

ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВОЙ КОРРЕЛЯЦИИ СПИН НЕЙТРОНА – ИМПУЛЬС ЭЛЕКТРОНА В РАСПАДЕ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ НЕЙТРОНОВ

*Б.Г.Ерозолимский, Л.Н.Бондаренко, Ю.А.Мостовой, Б.А.Обиняков,
В.П.Федунин, А.И.Франк*

Прецизионное измерение коэффициентов угловых корреляций в β -распаде нейтрона является весьма существенным для выяснения формы слабых взаимодействий.

Настоящая работа посвящена измерению корреляционного коэффициента A , который является множителем при скалярном произведении вектора спина нейтрона $\vec{\sigma}$ и единичного вектора импульса электрона \mathbf{p}_e в выражении для вероятности β -распада [1]

$$W \sim \left[1 + A \frac{v}{c} (\vec{\sigma} \mathbf{p}_e) + \dots \right] \quad (1)$$

где v – скорость электрона распада, c – скорость света.

Как видно из (1) для измерения коэффициента A в принципе достаточно регистрировать только электроны распада, меняя направление вектора поляризации нейтронного пучка

$$p = \langle \hat{\sigma} \rangle / |\vec{\sigma}|.$$

Однако в реальных фоновых условиях для идентификации электронов распада приходится регистрировать их в совпадении с протонами отдачи. При этом возникает опасность появления существенной методической погрешности, из-за возможных потерь в счете протонов отдачи. Действительно связь между импульсами электрона, протона и антинейтрино, образующихся в акте распада нейтрона, приводит к зависимости импульса протона отдачи от импульса антинейтрино. Поэтому, если система регистрации протонов не обеспечивает независимость эффективности счета от величины и направления импульса протонов, то из-за сильной спин-антинейтринной корреляции возникает, как легко показать, изменение скорости счета совпадений при изменении направления вектора поляризации. Это внесет ошибку в результат измерения коэффициента A .

Чтобы избежать такой погрешности, рабочая область пучка выделяется диафрагмой со стороны электронного детектора и обеспечивается регистрация всех протонов распада соответствующих зарегистрированным электронам.

Работа была выполнена на реакторе ИРТ-М Института атомной энергии им.И.В.Курчатова. Коэффициент поляризации нейтронного пучка, измеренный методом Штерна – Герлаха [2], составил $P = 0,77 \pm 0,02$ при интенсивности $\sim 3 \cdot 10^7$ н/сек. Более подробно пучок и система поляризации были описаны в [3, 4].

Схема установки представлена на рис.1. Пучок поляризованных нейтронов 4. проходит через вакуумную камеру 3. По обе стороны пучка находятся сцинтилляционные детекторы электронов 1 и протонов 7. Вектор поляризации пуч-

ка направлен вдоль оси, связывающей счетчики. Рабочая область пучка (на рисунке заштрихована) выделяется диафрагмой 10. Эта область заключена между двумя сетками: сферической 5 и конусной 9. Между сетками приложена разность потенциалов 2,5 кВ, достаточная для полного "высасывания" протонов, родившихся в рабочей области через сферическую сетку 5. Последняя является частью фокусирующей системы, которая состоит из двух сферических электродов 5 и 6. Между ними приложена разность потенциалов 30 кВ. Фокусирующая система обеспечивает ускорение и собирание на детектор всех протонов из рабочей области, что было показано в специальных методических экспериментах.

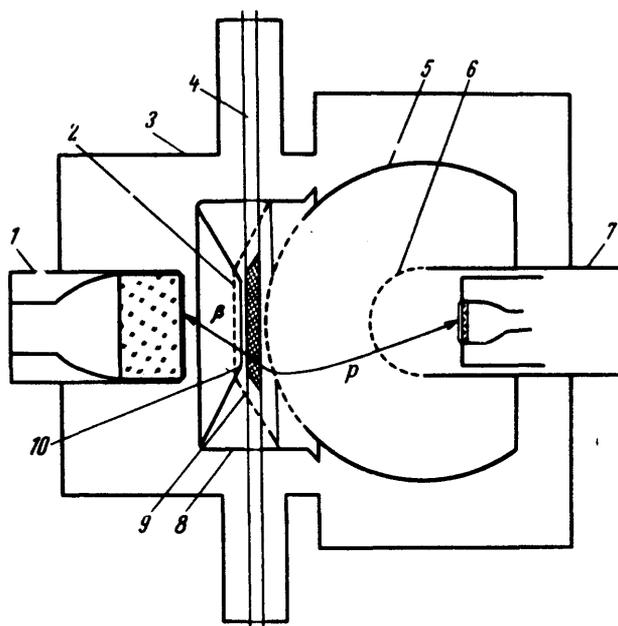


Рис. 1. Схема установки: 1 – детектор электронов, 2 – сетка, 3 – вакуумная камера, 4 – пучок нейтронов, 5 – сферический электрод с сеткой, 6 – малая сферическая сетка, 7 – детектор протонов, 8 – экранирующий электрод, 9 – коническая сетка, 10 – диафрагма, выделяющая рабочую область пучка

