

ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛОВОЙ ЗАВИСИМОСТИ ВЫЛЕТА ОСКОЛКОВ ДЕЛЕНИЯ ^{233}U И ^{235}U ПРИ ЗАХВАТЕ ТЕПЛООВОГО ПОЛЯРИЗОВАННОГО НЕЙТРОНА

*В.А.Весна¹⁾, В.А.Князьков¹⁾, Э.А.Коломенский¹⁾
В.М.Лобашев^{1,2)}, А.Н.Пирожков¹⁾, Л.А.Попеко¹⁾,
Л.М.Смотрицкий¹⁾, С.М.Соловьев³⁾, Н.А.Титов²⁾.*

Интегральной методикой измерена величина несохраняющей P -четности асимметрии деления ^{233}U и ^{235}U . Коэффициенты асимметрии вылета легкого осколка равны $(3,60 \pm 0,34) \cdot 10^{-4}$ и $(0,75 \pm 0,12) \cdot 10^{-4}$ соответственно. Обнаружено, что эффект нарушения пространственной четности сопровождается сохраняющей P -четность лево-правой асимметрией с коэффициентами $(-3,24 \pm 0,33) \cdot 10^{-4}$ и $(1,65 \pm 0,11) \cdot 10^{-4}$, соответственно.

¹⁾ЛИЯФ АН СССР.

²⁾ИЯИ АН СССР.

³⁾Радиевый институт им. В.Г.Хлопина.

В работе [1] описана установка для измерения величины асимметрии вылета тяжелой заряженной частицы в реакциях захвата теплового поляризованного нейтрона. Применение интегральной методики для регистрации продуктов реакции с разделением легких и тяжелых частиц по величине пробега в газе позволило более чем на порядок увеличить чувствительность эксперимента. Большой интерес представляет асимметрия вылета легкого (тяжелого) осколка вдоль и против спина компаунд-ядра, связанная с нарушением пространственной четности, т. е. слабым нуклон-нуклонным взаимодействием. В делении тяжелых ядер ^{233}U , ^{235}U , ^{239}Pu тепловыми поляризованными нейтронами такая асимметрия впервые была обнаружена в работах [2 — 4]. Неопределенность теоретического описания этого явления делает необходимым детальное исследование указанных процессов. В настоящей работе измерена вероятность вылета осколка в плоскости перпендикулярной направлению падения нейтрона в зависимости от угла между направлением вылета осколка и спином захватываемого нейтрона при делении ^{233}U и ^{235}U .

Работа проводилась на пучке тепловых поляризованных нейтронов реактора ВВР-М ЛИЯФ им. Б.П.Константинова интенсивностью $6 \cdot 10^7$ н/сек [5]. В качестве детекторов использовались две многонитяные пропорциональные камеры регистрирующие в токовом режиме только легкие осколки [1]. Мишени изготавливались термическим напылением UF_4 на титановые подложки толщиной $100 + 200$ мкг/см². Толщина слоя ^{233}U 150 мкг/см² и ^{235}U 500 мкг/см². Для выравнивания спектров осколков по обоим сторонам мишени поверхность UF_4 закрывалась второй фольгой титана. Переворот спина нейтрона относительно ведущего магнитного поля осуществлялся адиабатически в скрещенных высокочастотном и неоднородном постоянном магнитных полях [5]. При выключенном высокочастотном магнитном поле нейтрон сохранял направление поляризации вдоль ведущего поля, цикл включено-выключено равен 3,6 сек. Периодически (примерно через 24 часа) реверсом тока в катушках Гельмгольца, создающих для нейтронов ведущее магнитное поле в области мишени, направление поляризации пучка нейтронов относительно детекторов изменялось на противоположное. Таким образом, при постоянстве прочих факторов искомый эффект изменял знак. Коэффициент асимметрии вычислялся как половина разности величин полученных при противоположных направлениях ведущего поля. Применение двух разных методов изменения направления спина позволяло получить результат исправленный на приборную асимметрию в четыре раза быстрее, чем в случае измерений на поляризованном и деполаризованном пучке. В отличие от [1], в настоящей работе коэффициент асимметрии измерялся отдельно двумя детекторами расположенными симметрично по разные стороны от мишени, что обеспечивало дополнительный контроль отсутствия приборной асимметрии.

На рис. 1 представлена геометрия опытов. Из двух, симметрично расположенных, детекторов показан один, которому соответствуют приведенные ниже знаки асимметрии (плюс означает предпочтительный вылет на детектор легкого осколка). На рис. 2 и 3 приведены коэффициенты

асимметрии вылета легкого осколка при делении ^{233}U и ^{235}U : $a = (N_+ - N_-)/(N_+ + N_-)$ где N_+ , N_- — число легких осколков вылетающих на детектор и в противоположном направлении, соответственно.

