

## НАБЛЮДЕНИЕ СЛАБОГО ЗАРЯЖЕННОГО ТОКА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ РЕАКТОРНЫХ АНТИНЕЙТРИНО С ДЕЙТРОНОМ

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

Получены первые результаты для реакции взаимодействия реакторных антинейтрино с дейтроном по каналу слабого заряженного тока.  $\sigma_{\text{эксп}} = (1,1 \pm 0,3) \cdot 10^{-44}$  см<sup>2</sup>/дел.

В данной работе авторы публикуют первые результаты по измерению сечения взаимодействия реакторных антинейтрино с дейтроном. Изучаемый процесс может идти по двум каналам:

$$\bar{\nu}_e + d \rightarrow n + p + \bar{\nu}'_e \quad E_{\text{пор}} = 2,225 \text{ МэВ} \text{ — слабый нейтральный ток,}$$

$$\bar{\nu}_e + d \rightarrow n + n + e^+ \quad E_{\text{пор}} = 4,02 \text{ МэВ} \text{ — слабый заряженный ток,}$$

где  $E_{\text{пор}}$  — физический порог реакции.

Целью работы является экспериментальное определение величин сечений для обоих каналов и поиск осцилляций нейтрино. Первые расчеты для заряженного тока выполнены в работах <sup>1, 2</sup>, а для нейтрального тока в работе <sup>3</sup>. В дальнейших расчетах учитывались эффект обменных токов <sup>4</sup>, эффект взаимодействия в конечном состоянии системы двух нуклонов <sup>5, 6</sup>, а также эффект отдачи <sup>7</sup>. Значительную погрешность в предсказываемые теорией величины сечений вносят неопределенности в спектрах антинейтрино от реакторов. В основном это связано с неизвестными схемами распадов целого ряда бета-активных осколков, особенно в области  $E_{\bar{\nu}_e} > 4$  МэВ. В качестве ориентира можно взять величины сечений из <sup>5</sup>:

$$\sigma_{\text{нт}} = 3,1 \cdot 10^{-44} \text{ см}^2/\text{дел} \quad \sigma_{\text{зт}} = 1,13 \cdot 10^{-44} \text{ см}^2/\text{дел},$$

что соответствует

$$\sigma_{\text{нт}} = 5,0 \cdot 10^{-45} \text{ см}^2/\bar{\nu}_e \quad \sigma_{\text{зт}} = 1,8 \cdot 10^{-45} \text{ см}^2/\bar{\nu}_e.$$

До настоящего времени только группа Рейнеса провела эксперименты по изучению взаимодействия реакторных антинейтрино с дейтроном <sup>8, 9</sup>. В работе <sup>9</sup> приводятся следующие результаты

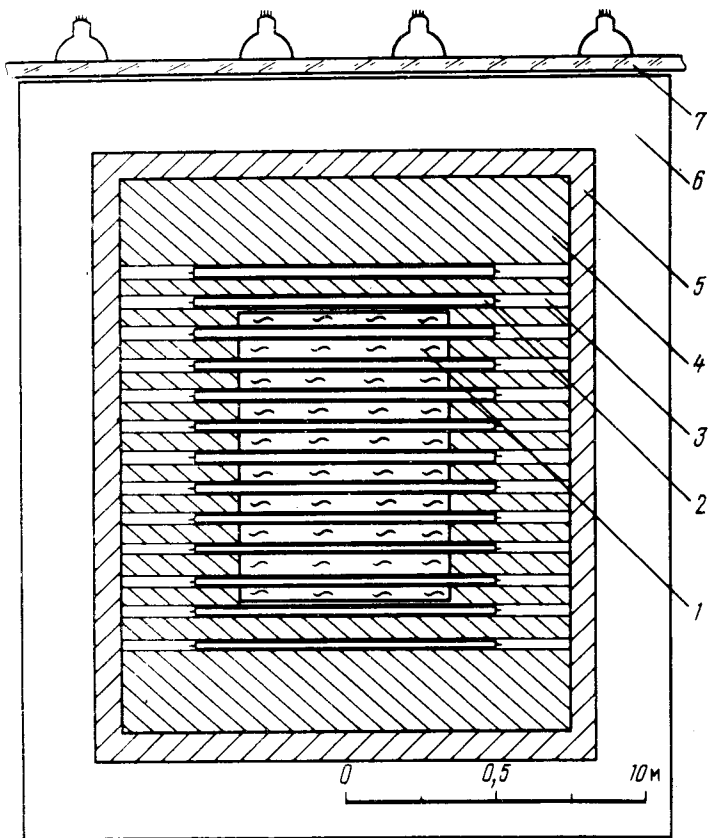
$$\sigma_{\text{нт}} = (3,8 \pm 0,9) \cdot 10^{-45} \text{ см}^2/\bar{\nu}_e \quad \sigma_{\text{зт}} = (1,5 \pm 0,4) \cdot 10^{-45} \text{ см}^2/\bar{\nu}_e.$$

