



ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

ИТЭФ- 4

Г.В.ДАНИЛЯН, В.П.ДРОНЯЕВ, Б.Д.ВОДЕННИКОВ
В.В.НОВИЦКИЙ, В.С.ПАВЛОВ, С.П.БОРОВЛЕВ

НЕСОХРАНЕНИЕ ЧЕТНОСТИ В ПРОЦЕССЕ
ДЕЛЕНИЯ ЯДРА

Сдано в печать 07.11.76

МОСКВА 1977

ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

ИТЭФ - 4

Г.В.Данилян, В.П.Дроняев, Б.Д.Воденников,
В.В.Новицкий, В.С.Павлов, С.П.Боровлев,

НЕСОХРАНЕНИЕ ЧЕТНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ДЕЛЕНИЯ
ЯДРА

Москва

1977

Наблюдена P -печетная угловая корреляция,
 $W(\theta) \sim 1 + a \vec{\sigma} \cdot \vec{p}$, вылета легкого (и, соответ-
ственно, тяжелого) осколка по направлению спина нейтрона
при делении ^{235}U поляризованными тепловыми нейтронами.
Параметр асимметрии $a = (1,37 \pm 0,35) \cdot 10^{-4}$.

В работе Владимирского и Андреева [1] предлагалось исследовать примесь нарушающего четность слабого межнуклонного потенциала в сильных взаимодействиях, измеряя на опыте асимметрию вылета легкого (или тяжелого) осколка по направлению спина поляризованного спонтанно-делящегося ядра, т.е. корреляцию вида

$$W(\theta) \sim 1 + a \vec{\sigma} \cdot \vec{p}, \quad (1)$$

где $\vec{\sigma}$ - единичный вектор в направлении спина ядра, \vec{p} - единичный вектор в направлении импульса легкого (или тяжелого) осколка, θ - угол между этими векторами.

Предполагалось, что возможно значительное усиление эффекта из-за зависимости барьера деления от четности.

Будник и Работнов [2] развили эту гипотезу на случай подбарьерного деления резонансными нейтронами при наличии двугорбого барьера. В этом случае фактор усиления эффекта, обусловленный различной проницаемостью барьера, содержит резонансный член и может быть большим, если имеет место случайное перекрытие состояний противоположной четности, соответственно, в первой и второй ямах.

Рассматриваемая корреляция может возникнуть также и при надбарьерном делении поляризованными нейтронами. В

этом случае можно ожидать значительное усиление эффекта за счет близости уровней противоположной четности в компаунд-ядре. Грубые оценки эффекта "динамического" усиления, приведенные в работе Шапиро [3], показывают, что параметр асимметрии a в формуле (I) по порядку величины равен

$$a \approx \sqrt{\frac{\Delta E}{D}} \cdot F. \quad (2)$$

Здесь ΔE - энергетическая область возбуждений ядра, где уровни одного типа хорошо смешиваются ($\Delta E \approx 1 \text{ МэВ}$), D - среднее расстояние между уровнями компаунд-ядра при энергии возбуждения порядка энергии связи нейтрона, F - безразмерная величина, характеризующая относительную примесь слабых сил к сильным ($F \approx 10^{-1}$). Так, для ядра ^{236}U $D = 0,6 \text{ эВ}$ и, следовательно, можно ожидать эффект асимметрии порядка 10^{-4} . В качестве первого этапа таких исследований мы провели измерения P -нечетной асимметрии вылета легкого и, соответственно, тяжелого осколков деления ^{235}U по отношению к направлению поляризации захватываемых нейтронов. На рис. I показана схема установки. Коллимированный пучок нейтронов из горизонтального канала тяжеловодного реактора ИТЭФ падал на намагниченное кобальтовое зеркало-поляризатор. Отраженный пучок, вектор поляризации которого перпендикулярен плоскости рисунка, проходил между полюсами поворотного магнита, где вектор поляризации адиабатически поворачивался на угол $\pm \frac{\pi}{2}$. Далее пучок вновь коллимировался с целью отделения от прямого (не отраженного) пучка и через тонкое майларовое окно проходил в вакуумированную камеру деления (в верхнем правом углу рис. I показано поперечное сечение камеры). За камерой деления периодически в течение экспери-

