

ПОИСК ЭКЗОТИЧЕСКИХ ДОЛГОЖИВУЩИХ ДИБАРИОНОВ

В.Г.Аблеев¹, Г.Г.Воробьев, С.В.Джмухадзе³, Х.Димитров,
С.А.Запорожец, А.П.Кобушкин², Б.Кюн³, П.К.Маньяков,
Л.Науманн, В.Нойберт³, А.А.Номофилов, Н.М.Пискунов,
И.М.Ситник, Е.А.Строковский, Л.Н.Струнов, З.Теш³,
Е.В.Черных, В.И.Шаров

Рассмотрена возможность существования экзотических дибарионных систем с высоким изоспином, в частности дибариона Q^{--} с зарядом -2 , и проведен эксперимент по его поиску в реакции $\alpha C \rightarrow Q^{--} + X$ при $P_\alpha = 17,7$ ГэВ/с.

Верхняя граница $\frac{E}{p^2} \cdot \frac{d^2\sigma}{dpd\Omega} < 10^{-5}$ мб·ГэВ/(ср·(ГэВ/с)³)

сечения дифракционного рождения Q^{--} /со временем жизни $\tau > 10^{-7}$ с/ в этой реакции найдена из полученного в этом опыте спектра кумулятивных π^- -мезонов от фоновой реакции $\alpha C \rightarrow \pi^- + X$.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Search for Exotic Longlived Dibaryons

V.G.Ableev et al.

The possibility of existing exotic dibaryon system with a high isospin, in particular of Q^{--} dibaryon with charge -2 , is considered. The experiment on its search in the $\alpha C \rightarrow Q^{--} + X$ reaction at $P_\alpha = 17.7$ GeV/c has been performed. The upper limit $\frac{E}{p^2} \cdot \frac{d^2\sigma}{dpd\Omega} < 10^{-5}$ mb·GeV/(sr·(GeV/c)³) for longlived ($\tau > 10^{-7}$ s) Q^{--} differential production cross section in this reaction has been found from the obtained in this experiment spectrum of cumulative π^- -mesons produced in the background $\alpha C \rightarrow \pi^- + X$ reaction.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

¹ Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ

² Институт теоретической физики АН УССР, Киев

³ Центральный институт ядерных исследований, Россендорф, ГДР

Введение

Мультикварковые ($n_q \geq 6$) конфигурации обычно рассматриваются при низких модах возбуждений; при этом наиболее широко анализируются сферически-симметричные состояния. Для последних легчайшим мультикварковым системам соответствует минимальный изоспин. Это видно, например, из таблицы, где приведены результаты ^{1/} расчета спектра масс $6q$ -системы в основном состоянии / s^6 -конфигурация/ в рамках модели MIT-мешка.

Однако /см. ^{2/} и содержащиеся там ссылки/ в мультикварковых системах цветомагнитные силы могут оказаться столь значительными, что конфигурации с высокими орбитальными моментами будут более выгодными энергетически, чем сферически-симметричные состояния.

Особый интерес представляют $6q$ -конфигурации с полностью антисимметричной орбитальной волновой функцией ^{3/}. Оказывается, что из-за больших цветомагнитных сил в таких конфигурациях наиболее легкими являются системы с максимальным изоспином, а не минимальным, как для сферически-симметричных мешков. Мы рассчитали спектр масс $6q$ -системы в конфигурации sp^3d^2 с полностью антисимметричной орбитальной волновой функцией /см. таблицу/ в рамках нерелятивистского подхода с осцилляторным потенциалом типа ^{4/}. Параметры модели* /масса нестранного кварка $M=148,851$ МэВ, параметр $(K/M)^{1/2}=64,56$ МэВ/ были выбраны так, чтобы спектр масс $6q$ -системы в s^6 -конфигурации соответствовал расчету ^{1/} по модели MIT-мешка. Масса состояния с максимальным изоспином / $T=3$ / в нашем расчете составила 2253 МэВ и близка к массам нижайших состояний s^6 -конфигурации с изоспином $T=0$ и 1. Для потенциалов, растущих более слабо, чем осцилляторный, состояние с $T=3$ в sp^3d^2 -конфигурации будет еще более легким и может оказаться меньше, чем $2(m_N + m_\pi)$. /Здесь m_N - масса нуклона, m_π - масса пиона/. Таким образом, принципиальных запретов на существование легких дибарионных состояний с высоким изоспином нет; их поиск является актуальным.

