

ОБРАЗОВАНИЕ И РАСПАД РЕЛЯТИВИСТСКИХ ГИПЕРЯДЕР ВОДОРОДА

С.А.Авраменко, А.У.Абдурахимов, В.Д.Аксиненко, М.Х.Аникина,
 Б.П.Банник, Ю.А.Беликов¹⁾, В.А.Бутенко, Г.Л.Варденга,
 К.Гаевский²⁾, Н.С.Глаголева, А.И.Голохвастов, И.Г.Голутвина,
 А.Г.Грачев, Е.А.Дементьев, В.А.Дроздов, Л.Я.Жильцова,
 В.Ф.Завьялов, Ж.Йовчев³⁾, Н.И.Каминский, Э.В.Козубский,
 В.П.Кондратьев¹⁾, Л.В.Краснов¹⁾, А.А.Кузнецов, Е.С.Кузнецова,
 Б.А.Кулаков, Ю.Лукстиньш, В.Л.Любошиц, О.Ю.Мандрик,
 П.К.Маньяков, Е.Н.Матвеева, А.Т.Матюшин, В.Т.Матюшин,
 Я.Мирковский²⁾, С.В.Мухин, Н.М.Никитюк, Н.Н.Нургожин⁴⁾,
 Э.О.Оконов, Т.Г.Останевич, Л.С.Охрименко, З.Павловский²⁾,
 А.Пиатковский²⁾, Т.Д.Пилипенко, Ю.С.Поль⁵⁾, В.Б.Радоманов,
 С.А.Рожнятовская, О.Г.Рубина, В.Н.Ряховский, И.С.Саитов,
 С.А.Седых, И.В.Степанов¹⁾, Г.Г.Таран⁵⁾, С.А.Хорозов,
 Е.К.Хусаинов⁴⁾, И.Е.Шевченко¹⁾

Впервые с надежной идентификацией зарегистрированы релятивистские гиперядра. Сечение образования ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ альфа-частицами с импульсом 18 ГэВ/с на мишени CH_2 равно $0,4^{+0,4}_{-0,3}$ мкб. Средний импульс и среднее время жизни ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ равны $16,7 \pm 0,2$ ГэВ/с и $(2,2^{+0,5}_{-0,4}) \cdot 10^{22} \cdot 10^{-10}$ с соответственно.

К настоящему времени есть сообщения двух групп о наблюдении релятивистских гиперядер. В работе¹⁾ приводились результаты исследования реакции ${}^{16}\text{O} + \text{CH}_2 \rightarrow {}^{16}_{\Lambda}\text{O} + \text{K}^+ + \dots$ при энергии ядер ${}^{16}\text{O}$ 2,1 ГэВ/нуклон. В работах²⁻⁴⁾, выполненных эмульсионной методикой, 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 вновь появляется двухзарядная частица. Распады гиперядер регистрируются в стримерной камере, наполненной неонам 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 ${}^4_{\Lambda}\text{H} \rightarrow {}^4\text{He} + \pi^-$, ${}^4_{\Lambda}\text{H} \rightarrow {}^3\text{He} + \pi^- + n$ и ${}^3_{\Lambda}\text{H} \rightarrow {}^3\text{He} + \pi^-$.

1) Ленинградский государственный университет

2) Институт радиотехники Варшавского политехнического института, Варшава.

3) ИЯИЯЭ БАН, София

4) ИФВЭ АН Казахской ССР, Алма-Ата.

5) ФИАН им. П.Н.Лебедева, Москва.

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 ${}^3\text{H} + \text{Ne} \rightarrow {}^3\text{He} + \pi^- + \dots$ (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 ${}^4_{\Lambda}\text{H} \rightarrow {}^3\text{He} + \pi^- + n$. 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 импульс двухзарядной частицы больше 14 ГэВ/с, — с большой вероятностью являются распадами ${}^4_{\Lambda}\text{H}$. В нашем эксперименте 15 (из 17) событий 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 критериям — величина импульса He и эффективная масса.

