

ЭКЗОТИЧЕСКИЕ МОДЫ РАСПАДА ${}^6\text{Be}$ В КИНЕМАТИЧЕСКИ ПОЛНОМ ОПЫТЕ

О.В.Бочкарев, А.А.Коршенинников, Е.А.Кузьмин,
И.Г.Муха, Л.В.Чулков, Г.Б.Яньков

Выполнен кинематически полный опыт по изучению трехчастичного распада состояний 0^+ и 2^+ ядра ${}^6\text{Be}$. Полученные распределения обладают ярко выраженной структурой. Впервые в явном, незаинтегрированном виде наблюдаются специфические моды распада – "динуклон" и "сигара", обусловленные эффектом фокусировки частиц в ядре ${}^6\text{Be}$.

Опыт, направленный на изучение спектров α -частиц и протонов из распада на $\alpha + p + p$ -состояний 0^+ и 2^+ ядра ${}^6\text{Be}$ ^{1, 2}, и анализ полученного экспериментального материала³⁻⁵ позволили прояснить природу распада ${}^6\text{Be}$. При этом были получены данные о существовании следующих трех необычных способов распада: типа "динуклон", когда пара испускаемых протонов сильно скоррелирована по энергии их относительного движения E_{p-p} (т.е. E_{p-p} близка к 0); типа "сигара", когда протоны антикоррелированы (E_{p-p} приближается к максимально возможному значению). Третий тип распада – "геликоптер" – характеризуется слабой корреляцией продуктов. При этом в отличие от двух первых мод распада, где суммарный спин протонов $S = 0$, в случае геликоптера $S = 1$.

Вместе с тем, процессы типа динуклон и сигара наблюдались в эксперименте не в явном виде, а в сумме с геликоптером, который замыкает – особенно сильно в случае ${}^6\text{Be}(0^+)$ – предполагаемую резкую структуру компонента с $S = 0$. Это связано с тем, что хотя упомянутые опыты и были корреляционными, однако по отношению к измерениям продуктов распада носили инклюзивный характер.

В кинематически полном опыте, дающем наиболее детальную информацию, оказывается возможным отделить компонент с $S = 0$ от $S = 1$ и изучить в итоге прямым образом характер распадов с $S = 0$. Это связано с тем, что отражающие закон сохранения углового момента корреляционные части амплитуд с $S = 0$ и $S = 1$ имеют разную угловую зависимость (различны промежуточные моменты, складываемые в полный момент, равный спину распадчика). Поэтому в кинематически полном опыте можно подобрать такое расположение детекторов, при котором, например, угловая часть амплитуды "выключает" член с $S = 1$.

В данной работе осуществлен кинематически полный опыт по изучению распадов ${}^6\text{Be}(0^+)$ и ${}^6\text{Be}(2^+)$. Уровни бериллия заселялись в реакции ${}^6\text{Li}({}^3\text{He}, {}^3\text{H}){}^6\text{Be}(0^+; 2^+)$ при $E_{{}^3\text{He}} = 40$ МэВ. Детектировались ядра ${}^3\text{H}$, указывающие на заселение исследуемого состояния, а также α и p из распада ${}^6\text{Be}$ под углами: – 60, 40, 56° соответственно (телесные углы детекторов составляли 2,3, 20,5 и 20,5 мср). Помимо $t-\alpha$ - и $t-p$ -совпадений, отвечающих измерению инклюзивного спектра продукта распада, регистрировались тройные совпадения $t-\alpha-p$, соответствующие кинематически полной постановке опыта. Положение детекторов было выбрано таким, чтобы в трехчастичных совпадениях подавить вклад компонента с $S = 1$ и тем самым получить "чистый" спектр распада с $S = 0$.

На рис. 1а, б приведены полученные инклюзивные α -спектры из распада состояний 0^+ и 2^+ (кружки с указанием статистических ошибок), а также проекции $E_\alpha - E_p$ распределений из кинематически полного опыта на ось E_α (гистограмма) в лабораторной системе. На верхней оси отложены значения E_{p-p} . Видно, что корреляционные спектры по сравнению с инклюзивными имеют гораздо более ярко выраженную форму, кардинально отличающуюся от расчетов по фазовому объему для случая независимого разлета трех частиц (сплошная линия)¹⁾. Экспериментальная гистограмма демонстрирует наличие двух резких пиков: при

1) В всех приводимых расчетах учитывались апертуры детекторов, толщина мишени ${}^6\text{Li}$ и энергетический разброс пучка ионов ${}^3\text{He}$.

