

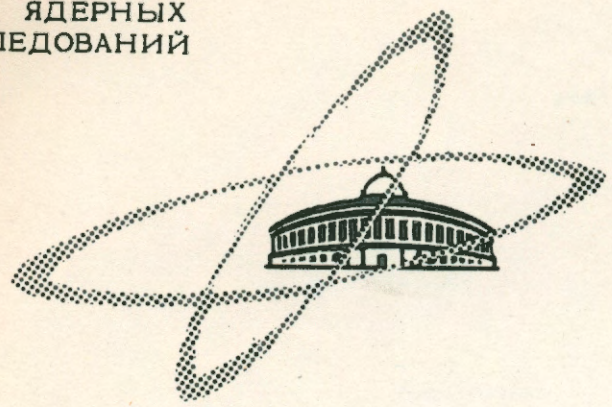
2297

Экз. Чит. зал.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2297



С.А. Карамян

К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ МАССОВЫХ
РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ОСКОЛКОВ
ДЕЛЕНИЯ ЯДЕР

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

1965

2287

С.А. Карамья

К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ МАССОВЫХ
РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ОСКОЛКОВ
ДЕЛЕНИЯ ЯДЕР

Направлено в "Атомную энергию"

**Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ**

В настоящее время продолжается интенсивное изучение процесса деления ядер, так как несмотря на значительные успехи теории деления последние до сих пор не могут удовлетворительно объяснить многие важные стороны этого сложного явления.

Изучение спектров масс осколков деления чрезвычайно важно для дальнейшего понимания динамики процесса деления.

Получение зависимости массовых распределений осколков от энергии возбуждения, момента количества движения и $\frac{Z^2}{A}$ делящегося компаунд-ядра дает важную информацию о квазиравновесных седловых конфигурациях сильно деформированных ядер. Существующие способы измерения массовых распределений осколков деления сложны и очень трудоемки.

Радиохимический метод связан с исключительно кропотливыми химическими операциями, с длительными измерениями β , γ -активностей осколков, с тщательным введением необходимых поправок.

Измерение кинетических энергий пар осколков или времени пролета ими определенного расстояния требует применения сложной электроники и связано с проведением длительных облучений из-за малой счетной эффективности аппаратуры (сюда входит толщина мишени, ток пучка, геометрическая эффективность детекторов), так как увеличение эффективности в этом случае приводит к ухудшению точности получаемых результатов.

Маркированный анализ осколков по массам с помощью масс-спектрометров затруднен, так как в связи с различными химическими свойствами осколков последние имеют разную вероятность выхода из ионного источника. Это вносит неопределенность, которую трудно учесть.

Все существующие методы требуют сложной обработки экспериментальных результатов для получения массовых распределений осколков деления ядер.

Разработка более простой методики привела бы к быстрому развитию экспериментального исследования деления.

Измерение изобарного состава образца может производиться методом рассеяния заряженных частиц на большие углы ^{/1,2/}.

Этот метод был предложен для изучения химического состава геологических образцов, так как энергетический спектр рассеянных частиц дает спектр масс ядер исследуемого образца.

Спектр рассеянных ионов, полученный экспериментально ($N = N(\frac{E}{E_0})$), легко преобразуется в распределение по массам ядер анализируемого образца ($Y = Y(A)$) с помощью простых формул, полученных из кинематики упругого рассеяния.

$$A = a \frac{1 - (\frac{E}{E_0})^{1/2}}{1 + (\frac{E}{E_0})^{1/2}}$$

$$Y(A) = C \frac{N(A)}{Z_A^2 (1 - \frac{a^2}{A^2})^2}$$

- где A — масса ядра рассеивателя,
 a — масса рассеиваемой частицы,
 Z — средний атомный номер ядер с массой A ,
 $\frac{E}{E_0}$ — отношение энергии рассеянной частицы к ее первоначальной,
 $N(A)$ — число частиц рассеянных от ядер с массой A ,
 C — величина, не зависящая от массы ядра рассеивателя.

Эти формулы получены для случая рассеяния на 180° , подобные, несколько более громоздкие формулы могут быть написаны для рассеяния на любой другой угол.

