



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

Д1-88-691

ОБРАЗОВАНИЕ И РАСПАД  
РЕЛЯТИВИСТСКИХ ГИПЕРЯДЕР ВОДОРОДА

Направлено в журнал "Письма в ЖЭТФ"

1988

С.А.Авраменко, А.У.Абдурахимов, В.Д.Аксиненко, М.Х.Аникина, Б.П.Банник, Ю.А.Беликов<sup>1</sup>, В.А.Бутенко, Г.Л.Варденга, К.Гаевский<sup>2</sup>, Н.С.Глаголева, А.И.Голохвастов, И.Г.Голутвина, А.Г.Грачев, Е.А.Дементьев, В.А.Дроздов, Л.Я.Жильцова, В.Ф.Завьялов, К.Йовчев<sup>3</sup>, Н.И.Каминский, Э.В.Козубский, В.П.Кондратьев<sup>1</sup>, Л.В.Краснов<sup>1</sup>, А.А.Кузнецов, Е.С.Кузнецова, Б.А.Кулаков, Ю.Лукстин<sup>4</sup>, В.Л.Любошиц, О.Ю.Мандрик, П.К.Маньяков, Е.Н.Матвеева, А.Т.Матюшин, В.Т.Матюшин, Я.Мирковский<sup>2</sup>, С.В.Мухин, Н.М.Никитюк, Н.Н.Нургожин<sup>4</sup>, Э.О.Оконов, Т.Г.Останевич, Л.С.Охрименко, З.Павловский<sup>2</sup>, А.Пиатковский<sup>2</sup>, Т.Д.Пилипенко, Ю.С.Поль<sup>5</sup>, В.Б.Радоманов, С.А.Рожнятовская, О.Г.Рубина, В.Н.Ряховский, И.С.Саитов, С.А.Седых, И.В.Степанов<sup>1</sup>, Г.Г.Таран<sup>5</sup>, С.А.Хорозов, Е.К.Хусаинов<sup>4</sup>, И.Е.Шевченко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ленинградский государственный университет

<sup>2</sup> Институт радиотехники Варшавского политехнического института

<sup>3</sup> Институт ядерных исследований и ядерной энергетики БАН, София

<sup>4</sup> Институт физики высоких энергий АН КазССР, Алма-Ата

<sup>5</sup> Физический институт им. П.Н.Лебедева АН СССР, Москва

К настоящему времени есть сообщения двух групп физиков о наблюдении релятивистских гиперядер. В работе<sup>1/</sup> приводились результаты исследования реакции  $^{16}\text{O} + \text{CH}_2 \rightarrow ^{18}\text{O} + \text{K}^+ + \dots$  при энергии ядер  $^{16}\text{O}$  2,1 ГэВ/нуклон. В работах<sup>2-4/</sup>, выполненных на основе эмульсионной методики, сообщалось о наблюдении 6 случаев образования и распада гиперядер  $^4_{\Lambda}\text{H}$ .

В нашем эксперименте, проводившемся в пучке ядер гелия, ускоренных до 18 ГэВ/с, было измерено сечение образования релятивистских гиперядер  $^4_{\Lambda}\text{H}$  и определялось их время жизни. Триггерная система, состоявшая из трех групп сцинтилляционных счетчиков и быстрой электроники, давала сигнал на срабатывание стримерной камеры при выполнении следующих условий: а) в мишень влетает двухзарядная частица, б) среди частиц, вылетающих из мишени, двухзарядных частиц нет, в) за распадным объемом появляется двухзарядная частица. Распады гиперядер регистрируются в стримерной камере, наполненной неоном при атмосферном давлении и помещенной в магнитное поле  $\sim 0,9$  Тл. Логика триггера предполагает отбор случаев образования гиперядер  $^4_{\Lambda}\text{H}$  и  $^3_{\Lambda}\text{H}$  с последующими распадами в чувствительном объеме камеры по каналам  $^4_{\Lambda}\text{H} \rightarrow ^4\text{He} + \pi^-$ ,  $^4_{\Lambda}\text{H} \rightarrow ^3\text{He} + \pi^- + \text{p}$  и  $^3_{\Lambda}\text{H} \rightarrow ^3\text{He} + \pi^-$ .