Из-за сохранения изоспина $6q$ -состояние с $T=3$ не сможет распадаться за счет сильного взаимодействия, если его масса меньше $2m_N + 2m_\pi$. Более того, в этом случае для членов изомультиплета с $T_z=+3, -3$ /которые имеют электрический заряд $+4$ и -2 соответственно/ из-за сохранения электрического заряда возможен только распад за счет слабого взаимодействия. Поэтому проводить поиск $6q$ -состояний с $T=3$ наиболее целесообразно для конфигураций с максимальным T_z .

* В работе ^{4/} эти параметры были $M=151$ МэВ, $(K/M)^{1/2} = 75$ МэВ.

Таблица

Расчетный спектр масс б q -системы
для конфигураций sp^3d^2 и s^6

Суммарный спин кварков S	Изоспин системы T	sp^3d^2 , МэВ	s^6 , МэВ	
		Наш расчет с потенциалом типа ^{4/}	MIT- мешок ^{1/}	
0	1	2813	2230	2230
0	3	<u>2253</u>	2790	2790
1	0	2962	2155	2160
1	2	2626	2491	2500
2	1	2925	2342	2350
3	0	3149	2342	2350

На возможность существования достаточно легких б q -мешков с изоспином $T \geq 1$ имеются и экспериментальные указания. К ним относятся:

- "узкие резонансы" при 1936 МэВ и 1962 МэВ, имеющие, по-видимому, $T > 1$ ^{5/};

- узкая особенность в спектре масс pp -системы при 2024 МэВ с изоспином $T=1$ ^{6/}.

Мы предприняли первую попытку поиска долгоживущего $/\tau > 10^{-7} \text{с}/$ объекта Q^{--} с $T=3, T_z=-3$ /электрический заряд -2, барионный заряд +2/ и массой, меньшей $2m_N + 2m_\pi$, в процессе фрагментации альфа-частиц на углероде при полной энергии 4,4 ГэВ/нуклон, предполагая, что примесь ($Q^{--}Q^{+++}$) - конфигураций в волновой функции альфа-частицы может быть ~1%. Одновременно был измерен спектр кумулятивных π^- -мезонов, рождающихся в αC -взаимодействиях, что позволило установить верхнюю границу на сечение рождения Q^{--} в этой реакции.

Проведение эксперимента и результаты

Схема опыта /рис.1/ близка к использованной нами ранее для исследования импульсных спектров фрагментов при стриппинге легких релятивистских ядер ^{11/}. Характеристики и работа спектрометра подробно описаны в ^{7/}. Пучок α -частиц с интенсивностью $\sim 2,5 \cdot 10^{10}$ частиц на цикл и импульсом

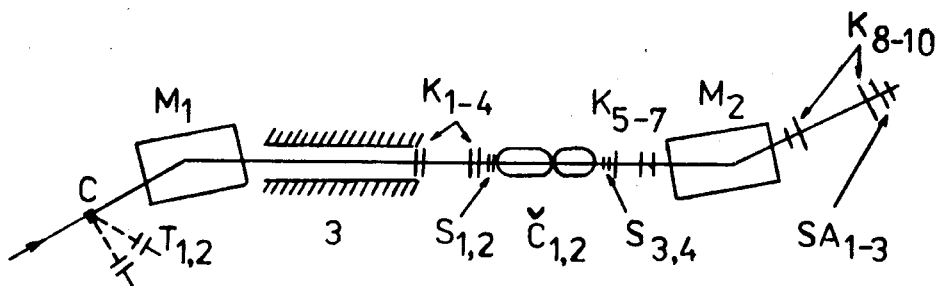


Рис.1. Схема установки.

