

## НОВЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ОБРАТНОМУ БЕТА-РАСПАДУ ПРОТОНА НА ЯДЕРНОМ РЕАКТОРЕ

*С.Н.Беленький, Ю.Л.Добрынин, М.В.Земляков,  
Л.А.Мукаэлян, М.Д.Скорохватов, А.В.Этенко*

Сообщаются предварительные результаты измерения сечения реакции  $\tilde{\nu}_e(p, n)e^+$  и ограничения на параметры нейтринных осцилляций, полученные в нейтринной лаборатории на Ровенской АЭС. Реакция детектировалась по нейтронам с помощью счетчиков, наполненных гелием-3, расположенных в полиэтилене.

В нейтринной лаборатории на Ровенской АЭС <sup>1</sup> начат новый эксперимент по изучению реакции



с помощью детектора, регистрирующего только нейтроны, возникающие в этой реакции. Детектор расположен на расстоянии  $R = 18,6$  м от центра активной зоны вплотную к нейтринному сцинтилляционному спектрометру, работающему с 1982 г.<sup>2</sup> Мы надеемся, что измерения двумя совершенно различными методами в одном и том же потоке  $\tilde{\nu}_e$  повысят надежность определения характеристик реакции (1), интерес к которой в последнее время сильно возрос в связи с проблемой нейтринных осцилляций Понтекорво и прикладными аспектами использования нейтринного излучения ядерных реакторов<sup>3</sup>. Отметим, что последнее измерение сечения было проведено в 1966 г. Незриком и Райнесом<sup>4 1)</sup>.

Детектор (рис.1) собран из отдельных блоков, содержащих полиэтилен, служащий мишенью для  $\tilde{\nu}_e$  и замедлителем образующихся нейтронов, характерная энергия которых составляет десятки кэВ. Замедлившиеся нейтроны регистрируются в пропорциональных счетчиках, заполненных гелием-3 (диаметр счетчика — 32 мм, длина — 1000 мм, давление гелия — 4 атм). Всего в детекторе содержится 136,4 кг полиэтилена и 132 счетчика. Вся установка расположена в низкофоновой камере<sup>1, 2</sup> на глубине 30 м водного эквивалента. Используемый нами метод изучения нейтринных реакций на реакторе начал развиваться в ИАЭ им. И.В.Курчатова еще в 60-х годах<sup>7</sup>.

При измерении сечения реакции (1) возникают трудности в точном определении утечки нейтронов из детектора и их притока из окружающих защитных материалов, содержащих водород. Их преодоление требует дополнительных расчетов, которые должны проверяться в специальных экспериментах. На данном этапе работы мы временно ограничились использованием данных только центральной части детектора (48 счетчиков, см. рис.1), которая находится в условиях почти полной компенсации утечки и притока нейтронов (условия „бесконечной” среды).

Измерения проводились сериями до, во время и после остановки реактора. Итоговые результаты приводятся ниже.

Средняя мощность реактора, МВт	Число отсчетов <sup>2)</sup>	Живое время	Число отсчетов за $10^5$ с
1375	8792	$6 \cdot 10^5$	$1465 \pm 16$
0	36386	$27 \cdot 10^5$	$1347 \pm 7$
1375	8773	$6 \cdot 10^5$	$1462 \pm 16$

Из приведенных данных видно, что фон детектора еще достаточно высок. Его существенная часть связана с  $\alpha$ -загрязнениями стенок счетчиков. Введение анализа по форме импульса<sup>8</sup>, а также улучшение системы антисовпадений должны заметно улучшить соотношение эффекта и фона.

Нейтринный эффект, вычисленный из представленных результатов, составляет  $N_{\tilde{\nu}} = 116 \pm \pm 13$  за  $10^5$  с.

Сечение  $\sigma_f$ <sup>5</sup>, отнесенное к одному делению  $^{235}\text{U}$  находилось из соотношения:

$$N_{\tilde{\nu}} = \frac{\overline{W}}{\overline{E}_f} \cdot \frac{1}{4\pi R^2} N_p \epsilon (1+K) \sigma_f^5,$$

где  $\overline{W} = (1375 \pm 3\%)$  МВт — средняя тепловая мощность реактора,  $\overline{E}_f = (202 \pm 2)$  МэВ — средняя энергия, выделяющаяся в реакторе на одно деление,  $R = (18,6 \pm 0,1)$  м,  $N_p = 4,25 \cdot 10^{27} \pm$

1) В недавних исследованиях, выполненных на реакторах в Гренобле<sup>5</sup> и в Швейцарии<sup>6</sup>, величина сечения непосредственно не приводится.