Точность полученных результатов невысока, и, учитывая неопределенность теоретических оценок, дальнейшее экспериментальное изучение этого процесса представляется весьма актуальным.

С точки зрения поиска осцилляций изучаемый процесс интересен тем, что оценка параметров осцилляций может быть сделана по отношению сечений обоих каналов. Такой метод существенно уменьшает неопределенности, вносимые неточным знанием спектра реакторных антинейтрино и не зависит от абсолютного потока антинейтрино. Используя такой метод в измерениях на одном расстоянии от реактора, можно обнаружить осцилляции типа  $\bar{\nu}_e \leftrightarrow \bar{\nu}_{\mu, \tau}$  (нейтральный канал не чувствителен к осцилляциям такого типа). Если провести измерения на другом расстоянии, то совокупность всех результатов позволит обнаружить осцилляции типа  $\bar{\nu}_e \leftrightarrow (\nu_e)^R$ .

Наш детектор расположен между двумя реакторами на расстояниях 34,0 и 87,7 м. В такой постановке эксперимента можно, при обнаружении осцилляций, установить не только их параметры, но и так же и их тип.

**Детектор "Дейтон".** **Постановка эксперимента.** Детектор "Дейтон" представляет собой сборку из графитовых блоков (замедлитель и отражатель нейтронов) с габаритными размерами  $1,8 \times 1,8 \times 1,5 \text{ м}^3$ , в центре которой расположен бак, наполненный тяжелой водой (мишень и замедлитель нейтронов). Объем мишени 406 л, число ядер дейтерия равно  $(2,70 \pm 0,01) \cdot 10^{28}$ . Чистота воды 99,83%. Вся установка пронизана 151 отверстием (91 проходит через бак, остальные через графит) (рисунок). В эти отверстия вставлены 150 пропорциональных нейтронных счетчиков с пониженным собственным фоном<sup>10</sup>. Центральное отверстие используется для калибровок, а также для изучения гамма-фона внутри детектора. Измеренное время жизни нейтрона в детекторе составляет величину  $\tau = (190 \pm 2) \text{ мкс}$ .



Установка "Дейтон". 1. Бак с тяжелой водой. 2. Нейтронный счетчик. 3. Каналы для счетчиков. 4. Графитовая сборка. 5. Внешняя защита от нейтронов ( $B_4C$ ). 6. Внешняя защита от нейтронов (борированный полиэтилен). 7. Активная защита от космического излучения

Установка регистрирует только нейтроны (детектор интегрального типа). Для канала нейтрального тока регистрируется один нейтрон, для канала заряженного тока — два нейтрона во временном окне  $4\tau$ . Эффективность регистрации одного нейтрона составляет величину  $(75,8 \pm 2,3) \%$  двух нейтронов в окне  $4\tau$  —  $(59,6 \pm 1,6) \%$ . Важной характеристикой детектора является светосила, т. е. произведение числа ядер мишени на эффективность. Светосила установки "Дейтон" равна  $(20,5 \pm 0,6) \cdot 10^{27}$  при регистрации одного нейтрона и  $(16,1 \pm 0,4) \cdot 10^{27}$  при регистрации двух нейтронов во временном окне  $4\tau$ . Соответствующие характеристики детектора Рейнеса<sup>9</sup> имеют значения  $5,2 \cdot 10^{27}$  и  $1,6 \cdot 10^{27}$ .

