

ОБНАРУЖЕНИЕ СВЕРХТЯЖЕЛЫХ ИЗОТОПОВ ВОДОРОДА В РЕАКЦИИ ПОГЛОЩЕНИЯ π^- -МЕЗОНОВ ЯДРАМИ ${}^9\text{Be}$

*М.Г.Горнов, Ю.Б.Гуров, В.П.Коптев*¹⁾, *Л.В.Морохов,*
*К.О.Оганесян*²⁾, *Б.П.Осипенко*²⁾, *В.А.Печкуров,*
В.И.Савельев, Ф.М.Сергеев, А.А.Хомутов, Б.А.Чернышев,
Р.Р.Шафигуллин, А.В.Шишков

Впервые выполнены корреляционные измерения пар заряженных частиц, испущенных под углом 180° , в реакции поглощения остановившихся π^- -мезонов ядрами ${}^9\text{Be}$. Анализ спектров позволил выделить трехчастичные реакции с участием сверхтяжелых изотопов водорода ${}^4\text{H}$ и ${}^6\text{H}$. Для обнаруженного состояния ${}^5\text{H}$ получены следующие параметры: $E_\gamma = 7,4 \pm 0,7$ МэВ, $\Gamma = 8 \pm 3$ МэВ.

Данная работа выполнена с целью поиска и исследования сверхтяжелых изотопов водорода. Экспериментальный интерес к вопросу существования таких состояний имеет принципиальное значение. Дело в том, что на современном теоретическом уровне по известным легким изотопам невозможно без неопределенности предсказать точное количество нуклонно-стабильных ядер. Также открытым остается вопрос о существовании ядер чисто нейтронных, для которых оценки извлекаются из систематики легчайших изотопов, в частности, гелия¹. В этом смысле систематика сверхтяжелых изотопов водорода может снабдить нас дополнительными возможностями.

В настоящее время можно считать надежными данные только о резонансном состоянии ${}^4\text{H}^{2-5}$. Что касается более тяжелых изотопов водорода, то указание на возможное существование ${}^5\text{H}$ содержится в единственной работе⁶, где исследовалась реакция ${}^6\text{Li}(\pi^-, p)X$. По ${}^6\text{H}$ недавно появились две работы^{7, 8}, выполненные в реакциях с тяжелыми ионами, которые дают неожиданный результат. Система ${}^6\text{H}$ по данным этих работ оказывается более связанной чем ${}^4\text{H}$ и ${}^5\text{H}$. Каких-либо экспериментальных указаний на существование ${}^7\text{H}$, для которого в некоторых предположениях предсказывается даже нуклонная стабильность¹, до настоящего времени не обнаружено.

В нашем эксперименте для поиска сверхтяжелых изотопов водорода использовалась реакция поглощения остановившихся π^- -мезонов ядрами ${}^9\text{Be}$. В отличие от предыдущих работ, в которых для этой цели использовались двухчастичные реакции, мы исследовали образование таких состояний в трехчастичных реакциях с поиском изотопов водорода в качестве ядра-остатка. Экспериментально регистрировались пары заряженных частиц (p, d, t), разлетающихся под углом 180° , что позволило выполнить поиск трехчастичных каналов реакции с участием изотопов водорода от ${}^3\text{H}$ до ${}^7\text{H}$:

