

**МНОЖЕСТВЕННОСТЬ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ,
СОПРОВОЖДАЮЩИХ ОСКОЛКИ ДЕЛЕНИЯ ЯДЕР ^{238}U
ПРОТОНАМИ С ЭНЕРГИЯМИ 0,46 - 9ГэВ**

А.И.Обухов, Г.Е.Солякин*

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

**Радиевый институт им. В.Г.Хлопина,
197022, Санкт-Петербург, Россия.*

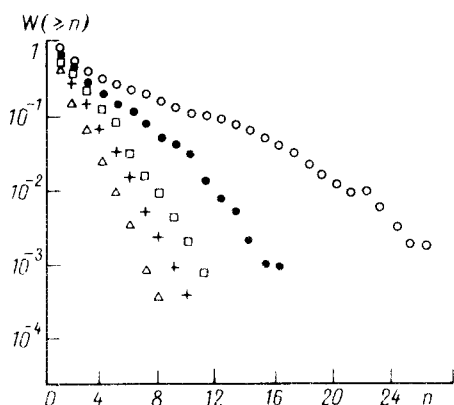
Поступила в редакцию 16 ноября 1992 г.

Экспериментально определены множественности заряженных частиц, сопровождающих осколки деления ядер ^{238}U релятивистскими протонами. Обнаруженная максимальная множественность возрастает от 8 при энергии протонов 0,46ГэВ до 26 при 9ГэВ. События, имеющие количество заряженных частиц сопровождающих в диапазоне 8–26, используются для обсуждения энергетической зависимости характера распада массивных ядерно-нестабильных осколков.

Множественность образующихся при взаимодействии встречных пучков заряженных частиц составляет предмет экспериментального и теоретического изучения в физике высоких энергий ¹. Анализ множественностей частиц, образованных в ядерно-ядерных взаимодействиях ^{22}Ne с импульсом 4,1-АГэВ/с с ядрами фотозмульсии, был проведен в работе ². Появление заряженных частиц, сопровождающих два массивных осколка деления тяжелых ядер релятивистскими протонами, является хорошо установленным экспериментальным фактом. Их множественность представляет интерес в связи с изучением распадов массивных ядерно-нестабильных осколков, выступающих в качестве равноправных партнеров для двух детектируемых ядерно-стабильных осколков в процессе разделения тяжелого ядра под действием релятивистских протонов на три сравнимых по массе осколка ³.

В настоящей статье приводятся экспериментальные данные о множественности заряженных частиц n , сопровождающих два массивных осколка деления ядер ^{238}U протонами с энергиями 0,46, 0,66, 1,3 и 9ГэВ. В экспериментах,

проводившихся на протонных пучках ускорителей Дубны и Гатчины, использовались ядерные фотоэмульсии с внедренными в их состав ядрами ^{238}U . Существенные методические подробности регистрации осколков деления и сопровождающих заряженных частиц в ядерных фотоэмульсиях опубликованы ранее в работе ⁴ и содержащихся в ней ссылках. Результаты экспериментов представлены на рисунке, где изображена относительная вероятность $W(\geq n)$ появления событий с множественностью большей и равной n для пяти энергий, вызывающих расщепление протонов. Величина $W(\geq n)$ нормировалась при каждой энергии протонов на полное число зарегистрированных событий. Эксперименты демонстрируют постоянное увеличение множественности заряженных частиц, сопровождающих два массивных осколка деления ядер ^{238}U протонами с ростом их энергии от 0,46 до 9 ГэВ. Экспериментально зарегистрированная максимальная множественность возрастает при этом от 8 до 26.



Вероятность $W(\geq n)$ появления событий расщепления ядер ^{238}U протонами на два массивных детектируемых осколка, имеющих множественность заряженных частиц сопровождения больше и равную n . Различные значки соответствуют энергиям протонов: \triangle - 0,46; + - 0,66; \square - 1; \bullet - 3; \circ - 9 ГэВ

