

МНОГОЧАСТИЧНЫЕ МОДЫ РАСПАДА МАССИВНЫХ ЯДЕРНО-НЕСТАБИЛЬНЫХ ОСКОЛКОВ

А.И.Обухов¹⁾, Г.Е.Солякин

Петербургский институт ядерной физики им.Б.П.Константинова РАН,
188350, Гатчина, Ленинградская обл.

¹⁾Радиовый институт им.В.Г.Хлопина,
197022, Санкт-Петербург

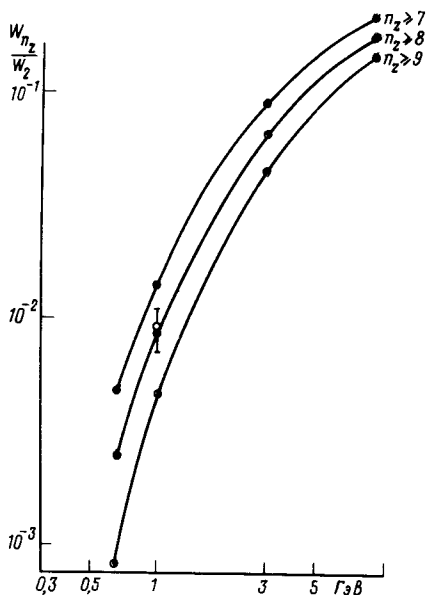
Поступила в редакцию 13 января 1992 г.

Экспериментально установлено, что массивные ядерно-нестабильные осколки, возникающие в расщеплениях ядер ^{238}U протонами с энергией 1ГэВ, испытывают многотельный распад. Наиболее вероятное количество образующихся при этом заряженных частиц найдено равным 8 ± 1 .

Известно, что ядерно-нестабильные малонуклонные системы могут образовываться в ядерных реакциях при низких и промежуточных энергиях. Трехчастичный распад состояний 2^+ ядер ^6He , ^6Li , ^6Be исследовался в работе ¹. Бóльшее количество экспериментов выполнено для изучения двухтельных распадов путем измерения кинематических корреляций двух разлетающихся частиц. При этом наиболее массивными ядерно-нестабильными образованиями, исследованными методом двухтельной корреляции, оказываются находящиеся в возбужденных состояниях ядра ^{10}B , распадающиеся по каналам $^{10}\text{B} \rightarrow ^6\text{Li} + \alpha$ и $^{10}\text{B} \rightarrow ^9\text{Be} + p$ ². Однако в ядерных реакциях при промежуточных энергиях образуются гораздо более массивные ядерно-нестабильные объекты. В расщеплениях ядер ^{238}U протонами с энергией 1ГэВ наблюдались события, в которых наряду с двумя массивными детектируемыми осколками образовывался сравнимый с ними по массе третий ядерно-нестабильный осколок. При исследовании механизма этого своеобразного процесса тройного деления с помощью двухплечевого времяпролетного спектрометра было установлено, что вероятность образования ядерно-нестабильных осколков с массами не менее 45ат.ед. массы составляет величину $W_3/W_2 = (9 \pm 2) \cdot 10^{-3}$ от вероятности регистрации всех событий с двумя детектируемыми массивными осколками ³. Оценка ⁴ среднего значения времени жизни массивных ядерно-нестабильных осколков дала величину $(1,8 \pm 0,2) \cdot 10^{-21}$ с.

Столь малое время жизни приводит к тому, что в любых экспериментах все частицы, возникающие в результате распада массивных ядерно-нестабильных осколков, будут иметь траектории движения, исходящие из той же самой точки, что и два трека от дополнительных детектируемых осколков расщепления. Это обстоятельство может быть использовано для экспериментального изучения мод распада массивных ядерно-нестабильных осколков с помощью трековой методики. Измеренная вероятность процесса тройного деления также позволяла надеяться на возможность визуального наблюдения как двух массивных детектируемых осколков, так и заряженных частиц сопровождения, представляющих собой конечный результат распада массивных ядерно-нестабильных осколков. Наиболее подходящей для изучения этого распада оказалась методика регистрации заряженных частиц в бесподложечных слоях ядерной фотоэмульсии с внедренными в ее состав ядрами ^{238}U ⁵. В проведенных экспериментах гарантировалась надежная идентификация происходящих от расщепления ядер ^{238}U релятивистскими протонами массивных детектируемых осколков, что позволяло без большого труда отличать последние от фрагментов расщеплений ядер серебра и брома. Одновременно в каждом событии расщепления фиксировались треки всех заряженных частиц, сопровождающих два массивных

детектируемых осколка. Чувствительность слоев фотоэмульсии позволяла наблюдать протоны с энергией вплоть до 100 МэВ, однако идентификация заряда или массы частиц сопровождения не производилась.