Протоны двигаются в фокусирующей системе конечное время (0,25 – 0,8 мсек), причем время пролета зависит от величины начального импульса и траектории протона. На рис.2 показаны временной спектр запаздывания импульсов протонного детектора относительно импульсов детектора электронов, а также положение временного окна, в котором велся счет совпадений, и уровень фона случайных совпадений. Помимо пика, связанного с протонами, наблюдается второй пик с максимумом в канале, соответствующим одновременному срабатыванию обоих детекторов. Этот пик постороннего происхождения. Его вклад в общий счет составил ~2,5% от эффекта и был учтен при расчете корреляции.

В работе велся счет совпадений при периодическом изменении направления вектора поляризации нейтронов P .

Скорость счета совпадений составляла около 200 $\mu\text{д}/\text{час}$ при фоне случайных совпадений в среднем 20 $\mu\text{д}/\text{час}$. Эффект различия в скорости счета совпадений (за вычетом фона) N_1 и N_2 при противоположных направлениях вектора поляризации равен

$$\chi = \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2} = kPA, \quad (2)$$

где P — коэффициент поляризации пучка, k — аппаратный коэффициент, учитывающий усреднение выражения (1) по конечным телесным углам и скоростям электронов.

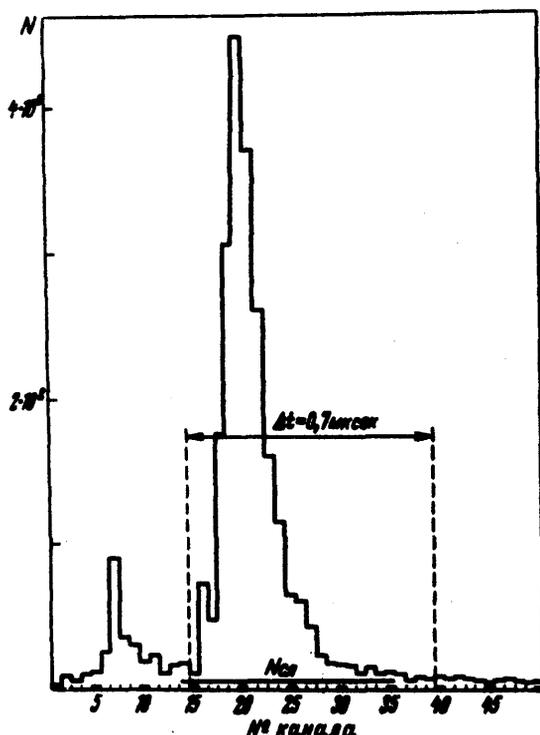


Рис. 2. Временной спектр протонов отдачи

Величина коэффициента k была вычислена методом Монте-Карло. При этом входящее в выражение (2) произведение

$$kP = 0,548 \pm 0,025.$$

Всего было зарегистрировано примерно 60 000 событий. Эффект составил $\chi = 0,0646 \pm 0,045$, что приводит к величине корреляционного коэффициента A : $A = -0,118 \pm 0,010$. В рамках $V-A$ теории отсюда можно получить следующую величину отношения $\lambda = C_A / C_V$. $|\lambda| = 1,27 \pm 0,025$. Эти результаты находятся в хорошем согласии с результатами работы [5] ($A = -0,115 \pm 0,008$, $|\lambda| = 1,25 \pm 0,02$).

Работа по измерению корреляции спин нейтрона — импульс электрона продолжается и уточненные результаты вместе с подробным описанием эксперимента будут опубликованы.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить признательность П.Е.Спиваку, проявлявшему неизменный интерес к работе, а также А.И.Афонину, А.Г.Рошину, А.Ю.Куликову и С.И.Кузнецову, принимавшим участие в создании установки и проведении измерений. Авторы благодарны работникам технической службы реактора ИРТ-М ИАЭ им. И.В.Курчатова во главе с В.П.Чернышевичем.

Поступила в редакцию
2 марта 1971 г.

Литература

- [1] V.V.Berestetsky, R.L.Ioffe, A.P.Rudik, K.A.Ter-Martirosyan. *Phys. Rev.*, 111, 552, 1958.
 - [2] Б.Г.Ерозолимский, Ю.А.Мостовой, Б.А.Обиняков. ПТЭ, № 1, 50, 1965.
 - [3] Б.А.Обиняков, Ю.А.Мостовой. ПТЭ, № 3, 87, 1970.
 - [4] Б.Г.Ерозолимский, Л.Н.Бондаренко, Ю.А.Мостовой и др., ЯФ, 11, 1049, 1970.
 - [5] C.K.Christensen, V.E.Krohn, G.R.Ringo. *Phys. Rev.*, C 1, 1693, 1970.
-