , связана с этой реакцией ( $T_\pi = 31$  МэВ и  $T_p = 350$  МэВ для обратной реакции). При той же кинетической энергии протона ( $T_p = 350$  МэВ) подобная структура наблюдается в инклюзивной реакции  $p \text{Cu}^{10}$ . Перечисленные выше реакции с двойной перезарядкой через рождение дибарионов или ренелонов на водороде и дейтерии могут с успехом детектироваться в создаваемой в ОИЯИ стримерной камере повышенного давления (5 атм) в магнитном поле с лазерным освещением<sup>11</sup>. Регистрация углов, пробегов, импульсов частиц и ионизации позволяет надеяться на удовлетворительную идентификацию определенных каналов и регистрацию реакций даже в том случае, если они идут с сечениями на уровне нескольких микробарн.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Коидратюк А.А., Мартемьянов Б.В., Шенкин М.Г. Препринт ИТЭФ, 86-127, Москва, 1986.
2. Кайдалов А.Б. Препринт ИТЭФ, 86-128, Москва, 1986.
3. Nichitiu F. – *Rev. Roum. Phys.*, 1986, 31, 441.
4. Abaev V.A., Koptev V.P., Nichitiu F. – In: *JINR Rapid Comm. No. 16-86, Dubna, 1986, p.42.*
5. Azimov Ya.I. – *Phys. Lett.*, 1970, 32B, p.499.
6. Falomkin I.V. et al. – *Nuovo Cimento*, 1974, v.222, p.333; *Lett. Nuovo Cimento*, 1976, v.16, p.525.
7. Sperinde J. et al. – *Phys. Lett.*, 1970, v.32, p.185.
8. Tatischeff B. – *Phys. Lett.*, 1985, 154B, p.107; *Preprint IPNO-DRE, 85-19, 1985.*
9. Saudinos J. et al. *Proc. of the KEK Int. Workshop on Nucl. Phys. in GeV Region. Tokio, 1984, p.228.*
10. Krasnov Y.A. et al. – *Phys. Lett.*, 1982, 108B, p.11; Julien J. et al. – *Phys. Lett.*, 1984, 142B, p.340.
11. Содномын Э. и др. Сообщение ОИЯИ P13-87-312, Дубна, 1987.

Рукопись поступила в издательский отдел  
5 мая 1987 года.

Никитиу Ф., Фаломкин И.В., Щербаков Ю.А.  
Возможна ли двойная перезарядка  
пионов на дейтерии?

D2-87-314

Рассматриваются гипотезы о дибарионной природе наблюдаемых резонансов ниже порога  $N\Delta$ -состояния с массами 1935, 1965, 2015 МэВ. С использованием новых предложений о построении систематики частиц с включением в нее новой частицы (R-частица с массой 1025 МэВ,  $J = 1/2$ ,  $T = 3/2$ ) делаются заключения о возможности двойной перезарядки на дейтерии и гелии-3, если в конечном состоянии образуются дибарионы или новые частицы R. Обращается внимание на возможность распада этих частиц по слабому каналу. Предлагается провести поиск процесса двойной перезарядки пионов на водороде и дейтерии с использованием стримерной камеры повышенного давления с лазерным освещением.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.  
Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Nichitiu F., Shcherbakov Yu.A., Falomkin I.V.  
Pion Double Charge Exchange  
on Deuteron

D2-87-314

Assumptions on the dibaryon nature of the existing narrow resonances below the threshold of the  $N\Delta$ -state with masses 1935, 1965, 2015 MeV are considered. New proposals on construction of the particle systematics with a new particle (R-particle of mass 1025 MeV,  $J = 1/2$ ,  $T = 3/2$ ) are used to draw a conclusion that double charge exchange is possible on deuterium and helium-3 if dibaryons or new R-particles are born in the final state. Attention is paid to a possible decay of these particles through a weak channel. A search for double charge exchange of pions on hydrogen and deuterium using a laser-illuminated streamer chamber of high pressure is proposed.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987