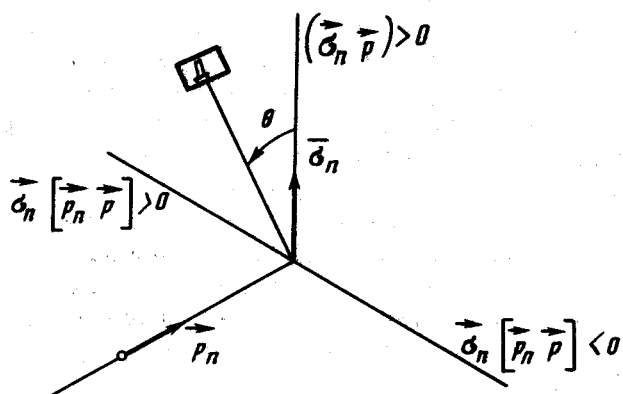


Рис.1. Геометрия опытов. θ — угол между единичным вектором в направлении поляризации нейтрона и направлением на детектор D , лежащий в плоскости перпендикулярной импульсу налетающего нейтрона

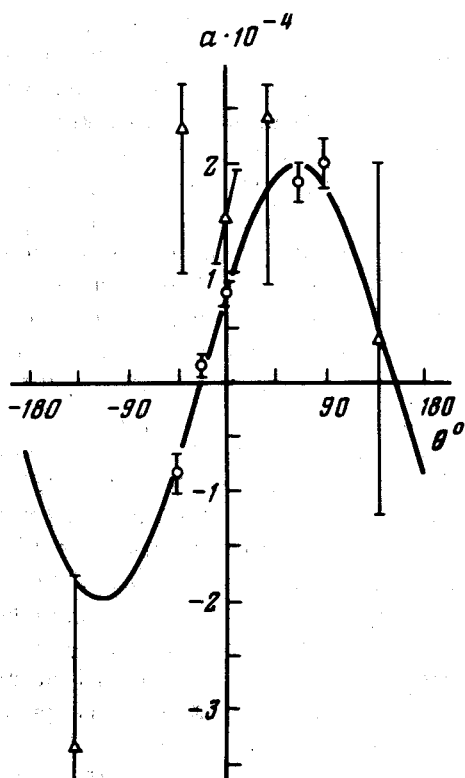


Рис.2. Асимметрия вылета легкого осколка при делении ^{235}U : \circ — данные настоящей работы, Δ — данные работы [3]

Коэффициенты асимметрии усреднены по обоим детекторам и исправлены на степень поляризации пучка — 97% и фактор протяженности детектора — 0,81. В расчете предполагалось постоянство коэффициента асимметрии для всех членов легкой группы осколков. Наряду с несохраняющей P -четность асимметрией ($\theta = 0$ и 180°), обнаружена лево-правая асимметрия ($\theta = \pm 90^\circ$), соответствующая корреляции между спином нейтрона и вектором плоскости реакции типа $\vec{\sigma}_n [\vec{P}_n, \vec{P}]$ где $\vec{\sigma}_n$, \vec{P}_n , \vec{P} — единичные вектора в направлении спина нейтрона, им-

пульсов нейтрона и легкого осколка соответственно. При такой записи предполагается наиболее вероятный механизм возникновения лево-правой асимметрии, — интерференция s - и p -состояний в реакции захвата теплового нейтрона, аналогично наблюдавшейся ранее в реакции ${}^6\text{Li}(n, t){}^4\text{He}$ [1]. Сложение двух независимых угловых распределений вида $W(\theta) \sim 1 + a \cos(\theta + \theta_0)$ приводит к суммарной асимметрии того же вида развернутой на угол равный арктангенсу отношения их коэффициентов. Относительно случая чистой лево-правой асимметрии поворот составляет $-24,1 \pm 2,2^\circ$ (деление ${}^{235}\text{U}$) и $+48 \pm 4^\circ$ (деление ${}^{233}\text{U}$).

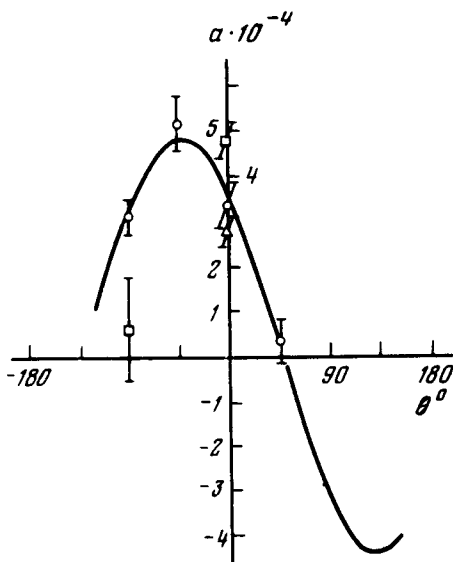


Рис.3. Асимметрия вылета легкого осколка при делении ${}^{233}\text{U}$:
 \circ — данные настоящей работы,
 \triangle — данные работы [4], \square —
 данные работы [6]

