

АСИММЕТРИЯ РАЗЛЕТА ОСКОЛКОВ ДЕЛЕНИЯ U^{233} И Pu^{239} МЕДЛЕННЫМИ ПОЛЯРИЗОВАННЫМИ НЕЙТРОНАМИ

*А.К.Петухов, Г.А.Петров, С.И.Степанов,
Д.В.Никольев, Т.К.Звездкина, В.И.Петрова,
Е.С.Маркова, В.В.Иванов, В.Ф.Морозов*

Исследованы нарушающая и сохраняющая пространственную четность асимметрия разлета осколков деления U^{233} и Pu^{239} медленными поляризованными нейтронами. Получены средние величины коэффициентов асимметрии и экспериментальные распределения коэффициентов в зависимости от интервалов масс и суммарных кинетических энергий осколков деления.

В работах [1 — 3] было впервые экспериментально наблюде-
но нарушение пространственной четности при делении тяжелых неполяризованных
ядер медленными поляризованными нейтронами. Экспериментальный эф-
фект состоит в том, что вероятности вылета группы "легких" ("тяже-
лых") осколков по и против направления поляризации нейтронного пуч-
ка различаются и величина асимметрии составляет $\sim 10^{-4}$.

Впоследствии нарушение пространственной четности при делении бы-
ло исследовано в иных экспериментальных условиях и с применением
других методик измерений и обработки данных в работах [4 — 7]. В ра-
боте [7] был обнаружен эффект лево-правой асимметрии вылета оскол-
ков деления U^{235} и U^{233} поляризованными нейтронами, сохраняющий
 P -четность и имеющий вид [3]:

$$W(\theta) = 1 + a_{\perp} \sigma_n [p_n p],$$

где σ_n , p_n — единичные вектора в направлениях поляризации, импуль-
са нейтронов и импульса осколков соответственно.

Цель настоящей работы состояла в измерении асимметрии, разлета
осколков деления Pu^{239} поляризованными нейтронами с применением
методики массовых распределений, разработанной для исследования за-
висимости коэффициента асимметрии от характеристик выходного кана-
ла реакции и ранее использованной нами в работе [5]. Однако в этой
работе не ставилась цель получить такую информацию, поэтому мы не
добивались предельно достижимого энергетического разрешения.

Пучок нейтронов с интенсивностью $6 \cdot 10^7$ нейтрон/см²·сек и поля-
ризацией $\geq 95\%$ был получен при помощи поляризующего нейтронвода
($\lambda_{max} = 1,5$ А) на горизонтальном канале реактора ВВРМ. Реверсиро-
вание направления поляризации нейтронов (один раз в 2 — 3 сек) произ-
водилось при помощи комбинации адиабатически и неадиабатически по-
ворачивающихся магнитных полей.

Для регистрации совпадающих парных осколков деления из тонкой
мишени (фториды урана и плутония) были использованы два полупровод-
никовых детектора диаметром ~ 40 мм (диаметр источника ~ 30 мм,
расстояние до детекторов ~ 12 мм).

Среднее направление регистрации осколков деления выбиралось ли-
бо параллельным, либо перпендикулярным направлению поляризации
нейтронов в зависимости от того измерялась ли асимметрия несохра-
няющая (a_{\parallel}) или сохраняющая (a_{\perp}) P -четность.

Кроме периодического изменения направления поляризации каждые
15 — 18 часов изменялось направление ведущего магнитного поля в
районе мишени и детекторов, что позволяло при совместной обработке
результатов одновременно контролировать возможную приборную асим-
метрию установки и уменьшать ее влияние на измеряемые величины [5].

Радиотехническая часть установки в линию с ЭВМ типа "Электрони-
ка-100" обеспечивала усиление, формирование, отбор, регистрацию и
сортировку совпадающих событий деления с двух детекторов. В экспе-
рименте регистрировались энергетические спектры совпадающих ос-
колков деления. Конечным результатом измерений и обработки данных

являлись распределения коэффициента асимметрии вылета "легких" ("тяжелых") осколков деления относительно направления поляризации для разных интервалов масс и суммарных кинетических энергий [5] (рис.1 и рис.2).