$$\pi^- + {}^9\text{Be} \rightarrow t + t + {}^3\text{H}, \quad (1)$$

$$\rightarrow d + t + {}^4\text{H}, \quad (2)$$

$$\rightarrow p + t + {}^5\text{H}, \quad (3)$$

$$\rightarrow d + d + {}^5\text{H}, \quad (4)$$

$$\rightarrow p + d + {}^6\text{H}, \quad (5)$$

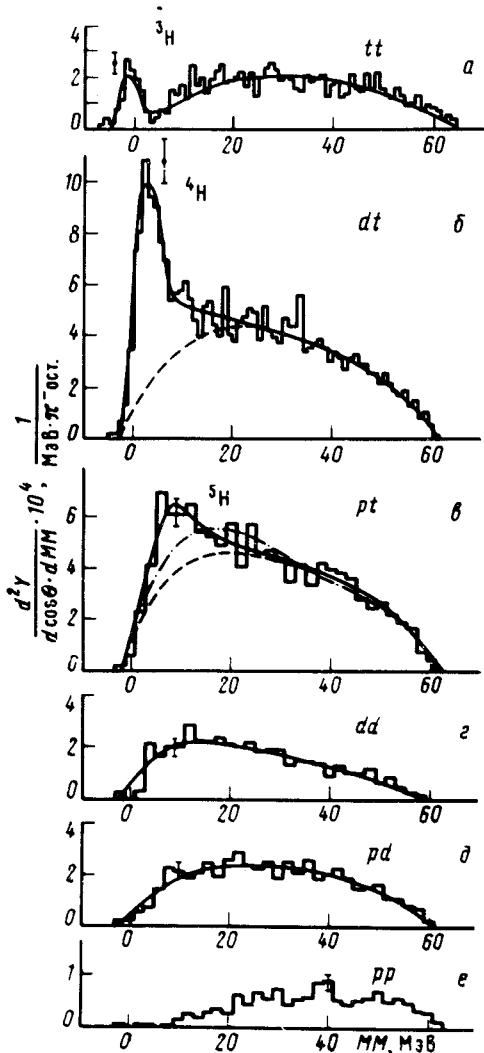
$$\rightarrow p + p + {}^7\text{H}. \quad (6)$$

Измерения выполнены на пучке пионов низких энергий синхротронного ускорителя ЛЯФ АН СССР с помощью многоплечевого полупроводникового спектрометра^{9, 10}, который обеспечивал идентификацию и измерение энергии заряженных частиц вплоть до границ кинематически

1) ЛЯФ АН СССР.

2) ОИЯИ.

разрешенной области. Светосила регистрирующих полупроводниковых телескопов составляла 0,11 стерад для частиц пороговых энергий и 0,04 стерад для протонов максимальной энергии. Мониторная система спектрометра, состоящая из двух полупроводниковых детекторов, расположенных перед мишенью толщиной 136 мг/см^2 , позволяла определять глубину остановок π^- -мезонов и вводить соответствующие поправки на потери энергии вторичных частиц в мишени. Энергетическое разрешение спектрометра ($\sim 0,5 \text{ МэВ}$) и абсолютная энергетическая привязка ($< 0,4 \text{ МэВ}$) контролировались с помощью реакции $\pi^- + {}^6\text{Li} \rightarrow t + t$ ($E_t = 61,6 \text{ МэВ}$).



2 Спектры недостающих масс (ММ) к зарегистрированным парам заряженных частиц: $E_p \geq 12,3 \text{ МэВ}$, $E_d \geq 16,5 \text{ МэВ}$, $E_t \geq 19,6 \text{ МэВ}$. Сплошные кривые — результат аппроксимации: для tt -, dt - и pt -пар с учетом вклада трехчастичных каналов реакции с образованием ${}^3\text{H}$, ${}^4\text{H}$ и ${}^5\text{H}$ соответственно; для dd - и pd -пар — без учета трехчастичных каналов. Пунктирные кривые для dt - и pt -пар — вклад каналов реакции с количеством частиц в конечном состоянии ≥ 4 . Штрих-пунктирная кривая для pt -пар — результат аппроксимации суммой каналов без учета ${}^5\text{H}$

На рисунке представлены спектры недостающих масс для зарегистрированных пар. За начало отсчета в распределениях принята сумма масс тритона и соответствующего количества нейтронов. Пики в области малых недостающих масс для событий с tt и dt — зарегистрированными парами соответствуют проявлению трехчастичных каналов реакции (1) и (2). Положение и ширина пиков определяются не только параметрами конечных ядерных состояний, но и параметрами установки, в данном случае — энергетическим и угловым разрешением. С целью определения параметров ядерных состояний, соответствующих наблюдаемым пикам, экспериментальные распределения по недостающей массе аппроксимировались суммой распределений, рассчитанных по фазовому объему для всех возможных конечных систем с учетом углового и энергетического разрешения. Резонансный характер конечных состояний в трехчастичных каналах реакции учитывался с помощью распределения Брей-206

та – Вигнера. Методика расчетов была проконтролирована с помощью выделения канала реакции (1) для событий с tt -парами. Полученные результаты для параметров тритона – его массы, которая в данном случае соответствует положению резонанса $E_r = -0,1 \pm 0,1$ МэВ, и ширины $\Gamma = 0,0 \pm 0,1$ МэВ демонстрируют корректность методики и отсутствие систематических сдвигов. Выход реакции в интервале углов $\Delta\theta = 164 \div 180^\circ$, который соответствует угловому захвату спектрометра, составил $Y_{\Delta\theta} = (5,2 \pm 0,4) \cdot 10^{-5}$ 1/ост. π^- . Данная величина может служить также в качестве оценки нижней границы выхода канала (1).

