

830/95

346.6g + 343e2

+



4(2)

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б2-1-95-4

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 1995

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

*Б2-1-95-4*

Э.О.Оконов, В.Н.Печенов, Г.М.Чернов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА  
ВОЗМОЖНОГО ВЫХОДА  $H$ -ДИГИПЕРОНОВ  
В ЦЕНТРАЛЬНЫХ  $MgMg$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4,3 АГэВ/с.

*Б2 ЭМВ. 95*

Дубна 1994г.

### Аннотация

Проведен поиск  $H$ -дигиперона – простейшего состояния странного кваркового вещества – в жестких  $MgMg$ -взаимодействиях при 4,3 АГэВ/с с высокой степенью центральности соударений ядер ( $\sigma_{\text{ц}} = 4 \cdot 10^{-4}$  мбн), при которых образуется сильно разогретый файербол ( $T \sim 150$  МэВ), являющийся согласно предсказаниям потенциальным источником рождения странных кварковых объектов.

В результате анализа  $V^0$ -событий, сопровождающих 20900 центральных  $MgMg$ -взаимодействий, среди  $\sim 1200$  идентифицированных распадов  $\Lambda^0$  и  $K_s^0$ -частиц и 100 конверсий  $\gamma \rightarrow e^+e^-$  была выявлена небольшая группа ( $\sim 20$ ) "аномальных"  $V^0$ -событий, которые оказались  $e^+e^-$ -парами необычной конфигурации за исключением одного зарегистрированного случая. Это  $V^0$  событие, будучи профитированным в предположении распада  $H \rightarrow \Sigma^- p$  дает для массы  $H$ -дигиперона величину  $M_H = 2228 \pm 2$  МэВ/ $c^2$ , что попадает в интервал значений, предсказываемых теорией ( $M_H = 2220 \div 2231$  МэВ/ $c^2$ ) а его кинематические характеристики совпадают с рассчитанным в рамках термодинамических моделей. Сделанная на основании этого результата оценка верхнего предела сечения возможного образования  $H$ -частиц в условиях нашего эксперимента приводит к величинам:  $\sigma \leq 0.12$  мкбн для времени жизни  $\tau_H = 1$  нс и  $\sigma \leq 0.36$  мкбн, если  $\tau_H = 10$  нс.

Имеются очень веские теоретические основания считать, что странное кварковое вещество является абсолютно стабильным, наиболее распространенным во Вселенной и играющим важнейшую роль во многих астрофизических явлениях начиная с Большого Взрыва.

В качестве простейшего состояния такого вещества большинство моделей предсказывает  $H$ -дигиперон, имеющий компактную кварковую структуру ( $uuddss$ ), в которой ароматические пары кварков находятся в  $1S$ -состоянии.

Подробный анализ возможных свойств многокварковых странных объектов в рамках различных модельных представлений содержится в нашей обзорной работе [1]. Здесь же мы упомянем об основном ограничении по массе  $M_H$ , которое возникает из условий метастабильности  $H$ -частицы ( $M_H < 2M_\Lambda$ ) и сосуществования  $H$ -дигиперона и наблюдаемых двойных гиперядер ( ${}^A_{\Lambda\Lambda}Z$ ), исключающих сильный переход  ${}^A_{\Lambda\Lambda}Z \rightarrow H + {}^{A-2}Z$ , который определяется энергией связи  $\Lambda\Lambda$ - в ядре ( $B_{\Lambda\Lambda}$ ) и значением  $M_H$ . Экспериментально полученные величины  $B_{\Lambda\Lambda} \simeq 10$  МэВ дают довольно узкий интервал для возможных значений масс метастабильных  $H$ -частиц:  $M_H \simeq 2220 \div 2231$  МэВ/ $c^2$  [2, 3]. При такой "околопороговой" массе следует ожидать [4], что одним из основных распадов будет  $H \rightarrow \Sigma^- p$ : ( $\Gamma_{\Sigma^- p} / \Gamma_{tot} \simeq 0.35$ ) со средним временем жизни  $\tau_H \sim 1 \div 10$  нс.

Теоретические рассуждения разных способов получения мультистранных кварковых объектов, приводят к выводу, что наиболее эффективный из них – центральные соударения релятивистских ядер, в которых формируется файербол (смешанная фаза) с высокой температурой и плотностью, что в значительной степени воспроизводит условия образования странного вещества в астрофизических процессах.

Так, например, в случае, когда формируется файербол с температурой  $T \simeq 130 - 150$  МэВ в центральных  $SiAu$ -взаимодействиях при  $E \simeq 14$  АГэВ/с (AGS) сечение образования  $H$ -частиц оценивается на уровне 5-10 мбн [5]<sup>1</sup>, что примерно в  $10^7$  раз больше чем в  $pp$  и  $pA$  взаимодействиях при соответствующих энергиях:  $\sigma(pp \rightarrow HK^+K^+) \simeq 1$  нбн [6].