Как показано в работе ^{/2/}, разрешение описываемого метода по массе может достигать 1–2 единиц массы для масс ~ 150 , если использовать рассеяние тяжелых ионов, например, ионов $^{40}_{Ag}$. Такое разрешение метода вполне удовлетворительно для целей изучения массовых распределений осколков деления.

Как видно из вышеприведенных формул, для получения массового распределения осколков деления методом рассеяния тяжелых ионов на большие углы требуется знание зависимости среднего атомного номера осколков — изобаров от их массы.

Для осколков, которые обычно перегружены нейтронами, значение Z_A понижено по сравнению с известными Z_A для стабильных ядер. Однако, как показывает оценка, искажение массового распределения за счет этого эффекта невелико. Кроме того, если производить анализ по рассеянию через длительный промежуток времени после момента образования осколков, то, вероятно, можно пользоваться величинами Z_A для стабильных изотопов, так как в результате β — распада заряды ядер осколков приближаются к значениям, нормальным для стабильных ядер.

Чувствительность указанного метода достаточна, чтобы применить его для изучения массовых распределений осколков деления.

Расчет по формуле Резерфорда дает, что при использовании пучка ионов $^{40}_{Ag}$ с энергией 30 Мэв, током 0,5 мкА скорость счета ионов рассеянных на 180° на образце, содержащем $\sim 310^{13}$ атомов с $Z = 50$, равна 1 сек⁻¹. В расчете принималось, что ионы регистрируются кремниевым поверхностно-барьерным счетчиком с геометрической эффективностью 0,1 стеррад, такая геометрия обеспечивает хорошее энергетическое разрешение счетной установки.

Таким образом, имея образец, содержащий $3 \cdot 10^{13}$ осколков, можно за время порядка 3-х часов получить с хорошей статистикой спектр масс осколков деления.

Для проведения изобарного анализа необходима тонкая мишень на подложке, содержащей малые количества тяжелых элементов. Подложка должна быть поэтому как можно более тонкой и химически чистой. Приготовить тонкую мишень из осколков деления можно методикой газового собирания ^{/3,4/}. Осколки деления тормозятся в объеме благородного газа (например, He) и увлекаются газовой струей к поверхности, на которой они осаждаются. Можно также собирать заторможенные в газе осколки электрическим полем.

Эффективность газового собирания достигает 20–50%, при этом получают тонкие поверхностные слои собранных ядер.

Нужное для анализа количество осколков может быть собрано за не слишком большое время экспозиции. Так, изучая деление тепловыми нейтронами, мишень из $^{235}_{U}$ толщиной 1 мг.см⁻² нужно облучать потоком $5 \cdot 10^{13}$ исм⁻².сек⁻¹ (такие потоки существуют внутри реакторов), всего лишь в течение одного часа с тем, чтобы получить мишень, пригодную для дальнейшего анализа.

Такую мишень можно затем анализировать через любое время после облучения, так как радиоактивный распад осколков деления не изменяет их атомного веса.

Предлагаемый метод можно применять и для изучения массовых распределений осколков деления, вызванного заряженными частицами.

Существующие ускорители дают потоки заряженных частиц того же порядка, что и потоки тепловых нейтронов внутри реактора. Однако из-за того, что сечение деления заряженными частицами много меньше, чем сечение деления тепловыми нейтронами, процесс приготовления мишени из осколков, пригодной для анализа по рассеянию ионов на большие углы, займет более длительное время, чем в случае облучения на реакторе.

Автор приносит свою благодарность проф. Г.Н. Флерову и И. Звара за ценные обсуждения.

Л и т е р а т у р а

1. A.Turkevich. Science, 134, 3480, p. 672/673, 1961.
2. С.А. Карамян, Я. Шукуров. Препринт ОИЯИ 2098, Дубна (1965).
3. R.D.Mactarlane, R.D.Griffioen. Nucl. Instrum. and Methods, 24, 461 (1963).
4. А. Гюрсо, Атомная энергия, 7, № 4, 338, 1959 г.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 июля 1965 г.