Сведения о модах распада ядерно-нестабильных осколков с массами $M \geq 45$ а.е.м., образующихся в процессе деления ядер ^{238}U на три сравнимых по массе осколка, были получены только в экспериментах на пучке протонов, имевших энергию 1 ГэВ. Это было достигнуто благодаря самосогласованной обработке результатов двух различных экспериментов, использовавших двухплечевой времяпролетный спектрометр и бесподложечные слои ядерных фотоэмульсий ⁴. При этом было получено, что события расщеплений ядер ^{238}U протонами с энергией 1 ГэВ, в которых ядерно-нестабильные осколки имели массы $M \geq 45$ а.е.м., соответствовали тем событиям, обнаруженным в слоях ядерных фотоэмульсий, у которых число сопровождающих заряженных частиц n было не меньше 8. Поэтому приведенные на рисунке экспериментальные данные позволяют определенно говорить об образовании и распаде ядерно-нестабильных осколков с массами $M \geq 45$ а.е.м. при облучении ядер ^{238}U протонами только для энергий 1, 3 и 9 ГэВ. Естественное предположение, что более массивные ядерно-нестабильные осколки, распадаясь, дают большую множественность заряженных частиц, приводит к выводу, что с ростом энергии налетающих протонов массы ядерно-нестабильных осколков должны увеличиваться. Однако это увеличение одновременно ведет к уменьшению масс дополнительных к ним детектируемых осколков деления. Способы идентификации осколков деления

в ядерных фотоэмульсиях хотя и позволяют надежно различать осколки, образующиеся в реакциях с ядрами ^{238}U , от осколков ядер серебра и брома, не дают возможности определять их массы. Тем не менее в процессе обработки экспериментальных данных критерии идентификации осколков деления выполнялись вне зависимости от энергии налетающих протонов. Это означает, что массы детектируемых осколков не могли изменяться в значительных пределах, например, более значительных, чем пределы изменения масс групп тяжелых и легких осколков деления ядер при малых энергиях возбуждения. Устойчивость массовых распределений осколков деления ядер ^{238}U релятивистскими частицами была также продемонстрирована недавно в экспериментах с идентификацией каждого осколочного нуклида ⁵. Таким образом факт увеличения множественности заряженных частиц сопровождения при возрастании энергии налетающих протонов требуется согласовать с устойчивостью массовых распределений детектируемых осколков. Это можно сделать, если наблюдаемый рост множественности отнести не столько на счет увеличивающихся масс ядерно-нестабильных осколков, как на счет все более глубокого их расщепления. Даже если при всех энергиях протонов от 1 до 9 ГэВ образуется примерно одинаковый массовый спектр ядерно-нестабильных осколков, их распад может зависеть от того, при какой энергии они образовались. При больших энергиях оказываются допустимыми распады на все более мелкие фрагменты.

Так как энергия связи всех нуклонов в ядре ^{238}U составляет 1802 МэВ, то при энергиях протонов, превышающих это значение, становятся возможными распады ядра мишени на любые комбинации заряженных частиц при том условии, что их суммарный электрический заряд равен заряду ядра-мишени, увеличенному на заряд налетающего протона. Для ядра ^{238}U эта величина равна 93, и максимальная множественность образовавшихся заряженных частиц также должна приближаться к этому числу. Однако несмотря на то, что энергия 9 ГэВ превосходит указанный порог в 5 раз, максимальная наблюдаемая множественность составляет 28. Два массивных осколка свидетельствуют о делительном механизме их появления, а 26 заряженных частиц сопровождения возникают в результате распада третьего массивного ядерно-нестабильного осколка. Если грубо принять, что заряды всех трех осколков примерно одинаковы, то на долю распадающегося осколка придется заряд 31, что гораздо ближе к 26, чем 93 к 28. События, имеющие множественность заряженных частиц сопровождения в диапазоне 8–26, являются другими случаями полного распада ядерно-нестабильных массивных осколков, имеющих заряды вблизи $z = 31$. Приведенные простые соображения основываются на принципе сохранения целочисленности электрического заряда в процессах расщепления тяжелых ядер релятивистскими протонами. Сам механизм расщепления представляет собой процесс деления на несколько (в данном случае три) массивных осколков, один из которых, будучи ядерно-нестабильным, испытывает полный распад, получивший в литературе название мультифрагментации. Энергия вызывающих расщепления протонов влияет на характер процесса мультифрагментации. С ростом энергии протонов процесс мультифрагментации выходит на асимптотический режим, когда энергия связи образующихся более мелких фрагментов перестает влиять на их выход. Максимальная множественность фрагментов при этом стремится к величине, равной заряду z распадающегося осколка.

-
1. П.В.Шляпников, Успехи физических наук **162**, 1 (1992).
 2. Д.Д.Джалагания, М.Д.Инджия, Н.И.Костанашвили, Ядерная физика **51**, 1389 (1990).
 3. А.А.Жданов, А.В.Кравцов, Г.Е.Солякин, Основные результаты научных исследований ЛИЯФ 1990-1991, Санкт-Петербург, с.86 (1992).
 4. А.И.Обухов, Г.Е.Солякин, Письма в ЖЭТФ **55**, 547 (1992).
 5. P.Kozma, V.I.Pyushchenko, and J.Kliman, J. of Phys. G **17**, 535 (1991).