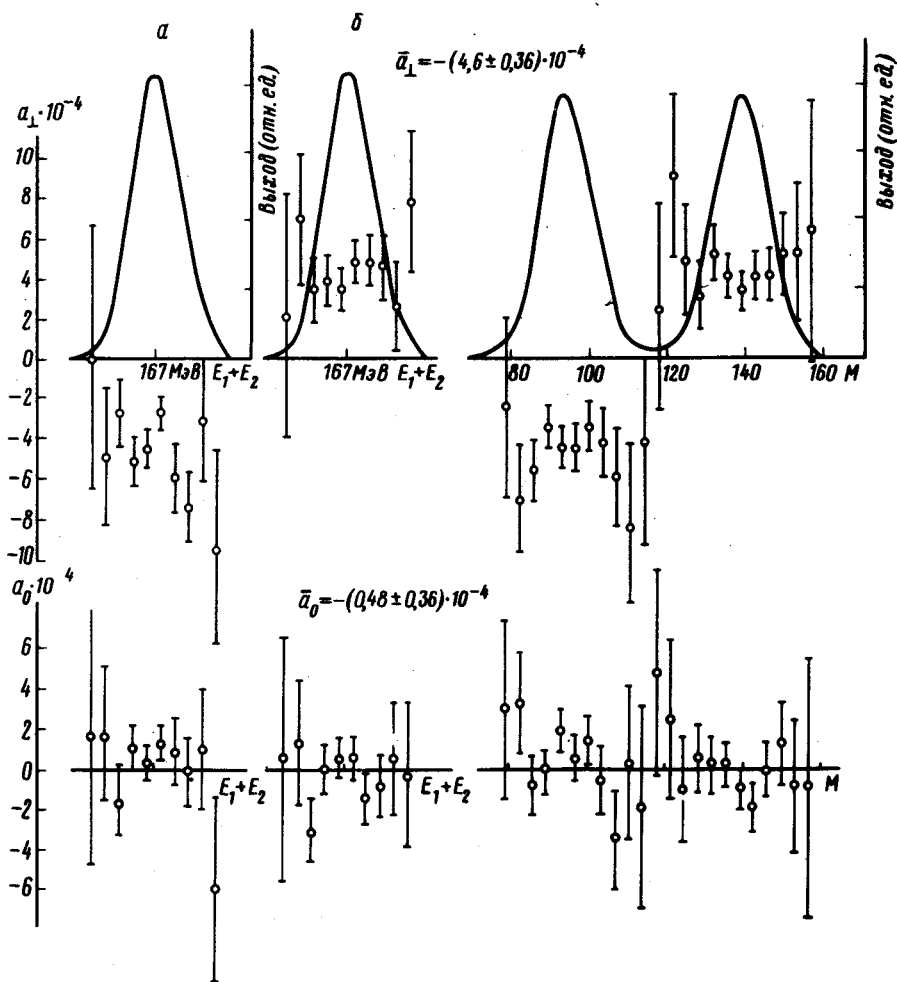


Рис.1. Вверху: экспериментальные распределения коэффициента лево-правой асимметрии вылета осколков деления U^{233} (экспериментальные точки) и экспериментальные выходы масс и суммарных кинетических энергий осколков (сплошные кривые). Внизу: экспериментальные распределения коэффициента приборной асимметрии

Вычисления масс производились либо аппаратно с помощью специально разработанного блока отношений, либо при обработке двумерной матрицы событий $(E_1 \times E_2)$ на ЭВМ.

Второй метод является более информативным, позволяет легко контролировать энергетическое разрешение детекторов, проводить калибровки и дискриминацию событий, искаженных эффектами поглощения энергий осколков в мишени и "мертвом слое" полупроводниковых детекторов.