Для защиты от внешнего излучения детектор со всех сторон окружен комбинированной пассивной защитой толщиной на сторону 52 см. Ближайший к детектору слой защиты (8 см) выполнен из карбида бора ( $CB_4$ ) и не содержит водорода, что практически исклю-

чает коррелированный с реактором фон (реакция  $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$ ). Далее следует слой (24 см) из борированного полиэтилена ( $\text{CH}_2 + 3\% \text{B}$ ) и завершает защиту 20 см слой стальной дроби (исключая потолок). Такая защита ослабляет поток от внешних нейтронов более чем в 50 раз. Над детектором после 32 см слоя защиты расположены пластины активной защиты от космического излучения общей площадью 6 см<sup>2</sup>. Установка расположена на глубине нескольких десятков метров водного эквивалента.

**Результаты эксперимента.** Экспозиция детектора продолжалась в течение 47 суток. Для нейтрального канала реакции получены следующие результаты: фон составляет величину  $(1400 \pm 19)$  событий за серию, при ожидаемом эффекте — 29 соб/сер. Соотношение эффект/фон, таким образом, равно  $\sim 1/48$ , что не позволило измерить сечение для нейтрального канала изучаемой реакции. Поэтому мы приводим лишь результаты измерений для канала заряженного тока (измеряются два нейтрона в совпадении во временном окне 800 мкс). Результаты представлены в таблице, наряду с измерениями числа трехкратных (три нейтрона во временном окне 800 мкс) и четырехкратных событий (четыре и более нейтронов в том же временном окне).

Режим реакторов		Число 2-х кратных нейтронов за серию	Число 3-х кратных нейтронов за серию	Число 4-х кратных нейтронов за серию
Ближний	Дальний			
+	+	60,3 ± 1,4	14,1 ± 0,6	5,8 ± 0,4
-	+	52,2 ± 2,0	14,8 ± 0,9	6,2 ± 0,6
(++)	(-+)	8,1 ± 2,4	- 0,7 ± 1,1	- 0,4 ± 0,7

(Знак "+" означает, что реактор включен. Знак "-" —, что реактор выключен).

Отсюда величина сечения для канала заряженных токов получается равной

$$\sigma_{\text{зт}} = (1,1 \pm 0,3) \cdot 10^{-44} \text{ см}^2 / \text{дел.}$$

Измерения продолжаются. Принимаются меры по снижению фона установки.

В заключение авторы выражают благодарность С.Т.Беляеву за постоянный интерес к работе и полезные обсуждения. Аверочкину С.Е., Пугачеву С.П., Турбину Е.В., Зиминову С.Л., Кирееву А.И., Панову И.В. за помощь в подготовке и проведении эксперимента, персоналу реактора за обеспечение хороших условий проведения работ.

#### Литература

1. Говорков А.В. ЖЭТФ, 1956, **30**, 974.
2. Weniger I. Phys. Rev., 1957, **105**, 1335.
3. Гапонов Ю.В., Тютин И.В. ЖЭТФ, 1964, **47**, 1826.
4. Hosek J., Thuhlik C. Phys. Rev. C, 1981, **23**, 665.
5. Vogel P., Schenter G.K. Phys. Rev. C, 1981, **24**, 1543.
6. F.T. Avignone III. Phys. Rev. D, 1981, **24**, 778.
7. Гапонов Ю.В., Бычук О.В., Владимиров Д.М. ЯФ, 1989, том 49, вып. 3, в печати.
8. Jenkins T.L., Kinard F.E., Reines F. Phys. Rev., 1969, **185**, 1599.
9. Pasierb E., Gurr H., Lantrop J., Reines F. Phys. Rev. Lett., 1979, **43**, 2, 96.
10. Видякин Г.С., Выродов В.Н., Козлов Ю.В. и др. ПТЭ, 1989, в печати.

Поступила в редакцию  
26 декабря 1989 г.