17,7 ГэВ/с направлялся на углеродную мишень C ; поток пропущенных через нее ядер мониторировался телескопами сцинтилляционных счетчиков $T_{1,2}$. Исследуемый участок импульсного спектра отрицательно заряженных частиц, вылетающих из мишени под углами $\theta \leq 0,5^\circ$, выбирался с помощью магнита M_1 ; импульсный акцептанс установки составлял $\frac{|p - p_0|}{p_0} \sim 10\%$, где p_0 - импульс, соответствующий середине исследуемого участка спектра.

Заряд регистрируемых частиц определялся по величине ионизационных потерь в сцинтилляционных dE/dx -детекторах S_{1-4} и SA_{1-3} . Пороговые черенковские счетчики $\check{C}_{1,2}$ позволяли выделить события прохождения тяжелых $m > m_\pi$ частиц через установку. Импульс частиц измерялся с помощью пропорциональных камер K_{5-7} , K_{8-10} и спектрометрического магнита M_2 . Длина трассы от мишени до последних детекторов спектрометра составляла ~ 40 м.

Всего было накоплено 300 тыс. событий, среди которых мы искали такие, которые соответствуют пролету по трассе спектрометра частицы с зарядом $Z = -2$. На рис.2 показан амплитудный спектр сигналов /1/ с одного из dE/dx -детекторов на рабочей статистике и спектр /2/, снятый при калибровке на пучке релятивистских альфа-частиц. Оказалось, что в рабочей статистике нет ни одного события, давшего одновременно в трех и более dE/dx -детекторах отсчет, соответствующий $|Z| = 2$.

Фактически вся статистика соответствовала событиям рождения π^- -мезонов в реакции $\alpha C \rightarrow \pi^- + X$. Данные /см.рис.3/ поправлены на геометрическую эффективность установки, которая рассчитывалась методом Монте-Карло; при этом учитывались многократное кулоновское рассеяние на трассе и в элементах установки, распад π^- -мезона на лету. Статистическая ошибка сечений не превышает 10%. Для того чтобы определить нормировку измеренного нами спектра кумулятив-

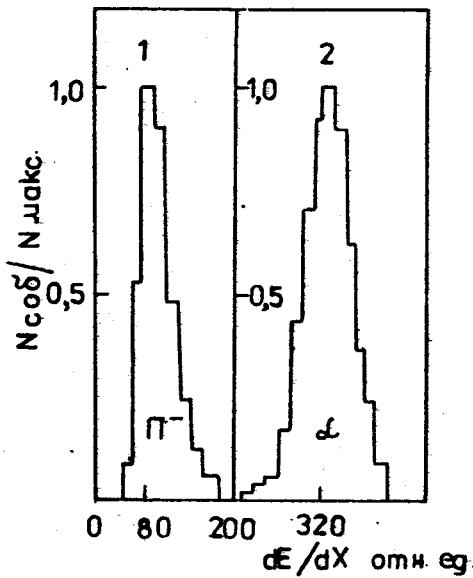
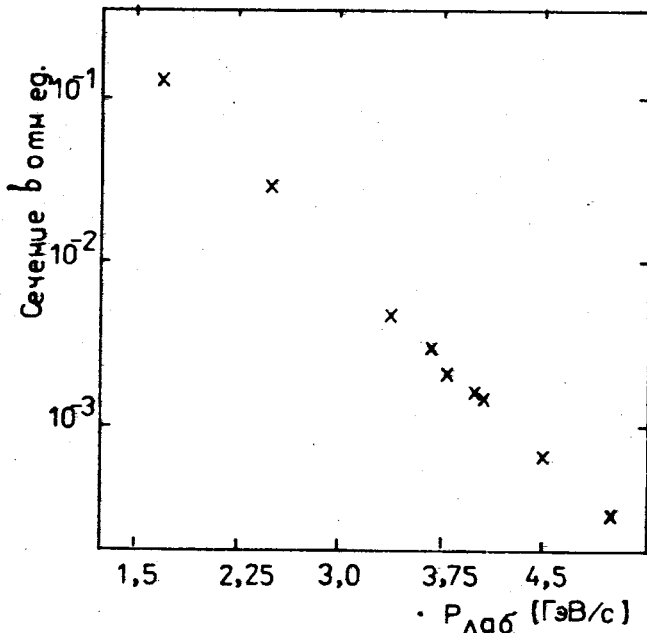


