

ПОДБАРЬЕРНЫЕ α -ЧАСТИЦЫ, ИСПУСКАЕМЫЕ ЯДРАМИ С БОЛЬШИМ УГЛОВЫМ МОМЕНТОМ

В.В.Авдейчиков, О.В.Ложкин, Н.А.Перфилов

Взаимодействие тяжелых ионов с ядрами представляет значительный интерес с точки зрения влияния большого углового момента составного ядра на процесс снятия возбуждения путем испускания различного сорта частиц и γ -квантов.

Описание поведения высоковозбужденных систем возможно на основе статистической теории. Используя классический каскадный подход, развитый в работах [1, 2], авторы [3–5] провели расчет испускания частиц из ядер с большим угловым моментом с учетом последовательного изменения характеристик возбужденного ядра в процессе испарения. Эти расчеты, в общем, можно согласовать с экспериментальными данными, исключая, пожалуй, слишком большую долю α -частиц с энергиями ниже кулоновского барьера в экспериментальных распределениях.

Однако все расчеты либо вовсе не учитывали испускание γ -квантов, либо учитывали очень приближенно, в то время как конкуренция между испусканием α -частиц и γ -квантов играет решающую роль на конечной стадии процесса снятия возбуждения, как это показано в работе Гровера и Гиларта [6]. Их схема расчета основана на статистической модели последовательного испарения частиц с учетом дипольной и квадрупольной γ -эмиссии. Расчет указывает на большой выход подбарьерных α -частиц, выявив при этом сложную структуру подбарьерного α -спектра, состоящего из трех компонент. Экспериментальная проверка формы спектра явилась бы наилучшим подтверждением применимости испарительной модели и самой схемы расчета. В этом направлении нами проведен эксперимент на циклотроне тяжелых ионов $U-300$ ¹⁾ с энергией 175,4 Мэв с ядрами Ag. Мишень, толщиной 1,2 мг/см², состояла из природной смеси изотопов Ag, чистота мишени 99,99%. Идентификация продуктов реакции проведена с помощью телескопа из тонкого ΔE и толстого E кремниевых детекторов, измеряющих ионизационные потери частицы и остаточную энергию. Толщина тонкого детектора равна 13,3 мкм, энергетическое разрешение величины $E + \Delta E$ в интересующей нас области α -спектра равно $100 + 120$ кэв. Энергетическое разрешение E детектора $\lesssim 40$ кэв. Импульсы от детекторов поступали либо на систему для идентификации продуктов ядерных реакций [7], либо на анализатор АИ-4096, работающий в двумерном режиме 64×64 канала. Системы надежно идентифицировали α -частицы на фоне других продуктов ядерных реакций.

На рисунке представлены подбарьерные участки энергетических спектров α -частиц для углов 90 и 70° в лабораторной системе. Основные части спектров α -частиц под всеми углами имеют квазимаксвелловскую форму с наиболее

¹⁾ Изучались характеристики α -частиц (дифференциальные спектры под различными углами) от взаимодействия ионов Ne^{22} .

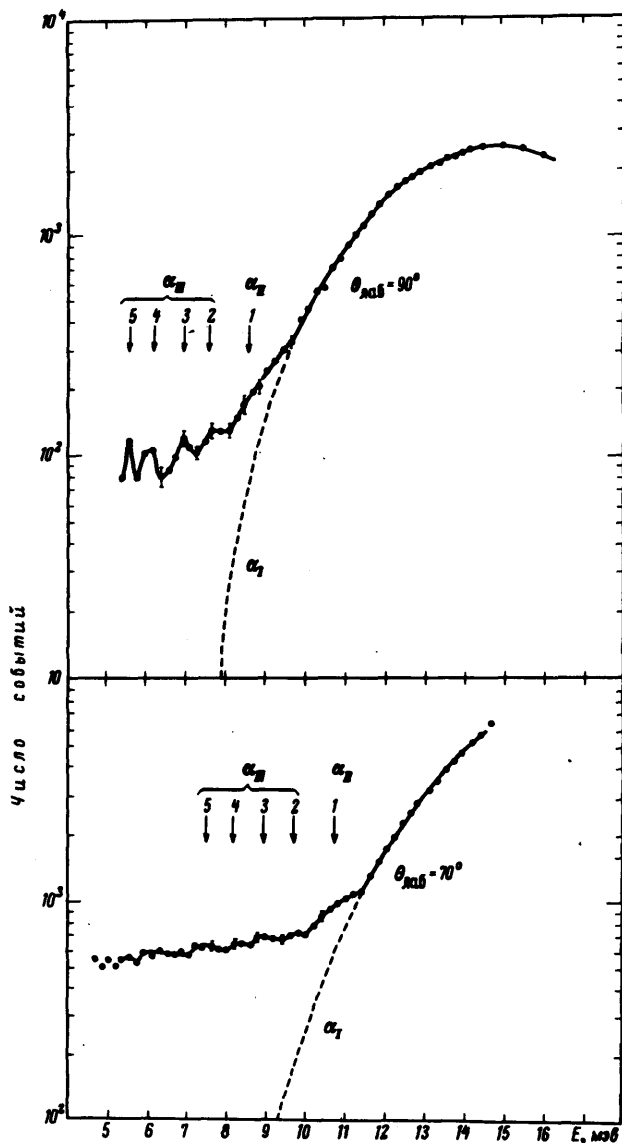
вероятной энергией вблизи кулоновского барьера соответствующего компаунд-ядру $_{5,7}\text{La}^{130}$. В полученных спектрах можно выделить три составляющих области — три подспектра, в соответствии с определением Гровера и Гиларта. Подспектр, обозначенный на рисунке как α_I , обязан своей формой, особенно при высоких энергиях, зависимости плотности уровней ядер, испускающих α -частицы от энергии возбуждения. Форму этого подспектра можно было бы вычислять и игнорируя γ -эмиссию остаточных ядер и эффекты, связанные с сохранением углового момента. Наиболее вероятная энергия ($E_{\text{эксц}} = 15,6 \text{ Мэв}$) находится вблизи кулоновского барьера, что совпадает с расчетом (15 — 16 Мэв).