В результате многолетних исследований в пучках релятивистских ядер синхротрона ЛВЭ ОИЯИ ( $E \simeq 4$  АГэВ) нами были получены сильные указания на то, что в центральных  $AA$  взаимодействиях формируется сильно разогретый файербол (смешанная фаза?) с  $T = 150 - 160$  МэВ. Это создает благоприятные условия для образования  $H$ -дигиперонов, поиски которых проводились на основании дополнительного анализа  $2 \cdot 10^4$  центральных  $MgMg$ -взаимодействий, отобранных жестким триггером "центральности" ( $\sigma_{центр.} \sim 4 \cdot 10^{-4} \sigma_{tot}$ ) [7]. При этом были тщательно проанализированы двухчастичные  $V^0$ -события, которые не фиксируются как распады известных нейтральных частиц ( $\Lambda \rightarrow p\pi^-$  и  $K_s^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ ), а также как электронно-позитронные пары от конверсии  $\gamma$ -квантов на ядрах газообразного неона, наполняющего рабочий объем стримерной камеры.

<sup>1</sup>Оценки, приведенные в других теоретических работах дают примерно такую же величину

Следует отметить, однако, что в некоторых случаях такие электронно-позитронные пары не поддаются однозначной идентификации по кинематическому фити. Эти события и составляют основную долю так называемых аномальных  $V^0$ -событий. Тем не менее все они как правило легко идентифицируются по дополнительным критериям: (малый угол разлета, сравнительно небольшие импульсы  $e^+e^-$  при минимальной ионизации треков).

Что же касается процессов сильного взаимодействия, которые могли бы имитировать  $V^0$ -события, то их примесь ничтожно мала, благодаря малой плотности (газообразный неон) в рабочем объеме стримерной камеры ( $d = 0,9 \cdot 10^{-3}$  г/см<sup>3</sup>). Это обеспечивает очень малую вероятность взаимодействия вторичных нейтронов ( $K^0$ -мезонов) внутри камеры и практически полное отсутствие взаимодействий, когда не наблюдался бы развал ядра неона или его отдача.

Оценки, основанные на результатах просмотра, показывают что ожидаемый фон от вторичных взаимодействий, который могли бы имитировать  $V^0$ -события, составляет величину заведомо меньшую  $10^{-6}$  на одно взаимодействие в мишени, что приблизительно в  $10^5$  раз меньше чем в пропановой камере, которая также использовалась при изучении ядро-ядерных соударений на синхрофазотроне ОИЯИ.

Итак, в результате дополнительного анализа  $V^0$ -событий на статистике 20900 предельно жестких многонуклонных  $MgMg$ -взаимодействий среди  $\sim 1200$  идентифицированных распадов  $\Lambda$  и  $K_s^0$ -частиц и  $\sim 100$  случаев конверсий  $\gamma \rightarrow e^+e^-$  было обнаружено 1 событие, которое не дает сколь-нибудь удовлетворительного фита ни для какого из известных процессов. Так оцененная по результатам кинематического фитирования вероятность того, что это событие является распадом  $\Lambda \rightarrow \pi^- p$  или  $K_s^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$  оказывается ничтожно малой: для первой гипотезы  $\chi^2$  составляет  $\chi_\Lambda^2 = 280$  а для второй  $\chi_K^2 = 2400$ . Это  $V^0$  событие не фитируется также в предположении конверсии  $\gamma \rightarrow e^+e^-$ , что представляется вполне естественным, если учесть, что угол разлета заряженных частиц ( $\Theta = 21,8^\circ \pm 0,1^\circ$ ) намного превышает соответствующие величины, характерные для электронно-позитронных пар.

Однако самой важной особенностью обнаруженного события является повышенная ионизация, вызванная отрицательной частицей при значительном ее импульсе  $P_- = 1,128 \pm 0,020$  ГэВ/с. Плотность ионизации трека по крайней мере в 2 раза превышает минимальную, которую имеет трек положительной частицы (из этого же  $V^0$ -события), обладающей сравнимым по величине импульсом ( $P_+ = 1,457 \pm 0,010$  ГэВ/с) и существенно большим глубинным углом, что могло бы привести к кажущемуся увеличению плотности ионизации.

Если отмеченная особенность не является каким-либо случайным аппаратурным эффектом, она свидетельствует о том, что отрицательная частица должна быть тяжелее пиона ( $K^-, \bar{p}, \Sigma^-$ ) т.е. она не может быть  $\pi^-$ -мезоном и тем более электроном, а обнаруженное  $V^0$  событие – распадом  $\Lambda \rightarrow p\pi^-$  или  $K_s^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$  (конверсией  $\gamma \rightarrow e^+e^-$ ), что подтверждается отрицательными результатами упомянутого фитирования.

Отмеченная особенность рассматриваемого события (повышенная ионизация

отрицательной частицы), послужила причиной того, что при просмотре оно было отмечено как возможный распад  $\bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$ . Однако последующее фитирование не подтвердило эту маловероятную гипотезу.