Зависимость от энергии налетающих протонов относительных вероятностей расщепления ядер ^{238}U с образованием двух массивных осколков и нескольких заряженных частиц сопровождения. Измеренные вероятности нормированы на вероятность бинарного деления. Сплошные кривые проведены через темные точки, представляющие результаты фотоэмульсионных экспериментов при энергиях протонов 0,66; 1; 3 и 9 ГэВ, светлая точка – относительная вероятность образования массивных ядерно-нестабильных осколков, полученная в работе ³. Каждая кривая соответствует граничному значению n_z – числу треков заряженных частиц сопровождения

В результате облучения протонами с энергией 1 ГэВ ядерной фотоэмульсии с внедренными в ее состав ядрами ^{238}U было зарегистрировано 4042 события их расщеплений, в каждом из которых наблюдались два массивных осколка. Для каждого события определялось число треков n_z заряженных частиц, сопровождавших два массивных осколка. Значения n_z , найденные во всех событиях расщепления, изменялись в пределах от 0 до 13. Задача состояла в том, чтобы сопоставить экспериментальные данные о вероятности образования массивных ядерно-нестабильных осколков, полученные с помощью двухплечового времяпролетного спектрометра ³, с данными о многочастичных расщеплениях в слоях ядерной фотоэмульсии. Для этого были вычислены вероятности W_{n_z}/W_2 появления событий в слоях фотоэмульсии с множественностью n_z больше заданной. Вероятности вычислялись относительно общего количества зарегистрированных событий с двумя массивными детектируемыми осколками. Величины W_{n_z}/W_2 , найденные из фотоэмульсионного эксперимента, оказались равными $(14,3 \pm 2) \cdot 10^{-3}$, $(8,7 \pm 2) \cdot 10^{-3}$ и $(4,6 \pm 2) \cdot 10^{-3}$, соответственно, для $n_z \geq 7, 8$ и 9. Совпадение с ранее измеренной относительной вероятностью для массивных ядерно-нестабильных осколков $W_{3^+}/W_2 = (9 \pm 2) \cdot 10^{-3}$ происходит для $n_z \geq 8$. Поскольку полученные в фотоэмульсионном эксперименте значения W_{n_z}/W_2 свидетельствуют о быстром уменьшении этого отношения с увеличением n_z , можно принять $n_z = 8$ в качестве характеристики наиболее вероятного количества заряженных частиц, возникающих в результате распада массивных ядерно-нестабильных осколков. На рисунке показано сопоставление экспериментальных данных, полученных двумя методами. Темными точками изображены фотоэмульсионные данные о вероятности наблюдения многочастич-

ных событий расщепления, а светлой точкой – вероятностью образования ядерно-нестабильных осколков в расщеплениях ядер ^{238}U протонами с энергией 1 ГэВ, найденная в экспериментах на двухплечевом времяпролетном спектрометре. На этом же рисунке приведены значения W_{n_z}/W_2 для $n_z \geq 7, 8$ и 9, полученные в ранее выполненных фотоэмульсионных экспериментах по расщеплению ядер ^{238}U протонами с энергией 0,66, 3 и 9 ГэВ. По экспериментальным значениям вероятностей для каждого n_z проведены сплошные кривые, которые свидетельствуют о быстром росте относительных вероятностей многочастичных расщеплений с увеличением энергии налетающих протонов. Этот вывод подтверждается экспериментально измеренным распределением множественности заряженных частиц сопровождения двух массивных осколков в расщеплениях ядер ^{238}U протонами с энергией 0,46 ГэВ. События с n_z , указанными на рисунке, практически не наблюдались при этой энергии. Рисунок наглядно демонстрирует, что неопределенность найденного значения n_z не превышает 1, так что наиболее вероятное количество заряженных частиц, испускаемых при распаде массивных ядерно-нестабильных осколков, образующихся в расщеплениях ядер ^{238}U протонами с энергией 1 ГэВ, составляет 8 ± 1 .

В заключение следует сказать, что многочастичный распад ядра, называемый мультифрагментацией, исследуется в настоящее время 6 как процесс, конкурирующий с процессом деления. На примере расщепления ядра ^{238}U релятивистскими протонами на три массивных осколка, один из которых оказывается ядерно-нестабильным и распадается на несколько более мелких фрагментов, показано сосуществование обоих процессов в одной ядерной реакции.

-
1. О.В.Бочкарев, А.А.Коршенинников, Е.А.Кузьмин и др., Ядерная физика **46**, 12 (1987).
 2. W.G.Lynch, Nucl. Phys. A **471**, 309 (1987).
 3. А.А.Жданов, В.И.Захаров, А.В.Кравцов и др., Письма в ЖЭТФ **54**, 311 (1991).
 4. А.В.Кравцов, Г.Е.Солякин, Письма в ЖЭТФ **53**, 385 (1991).
 5. Н.П.Филатов, Г.Е.Беловицкий, А.А.Жданов и др., Препринт ЛИЯФ-1404, 1988, 23.
 6. G.Klotz-Engmann, H.Oeschler, J.Stroth et al., Nucl. Phys. A **499**, 392 (1989).