Измеренное сечение образования ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ на мишени CH_2 оказалось равным $0,4^{+0,4}_{-0,2}$ мкб, что хорошо согласуется с результатом расчета (0,29 мкб), приведенным в работе ⁵. Обращает на себя внимание существенное отличие полученной величины сечения от данных работы ¹, где для упоминавшейся реакции ${}^{16}\text{O} + \text{CH}_2 \rightarrow {}^{16}_{\Lambda}\text{O} + K^+ + \dots$ при 2,1 ГэВ/нуклон, авторы приводят сечение образования гиперядер кислорода, равное 28 ± 14 мкб. Как качественные соображения, так и непосредственные расчеты ⁵ показывают, что сечения обоих процессов должны быть одного порядка величины. Не исключено, что данные ¹ содержат значительную примесь фоновых процессов, поскольку при идентификации событий использовались довольно слабые критерии.

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

Измеренное в нашем эксперименте время жизни ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ равно $(2,2^{+0,5}_{-0,4}) \cdot 10^{-10}$ с. Это несколько больше, чем усредненное по более ранним экспериментам (см. обзор ⁶) значение $(1,6 \pm 0,3) \cdot 10^{-10}$ с и заметно отличается от результата расчета ($1,3 \cdot 10^{-10}$ с), приведенного в ⁷. 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 K^- -мезонов. При этом возникает ряд сложных методических проблем (см., например, обзор ⁸), 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 ²⁻⁴, где впрочем вычисленные 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 ⁵, долю двухчастичных распадов с отрицательно заряженным пионом (по данным работ ⁹⁻¹³) и моделированное отношение эффектив-

ностей, 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. Если это не аппаратурный эффект (отношение эффективностей моделировалось по довольно грубой модели, описанной в ¹⁴) 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 энергия связи Λ -частицы в гипертритоне). Заметим, что кулоновской диссоциацией гипертритонов в CH_2 мишени (при $v/c \sim 1$ и энергии связи Λ -частицы больше 0,01 МэВ) уменьшение их выхода объяснить нельзя, хотя при малых скоростях и больших Z мишени кулоновская диссоциация существенна ¹⁵.

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., Bowen T., Cable G.D. et al. Phys. Rev. C, 1976, 13, 1263.
2. Андреева Н.П., Анзон З.В., Бубнов В.И. и др. Препринт ИФВЭ 85-15, Алма-Ата, 1985.
3. Андреева Н.П., Анзон З.В., Бубнов В.Т. и др. В сб.: Труды 8 Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Д1, 2-86-668, Дубна, 1987, с.119.
4. Ateeva V.U., Andreeva N.P., Anzon Z.V. et al. Preprint NEPI 87-10, Alma-Ata, 1987.
5. Bando H., Sano M., Wakai M., Zofka J. INS-Report-682, Tokyo, 1988.
6. Бом Г., Креккер У. ЭЧАЯ, 1972, 3, 318.
7. Джибути Р.И., Крупеникова Н.Б., Саркисян Н.Н., Циклаури Ш.М. ЯФ, 1986, 44, 349.
8. Davis D.H., Pniewski J. Contemp. Phys., 1986, 27, 91.
9. Bertrand D., Coremans G., Mayer C. et al. Nucl. Phys., B, 1970, 16, 77.
10. Block M.M. et al. Proceeding of the International Conference on Hyperfragment, St. Cergue, 1964. CERN report 64-1, 1964, p. 63.
11. Dalitz R.H., Liu L. Phys. Rev., 1959, 116, 1312.
12. Колесников Н.Н., Копылов В.А. Изв. вузов. Физика, 1988, № 3, с. 44.
13. Филмонов 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., Wyszotzki F. Nucl. Phys., B, 1970, 15, 628.

Объединенный институт
ядерных исследований

Поступила в редакцию
30 сентября 1988 г.