

ОТНОШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ P -НЕЧЕТНОЙ АСИММЕТРИИ РАЗЛЕТА ОСКОЛКОВ ПРИ ДВОЙНОМ И ТРОЙНОМ ДЕЛЕНИИ Pu -239 ПОЛЯРИЗОВАННЫМИ НЕЙТРОНАМИ

*А.В.Белозеров,¹⁾ А.Г.Беда¹⁾, Л.Н.Бондаренко²⁾, С.И.Буров¹⁾,
Г.В.Данилян¹⁾, П.Г.Слтенборг³⁾ Ф.Генневайн⁴⁾, А.Н.Мартемьянов¹⁾,
Ю.А.Мостовой²⁾, В.С.Павлов¹⁾ К. Шрекенбах³⁾.*

В эксперименте одновременно измерены коэффициенты P -нечетной асимметрии разлета осколков для двойного и тройного (с испусканием альфа-частицы) деления Pu -239 поляризованными тепловыми нейтронами. Отношение коэффициентов составляет: $A_{тр}/A_{дв} = 1,12 \pm 0,08$.

Открытие эффекта несохранения пространственной четности в делении тяжелых ядер¹ дало в руки физиков новый инструмент не только для изучения природы слабого взаимодействия, но и для исследования самого процесса деления.

Согласно существующей феноменологической модели² коэффициент P -нечетной асимметрии разлета осколков пропорционален квантовому числу K -проекции спина ядра на ось деформации, характеризующему канал деления. Поэтому представляет большой интерес сравнение указанных коэффициентов для обычного и различных редких мод деления, таких как: "холодное"³, "горячее"⁴ и тройное (с испусканием альфа-частицы), которые в принципе, могут идти через различные каналы.

Относительная вероятность тройного деления $\sim 2 \cdot 10^{-3}$. Коэффициент P -нечетной асимметрии имеет величину $\sim 10^{-4}$. Поэтому основными проблемами данного эксперимента были: набор достаточной статистики по тройному делению и выделение событий, соответствующих тройному делению, на фоне двойного. В качестве детекторов для регистрации осколков деления были применены многопроволочные пропорциональные камеры низкого давления (МППК НД)⁵, а для регистрации альфа-частиц тройного деления был разработан и изготовлен цилиндрический лавинный счетчик (ЦЛС). Это позволило создать установку

1) Институт теоретической и экспериментальной физики, Москва, СССР.

2) Институт атомной энергии им. И.В.Курчатова, Москва, СССР.

3) Институт Лауэ—Ланжевена, Гренобль, Франция.

4) Физический институт Тюбингенского университета, Тюбинген, ФРГ.

обладающую высокой эффективностью регистрации осколков деления и альфа-частиц, хорошей загрузочной способностью и нечувствительную к радиационным повреждениям. Хорошее временное разрешение позволяет надежно идентифицировать легкую и тяжелую группы осколков методом разности времени пролета и уменьшить фон случайных совпадений.