Рис.2. Амплитудные спектры сигналов одного из dE/dx -детекторов на рабочей статистике /1/ и на калибровочном пучке альфа-частиц /2/.

Рис.3. Относительные инвариантные сечения выхода π^- -мезонов в реакции $\alpha C \rightarrow \pi^- + X(0^\circ, P_\alpha = 17,7 \text{ ГэВ/с})$ в зависимости от импульса пиона в л.с. Ошибки статистические, их величина не превосходит размера символа.



ных π^- -мезонов, мы измерили при тех же геометрических характеристиках установки спектр ядер ${}^3\text{He}$ в реакции фрагментации $\alpha C \rightarrow {}^3\text{He} + X(0^\circ, P_\alpha = 17,7 \text{ ГэВ/с})$ в области максимума выхода. Этот спектр был отнормирован на данные ${}^8\text{Li}$ по той же реакции при импульсе снаряда $2,88 \text{ ГэВ/с/нуклон}$: как следует из ${}^8\text{Li}$ и ${}^{11}\text{Li}$, сечение реакции фрагментации

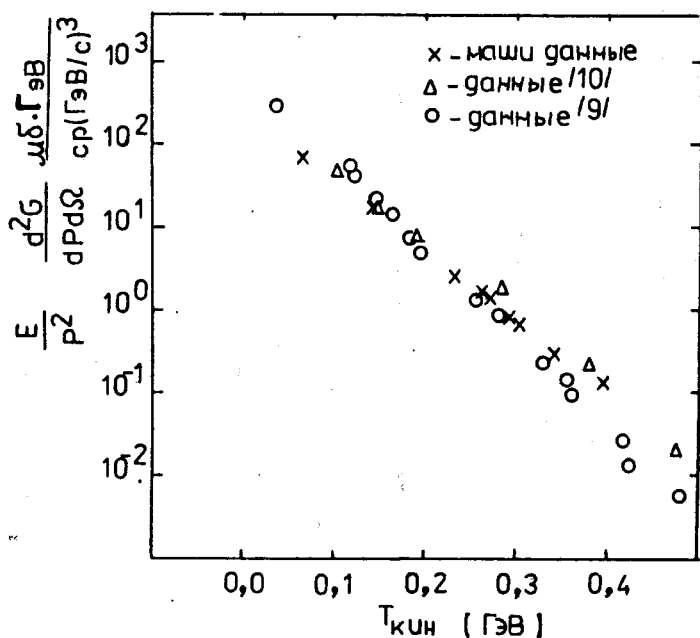


Рис.4. Инвариантные сечения выхода π^- -мезонов в реакциях

$\times - \alpha C \rightarrow \pi^- + X \quad (0^\circ, P_\alpha = 17,7 \text{ ГэВ/с}),$

$o - \alpha C \rightarrow \pi^- + X \quad (0^\circ, P_\alpha = 11,5 \text{ ГэВ/с}),$

$\Delta - \rho \alpha \rightarrow \pi^- + X \quad (180^\circ, P_\rho = 3,9 \text{ ГэВ/с}) \times 12^{1/3}$

в зависимости от кинетической энергии пиона в системе покоя альфа-частицы. Ошибки статистические, их величина не превосходит размера символа. Данные ^{10/} приведены с учетом Λ -зависимости сечения кумулятивного рождения пионов от массы ядра мишени ^{13/}.

