

Письма в ЖЭТФ, том 20, вып. 11, стр. 745 – 747 5 декабря 1974 г.

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПОИСКА НАРУШЕНИЯ T -ИНВАРИАНТНОСТИ В БЕТА-РАСПАДЕ СВОБОДНОГО НЕЙТРОНА

*Б.Г.Ерозолимский Ю.А. Мостовой, В.П.Федулин,
А.И.Франк, О.В.Хазан*

На новой установке с мощным пучком поляризованных нейтронов продолжены измерения трехвекторной корреляции, нарушающей временную четкость. Получено значение константы $D = -0,0027 \pm 0,0033$. Измерения продолжаются.

За последние годы осуществлено несколько исследований бета-распада поляризованных нейтронов, в которых искалась зависимость вероятности распада от направления спина нейтрона $\hat{\sigma}$ по отношению к плоскости распада $[\mathbf{p}_e, \mathbf{p}_\nu]$ [1, 2, 5]. Наличие такой корреляции, характеризуемой коэффициентом D , как известно, нарушало бы временную четность в этом процессе. До настоящего времени нет экспериментальных указаний на наличие такого эффекта. Результат первой работы Чикагской группы [1] $D = 0,04 \pm 0,05$. В работе, осуществленной в Институте им. И.В.Курчатова в 1968 г., было показано, что $D = -0,01 \pm 0,01$ [3 – 6]¹⁾.

Ввиду фундаментальности подобного рода поисков, эти работы были продолжены. Для увеличения статистической точности измерения в 1970 – 1973 г. на реакторе ИРТ-М Института Атомной Энергии им. И.В.Курчатова был создан новый мощный пучок поляризованных нейтронов с полным потоком $1,5 \cdot 10^9$ нейтр./сек при мощности реактора

¹⁾ К настоящему времени появилась работа, выполненная в Гренобле, в которой получено значение константы $D = -(1,1 \pm 1,7) \cdot 10^{-3}$ (Phys. Rev. Lett., 33, 41, 1974.

7 Мет и со степенью поляризации $\sim 70\%$. Для этого в центре активной зоны реактора устроена бериллиево-водная "ловушка", обеспечивающая "всплеск" тепловых нейтронов, из которой начинается вертикальный канал, проходящий через всю толщу водяной защиты реактора. В средней части канала на глубине 3-х метров под водой расположены кобальтовые зеркала общей площадью 4500 см^2 , а продольное поле намагничивающее слои кобальта, образуется с помощью соленоида, намотанного поверх канала и охлаждаемого непосредственно водой бассейна реактора. Верхняя часть канала при необходимости заливается водой, образуя "водяной шибер" канала¹⁾. Сама измерительная система не претерпела принципиальных изменений по сравнению с описанной в [5]. Электроны регистрируются счетчиками типа ФЭУ-52 с пластмассовыми сцинтилляторами диаметром 70 мм , толщиной 3 мм на основе винилсилола (по пять таких счетчиков в каждом из двух бета-детекторов). Для регистрации протонов отдачи была использована прежняя система электростатической фокусировки с бесполевым пролетным цилиндром, с помощью которого, как показано в работах [3, 4, 6], удается по времени пролета протонов выделять акты распада нейтрона, сопровождающиеся вылетом антинейтрино — с импульсами, лежащими в определенном конусе углов. Счетчиками протонов отдачи, ускоренных до энергии 25 кэВ , являются два ФЭУ с тонким слоем CsJ (Tl) .

Главной особенностью измерительной системы, примененной впервые в работе [3], было использование двух симметрично расположенных пар счетчиков электронов и протонов отдачи, что, как было показано в [5], в существенной степени подавляет методические погрешности, вызванные наличием угловых корреляций электрон-спин и антинейтрино-спин, которые иначе могли бы имитировать искомый эффект из-за неточности в установке осей измерительной системы относительно направления спина. Было показано, что суммарная методическая погрешность, связанная с такими перекосами установки в работе [5] не превышала 10^{-3} .