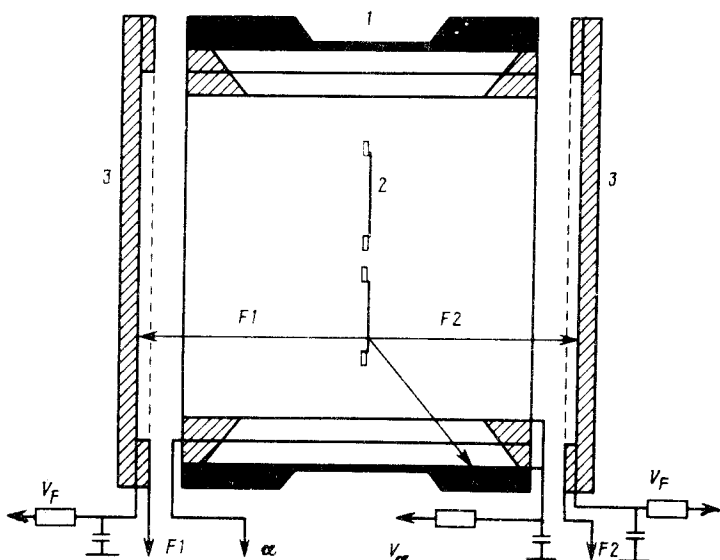


Рис. 1. Схема сечения установки

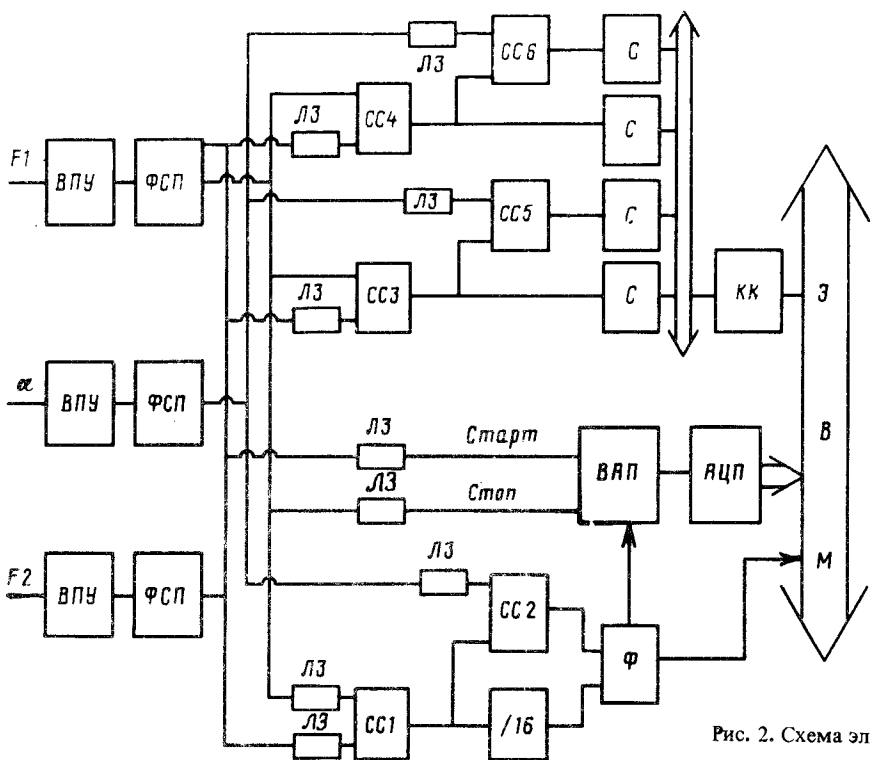


Рис. 2. Схема электронного тракта

Разработанная нами установка состоит из двух независимых секций имеющих одинаковый набор детекторов и регистрирующей электроники. Каждая секция (рис. 1) состоит из ЦЛС (1) внутри которого размещены 4 мишени с делящимся веществом (2). Слой окиси Pu-239 методом вакуумного напыления наносился на подложки из окиси алюминия толщиной 60 мкг/см^2 . Диаметр активного слоя 24 мм, толщина 100 мкг/см^2 . С торцов этот детектор

закрит двумя МППК НД (3). Измерения проводились на высокопоточном реакторе института Лауэ—Ланжевена в Гренобле. Пучок поляризованных нейтронов (плотность нейтронов в пучке $2 \cdot 10^8$ н/см²·с, степень поляризации $P = 96\%$) проходил сквозь альфа-детектор параллельно мишеням из делящегося вещества. Вектор поляризации направлен перпендикулярно плоскости мишеней. Направление поляризации реверсировалось с частотой 1 Гц. Обе секции расположены друг за другом вдоль нейтронного пучка в одном и том же газовом объеме. Через газовый объем прокачивался изобутан под давлением 7 торр в количестве 1 — 2 объема в час. Детекторы для регистрации осколков деления — МППК НД представляют собой стеклотекстолитовые пластины, покрытые алюминиевой фольгой, над которыми на высоте 3 мм натянуты золоченые вольфрамовые проволочки диаметром 20 мкм, расстояние между проволочками 1 мм. На фольгу подается отрицательное напряжение, сигнал снимается с проволочек. Чувствительная поверхность детектора составляет 130 × 130 мм. Детектор альфа-частиц ЦЛС состоит из трех концентрично расположенных цилиндрических электродов, диаметры которых составляют соответственно 120, 130 и 140 мм. Таким образом, получаются два цилиндрических конденсатора с одной общей обкладкой и расстояниями между обкладками 5 мм. Две внутренние обкладки сделаны из алюминиевой фольги толщиной 25 мкм, а третья представляет собой внутреннюю поверхность алюминиевой трубы, которая одновременно является корпусом детектора. Фольги натягиваются и прикрепляются к корпусу с помощью капралонных колец. Корпус имеет по краям толщину стенки 5 мм, а в центре толщина стенки уменьшена до 1 мм, для того, чтобы уменьшить рассеяние нейтронов при пропускании пучка через детектор. Длина корпуса детектора 140 мм, длина чувствительной области 110 мм. На внешние обкладки подается отрицательное напряжение, сигнал снимается со средней фольги. Толщина ближайшей к мишеням фольги выбиралась из условия поглощения альфа-частиц естественной радиоактивности Pu-239. Альфа-частица тройного деления, имеющая существенно большую энергию (порядка 16 МэВ), проходит через обе фольги и теряет при этом часть своей энергии. За счет уменьшения скорости альфа-частицы увеличивается плотность ионизации вдоль ее трека и растет амплитуда сигнала, которая для ЦЛС пропорциональна плотности ионизации. Временное разрешение осколочного детектора составляет (350 ± 50) пс, а детектора альфа-частиц $(1,5 \pm 0,3)$ нс.