2) Результаты были приведены к средней тепловой мощности реактора 1375 МВт. Колебания мощности от серии к серии измерений составляло 2 — 3%.

$\pm 2\%$  – число протонов в центральной части установки,  $\epsilon = (0,504 \pm 0,030)$  – эффективность регистрации нейтронов,  $K = - (0,04 \pm 0,02)$  – поправка на деления  $^{238}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Pu}$  в активной зоне реактора.

Найденное таким образом сечение  $\sigma_f^{53}$  составляет:

$$\sigma_f^{53} = 5,77 \cdot 10^{-43} \pm 11\% \text{ (статистика)} \pm 9\% \text{ (методика)}.$$

Сравнение полученных нами результатов с ожидаемой величиной сечения позволяют на данном этапе сделать лишь слабые ограничения на эффект нейтринных осцилляций. В модели двух осциллирующих нейтринных состояний  $m_1$  и  $m_2$ :

$$\Delta^2 = |m_1^2 - m_2^2| < 0,13 \text{ эВ}^2 \text{ (sin}^2 2\theta = 1), \text{ или}$$

$$\text{sin}^2 2\theta \lesssim 0,4, \quad (\Delta^2 > 4 \text{ эВ}^2).$$

Это связано как с все еще большими экспериментальными погрешностями, так и с неопределенностями в величине сечения ожидаемого при отсутствии осцилляций (см. об этом в <sup>2</sup>).

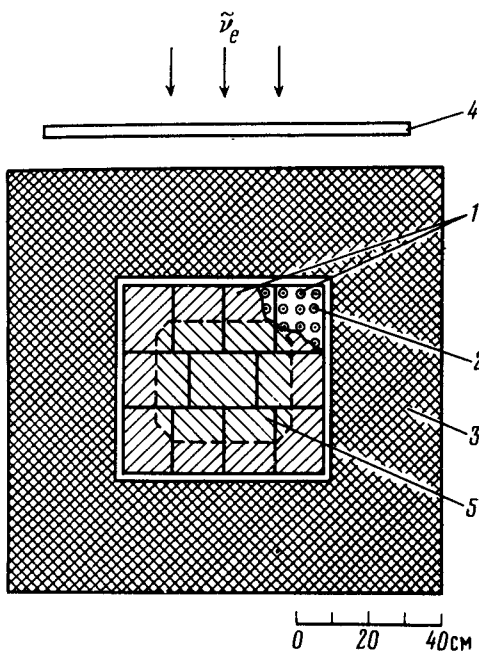


Схема нейтринного детектора: 1 – блок детектора, 2 – счетчик, наполненный гелием, 3 – борированный полиэтилен, 4 – сцинтилляционная пластина антисовпадений, 5 – центральная часть детектора (ограничена пунктиром)

Авторы приносят глубокую благодарность М.А.Маркову, инициировавшему исследование, и коллегам по лаборатории за полезные обсуждения и помощь в проведении измерений. Мы весьма благодарны дирекции и сотрудникам РАЭС, обеспечивающим жизнедеятельность лаборатории.

#### Литература

1. Боровой А.А., Микаэлян Л.А. АЭ, 1983, 54, 143.

<sup>3</sup>) Иногда пользуются сечением, отнесенным к одному  $\tilde{\nu}_e$ :  $\sigma_{\tilde{\nu}_e} = \frac{1}{6,14} \sigma_f^{53}$ . Это чисто условная величина, т.к. большая часть  $\tilde{\nu}_e$  лежит под порогом реакции (1) и в реальном реакторе их число зависит к тому же от ряда трудно контролируемых факторов.

2. *Афонин А.И., Богатов С.А., Боровой А.А., Вершинский А.Г., Гаврилов С.Л. и др.* Письма в ЖЭТФ, 1983, 38, 361.
3. *Боросой А.А., Микаэлян Л.А.* АЭ, 1978, 44, 508.
4. *Nezrik F., Reines F.* Phys. Rev., 1966, 142, 852.
5. *Nwon H. et al.* Phys. Rev., 1981, D24, 1097.
6. *Vuilleumier J. et. al.* Phys. Lett., 1982, B114, 298.
7. *Балыш А.Я., Микаэлян Л.А., Франк А.И.,* ЯФ, 1968, 7, 1237.
8. *Микаэлян Л.А., Скорохватов М.Д.* Препринт ИАЭ № 3106, 1979.

Институт атомной энергии  
им. И.В.Курчатова

Поступила в редакцию  
10 августа 1983 г.

---