

О ВОЗМОЖНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗЛИЧИЯ $\tilde{\nu}_e$ И ν_e НА ГАЛЛИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИСТОЧНИКА $\tilde{\nu}_e$

О.В.Бычук, В.Н.Гаврин

Рассмотрена возможность улучшения существующего ограничения на различие $\tilde{\nu}_e$ и ν_e с использованием искусственного источника $\tilde{\nu}_e$ на галлий-германиевом нейтринном телескопе.

В последнее время широко обсуждался вопрос калибровки галлий-германиевого нейтринного телескопа искусственным источником нейтрино сверхвысокой активности (~ 1 МКи)^{1,2}. В связи с этим представляет интерес исследовать возможность постановки эксперимента по определению различия $\tilde{\nu}_e$ и ν_e с использованием искусственного источника антинейтрино. Эксперименты такого рода проводились на ядерном реакторе³ и ускорителе⁴. В работе⁵ было предложено использовать для этой цели галлиевую мишень, помещаемую в поток антинейтрино от реактора.

Источником $\tilde{\nu}_e$ может служить β^- -активный изотоп с периодом полураспада порядка нескольких десятков дней и с, по возможности, большим энерговыделением, распад которого не сопровождается излучением жестких γ -квантов. Наиболее подходящими являются ^{32}P ($Q_{\beta^-} = 1,710$ МэВ, $t_{1/2} = 14,28$ дн), ^{89}Sr ($Q_{\beta^-} = 1,492$ МэВ, $t_{1/2} = 50,5$ дн), ^{143}Pr ($Q_{\beta^-} = 0,935$ МэВ, $t_{1/2} = 13,58$ дн), ^{170}Tm ($Q_{\beta^-} = 0,968$ МэВ, $t_{1/2} = 128,6$ дн). Получение необходимого количества ^{89}Sr и ^{143}Pr ($\sim 3,5$ г и ~ 15 г соответственно) не представляется возможным, поэтому в дальнейшем они рассматриваться не будут.

Сечение реакции $^{71}\text{Ga}(\nu_e, e^-)^{71}\text{Ge}$, усредненное по спектру $\tilde{\nu}_e$ от ^{32}P равно $1,18 \cdot 10^{-44}$ см², а по спектру $\tilde{\nu}_e$ от ^{170}Tm — $0,50 \cdot 10^{-44}$ см². Количество атомов ^{71}Ge , ожидаемое в предположении $\tilde{\nu}_e \equiv \nu_e$, достигает максимума через 18 дней экспозиции в случае ^{32}P и через 43 дня в случае ^{170}Tm . Используя 10 т металлического галлия и учитывая реальную геометрию галлий-германиевого эксперимента¹, а также полагая, что поток нейтрино от Солнца, которые являются основным источником фона, соответствует стандартной солнечной модели⁶ (эффект на ^{71}Ga $\sim 10^2$ солнечных нейтринных единиц), при начальной активности источника ~ 1 МКи можно будет установить следующее ограничение на величину $\alpha^2 = \sigma_{\text{эксп}}/\sigma_{\text{теор}}$ ($\tilde{\nu}_e \equiv \nu_e$):

$$\alpha^2 \leq 0,006 \quad (1)$$

в случае ^{32}P , что почти на порядок ниже лучшего на сегодняшний день ограничения, полученного из⁴, и

$$\alpha^2 \leq 0,01 \quad (2)$$

в случае ^{170}Tm .

В 0,144% случаев распад ^{170}Tm происходит путем электронного захвата ($Q_{\epsilon} = 0,314$ МэВ), но это не приведет к образованию сколько-нибудь заметного количества ^{71}Ge ($\sim 0,1$ ат за 43 дня).

Наиболее естественным путем получения необходимых изотопов представляется (n, γ) -реакция на тепловых нейтронах, поскольку природная распространенность как ^{31}P , так и ^{169}Tm составляет 100%, а сечения радиационного захвата нейтронов достаточно велики (усредненные по спектру реакторных нейтронов, они равны 0,18 б и 106 б соответственно ⁷). Для плотности потока нейтронов, равной $3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$, количество природного фосфора, которое надо облучать для получения источника требуемой активности, составляет $5 \div 5,5$ кг, а тулия — 0,5 кг при длительности облучения 40 дней. При этом сечение нейтронной активации ^{170}Tm принималось равным 92 б ⁷, а интервал значений, приведенный для фосфора, соответствует изменению величины сечения нейтронной активации ^{32}P от 0 до 20 б.

Другим практически реализуемым способом получения ^{32}P может оказаться реакция $^{32}\text{S}(n, p)^{32}\text{P}$ в потоке реактора на быстрых нейтронах (природная распространенность ^{32}S 95,02%).

Авторы выражают благодарность Г.Т.Зацепину за постоянный стимулирующий интерес к работе, Е.П.Веретенкину, С.Н.Даньшину, Р.Ч.Дэвису, Б.Т.Кливленду, В.Н.Корноухову, К.Ланде, А.М.Пшукову и В.Э.Янцу за полезные обсуждения.

Литература

1. Гаврин В.Н., Даньшин С.Н., Зацепин Г.Т., Копылов А.В. Препринт ИЯИ АН СССР П-0335, 1984.
2. Haxton W.C. Phys. Rev., 1988, 38, 2474.
3. Davis R. Bull. Amer. Phys. Soc. (r), 1959, 4, 217.
4. Cooper A.M. Phys. Lett., 1982, 122B, 97.
5. Барабанов И.Р., Боровой А.А., Гаврин В.Н., Зацепин Г.Т., Смирнов А.Ю., Херувимов А.Н. Препринт ИЯИ АН СССР П-0466, 1986.
6. Bahcall J.N., Ulrich R.K. Rev. Mod. Phys., 1988, 60, 297.
7. Lederer C.M., Shirley V.S. et al. Table of Isotopes, 1978, New York.

Институт ядерных исследований
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
16 января 1989 г.