

П И С Ь М А
В ЖУРНАЛ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

ОСНОВАН В 1965 ГОДУ
ВЫХОДИТ 24 РАЗА В ГОД

ТОМ 72, ВЫПУСК 12
25 ДЕКАБРЯ, 2000

Письма в ЖЭТФ, том 72, вып.12, стр.859 - 861

© 2000г. 25 декабря

**ПОИСК Т-НЕЧЕТНОЙ ЛЕВО-ПРАВОЙ АСИММЕТРИИ ЭМИССИИ
МГНОВЕННЫХ НЕЙТРОНОВ БИНАРНОГО ДЕЛЕНИЯ ЯДЕР ^{233}U
И ^{239}Pu МЕДЛЕННЫМИ ПОЛЯРИЗОВАННЫМИ НЕЙТРОНАМИ**

*Г.В.Данилян, В.А.Крахотин, В.С.Павлов, А.В.Федоров, Е.И.Коробкина⁺,
Э.Леливр-Берна**

*ГНЦ Институт теоретической и экспериментальной физики
117259 Москва, Россия*

⁺ Университет Майнца, Майнц, Германия

** Институт Лауэ-Ланжевена, Гренобль, Франция*

Поступила в редакцию 30 октября 2000 г.

После переработки 17 ноября 2000 г.

Приводятся предварительные результаты измерений Т-нечетной лево-правой асимметрии эмиссии мгновенных нейтронов бинарного деления ядер ^{233}U и ^{239}Pu медленными поляризованными нейтронами. В предположении, что около 35% мгновенных нейтронов испускаются из "шейки", можно сделать заключение, что в случае ^{233}U асимметрия эмиссии предделительных нейтронов на порядок меньше, чем асимметрия эмиссии α -частиц тройного деления.

PACS: 13.75.-n

Недавно обнаруженная [1] Т-нечетная лево-правая асимметрия углового распределения длиннопробежных α -частиц тройного деления ядер ^{233}U и ^{235}U холодными поляризованными нейтронами может быть следствием электромагнитного или сильного взаимодействия в конечном состоянии. Чтобы установить, какое из этих взаимодействий ответственно за обнаруженную корреляцию, необходимо исследовать аналогичную асимметрию эмиссии нейтральной частицы в тройном делении. Однако тройным делением исторически принято называть деление на два осколка, сопровождающееся эмиссией легкой заряженной частицы (ЛЗЧ). В 90% случаев – это α -частица. Угловое распределение этих частиц однозначно указывает на то, что они испускаются до разрыва ядра на два осколка из области между будущими осколками. Большинство моделей тройного деления исходит из предположения, что ЛЗЧ испускаются из шейки, соединяющей "осколки" до ее разрыва. В то же время, экспериментально установлено, что определенная часть мгновенных нейтронов бинарного

деления также испускается до разрыва ядра. Естественно было бы считать такие нейтроны “нейтральной” компонентой тройного деления ядер. Тогда, если механизмы эмиссии α -частиц и предделительных (scission) нейтронов схожи, то в случае, если за корреляцию ответственно сильное взаимодействие, можно ожидать такую же асимметрию эмиссии предделительных нейтронов. Конечно, следует учесть, что в отличие от α -частицы, спин нейтрона не равен нулю.

Искомую лево-правую асимметрию можно описать выражением

$$W = \text{const} \cdot (1 + D_n S[\mathbf{P}_f \times \mathbf{P}_{sn}]), \quad (1)$$

где D_n – коэффициент асимметрии, S – единичный вектор в направлении спина захваченного ядром-мишенью нейтрона, \mathbf{P}_f , \mathbf{P}_{sn} – единичные векторы в направлениях импульсов легкого (или тяжелого) осколка и α -частицы, соответственно.

Поскольку электромагнитное взаимодействие нейтрона в конечном состоянии мало по сравнению с взаимодействием заряженной частицы, то D_n должно быть много меньше, чем D_α , если за обнаруженную корреляцию в тройном делении ответственно электромагнитное взаимодействие.

Первый эксперимент был поставлен на пучке поляризованных тепловых нейтронов реактора МИФИ. Геометрия расположения мишени и детекторов осколков и нейтронов показана схематически на рис.1. Продольно поляризованные нейтроны

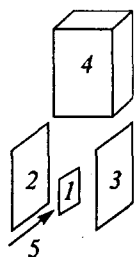


Рис.1. Геометрия эксперимента: 1 – мишень; 2, 3 – детекторы осколков; 4 – детектор нейтронов деления; 5 – пучок продольно поляризованных нейтронов