Аналогичная обработка спектра недостающих масс для событий с зарегистрированными dt -парами, позволила определить положение и ширину резонансного состояния ${}^4\text{H}$: $E_r = 3,0 \pm 0,2$ МэВ, $\Gamma = 4,7 \pm 1,0$ МэВ и также зарегистрированный выход канала реакции (2) $Y_{\Delta\theta} = (2,4 \pm 0,8) \cdot 10^{-4}$ 1/ост. π^- .

Анализ спектра для pt -пар (рис. в) менее очевиден. Попытки объяснить максимум с помощью отражений резонанса ${}^4\text{H}$ в канале ${}^9\text{Be}(\pi^-, pt) {}^4\text{He}$, а также с помощью реакции с образованием двух изотопов ${}^4\text{H}$, когда зарегистрированный тритон всегда принадлежит резонансному ${}^4\text{H}$ – состоянию, оказались безуспешными, так как приводят к максимуму в области существенно выше, чем 10 МэВ. Экспериментальное распределение удовлетворительно воспроизводится с помощью введения трехчастичного канала (3) с образованием резонансного состояния ${}^5\text{H}$. При этом параметры резонансного состояния ${}^5\text{H}$ составляют: $E_r = 7,4 \pm 0,7$ МэВ, $\Gamma = 8 \pm 3$ МэВ, соответствующий выход для канала реакции (3) $Y_{\Delta\theta} = (1,2 \pm 0,2) \cdot 10^{-4}$ 1/ост. π^- .

Спектры недостающих масс для событий с dd - и pd -парами удовлетворительно описываются без привлечения каналов реакции с участием изотопов водорода тяжелее, чем ${}^4\text{H}$. Форма распределения недостающих масс для pp -событий указывает на то, что основной вклад в данные реакции вносят каналы с большой множественностью.

Таким образом, в результате проведенного анализа выделены три канала реакции (1) – (3) с образованием изотопов водорода в качестве ядра-остатка. Состояний ${}^6\text{H}$ и ${}^7\text{H}$ в данном эксперименте не обнаружено. Параметры тритона, полученные в канале (1), позволяют надеяться на корректность результатов по ${}^4\text{H}$ и ${}^5\text{H}$. Наши данные по ${}^4\text{H}$ находятся в согласии с полученными ранее 2^{-5} . В то же время результат по ${}^5\text{H}$ расходится с оценкой работы 6 , где исследовалась реакция ${}^6\text{Li}(\pi^-, p)\text{X}$: $E_r = 11 \pm 1,5$ МэВ, $\Gamma = 14$ МэВ. Здесь нужно отметить, что данная оценка получена автором без учета канала реакции с образованием известного изотопа ${}^4\text{H}$, что может существенно влиять на результат.

Необходимо также отметить, что как в нашей работе, так и в работах других авторов 6^{-8} для обнаружения реакций с участием сверхтяжелых изотопов ${}^5\text{H}$ и ${}^6\text{H}$ использовались расчеты по фазовому объему без привлечения каких-либо соображений о динамике процессов, и, если для состояния ${}^4\text{H}$ согласующиеся результаты получены сейчас в широком классе ядерных реакций, то для окончательных заключений о существовании и параметрах состояний ${}^5\text{H}$ и ${}^6\text{H}$ такие данные еще предстоит получить.

В заключение авторы выражают признательность В.Г.Кириллову-Угрюмову за постоянный интерес и поддержку работы.

Литература

1. Базь А.Н., Гольданский В.И., Гольдберг В.З., Зельдович Я.Б. Легкие и промежуточные ядра вблизи границ нуклонной стабильности. М.: Наука, 1972.
2. Tombrello T.A. Phys. Rev., 1966, 143, 772.
3. Cohen C. et al. Phys. Lett., 1965, 14, 242.
4. Minehart R.C. et al. Phys. Lett., 1969, 177, 1455.
5. Sennhauser U. et al. Phys. Lett., 1981, 103B, 409.
6. Seth K.K. Proc. Int. Conf. on Nucl. Phys., Berkeley, California, 1980, 655.
7. Александров Д.Б. и др. ЯФ, 1984, 39, 513.
8. Belozyorov A.V. et al. Preprint JINR E7-85-966, Dubna, 1985.

9. *Gornov M. G. et al. NIM 1984, 225, 42.*

10. *Горнов М.Г. и др. Сб. "Мезоядерная физика". М.: Энергоатомиздат, 1983, с. 69.*

Московский
инженерно-физический институт

Поступила в редакцию
13 января 1987 г.