E_{p-p} , близких к 0, и при E_{p-p} , близких к максимальному при данном распаде значению. Положения и малые ширины этих пиков не допускают объяснения с помощью традиционных $p-p$ и α - p -взаимодействий в конечном состоянии. Пики контрастно разделены глубоким провалом, появление которого и отражает подавление вклада $S = 1$ в данной геометрии опыта. В целом, наблюдение характерных пиков является прямым экспериментальным подтверждением существования экзотических процессов типа динуклон и сигара.

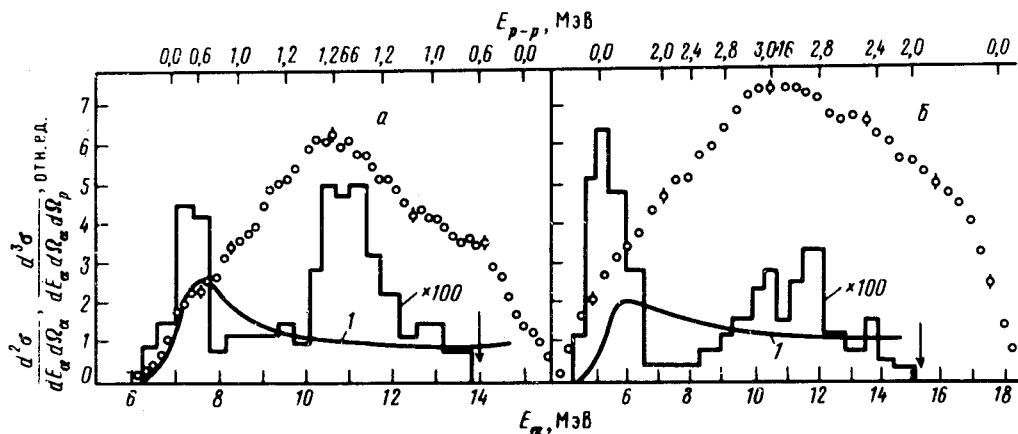


Рис.1. Инклюзивные (кружки) и корреляционные (гистограммы) спектры α -частиц из распада состояний ($a - 0^+$; $b - 2^+$) ядра ${}^6\text{Be}$ на три частицы. 1 – расчет по фазовому объему

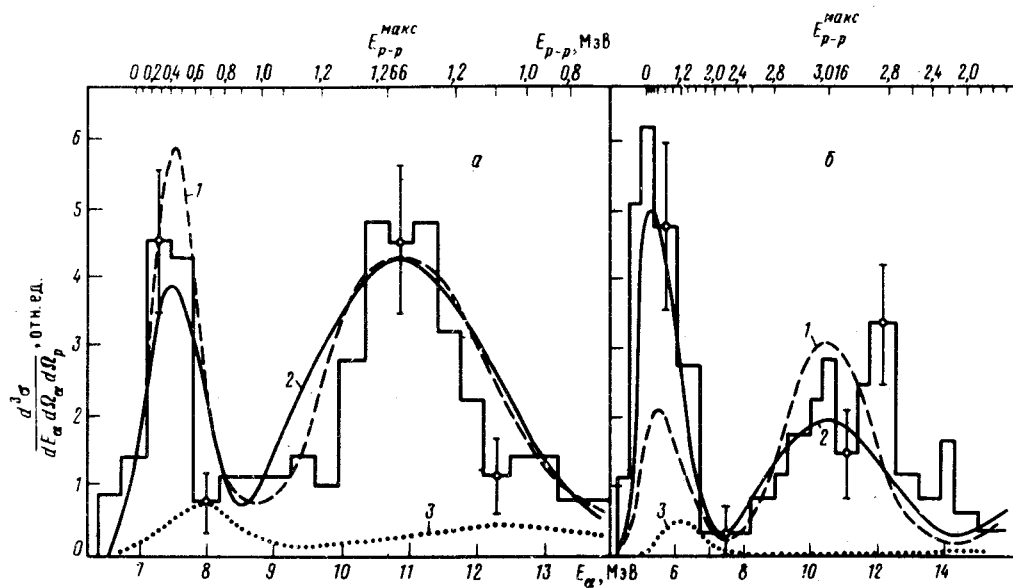


Рис. 2. Корреляционные α -спектры из распада: $a - {}^6\text{Be}(0^+)$; $b - {}^6\text{Be}(2^+)$. Расчеты: 1 – по интерполяционной модели; 2 – подгонка методом гиперсферических функций; 3 – вклад триплетного состояния протонов

