

ИЗУЧЕНИЕ РАССЕЯНИЯ РЕАКТОРНЫХ АНТИНЕЙТРИНО НА ЭЛЕКТРОНЕ С ПОМОЩЬЮ ДЕТЕКТОРА НА ОСНОВЕ ФТОРОРГАНИЧЕСКОГО СЦИНТИЛЛЯТОРА

Г.С.Видякин, В.Н.Выродов, И.И.Гуревич,
Ю.В.Козлов, В.П.Мартемьянов, С.В.Сухотин,
В.Г.Тарасенков, Е.В.Турбин, С.Х.Хакимов

В работе представлены предварительные результаты экспериментального исследования процесса упругого рассеяния реакторных антинейтрино на электроны с помощью детектора на основе фторорганического сцинтиллятора. В диапазоне энергий электронов отдачи (3150 ÷ 5175) кэВ получено сечение $\sigma_{exp} = (6,8 \pm 4,5) \cdot 10^{-46}$ см²/дел при величине свободного параметра теории электрослабых взаимодействий $-\sin^2 \theta_w = 0,29 \pm 0,10$.

Рассеяние антинейтрино на электроны является одним из наиболее интересных процессов, доступных для экспериментального исследования в потоке реакторных антинейтрино. Изучение этого чисто лептонного процесса, идущего одновременно по каналам нейтральных и заряженных слабых токов, даёт наиболее прямую информацию о структуре слабого тока, позволяет определить свободный параметр теории электрослабых взаимодействий $-\sin^2 \theta_w$.

Однако экспериментальное исследование этого процесса является весьма сложной задачей главным образом из-за малой величины его сечения ($\sim 10^{-45}$ см²), а также потому, что регистрируется только одна частица — электрон отдачи, что значительно ограничивает возможности понижения фона электронными методами. Необходимо также отметить, что присутствие в детекторе водорода создает коррелированный с работой реактора фон за счет процесса обратного бета-распада на протоне, сечение которого в ~ 100 раз превышает сечение рассеяния реакторных антинейтрино на электроны.

К настоящему времени было выполнено всего два таких эксперимента¹⁻³. В работах^{1,2} преодолевались значительные трудности в подавлении коррелированного фона от обратного бета-распада на протоне, поскольку мишенью являлся водородосодержащий пластический сцинтиллятор. Результаты работы³ рассматриваются авторами лишь как качественные, т.к. фон их детектора превышал ожидаемый эффект более чем в 50 раз.

В настоящей работе регистрация процесса $(\bar{\nu}_e e)$ -рассеяния осуществляется с помощью жидкостного фторорганического сцинтилляционного детектора. Материалы для детектора выбирались исходя из требований высокой радиационной чистоты и отсутствия водорода. Этим требованиям достаточно хорошо удовлетворяют фторопласт-4 (CF₄) и гексафторбензол (C₆F₆).

Детектор представляет собой сборку из семи одинаковых сцинтилляционных камер, каждая из которых просматривается двумя ФЭУ-49. Камеры изготовлены из фторопласта-4 в виде трехсекционных шестигранных призм, разделенных между собой окнами из кварцевого стекла (рис. 1). Центральная секция (мишень) заполнена сцинтиллирующим гексафторбензолом⁴, а крайние служат световодами и одновременно дополнительной пассивной защитой от внешнего гамма-излучения (заполнены чистым гексафторбензолом). При выбранной внутренней конфигурации камеры и после экспериментального подбора расположения зеркального отражателя (алюминизированный лавсан) однородность светосбора камеры составила $\pm 8\%$, а энергетическое разрешение для $E = 3$ мэВ — 14%.

Общий вес сцинтиллятора в детекторе равен 103 кг ($3,0 \cdot 10^{25}$ электронов), при этом вес сцинтиллирующих добавок (ВРО) — 520 г ($1,6 \cdot 10^{25}$ атомов водорода).