мента устанавливалось второе кобальтовое зеркало-анализатор (не показанное на рисунке) для измерения поляризации нейтронов. Второй коллиматор и камера деления находились в постоянном однородном магнитном поле напряженностью 50 эрст. для предотвращения деполяризации пучка нейтронов блуждающими полями. Направление этого "ведущего" поля перпендикулярно пучку и лежит в плоскости рисунка. Пучок нейтронов в камере деления имел поперечные размеры по горизонтали 6 мм, по вертикали 100 мм. Плотность потока нейтронов на мишени составляла $2 \cdot 10^6$ н/см².с., поляризация примерно 0,85.

Мишень состояла из пяти алюминиевых дисков диаметром 30 мм, толщиной 0,1 мм, на каждую из сторон которых был нанесен слой окиси урана (обогащенного изотопом ²³⁵U до 75%) толщиной 100 мкг/см². Диски, слегка сдвинутые друг относительно друга, чтобы исключить эффект экранирования, устанавливались вдоль пучка нейтронов. По обе стороны от каждого диска (т.е. в направлении, перпендикулярном пучку) на расстоянии 15 мм от мишени устанавливались поверхностно-барьерные кремниевые детекторы диаметром ~ 25 мм. Между мишенью и детектором находился коллиматор осколков, выделяющий конечный телесный угол. Таким образом, каждый из детекторов регистрировал осколки, вылетающие по или против вектора поляризации пучка нейтронов в зависимости от направления поляризации в данный момент измерения. Направление поляризации пучка нейтронов могло реверсироваться ежесекундно, однако произойдет ли реверс или нет зависело от случайного фактора. Это было сделано так, чтобы избежать нежелательной в такого рода экспериментах периодичности в измерениях.

Группы из 5 детекторов слева и справа от мишени были включены параллельно. Импульсы от двух групп детекторов усиливались и поступали на входы соответствующих дискриминаторов, выделявших легкие и тяжелые осколки.

На рис.2 показан амплитудный спектр импульсов от группы детекторов после усилителя. Пунктирами показаны пороги дискриминаторов. Легкие осколки выделялись интегральным дискриминатором, тяжелые — дифференциальным, верхний порог которого определялся уровнем дискриминации легких осколков. Сформированные импульсы, соответствующие легким и тяжелым осколкам, поступали на вход распределительного устройства (рис.3), которое направляло их в разные группы пересчетных схем в зависимости от направления поляризации нейтронов в момент измерения. Одновременно по одному из каналов распределительного устройства на пересчетные схемы поступали импульсы от нейтронного счетчика, по другому — импульсы от кварцевого генератора тактовой частоты. Коррелированный счет этих импульсов позволял определять суммарное время измерений с одним и с другим направлением поляризации с точностью, лучшей чем 10^{-6} .

Цикл измерений продолжался примерно 16 мин. За это время происходило около 10^3 переключений направления поляризации пучка нейтронов. Измерение на поляризованном пучке чередовались с измерением на деполаризованном пучке. Деполаризация пучка осуществлялась введением в него в пространстве между зеркалом-поляризатором и поворотным магнитом железной пластины (шима) толщиной 0,3 мм. При этом поляризация пучка падала на порядок.