После приведенного выше анализа мы пришли к выводу что зарегистрированное anomальное  $V^0$ -событие может быть кандидатом в распады  $H$  – дигиперона, поиск которого составляет цель настоящей работы. Действительно в результате многократного измерения этого события и кинематического расчета в предположении распада  $H \rightarrow \Sigma^- p$  для величины массы предполагаемой  $H$ -частицы было получено значение  $M_H = 2228 \pm 2$  МэВ/ $c^2$  которое хорошо вписывается в узкий интервал ( $M_H = 2220 \div 2231$  МэВ/ $c^2$ ), предсказываемый, как это было указано выше, для метастабильного состояния  $H$ -дигиперона.

Нами была разработана программа моделирования кинематических характеристик  $H$ -частиц, образовавшихся в сильно разогретом фэйрболе, который сформировался в результате центральных ядро-ядерных столкновений.

Моделирование проводилось в рамках термодинамической модели [5] с использованием экспериментальных условий нашего эксперимента ( $MgMg$  при 4,3 АГэВ/с с образованием фэйрбола с температурой  $T = 150$  МэВ, что соответствует обратному наклону инвариантных сечений  $T_0 = 200$  МэВ).

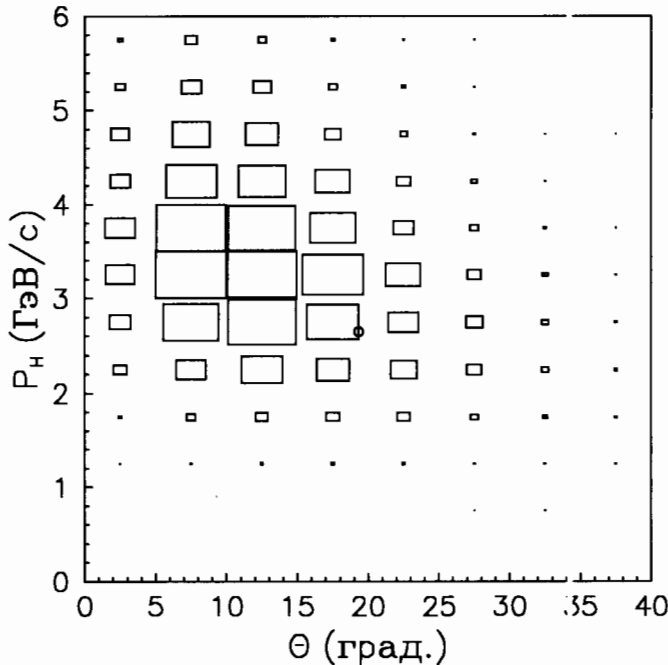


Рис.1 Ожидаемое импульсное и угловое распределение  $H$ -дигиперонов, образовавшихся в фэйрболе ( $T = 150$  МэВ), при центральных  $MgMg$ -взаимодействиях (площадь прямоугольников характеризует относительную вероятность соответствующей кинематической конфигурации). Точка соответствует кинематическим параметрам зарегистрированного события.

Рисунок 1 демонстрирует один из результатов проведенных расчетов, демонстрирующий относительную вероятность образования  $H$ -частицы (площадь пря-

моугольников) в зависимости от ее основных кинематических характеристик (угол вылета, импульс).

Конечно нельзя делать окончательного заключения об обнаружении  $H$ -дигиперона на основании одного зарегистрированного события, которое по-видимому потребует дополнительного тщательного анализа. Тем не менее проведенный анализ позволяет провести оценку верхнего предела сечения образования  $H$ -частицы в центральных ядро-ядерных взаимодействиях.

Эта оценка зависит от вероятности регистрации  $H$ -частицы в рабочем объеме 2-х метрового стримерного спектрометра, а она в свою очередь зависит от потенциального пробега зарегистрированного события и его ожидаемого времени жизни  $\tau_H$ .

В результате проведенной оценки для верхнего предела сечения возможного выхода  $H$ -частиц в условиях нашего эксперимента было получено:

$$\sigma \leq 0.12 \text{ мкбн для } \tau_H = 1 \text{ нс}$$

$$\sigma \leq 0.36 \text{ мкбн для } \tau_H = 10 \text{ нс}$$

на уровне достоверности 90%. Оценка второй из приведенных величин сделана в предположении справедливости использования составного распределения Пуассона для так называемых ветвящихся процессов.

Авторы выражают признательность всем сотрудникам, участвовавшим в получении экспериментальных данных, проанализированных в настоящей работе.

Мы благодарим Российский фонд фундаментальных исследований, при поддержке которого проведена эта работа (грант 93-02-15583).

## Литература

- [1] Оконов Э.О. Экспериментальные проблемы поиска  $H$ -дигиперона (в печати).
- [2] Dalitz R. et al. Proc. Royal Soc. Lon., 1989. A423, p.1.
- [3] Aoki S. et al. DFNU-91-07, 1991.
- [4] Donoghue J. et al. Phys. Rev., 1987, D34, p.3434.
- [5] Dover C. et al. Phys. Rev., 1989, C40, p.115.
- [6] Badalian A. Sov. Journ. Nucl. Phys., 1982, 36, p.860
- [7] Авраменко С.А. и др. Сообщение ОИЯИ Р-91-235, Дубна, 1991.