Дальнейший анализ, предпринятый в связи с попытками провести измерение константы D с более высокой точностью, показал однако, что существует целый класс эффектов, которые в конечном счете могут имитировать искомую T -нечетную асимметрию, и которые весьма затруднительно выявить в каких-либо отдельных контрольных опытах. Дело в том, что так как начальный импульс протона отдачи определяется суммарным импульсом антинейтрино и электрона, то траектории протонов внутри измерительной камеры различны для случаев, когда электрон зарегистрирован различными бета-детекторами и, кроме того, изменяются (в среднем) при изменении направления спина нейтрона из-за сильной корреляции между спином нейтрона и импульсом антинейтрино.

¹⁾ В создании нового вертикального канала, предпринятого по инициативе академика А.П.Александрова и В.В.Гончарова, помимо авторов статьи принимала участие группа эксплуатации реактора ИРТ-М под руководством В.Н.Чернышевича, а также сотрудники ИАЭ Б.А.Обинжов, А.Е.Курков и С.А.Петушков.

Можно показать, что если имеются какие-либо неоднородные потери протонов (в сетках, диафрагмах, а также при регистрации в сцинтилляционном слое счетчика) с осью асимметрии в среднем под углом 45° к направлению спина нейтронов, то в результате возникнет ложный эффект искомого типа, который не подавляется общей симметрией установки. Нами был проведен грубый контрольный опыт, в котором были закрыты алюминиевой фольгой два квадранта протонного детектора (под углом 45° к оси симметрии установки), и при этом возник ложный эффект, соответствующий величине константы $D = 0,2!$ Поэтому чрезвычайно важно, чтобы потери протонов при регистрации были минимальны и симметричны относительно оси установки. Так например, в работах, в которых нет системы фокусировки протонов, ложный эффект может возникнуть из-за неточностей изготовления или перекосов диафрагм, выделяющих протоны.

В нашей первой работе диаметр счетчиков протонов составлял 70 мм, что лишь на пределе соответствует размерам фокуса собираемых протонов отдачи. Поэтому в новой работе, краткое предварительное сообщение о которой содержится в настоящей статье, диаметр протонных детекторов был увеличен (ФЗУ-94 с фотокатодом диаметром 100 мм и слой CsJ (Tl) толщиной 0,5 мм). Кроме того, для усреднения возможных неоднородностей чувствительности сцинтилляционного слоя и фотокатода ФЗУ, оба протонных детектора периодически поворачиваются на 90° вокруг своей оси.

К настоящему времени в эксперименте зарегистрировано около $1,5 \cdot 10^6$ событий распада, и значение коэффициента трехвекторной корреляции $D = -0,0027 \pm 0,0033$. Указанная здесь ошибка статистическая, однако по нашей оценке принятые меры обеспечивают еще меньшие по величине методические погрешности. Набор статистики продолжается.

Поступила в редакцию
31 октября 1974 г.

Литература

- [1] M.Burgy, V.Crohn, T.Novey, G.Ringo, V. Telegdi, Phys. Rev., 120, 1829, 1960.
- [2] M.Clark, J.Robson. Can. J. Phys., 38, 693, 1960.
- [3] Б.Г.Ерозолимский, Л.Н.Бондаренко, Ю.А.Мостовой, Б.А.Обиняков, В.П.Захаров, В.А.Титов ЯФ, 8, 176, 1968.
- [4] Б.Г.Ерозолимский, Л.Н.Бондаренко, Ю.А.Мостовой, Б.А.Обиняков, В.П.Захаров, В.А.Титов. Phys. Lett., 27B, 557, 1968.
- [5] Б.Г.Ерозолимский, Л.Н.Бондаренко, Ю.А.Мостовой, Б.А.Обиняков, В.П.Захаров, В.А.Титов. ЯФ, 11, 1049, 1970.
- [6] Б.Г.Ерозолимский Л.Н.Бондаренко, Ю.А.Мостовой, Б.А.Обиняков. Угловые корреляции в распаде нейтрона. Доклад на XV Междунар. конф. по физике высоких энергий. Киев, 1970.