Для того, чтобы исключить приборную асимметрию, связанную с индивидуальными каналами регистрации, последние

перекоммутировались случайным образом. Информация с пересчетных схем через блок связи передавалась в ЭВМ "Навари", работающую в линию с экспериментом. Одновременно в ЭВМ передавался код данного измерения (поляризованный или деполаризованный пучок, связь каналов регистрации с направлением поляризации пучка нейтронов). Для каждого варианта измерения ЭВМ вычисляла величины

$$a_{kj} = \frac{N_{kj}^{\rightarrow} - N_{kj}^{\leftarrow}}{N_{kj}^{\rightarrow} + N_{kj}^{\leftarrow}}, \quad (4)$$

где $k = 1, 2$ - индекс группы детекторов (слева и справа от мишени), $j = T, Л$ - индекс группы легких и тяжелых осколков, N^{\rightarrow} - приведенное к одинаковому времени измеренное число отсчетов данной пересчетной схемы для определенного направления поляризации нейтронов в пространстве,

N^{\leftarrow} - то же самое для противоположного направления поляризации. Все измеряемые величины и вычисленные асимметрии пропечатывались на телетайпе. Через каждые 10 циклов ЭВМ вычисляла средневзвешенные значения асимметрий и их среднеквадратичные ошибки по формулам:

$$\bar{a} = \frac{\sum_i^n \omega_i a_i}{\sum_i \omega_i}; \quad \Delta \bar{a} = \sqrt{\frac{\sum_i \omega_i (a_i - \bar{a})^2}{(n-1) \sum_i \omega_i}}, \quad (5)$$

где ω_i - вес данного значения асимметрии, обратно пропорциональный суммарному числу отсчетов. При вычислениях средневзвешенных значений в обработку не включались значения асимметрии, выходящие за 5 стандартных ошибок. Это было сделано для того, чтобы исключить эффекты, связанные с ошибочной передачей информации от пересчетных схем в ЭВМ. Такие события пропечатывались на телетайпе символом и анализировались нами. Суммарное число их не

превышало 1%, а лишь 0,06% не сопровождалось явной ошибкой при передаче информации.

Если измеряемые асимметрии действительно связаны с корреляцией (I), то в силу двухчастичной кинематики параметры асимметрий для лёгких и, соответственно, тяжелых осколков должны иметь противоположные знаки для данной группы детекторов. Кроме того, из формулы (4) видно, что также противоположными должны быть знаки асимметрий для лёгких (и тяжелых) осколков для разных групп детекторов.

Усредненные значения асимметрий и их стандартные ошибки, полученные в результате четырехмесячных круглосуточных измерений, приведены в табл. I. В последней строчке приведены значения асимметрии счета числа нейтронов нейтронным счетчиком. Из таблицы видно, что действительно наблюдается ожидавшаяся корреляция знаков асимметрий для различных групп осколков и разных групп детекторов в измерениях на поляризованном пучке нейтронов. Средневзвешенное значение асимметрии в измерениях на поляризованном пучке составило

$$\bar{a}' = (0,77 \pm 0,19) \cdot 10^{-4} .$$

Положительный знак означает, что лёгкий осколок вылетает преимущественно по направлению поляризации нейтронов.

Средневзвешенное значение асимметрии в измерениях на деполаризованном пучке оказалось равным

$$\bar{a}'' = (-0,27 \pm 0,19) \cdot 10^{-4} .$$

Принимая последнее формально за приборную асимметрию и вычитая ее из первой, получим

$$\bar{a} = (1,05 \pm 0,27) \cdot 10^{-4} .$$

Это значение необходимо поправить на конечный телесный угол ($\overline{\cos\theta} = 0,9$) и отличную от единицы поляризацию нейтронов (0,85). В результате имеем

$$a = (1,37 \pm 0,35) \cdot 10^{-4}.$$

Из полученного значения параметра асимметрии, к сожалению, невозможно оценить величину F , поскольку неизвестно, к какому из двух спиновых состояний компаунд-ядра принадлежит состояние противоположной четности. Эту неопределенность можно снять, проведя измерения асимметрии деления поляризованных ядер поляризованными нейтронами, или же, что более информативно, исследуя асимметрию деления резонансными поляризованными нейтронами. В последнем случае можно будет дать ответ и на вопрос: действительно ли эффект усиления обусловлен близостью уровней противоположной четности компаунд-ядра.