Анализ экспериментальных данных проводился, во-первых, с использованием моделей, основанных на интерполяции с помощью бинарных амплитуд от случаев двухчастичных распадов к распаду трехчастичному³. Ранее измеренные спектры распадных α -частиц позволили зафиксировать все модельные параметры и сделать однозначные в рамках модели прогнозы, в частности, результатов кинематически полного опыта. Такие предсказания, изображенные на рис. 2 *а, б* штриховыми линиями, вполне согласуются с экспериментальными данными.

Это указание на правомочность упомянутой интерполяции желательнее подкрепить теоретическим осмыслением, т. к. использовавшиеся модели могли бы составить простой инструмент анализа трехчастичных процессов.

Во-вторых, данные анализировались с помощью подхода, основанного на разложении амплитуды распада в ряд по гиперсферическим функциям ⁴. Этот базис представляет собой обобщение базиса сферических функций из задачи двух тел на случай трех тел. При этом аналогом орбитального момента из двухчастичной задачи здесь является гипермомент K . Проведенный таким методом анализ инклюзивных α - и p -спектров из распада ${}^6\text{Be}(0^+)$ позволил сделать однозначный прогноз корреляционных измерений (сплошная линия на рис. 2а), который согласуется с экспериментом. Аналогичный прогноз для распада ${}^6\text{Be}(2^+)$ неоднозначен, т. к. α - и p -спектры не дают возможности зафиксировать вес компонента геликоптер. Подгонка измеренных корреляционных спектров (сплошная линия на рис. 2б) позволила оценить вероятность распадов с $S = 1: 25 \pm 20\%$. Отметим также, что проведенный анализ свидетельствует об определяющей роли при распаде обоих уровней ${}^6\text{Be}$ единственного значения гипермомента $K = 2$, выполняющего тем самым как бы роль "хорошего" квантового числа.

Переход к координатному представлению позволил изучить пространственные характеристики найденных амплитуд распада состояний 0^+ и 2^+ . В частности, было установлено, что динуклону отвечает также корреляция протонов и в пространстве, а в случае сигары протоны находятся по противоположные стороны от α -частицы. Поскольку взаимодействие в конечном состоянии не может объяснить эти типы распада, то можно предположить, что они являются следствием существования в волновой функции распадчика соответствующих пространственных конфигураций. Это заключение полностью согласуется с микроскопическим расчетом из ⁶, где впервые было предсказано существование в волновой функции ядер с $A = 6$ ($T = 1$) компактного в пространстве динуклона и образования типа сигара, а также с расчетом ⁷, проводившимся другим способом (методом гиперсферических функций). При этом метод K -гармоник дает прозрачное объяснение таких явлений. Структуры динуклон и сигара и соответствующие типы распадов возникают при $K \neq 0$ из-за кинематической фокусировки частиц, которая обобщает на случай нескольких тел известный из задачи двух тел эффект: характерную угловую зависимость при рассеянии пары частиц через состояние с $l \neq 0$.

Суммируя, можно сказать, что в данной работе впервые непосредственным образом наблюдаются экзотические моды распада ${}^6\text{Be}$, обусловленные кинематической фокусировкой частиц в ядре.

Литература

1. Бочкарев О.В. и др. Письма в ЖЭТФ, 1984, 40, 204; 1985, 42, 305.
2. Бочкарев О.В. и др. Тез. докл. 37-го Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Л.: Наука, 1987, 394.
3. Бочкарев О.В. и др. ЯФ, 1987, 46, 12.
4. Данилин Б.В. и др. ЯФ, 1987, 46, 427.
5. Данилин Б.В. и др. Тез. докл. 38-го Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Л.: Наука, 1988, 399.
6. Кижийн V.I. et al. Nucl. Phys. A, 1986, 453, 365.
7. Данилин Б.В. и др. ЯФ, 1988, 47, вып. 8.