

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСОХРАНЕНИЯ ЧЕТНОСТИ

В РЕАКЦИИ $n + p \rightarrow d + \gamma$

*В.М.Лобашов, А.Е.Егоров, Д.М.Каминкер, В.А.Назаренко,
Л.Ф.Саенко, Л.М.Смотрицкий, Г.И.Харкевич, В.А.Князьков*

Измерение циркулярной поляризации γ -квантов в реакции $n + p \rightarrow d + \gamma$ дает возможность непосредственно определить изоскалярную часть амплитуды слабого нуклон-нуклонного взаимодействия [1]. Отсутствие сколько-нибудь значительного усиления в этом случае приводит к тому, что величина эффекта должна быть порядка отношения амплитуд слабого взаимодействия к сильному. Измерение столь малой поляризации представляет весьма трудную задачу, которая, однако, может быть решена при использовании методики интегрального детектирования γ -квантов [2]. Наиболее важным при этом является получение возможно более мощного источника γ -квантов этой реакции.

В настоящей работе описывается постановка эксперимента и сообщаются предварительные результаты измерения циркулярной поляризации γ -квантов в реакции радиационного захвата тепловых нейтронов в водороде. Схема эксперимента изображена на рисунке.

В качестве источника γ -квантов использовалась легководная нейтронная ловушка в активной зоне реактора ВВР-М Физико-технического института им. А.Ф.Иоффе АН СССР. Ловушка была защищена от γ -излучения зоны экраном из свинца и висмута. При объеме ловушки около трех литров и потоке нейтронов в центре ее $\sim 3 \cdot 10^{14}$ нейтр/см²сек эффективная активность источника составляла $\sim 10^{16}$ (γ -кв/сек).

γ -кванты из ловушки выводились к поляриметру по четырехметровому каналу-коллиматору. Применялся поляриметр "на прохождение" с эффективной толщиной намагниченного поглотителя ~ 60 мм, использовавшийся ранее в работе [3]. Эффективная скорость счета γ -квантов в измерительном детекторе составляла $\sim 5 \cdot 10^{10}$ сек⁻¹. Перед намагниченным поглотителем помещался мониторирующий детектор. Применение монитора вызвано тем, что относительная величина флуктуаций нейтронного потока реактора, т. е. флуктуаций интенсивности потока γ -квантов, составляет $\sim (1 - 2) \cdot 10^{-3}$ на частотах 1 - 20 ии. Это почти на два порядка превышает уровень статистических флуктуаций тока измерительного детектора. Чтобы скомпенсировать флуктуации

интенсивности, сигналы мониторирующего и измерительного детекторов после соответствующего усиления поступали на дифференциальный усилитель, разностный сигнал которого должен содержать только статистические флуктуации тока обоих детекторов и измеряемый сигнал.