Погрешность установки ведущего магнитного поля, т. е. направления поляризации нейтронов, относительно оси детектор I — мишень — детектор II меньше 3° . Другим возможным источником различия между геометрической и истинной осями детектора состоит в смещении центра тяжести "светящейся области" мишени относительно ее геометрического центра. Поскольку титановые подложки "прозрачны" для осколков такое смещение имело бы противоположную величину для обоих детекторов. В наших измерениях углы поворота асимметрии для противоположных детекторов совпадают в пределах экспериментальной погрешности $\Delta\theta_0 = 2,2 \pm 4,7^\circ$ (деление ${}^{235}\text{U}$) и $\Delta\theta_0 = 14 \pm 7,5^\circ$ (деление ${}^{233}\text{U}$). Полученные результаты не противоречат ограничению на коэффициент лево-правой асимметрии в делении ${}^{235}\text{U}$ вытекающему из работы [3]: $|a_{R-L}| < 3 \cdot 10^{-4}$ (90%-ный уровень достоверности). Причины расхождения с работой [6] не ясны.

Таким образом установлено, что P -нечетная асимметрия в делении ^{235}U и ^{233}U с коэффициентами $(0,75 \pm 0,12) \cdot 10^{-4}$ ¹⁾ и $(3,60 \pm 0,34) \cdot 10^{-4}$ сопровождается P -четной лево-правой асимметрией с коэффициентами $(1,65 \pm 0,12) \cdot 10^{-4}$ и $(-3,24 \pm 0,33) \cdot 10^{-4}$, соответственно.

Экстраполяция вклада захвата P -волновых нейтронов при энергиях 0,1 — 30 КэВ [7] в область тепловых энергий показывает, что величина лево-правой асимметрии соответствует почти максимальной возможной интерференции s - и p -амплитуд, если не принимать во внимание крайне маловероятный случай попадания p -резонанса в тепловую область для обоих ядер. Если такая интерпретация наблюдаемой P -четной асимметрии соответствует действительности, это означает, что в процессе деления ядра реализуются условия, при которых характер смешивания s - и p -состояний, возникающий при захвате теплового нейтрона, сохраняется от стадии горячего компаунд-ядра до стадии грушевидной деформации и определяет асимметрию разлета осколков. Аналогично, примесь состояний противоположной четности, возникнув на стадии горячего компаунд-ядра, сохранится в процессе его охлаждения и будет определять P -нечетную асимметрию разлета осколков. Таким образом, есть основания думать, что несохранение четности в процессе деления имеет в основе ту же природу, что и асимметрия вылета γ -квантов при захвате поляризованных нейтронов и определяется эффектом динамического усиления, в согласии с гипотезой, высказанной в работах [8, 9], в отличие от объяснений выдвинутых в работах [10, 11].

В заключение авторы выражают благодарность персоналу реактора ВВР-М ЛИЯФ АН СССР и сотрудникам информационно-вычислительного центра лаборатории нейтронных исследований ЛИЯФ АН СССР, а также Ю.В.Рябову за обсуждение вклада p -волны в деление ^{235}U .

Институт ядерной физики
им. Б.П.Константинова
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
22 апреля 1980 г.

Институт ядерных исследований
Академии наук СССР

Радиевый институт им. В.Г.Хлопина

Литература

- [1] 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.
- [2] Г.В.Данилян, В.В.Новицкий, В.С.Павлов, С.П.Боровлев, Б.Д.Водеников, В.П.Дроняев. Письма в ЖЭТФ, **24**, 380, 1976.

¹⁾ Результат работы [1] для ^{235}U : $\alpha = (0,84 \pm 0,06) \cdot 10^{-4}$ находится в хорошем соответствии с данными измерениями.

- [3] Г.В.Данилян, Б.Д.Воденников, В.П.Дроняев, В.В.Новицкий, В.С.Павлов, С.П.Боровлев. ЯФ, 27, 42, 1978.
- [4] Б.Д.Воденников, Г.В.Данилян, В.П.Дроняев, В.В.Новицкий, В.С.Павлов, С.П.Боровлев. Письма в ЖЭТФ, 27, 68, 1978.
- [5] Э.А.Коломенский, В.Б.Копелиович, В.М.Лобашев, В.А.Назаренко, А.И.Окороков, А.Н.Пирожков, Л.М.Смотрницкий, А.Ф.Щебетов. ЯФ, 25, 233, 1977.
- [6] А.К.Петухов, Г.А.Петров, С.И.Степанов, Д.В.Николаев, Т.К.Звездкина, В.И.Петрова, В.А.Тюкавин. Письма в ЖЭТФ, 30, 470, 1979.
- [7] Ю.В.Рябов, Ю.И.Фенин. ЯФ, 13, 1039, 1971.
- [8] О.П.Сушков, В.В.Фламбаум. Препринт ИЯФ СО АН СССР, №80-18, 1980.
- [9] Е.С.Ржевский. Препринт ИТЭФ, ИТЭФ-154, 1979.
- [10] Н.С.Работнов. ЯФ, 26, 1302, 1977.
- [11] О.П.Сушков, В.В.Фламбаум. ЯФ, 31, 55, 1980.
-