В основу работы установок положены три принципа: одновременное измерение коэффициентов асимметрий в двойном и тройном делении; применение двух независимых электронных трактов и наконец, использование двух независимых секций установки. Это позволяет, на наш взгляд, максимально устранить систематические ошибки в определении асимметрий и вести постоянный контроль за ходом эксперимента. Электронная схема одной секции установки представлена на рис. 2. Сигналы с детекторов через быстрые временные преусилители (ВПУ) поступают на входы формирователей со следующим порогом (ФСП). Далее сигналы разветвляются и поступают на два независимых тракта регистрации событий. В первом тракте реализуется процедура набора спектров разности времен пролета осколков в двойном и тройном делении с помощью время-амплитудного преобразователя (ВАП) и амплитудно-цифрового преобразователя (АЦП). Работа ВАПа стробируется с помощью двух схем совпадений СС1 и СС2 которые, соответственно, выделяют события относящиеся к двойному и тройному делению. Для того, чтобы уменьшить мертвое время АЦП в канал двойного деления введена схема пересчета на 16 (/16), которая разрешает регистрацию только каждого 16-ого акта двойного деления. Схема формирователя (Ф) формирует строб, который открывает входы ВАПа на 50 нс и одновременно подает в ЭВМ сигнал, указывающий какое деление двойное или тройное регистрируется. Спектр разности времен пролета осколков для двойного и тройного делений представлен на рис. 3. Во втором тракте осколки разделялись на две группы, аналогичные двум пикам времяпролетного спектра с помощью двух схем совпадений (СС3, СС4) для двойного и (СС5, СС6) для тройного делений. Сигналы со

всех четырех схем совпадений поступали на счетчики (С), числа из которых через крейт-контроллер КАМАК (КК) считывались в ЭВМ "Электроника-60".

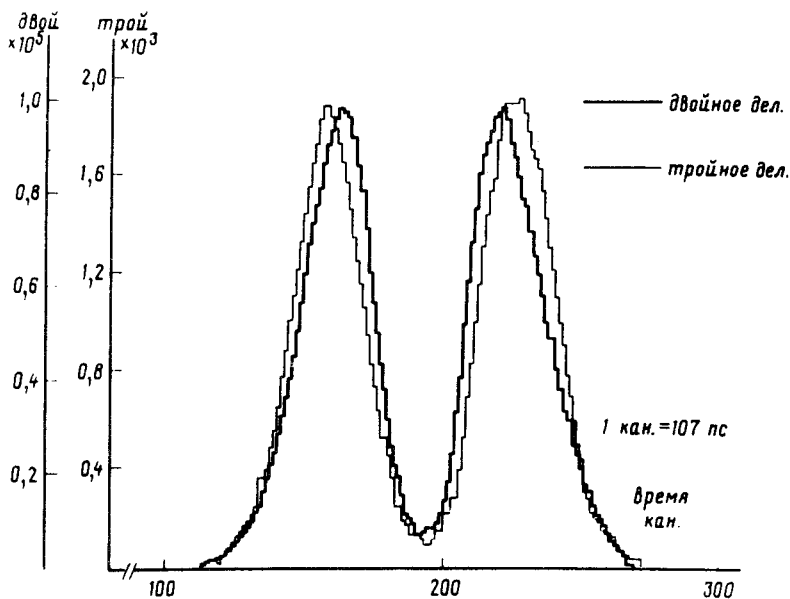


Рис. 3. Спектры разности времен пролета осколков для двойного и тройного деления

Для двойного и тройного делений коэффициент P -нечетной асимметрии определялся по формуле:

$$A_{\text{экс}} = \frac{\overrightarrow{N}_i - \overleftarrow{N}_i}{\overrightarrow{N}_i + \overleftarrow{N}_i},$$

где \overrightarrow{N}_i — число актов деления определенной группы ($i = 1$ — легкой, $i = 2$ — тяжелой) для двух противоположных направлений поляризации нейтронного пучка. Экспериментально измеренный коэффициент связан с физическим коэффициентом асимметрии A соотношением:

$$A_{\text{экс}} = \overline{AP \cos \theta}$$

где P — степень поляризации пучка нейтронов, $\overline{\cos \theta}$ — средний косинус регистрации осколков относительно направления поляризации. Средние косинусы регистрации осколков в двойном и тройном делении вычислялись методом Монте-Карло. Для исключения приборных асимметрий один раз в сутки изменялось направление ведущего поля, что приводило к изменению знака P -нечетной асимметрии, тогда как аппаратная асимметрия оставалась неизменной. После введения поправок отношение физических коэффициентов асимметрий для тройного и двойного делений составляет:

$$A_{\text{тр}} / A_{\text{дв}} = 1,12 \pm 0,08,$$

т. е. с 99 % достоверностью это отношение заключено в диапазоне от 0,91 до 1,33. Указанная точность видимо не достаточна, чтобы сделать однозначный вывод о равенстве коэффициентов асимметрий двойного и тройного делений. Поэтому представляется интересным развивать эти эксперименты в трех направлениях: — улучшить статистическую точность для Pu-239 ; измерить это отношение для ядер с другим набором K ; измерить коэффициенты асимметрии для других редких мод деления.

Литература

1. Даншлян Г.В. и др. ЯФ, 1978, 27, 42.
 2. Сушков А.П., Фламбаум В.В. ЯФ, 1981, 33, 59.
 3. Clerc H.G. et al. Nucl. Phys. A, 1986, 52, 277.
 4. Koczon P. et al. Phys. Lett. B, 1987, 191, 249.
 5. Белозеров А.В. и др. ПТЭ, 1989, 3, 65.
-