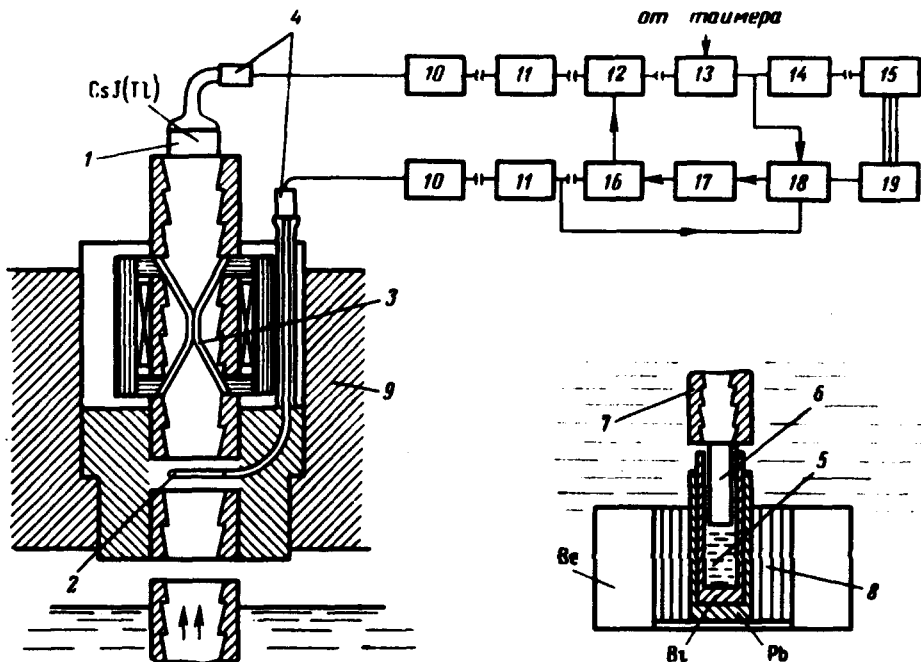


Схема эксперимента: 1 – измерительный детектор, 2 – мониторирующий детектор, 3 – намагниченный поглотитель, 4 – фотодиоды, 5 – мишень, 6 – вакуумированный цилиндр, 7 – четырехметровый коллиматор, 8 – активная зона, 9 – защита реактора, 10 – усилитель постоянного тока, 11 – усилитель, 12 – дифференциальный усилитель, 13 – вычеркиватель, 14 – резонансный усилитель, 15 – выходной усилитель, 16 – регулируемый усилитель, 17 – управляющая схема, 18 – коррелятор, 19 – маятниковый фильтр

Частота переключения намагниченности поляриметра равнялась 0,5 гц со стабильностью $\sim 10^{-7}$. Периодический сигнал выделялся из разностного сигнала с помощью маятникового фильтра.

Чтобы устранить ухудшение компенсации при относительном дрейфе каналов, применялся коррелятор, определяющий знак и величину корреляции разностного сигнала и сигнала монитора и в соответствии с этим изменяющий коэффициент усиления монитормого канала до уменьшения корреляции до нуля.

На настоящем этапе был достигнут уровень компенсации, при котором флуктуации разностного сигнала еще превышали ожидаемую величину в 1,5–2 раза.

Экранировка водной полости от излучения активной зоны реактора вызвана большим фоном циркулярно поляризованных тормозных γ -квантов от β -распада осколков деления. Эффективная величина циркулярной поляризации γ -квантов в активной зоне, как было проверено прямыми измерениями, составляет $(1 - 2) \cdot 10^{-3}$. Тормозные γ -кванты попадают в канал-коллиматор рассеиваясь на материале мишени в ловушке. Определение фона от внешнего излучения проводилось путем помещения в ловушку мишеней, имеющих близкие к воде рассеивающие характеристики и заведомо неполяризованные γ -кванты. В качестве таких мишеней использовался бериллий и графит. Было проведено несколько экспериментов с различными мишенями в водной полости при разной толщине защиты, которые позволили выбрать нужную толщину экрана. Результаты этих экспериментов сведены в табл. 1. При расчете величины эффекта от тормозных γ -квантов учитывалось только внутреннее тормозное излучение и эффективный β -спектр осколков деления урана, измеренный в работе [4].

Таблица 1

Результаты экспериментов с различными мишенями в ловушке и расчетный эффект тормозного излучения для водной мишени.

Толщина свинцового экрана ловушки Мишень	$\delta \cdot 10^6$			
	0	1 см	3 см	6 см
H_2O — мишень расчет.	- 5,0	- 1,7	- 0,17	- 0,01
H_2O — экспер.	- 5,5 $\pm 0,5$	- 1,2 $\pm 0,3$	-	-
Be — экспер.	-	- 2,0 ¹⁾ $\pm 0,4$	-	-
Графит — эксп. (из табл. 2)	-	-	-	0,0 $\pm 0,025$ ¹⁾

$\delta = \Delta U / U$, где U — интенсивность γ -квантов в измерительном детекторе, а ΔU — изменение интенсивности при перемагничивании поляриметра.

¹⁾ для Be и графитовой мишеней в качестве U при вычислении δ принято U с водой в ловушке.