легких ядер в области его максимума не зависит /с точностью $\leq 10\%$ / от импульса снаряда, начиная с ~ 1 ГэВ/с/нуклон. После этого была определена нормировка измеренного нами спектра кумулятивных π^- -мезонов, точность которой мы оцениваем в 10%.

Инвариантные сечения выхода кумулятивных пионов "вперед" в реакции $\alpha C \rightarrow \pi^- + X$ показаны на рис.4 вместе с другими данными ^{9,10/}. Как видно, они достаточно хорошо согласуются. Поскольку ожидаемая $\mathcal{M}_{Q^{--}} \sim \frac{m_\alpha}{2}$, то при поиске Q^{--} в реакции стриппинга естественно было предполагать максимум выхода при $(\frac{p}{Z})_{Q^{--}} \sim \frac{p_\alpha}{4}$, где и была накоплена основная ста-

тика. В этой области измеренное нами сечение фоновой реакции $\alpha C \rightarrow \pi^- + X$ составило $/1,0 \pm 0,06/$ мб·ГэВ/(ср·ГэВ³/с³). Отсюда для сечения рождения Q^{--} в реакции стриппинга $\alpha C \rightarrow Q^{--} + X$ следует верхняя оценка

$$E \frac{d^3\sigma}{d\vec{p}} < 10^{-5} \text{ мб ГэВ}/(\text{ср} \cdot (\text{ГэВ}/\text{с})^3) \text{ при времени жизни } \tau_{Q^{--}} > 10^{-7} \text{ с.}$$

Заключение

Отрицательный результат данного поискового эксперимента не означает, что б q -системы с высоким изоспином не существует, поскольку при проведении эксперимента мы ориентировались на поиск долгоживущего дибариона Q^{--} с массой меньше $2(m_N + m_\pi)$, одновременно предполагая, что примесь ($Q^{--}Q^{++++}$)-конфигураций в волновой функции ядра ${}^4\text{He}$ масштаба 1%. Поэтому вопрос о существовании экзотических б q -систем с высоким, вплоть до максимального, изоспином остается, на наш взгляд, открытым.

Авторы благодарны А.М.Балдину и А.Б.Говоркову за проявленный ими интерес и полезные обсуждения вопроса о возможном существовании и способах поиска экзотических долгоживущих дибарионных систем и поддержку данной работы.

Мы благодарны также З.П.Мотиной и Р.Н.Петровой за помощь на всех этапах выполнения этой работы.

Литература

1. Mulders P.J., Thomas A.W. J.Phys.G: Nucl.Phys., 1983, 9, p.1159.
2. Неудачин В.Г., Обуховский И.Т., Смирнов Ю.Ф. ЭЧАЯ, 1984, т.15, с.1165.
3. Wong C.W. Phys.Lett., 1982, 108B, p.383.
4. Liberman D.A. Phys.Rev., 1977, D16, p.1542.
5. Бешлиу К. и др. ОИЯИ, Д1-83-815, Дубна, 1983.
6. Байрамов А.А. и др. ОИЯИ, Р1-83-207, Дубна, 1983.
7. Аблеев В.Г. и др. ПТЭ, 1983, № 1, с.33.
8. Anderson L. et al. Phys.Rev., 1983, C28, p.1224.
9. Moeller E. et al. Phys.Rev., 1983, C28, p.1246.
10. Balдин А.М. et al. JINR, E1-82-472, Дубна, 1982.
11. Ableev V.G. et al. Nucl.Phys., 1983, A393, p.491.
12. Аблеев В.Г. и др. ЯФ, 1983, т.37, вып.1, с.132.
13. Балдин А.М. ЭЧАЯ, 1977, т.8, вып.3, с.429.

Рукопись поступила 4 ноября 1985 года.