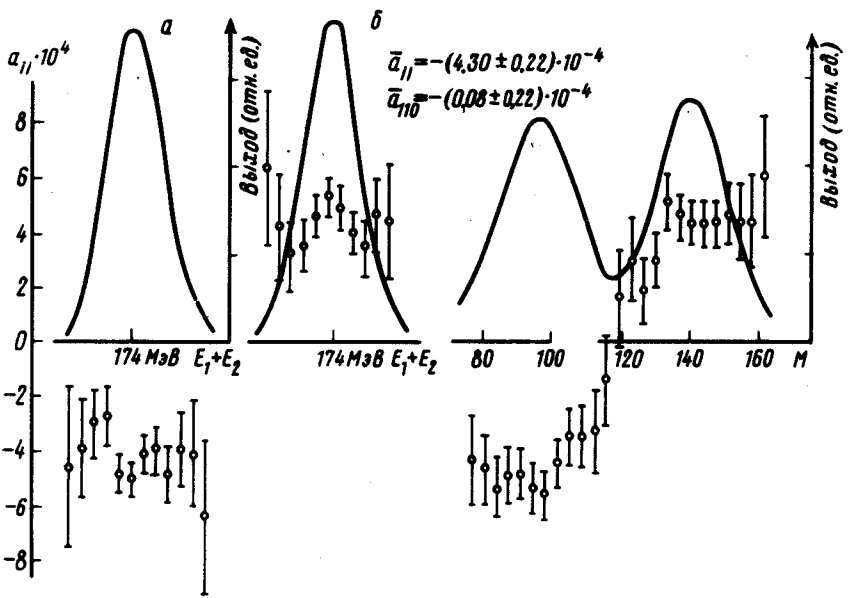


Рис.2. Экспериментальные распределения коэффициента несохраняющей P -четности асимметрии вылета осколков деления Pu^{239} (экспериментальные точки). Сплошная линия — показаны экспериментальные выходы масс и суммарных кинетических энергий осколков

При существующих условиях эксперимента результат для U^{233} на уровне десяти стандартных отклонений получался примерно за сутки чистого времени измерений. Трудность эксперимента, особенно в случае Pu^{239} , состояла в том, что из-за радиационных повреждений детекторов их энергетическое разрешение начинало заметно ухудшаться через очень короткое время измерений.

	U^{233}	U^{235}	Pu^{239}	Ссылки
$\bar{a}_\perp \cdot 10^4$	$-(3,24 \pm 0,33)$ $-(6,43 \pm 0,51)$	$(1,65 \pm 0,11)$ —	— $(1,25 \pm 0,29)$	[7] эта работа
$\bar{a}_{11} \cdot 10^4$	$(3,6 \pm 1,0)$	—	—	[1]
	$(2,8 \pm 0,3)$	—	—	[2]
	—	$(1,50 \pm 0,44)$	$-(4,8 \pm 0,8)$	[3]
	—	—	$-(7,8 \pm 1,3)$	[4] ¹⁾
	$(4,83 \pm 0,38)$	—	—	[5]
	—	$(0,84 \pm 0,06)$	—	[6]
	$(3,60 \pm 0,34)$	$(0,75 \pm 0,12)$	—	[7]
	$(5,28 \pm 0,25)$ $(3,75 \pm 0,58)$	— —	$-(6,22 \pm 0,35)$ —	эта работа [10] ¹⁾

¹⁾Приведена величина, пересчитанная из нейтронных данных.

Полученные в нашей работе значения средних коэффициентов асимметрии для групп легких осколков деления U^{233} и Pu^{239} после введения поправок на конечный телесный угол регистрации осколков и степень поляризации нейтронов сведены в таблицу, где для сравнения приведены данные других авторов.

Из анализа данных видно, что все результаты по порядку величин и по знаку находятся в удовлетворительном согласии друг с другом несмотря на различие в методиках и условиях измерений. Однако, наши численные данные систематически выше результатов других авторов, что может быть связано с более четким разделением осколков по массам в нашей методике измерений или с наличием зависимости средних коэффициентов асимметрии от длины волны нейтронов. Возможные систематические ошибки при введении поправок на конечный телесный угол регистрации осколков и степень поляризации, по-видимому, не превышают $10 + 15\%$ и не могут быть причиной расхождений.

Особенно значительные расхождения результатов наблюдаются для коэффициента лево-правой асимметрии при делении U^{233} . Расхождение заметно уменьшается при учете зависимости коэффициента лево-правой асимметрии (s - и p -интерференция при захвате) от импульса нейтронов ($\lambda_{ср} [7] / \lambda_{ср} \approx 1,5$). Лево-правая асимметрия вылета осколков деления Pu^{239} оказалась относительно малой и поэтому не может сколько-нибудь существенно исказить величину несохраняющей P -четность асимметрии осколков деления.