Авторы пользуются случаем выразить свою признательность В.А.Емельянову, Р.С.Зинатулину, Ю.С.Орешникову и А.И.Цономареву, помогавшим в измерениях, обслуживающему персоналу реактора, а также всем коллегам, принявшим участие в предварительных обсуждениях полученного результата.

Таблица I

K	j	$\bar{a} \cdot 10^4$	
		поляризованный пучок	деполяризованный пучок
I	T	$0,89 \pm 0,34$	$- 0,09 \pm 0,31$
	II	$- 0,77 \pm 0,35$	$0,47 \pm 0,38$
2	T	$- 0,59 \pm 0,39$	$- 0,04 \pm 0,45$
	II	$0,83 \pm 0,47$	$- 0,65 \pm 0,42$
n		$- 0,03 \pm 0,10$	$0,10 \pm 0,10$

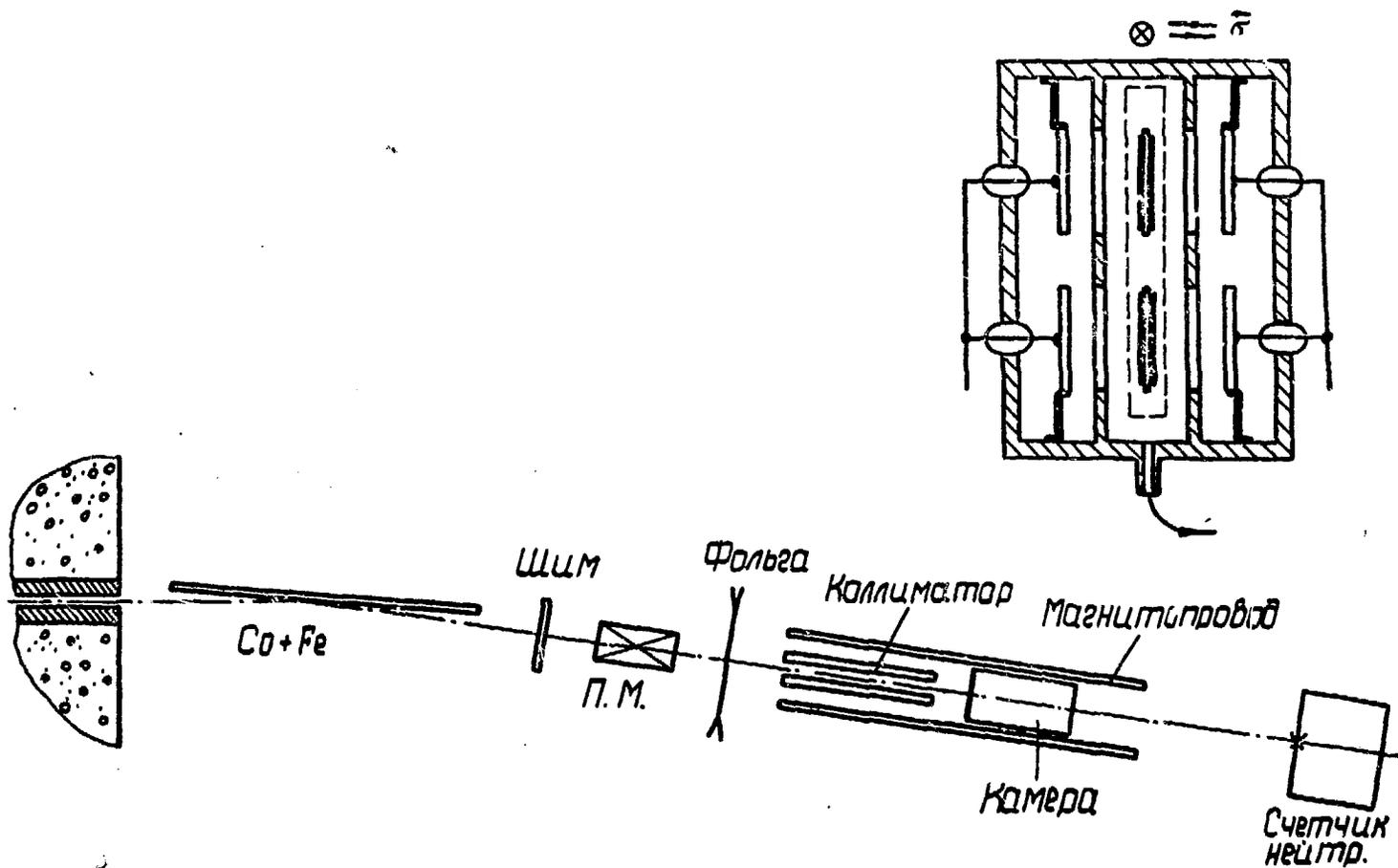


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

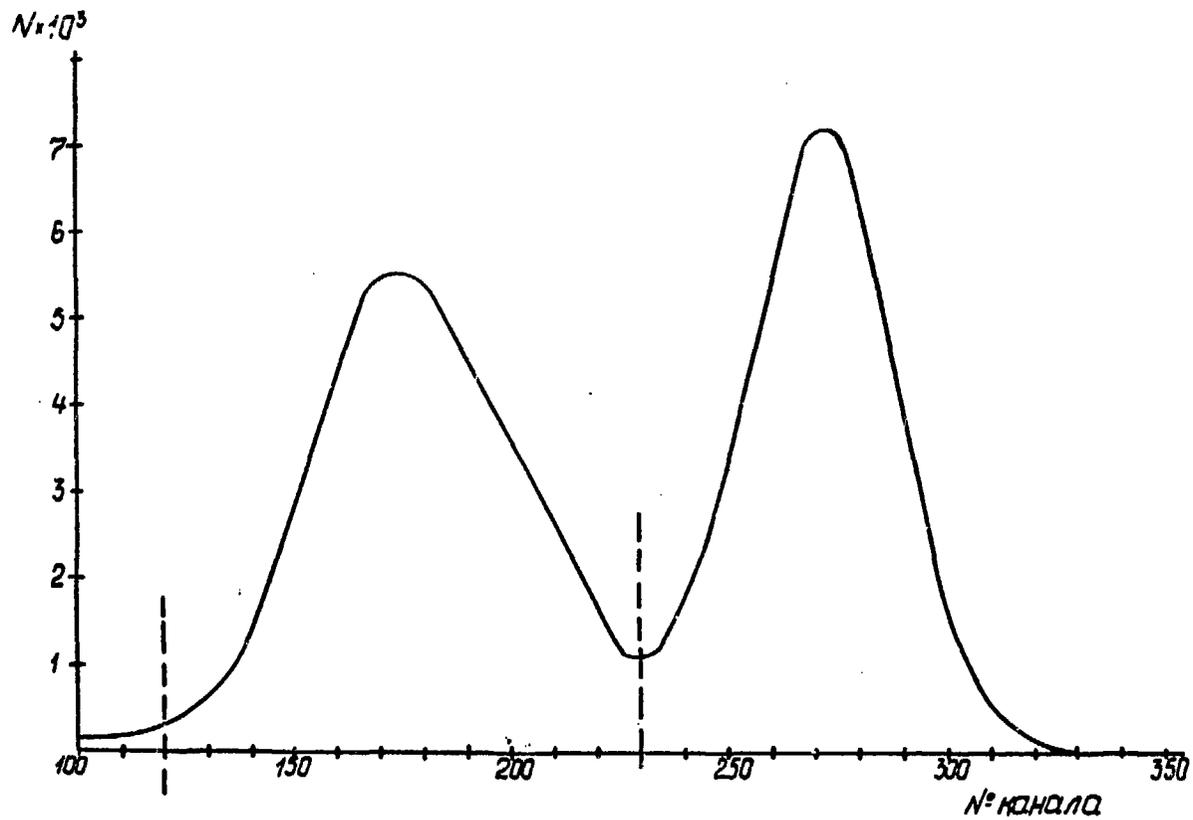


Рис.2. Амплитудный спектр осколков.