Источниками физического фона при регистрации в камере распада  $^4_{\Lambda}\text{H} \rightarrow ^4\text{He} + \pi^-$  в принципе могут быть как случаи распада гиперядер  $^3_{\Lambda}\text{H}$  и  $^4_{\Lambda}\text{H}$  (канал с нейтроном), так и реакция перезарядки на газе камеры  $^3\text{H} + \text{He} \rightarrow ^3\text{He} + \pi^- + \dots$  (тритоны могут образовываться в мишени как продукты фрагментации  $^4\text{He}$ ), также удовлетворяющая критериям отбора событий триггером. Выделение случаев образования и двухчастичного распада  $^4_{\Lambda}\text{H}$  производилось с учетом следующих критериев. Во-первых, реакция перезарядки, как правило, дает в точке взаимодействия дополнительные треки (фрагменты ядра-мишени) или яркий стример из-за ионизации неона ядром отдачи. Во-вторых, импульсы  $^3\text{He}$ , образовавшегося в результате перезарядки, должны быть около 13 ГэВ/с, как и импульсы  $^3\text{He}$ , образовавшегося в результате распада  $^3_{\Lambda}\text{H} \rightarrow ^3\text{He} + \pi^-$  или  $^4_{\Lambda}\text{H} \rightarrow ^3\text{He} + \pi^- + \text{p}$ . Импульсы же  $^4\text{He}$  от распада  $^4_{\Lambda}\text{H}$  должны концентрироваться вблизи величины 16 ГэВ/с. Поэтому события, удовлетворяющие условиям отбора: чистая вершина и импульсы двухзарядной частицы больше 14 ГэВ/с, - с большой вероятностью являются распадами  $^4_{\Lambda}\text{H}$ . В нашем эксперименте 15 событий (из 17) удовлетворяют обоим этим условиям и все они имеют эффективную

массу системы  ${}^4\text{He} + \pi^-$  с точностью до нескольких МэВ (разрешение установки по эффективной массе), совпадающую с массой гиперядра  ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ . В 11 событиях (из этих 15) первичные треки имели длину, достаточную для надежной визуальной оценки разницы ионизации у первичного ( $Z=1$ ) и вторичного ( $Z=2$ ) треков. Только 2 события, вершины которых не видны из-за высоковольтных пробоев (пятен), были идентифицированы по следующим критериям: величине импульса He и эффективной массе.

Измеренное сечение образования  ${}^4_{\Lambda}\text{H}$  на мишени  $\text{CH}_2$  оказалось равным  $(0,4^{+0,4}_{-0,2})$  мкб, что хорошо согласуется с результатом расчета (0,29 мкб), приведенным в работе <sup>15/</sup>. Обращает на себя внимание существенное отличие полученной величины сечения от данных работы <sup>11/</sup>, где для упоминавшейся реакции  ${}^{16}\text{O} + \text{CH}_2 \rightarrow {}^4_{\Lambda}\text{O} + \text{K}^+ + \dots$  при 2,1 ГэВ/нуклон авторы приводят сечение образования гиперядер кислорода, равное  $(28 \pm 14)$  мкб. Как качественные соображения, так и непосредственные расчеты <sup>15/</sup> показывают, что сечения обоих процессов должны быть величинами одного порядка. Не исключено, что данные <sup>11/</sup> содержат значительную примесь фоновых процессов, поскольку при идентификации событий использовались довольно слабые критерии.

Совершенно неудовлетворительно решен вопрос идентификации гиперядер в эмульсионных работах <sup>2-4/</sup>. Более того, из описания единственного события, приведенного в работах <sup>2-4/</sup>, следует, что рассматриваемый случай никак не может быть распадом гиперядра  ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ , поскольку угол вылета  $\pi$ -мезона ( $50,3^\circ$ ) существенно превосходит кинематически допустимый (около  $15^\circ$ ).

Измеренное в нашем эксперименте время жизни  ${}^4_{\Lambda}\text{H}$  равно  $(2,2^{+0,6}_{-0,4}) \times 10^{-10}$  с. Это несколько больше, чем усредненное по более ранним экспериментам (см. обзор <sup>6/</sup>) значение  $(1,6 \pm 0,3) \times 10^{-10}$  с и заметно отличается от результата расчета  $(1,3 \times 10^{-10}$  с), приведенного в <sup>7/</sup>. Заметим, что все предшествующие данные по времени жизни  ${}^4_{\Lambda}\text{H}$  были получены в экспериментах с медленными гиперядрами, образовавшимися в результате захвата ядрами гелия или ядрами фотоэмульсии  $\text{K}^-$ -мезонов. При этом возникает ряд сложных методических проблем (см., например, обзор <sup>8/</sup>), связанных как с очень малой долей распадов на лету, так и с идентификацией распавшихся на лету гиперядер.