Экспериментальные распределения коэффициентов асимметрии для случаев деления U^{233} и Pu^{239} вместе с распределениями по массам и кинетическим энергиям приведены на рис.1 и рис.2. Распределения по суммарным кинетическим энергиям приведены для двух направлений регистрации легкой группы осколков: по направлению поляризации нейтронов (случай "а") и против этого направление (случай "б"). Приведенные ошибки являются статистическими, разброс точек несколько сглажен из-за процедуры гистограммирования при переходе от матрицы $E_1 \times E_2$ (32×32 канала) к распределениям по массам, энергиям и процедуры перекалибровок при объединении отдельных серий измерений. Сравнение распределений коэффициентов асимметрии для разных интервалов масс ясно обнаруживает влияние массового разрешения. Поэтому, на основании полученных нами распределений еще нельзя сделать вывода о характере зависимости коэффициента асимметрии от M и $E_1 + E_2$.

В недавних теоретических работах [8, 9] сделана попытка объяснить наблюдаемые эффекты P -нечетной асимметрии как результат смешивания высоковозбужденных состояний компаунд-ядра с противоположной четностью. Если следовать этим работам, то определенной зависимости коэффициента асимметрии от свойств выходных каналов реакции деления не ожидается.

В заключение авторы выражают свою глубокую благодарность В.М. Лобашеву и Г.В. Вальскому за конструктивные обсуждения полученных результатов, О.И. Сумбаеву за интерес и поддержку работы, коллективам эксплуатации реактора ВВРМ, вычислительного центра и отдела разработки физического оборудования лаборатории за обеспечение условий

выполнения работы, Н.В.Боровиковой за изготовление тонких титановых подложек источников, С.М.Соловьеву и П.С.Солошенкоу за изготовление мишеней U^{233} и Pu^{239} , В.В.Марченкову за разработку и наладку блоков САМАС, А.В.Надточию за предоставление быстрых преусилителей, а также В.И.Волкову, П.В.Якимову и Е.И.Цветкову за обеспечение работы ЭВМ "Электроника-100".

Институт ядерных исследований
им. Б.П.Константинова
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
1 июля 1980 г.

Литература

- [1] Г.В.Данилян, Б.Д.Ведерников, В.П.Дроняев, В.В.Новицкий, В.С.Павлов, С.П.Боровлев. Письма в ЖЭТФ, 26, 198, 1977.
- [2] Г.В.Данилян, Б.Д.Веденников, В.П.Дроняев, В.В.Новицкий, В.С.Павлов, С.П.Боровлев. Письма в ЖЭТФ, 27, 68, 1978.
- [3] Г.В.Данилян, Б.Д.Веденников, В.П.Дроняев, В.В.Новицкий, В.С.Павлов, С.П.Боровлев. ЯФ, 27, 42, 1978.
- [4] В.Н.Андреев, М.М.Данилов, О.Н.Ермаков, В.Г.Недопекин, В.И.Рогов. Письма в ЖЭТФ, 28, 53, 1978.
- [5] А.К.Петухов, Г.А.Петров, С.И.Степанов, Д.В.Николаев, Т.К.Звездинка, В.И.Петрова, В.А.Тюкавин. Письма в ЖЭТФ, 30, 470, 1979.
- [6] Н.В.Боровикова, В.А.Весна, А.И.Егоров, В.А.Князьков, Э.А.Коломенский, В.М.Лобашев, А.Н.Пирожков, Л.А.Попеко, Л.М.Смотрицкий, Н.А.Титов, А.И.Шаблий. Письма в ЖЭТФ, 30, 527, 1979.
- [7] В.А.Весна, В.А.Князьков, Э.А.Коломенский, В.М.Лобашев, А.Н.Пирожков, Л.А.Попеко, Л.М.Смотрицкий, С.М.Соловьев, Н.А.Титов. Письма в ЖЭТФ, 31, 704, 1980.
- [8] О.П.Сушков, В.В.Фламбаум. ЯФ, 31, 55, 1980.
- [9] О.П.Сушков, В.В.Фламбаум. Препринт ИЯФ СО АН СССР, 80-18, 1980.
- [10] В.Н.Андреев, М.М.Данилов, Ю.Д.Катаржнов, В.Г.Недопекин, В.И.Рогов. Письма в ЖЭТФ, 31, 564, 1980.