Д.О. - детектор осциллограмм

Б.У.Э. - блок управления экспериментом.

Б.У.П. - блок управления поляризацией нейтронов

Б.В.И. - блок вывода информации на Э.В.М.

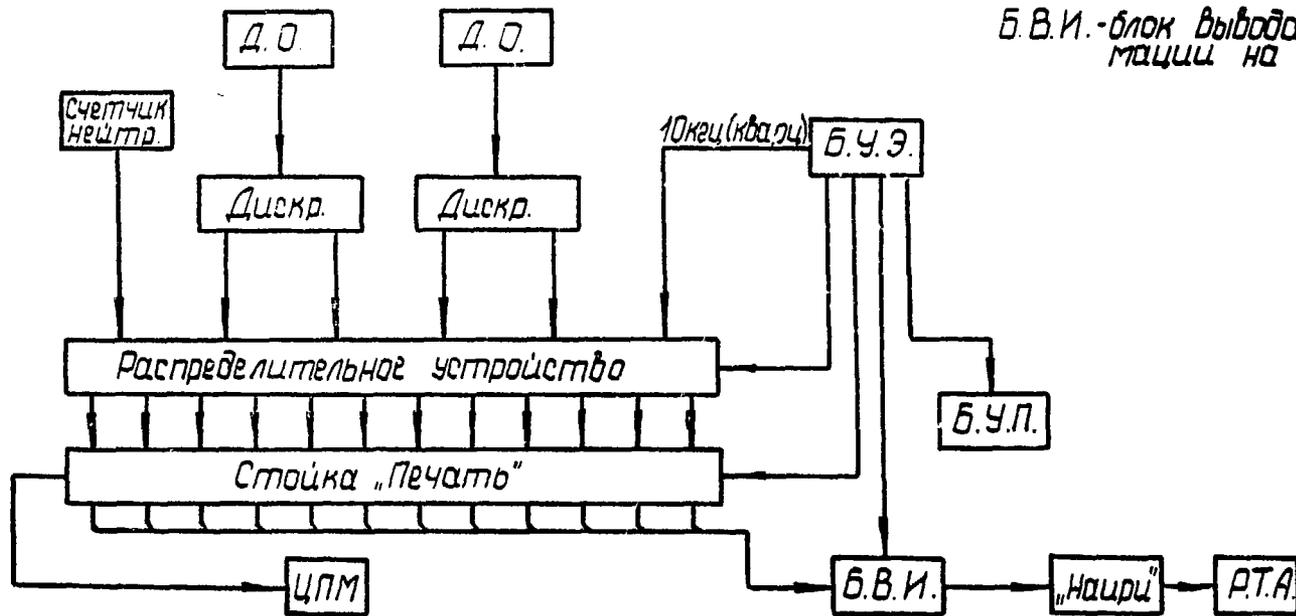


Рис. 3. Блок-схема электронной части установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимирский В.В., Андреев В.Н.
ЭТФ, 1961, 41, с.663.
2. Vidnik A.P. and Rabotnov M.S. Phys.Lett.,
1973, 46B, p.155.
3. Шапиро И.С. УФН, 1968, 95, с.647.



Работа поступила в ОНТИ 7/ХП-1976 г.

Подписано к печати 28/ХП-76г. Т - 19783. Печ. л. 1,0.
Формат 70 x 108 1/16. Тираж 300 экз. Заказ 4. Цена 6коп.

Отдел научно-технической информации ИТЭФ, ИГ7259, Москва

6 коп.