Нулевой контрольный эксперимент для проверки отсутствия ложных эффектов, обусловленных поляриметром, оказался связанным с рядом трудностей, вызванных отсутствием источника неполяризованных γ -квантов (n, γ) – реакции с энергией ~ 2 Мэв. В связи с этим часть экспериментов была выполнена с источниками ^{24}Na , испускающего γ -кванты с энергией 2,7 Мэв, мультипольностью E2. Ограниченная активность источника ^{24}Na (~ 10000 кюри) не позволила достигнуть хорошей точности. Было получено $\delta = -(0,3 \pm 0,4) \cdot 10^{-7}$.

Другая часть контрольных экспериментов была выполнена с титановой мишенью в ловушке. Испускаемые в реакции $^{48}\text{Ti} (n, \gamma) ^{49}\text{Ti}$ γ -кванты с энергией 6–7 Мэв, мультипольностью E1, могут рассматриваться как практически неполяризованные.

В этих экспериментах выяснилось, что относительно более жесткие γ -кванты титана в некоторых условиях могут вызывать ряд специфических ложных эффектов, так что этот контрольный опыт не является полностью идентичным основному, хотя возможно он более критичен.

В качестве предварительного результата можно привести данные последних измерений, выполненных в одних и тех же условиях с различными мишенями. В табл. 2 эти данные расположены в хронологическом порядке.

Таблица 2
Результаты последних экспериментов.

Ловушка экранирована 35 мм свинца и 25 мм висмута

Мишень	H ₂ O	Ti	H ₂ O	H ₂ O	C	Ti
$\delta \cdot 10^7$	- 0,8 $\pm 0,4$	0,5 $\pm 0,5$	- 0,88 $\pm 0,35$	- 1,5 $\pm 0,55$	0,0 $\pm 0,25$	0,6 $\pm 0,5$

Из таблицы видно, что для трех серий с водой в ловушке наблюдался эффект, среднее взвешенное которого равно $\delta = -(1,0 \pm 0,23) \cdot 10^{-7}$, что соответствует поляризации $P_\gamma = -(1,8 \pm 0,4) \cdot 10^{-6}$. Если учесть ошибки только приведенных в табл. 2 контрольных экспериментов, то результат может быть записан как $P_\gamma = -(1,8 \pm 0,9) \cdot 10^{-6}$.

Принимая однако во внимание отмеченные выше недостатки контрольных экспериментов с жесткими γ -квантами, следует на настоящем этапе в качестве более надежного результата ограничиться оценкой $0 \leq -P_\gamma < 3 \cdot 10^{-6}$.

Эта оценка, по-видимому, может быть полезной при рассмотрении различных моделей гамильтонианов слабого взаимодействия, предсказывающих аномально большую амплитуду слабого нуклон-нуклонного взаимодействия.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность коллективу реактора ВВР-М, руководимому к.А.Коноплевым и Р.Г.Пикуликом, за всестороннюю помощь в проведении эксперимента; А.Н.Назаренко, В.М.Соколову и А.М.Сотникову за сотрудничество в конструировании и изготовлении аппаратуры; В.Е.Ковальцову и Г.И.Поповой за помощь в разработке ряда технологических методик; Л.И.Кондуровой за проведение ряда расчетов; Н.А.Лозовому, Г.Д.Чуклину, В.Б.Белякову и В.П.Лопину за участие в подготовке аппаратуры и измерениях, а также многим другим, оказавшим поддержку и содействие в проведении описываемых экспериментов.

Поступила в редакцию

19 декабря 1969 г.

Литература

- [1] G.S.Danilov. Phys. Lett., 13, 40, 1965.
 - [2] В.М.Лобашов. ЯФ, 2, 957, 1965.
 - [3] V.M.Lobashov, N.A.Lozovoy, V.A.Nazarenko, L.M.Smotrizky, G.I.Kharkevitch. Phys. Lett., 30B, 39, 1969.
 - [4] C.O.Muelhause, S.Oleksa. Phys. Rev., 105, 1332, 1957.
-