Установка расположена в подземном помещении на глубине нескольких десятков метров водного эквивалента. Собственно детектор помещен в магнитный экран из железа марки "Армко" и окружен пассивной защитой из стали, меди и свинца (~ 100 г/см² на сторону)

и борированного полиэтилена (~ 24 см на сторону). В качестве активной защиты от кос-

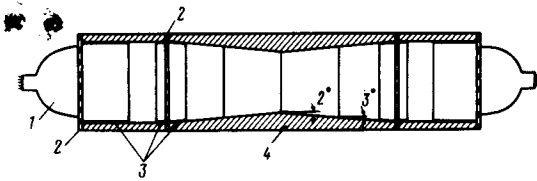


Рис. 1. Вид одной сцинтиляционной камеры: 1 – ФЭУ-49; 2 – кварцевые стекла; 3 – алюминизированный лавсан; 4 – фторопласт-4

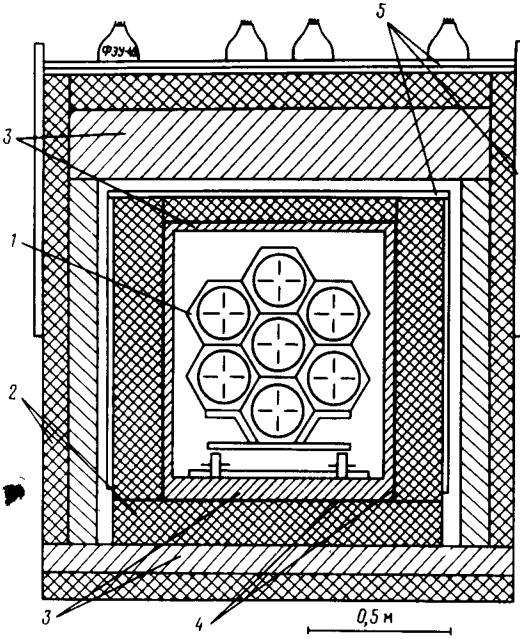


Рис. 2. Общий вид установки: 1 – детектор; 2 – борированный полиэтилен; 3 – сталь, медь, свинец; 4 – железо марки "Армко"; 5 – пластины анти-совпадений

мических мюонов использованы два слоя сцинтиляционных пластин из ПММА⁵ (рис. 2). В процессе измерений вся установка постоянно продувается чистым воздухом из баллонов.

Дополнительное подавление фона осуществляется с помощью электронной системы. Эта система отбирает события, которые регистрируются одновременно двумя ФЭУ, просматривающими одну и только одну из сцинтиляционных секций (совпадения), и, кроме того, в течение 170 мкс это совпадение не должно сопровождаться никакими другими сигналами (как от ФЭУ-детектора, так и от активной защиты). Специальная электронная схема по отношению амплитуд сигналов с разных ФЭУ на одной камере выделяет рабочий объем и выдает запрет на события, происходящие вне его.

Калибровка детектора проводилась с помощью гамма-источников PuBe (край комптоновского спектра $T^M = 4,19$ МэВ) и ^{60}Co ($T^M = 1,12$ МэВ), а также с помощью точечного источника ^{207}Bi (конверсионные электроны с $T_e = 976$ кэВ).

Измерения проводились в течение 25 дней при выключенном и 55 дней при включенном реакторе (в потоке антинейтрино $- 3,4 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$). В интервале энергий ($3150 \div 5175$) кэВ в пересчете на одну серию измерений были получены следующие результаты:

Реактор вкл.	Реактор выкл.	Разность
$8,37 \pm 0,39$	$7,21 \pm 0,54$	$1,16 \pm 0,66$

Расчетный эффект от обратного бета-распада на водороде сцинтиляционных добавок составил 0,10 за такое же время.

После учета поправок на энергетическое разрешение и краевой эффект получаем для спектра реакторных антинейтрино ⁶ :

$$\sigma_{\text{exp}} = (6,8 \pm 4,5) \cdot 10^{-46} \text{ см}^2/\text{дел}$$

и

$$\sin^2 \theta_w = (0,29 \pm 0,10).$$

В настоящее время эксперимент продолжается.

Авторы выражают благодарность С.Т.Беляеву за постоянный интерес к работе и полезные обсуждения, С.Е.Аверочкину, С.Л.Зимину, Ю.Ф.Тарасову, А.И.Кирееву, В.И.Никитину и И.В.Панову за помощь в подготовке и осуществлении эксперимента, персоналу реактора за обеспечение хороших условий проведения работ.

Литература

1. *Curr H.C. et al.* Phys. Rev. Lett., 1972, 28, 1406.
2. *Reines F. et al.* Phys. Rev. Lett., 1976, 37, 315.
3. *Дербин А.В. и др.* Письма в ЖЭТФ, 1986, 43, 164.
4. *Козлов Ю.В. и др.* ПТЭ, 1975, 3, 64.
5. *Алешин В.И. и др.* ПТЭ, 1975, 5, 59.
6. *Schreckenbach K. et al.* Phys. Lett. B, 1985, 160, 325.

Поступила в редакцию

24 мая 1989 г.