Подспектры, обозначенные α_{II} и α_{III} , ранее не наблюдавшиеся по причине недостаточного энергетического разрешения по энергии [8, 9] или малых угловых моментов компаунд системы [10], обязаны конкуренции дипольного γ -излучения и α -эмиссии (α_{II}) и квадрупольного γ -излучения и α -эмиссии (α_{III}) (энергия связи α -частиц ϵ_α отрицательна) на конечной стадии процесса снятия возбуждения. Из рисунков можно определить, что средний угловой момент, уносимый α_{II} -частицей составляет $(1 + 2)\hbar$. Подспектр типа α_{III} выявляет, по-видимому, сложную структуру и состоит из 4-х слабо разделенных линий. Расчет не различает эти линии, но предполагает возможность их существования. В таблице приведено сравнение полученных нами экспериментальных значений энергий каждого из подспектров в системе центра инерции и результат расчета по работе [6].

Тип подспектра	Экспериментальное значение энергии, Мэв	Расчетное значение энергии, Мэв
Наиболее вероятное α_I	15,6	15 + 16
α_{II}	9,9	~10
α_{III}	9,0 8,3 7,6 7,1	7 + 8

Результаты расчета по всем подспектрам хорошо совпадают с экспериментальными результатами. На рисунке стрелками указано положение подспектров α_I и α_{II} для углов $\theta_{\text{лаб}} = 90$ и 70° , пересчитанных из системы центра инерции соответственно переносному импульсу компаунд системы. Подспектр типа α_{III} представляет собой почти сплошное распределение α -частиц, происхождение которого можно объяснить большой вероятностью испускания α -частиц ($\epsilon_\alpha < 0$) с "угаст"-уровней, т. е. уровней холодных ядер с большими угловыми моментами с последующим переходом ядер на уровни теплового возбуждения, либо существованием промежуточного механизма [11]. Эти α -частицы испускаются резко анизотропно, в соотношении $\sigma(50^\circ)/\sigma(100^\circ) \approx 15/1$. Нами были начаты исследования подбарьерных областей α -спектров в реакциях $\text{Ne}^{22} + \text{Nb}^{93}$ и $\text{Ne}^{22} + \text{Au}^{197}$. Измерения показали, как и в рассмотренном случае реакции $\text{Ne}^{22} + \text{Ag}$ существование α -частиц с низкими энергиями ($E_\alpha < V$) с практически сплошным спектром до энергий $\sim 3,5 \text{ Мэв}$ (граничная энергия идентификации α -частиц). Проведенные нами фоновые эксперименты (без мишени) и эксперименты по изучению α -спектров в реакциях на легких

ядрах ($\text{Ne}^{22} + \text{C}^{12}$, $\text{Ne}^{22} + \text{Al}^{27}$) показали, что обсуждаемые низкоэнергетичные участки α -спектров возникают в реакциях на тяжелых ядрах-мишенях, т. е. представляют собой эффект подбарьерного испускания α -частиц, интерпретация которого возможна в рамках указанных выше представлений.



Спектры подбарьерных α -частиц для углов $\theta_{\text{лаб}} \approx 90$ и 70° в реакции $\text{Ne}^{22} + \text{Ag}$

Авторы пользуются случаем выразить глубокую благодарность академику Г.Н.Флерову за предоставленную возможность проведения цикла работ по изучению распада компаунд систем с большими угловыми моментами.

Поступила в редакцию
9 марта 1970 г.

Литература

- [1] I.Dostrovsky, Z.Frankel, G.Friedlander. Phys. Rev., 116, 683, 1959.
 - [2] I.Dostrovsky, Z.Frankel, L.Winsberg. Phys. Rev., 118, 781, 1960.
 - [3] D.V.Reames. Phys. Rev., 137, B332, 1965.
 - [4] D.C.Williams, T.D.Thomas. Nucl. Phys., A92, 1, 1967.
 - [5] А.С.Ильинов, В.Д.Тонеев. Препринт ОИЯИ Р4-3814, 1968.
 - [6] I.R.Grover, I.Gilart. Phys. Rev., 157, 802, 1967.
 - [7] В.В.Авдейчиков, О.В.Ложкин, Н.А.Перфилов, Е.А.Соколова. Тезисы докл. 19 Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, М., Изд. Наука, 1969.
 - [8] W.I.Кнох, A.R.Quinton, C.E.Anderson. Phys. Rev., 120, 2120, 1960.
 - [9] H.C.Britt, A.R.Quinton. Phys. Rev., 124, 877, 1961.
 - [10] C.Brun, H.Dubost, B.Gatty, M. Lefort, X.Tarrago. Nucl. Phys., A-116, 177, 1968.
 - [11] G.F.Gridnev, V.V.Volkov, I.Wilczynski. Report JINRE 7- 4679, 1969.
-