бомбардируют мишень, содержащую 100 мкг/см^2 ^{233}U на тонкой титановой подложке, расположенную посередине между двумя многопроволочными пропорциональными счетчиками низкого давления, отстоящими друг от друга на расстоянии 180 мм. Вне камеры деления, наполненной гексаном до давления 3 Торр, перпендикулярно оси детекторов осколков на расстоянии 220 мм от центра мишени располагался нейтронный детектор на основе сцинтиллирующей пластмассы и ФЭУ-62. Легкие и тяжелые осколки идентифицировались по разности времен пролета от мишени до детекторов. Импульс совпадения осколков запускал преобразователь время-код, на вход которого подавались импульсы от нейтронного детектора. На рис.2 представлен пример временного спектра совпадений импульсов нейтронного и осколочных детекторов. Левый пик соответствует совпадениям осколков с мгновенными γ -квантами деле-

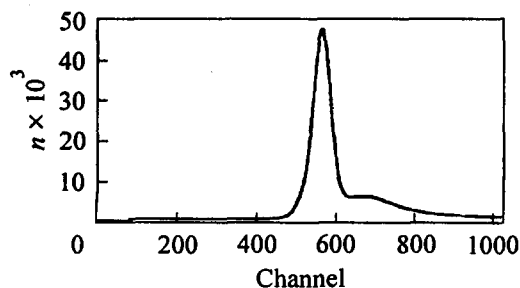


Рис.2. Временной спектр совпадений. 1 канал = 100 пс

ния. Справа от него наблюдается широкий временной спектр, обусловленный совпадением мгновенных нейтронов деления с осколками. Конечно, значительная часть событий связана с регистрацией нейтронов, эмитируемых осколками. Очевидно, что осколочные нейтроны в данном эксперименте являются нежелательным фоном, от которого, к сожалению, дискриминироваться невозможно. Этот фон будет уменьшать абсолютное значение коэффициента искомой асимметрии в $(1 + \eta)$ раз, где η равно отношению числа зарегистрированных осколочных нейтронов к числу зарегистрированных предделительных нейтронов. Экспериментальные данные по η крайне противоречивы: $3 \leq \eta \leq 35$. Однако, благодаря существенным различиям в угловых и энергетических распределениях предделительных и осколочных нейтронов, имеется возможность не только поправить экспериментально измеренное значение коэффициента асимметрии на фон, но и определить величину η для данной мишени. Угловые распределения нейтронов, испущенных полностью ускоренными осколками, вытянуты вдоль оси деления¹⁾, тогда как предделительные нейтроны испускаются почти сферически симметрично. Что же касается энергетических распределений, то естественно ожидать, что спектр осколочных нейтронов должен быть более "жестким", чем предделительных. Оба этих фактора позволят оценить вклад фона в экспериментальные значения коэффициентов D_n , измеренных под углами 90° и 45° (135°) к среднему направлению оси деления. Очевидно, что

$$D_n(90^\circ)/D_n(45^\circ) = [1 + \eta(45^\circ)]/[1 + \eta(90^\circ)]. \quad (2)$$

Оптимальные значения η , удовлетворяющие равенству (2), могут быть найдены расчетами Монте-Карло при разумных предположениях об угловых и энергетических распределениях осколочных и предделительных нейтронов. Конечно, при условии обнаружения ненулевого значения искомого эффекта.

Второй эксперимент с мишенью ^{239}Pu был поставлен на пучке поляризованных нейтронов с энергией 150 мэВ дифрактометра D3 Института Лауэ-Ланжевена (Гренобль, Франция). В этом эксперименте рабочим газом являлся CF_4 при давлении 18 Торр. Предварительные результаты обоих экспериментов приведены в таблице. Статистически значимого эффекта не обнаружено. Поскольку экспериментально измеренное значение D_α для ^{233}U было найдено равным $2.7 \cdot 10^{-3}$, то в предположении, что вклад предделительных нейтронов составляет в этом случае 35% [2], коэффициент асимметрии D_n оказывается почти на порядок меньше, чем D_α . Что касается ^{239}Pu , то экспериментальных данных по тройному делению этого ядра пока еще нет. Разумеется, что измерения будут продолжены до получения статистической точности лучше, чем 10^{-5} .

Измеренные значения коэффициентов D_n для мишеней ^{233}U и ^{239}Pu

Энергия нейтронов, МэВ	Измеренное значение D_n в единицах 10^{-3}	
	^{233}U	^{239}Pu
< 0.7	0.16 ± 0.34	-0.05 ± 0.68
≥ 0.7	0.35 ± 0.35	0.62 ± 0.53
Мгновенные γ -кванты	0.13 ± 0.15	0.27 ± 0.27

1. P.Jesinger, G.V.Danilyan, A.M.Gagarski et al., Physics of Atomic Nuclei **62**, 1608 (1999); G.V.Danilyan, A.V.Fedorov, A.M.Gagarski et al., Physics of Atomic Nuclei **63**, 1759 (2000).
2. N.V.Kornilov, A.B.Kagalenko, and F.-J.Hambsch, ISSN-7, 241 (1999).

¹⁾ В направлении движения легкого осколка испускается несколько больше нейтронов.