В нашем эксперименте средний импульс  ${}^4_{\Lambda}\text{H}$  —  $(16,7 \pm 0,2)$  ГэВ/с, средняя длина пробега до распада — ~ 28 см. Последняя величина не согласуется с данными <sup>2-4/</sup>, где, впрочем, вычисление длины свободного пробега сделано с методической ошибкой (экспериментальные данные позволяют найти лишь нижнюю границу длины пробега), а соотношение времени жизни и длины пробега рассчитано (при  $v/c = 0,97$ ) по нерелятивистской формуле.

Интересная ситуация возникла с гиперядрами  ${}^3_{\Lambda}\text{H}$ . Принимая во внимание отношение сечений образования  ${}^4_{\Lambda}\text{H}$  и  ${}^3_{\Lambda}\text{H}$  по расчетам <sup>6/</sup>,

долю двухчастичных распадов с отрицательно заряженным пионом (по данным работ <sup>9-13/</sup>) и моделированное отношение эффективностей, на 17 зарегистрированных распадов  ${}^4_{\Lambda}\text{H}$  мы должны были бы иметь около 10 распадов  ${}^3_{\Lambda}\text{H}$ . Однако в эксперименте зарегистрирован только один случай  ${}^3_{\Lambda}\text{H}$ . Если это не аппаратный эффект (отношение эффективностей моделировалось по довольно грубой модели, описанной в <sup>14/</sup>) и не результат флуктуации, то малое количество зарегистрированных в эксперименте распадов  ${}^3_{\Lambda}\text{H}$  могло бы указывать на неожиданные свойства этого гиперядра (например, малое время жизни или существенно меньшая 0,1 МэВ <sup>8/</sup> энергия связи  $\Lambda$ -частицы в гипертритоне). Заметим, что кулоновской диссоциацией гипертрионов в  $\text{CH}_2$ -мишени (при  $v/c \sim 1$  и энергии связи  $\Lambda$ -частицы больше 0,01 МэВ) уменьшение их выхода объяснить нельзя, хотя при малых скоростях и больших  $Z$  мишени кулоновская диссоциация существенна <sup>15/</sup>.

Мы благодарны Я.Жофке, М.И.Подгорецкому, М.Сано, Г.А.Соколу и В.Н.Фетисову за обсуждение вопросов физики гиперядер.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Nield K.J. et al. - Phys. Rev., 1976, C13, p.1263.
2. Андреева Н.П. и др. Препринт ИФВЭ 85-15, Алма-Ата, 1985.
3. Андреева Н.П. и др. - В сб.: Труды 8 Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. ОИЯИ, Д1,2-86-668, Дубна, 1987, с.119.
4. Ameeva B.U. et al. Preprint HEPI 87-10, Alma-Ata, 1987.
5. Bandō H. et al. INS-Report-682, Tokyo, 1988.
6. Бом Г., Креккер У. - ЭЧАЯ, 1972, 3, с.318.
7. Джибути Р.И. и др. - ЯФ, 1986, 44, с.349.
8. Davis D.H., Pniewski J. - Contemp. Phys., 1986, 27, p.91.
9. Bertrand D. et al. - Nucl. Phys., 1970, B16, p.77.
10. Block M.M. et al. - Proceeding of the International Conference on Hyperfragment, St. Cerque, 1964. CERN Report 64-1, 1964, p.63.
11. Dalitz R.H., Liu L. - Phys. Rev., 1959, 116, p.1312.
12. Колесников Н.Н., Копылов В.А. - Изв. вузов, физика, 1988, №3, с.44.
13. Филимонов В.А. - В сб.: Каон-ядерное взаимодействие и гиперядра. М.: Наука, 1979, с.240.
14. Bowen T. - В сб.: Каон-ядерное взаимодействие и гиперядра. М.: Наука, 1979, с.115.
15. Bohm J., Wyzotzki F. - Nucl. Phys., 1970, B15, p.628.

Рукопись поступила в издательский отдел  
19 сентября 1988 года.