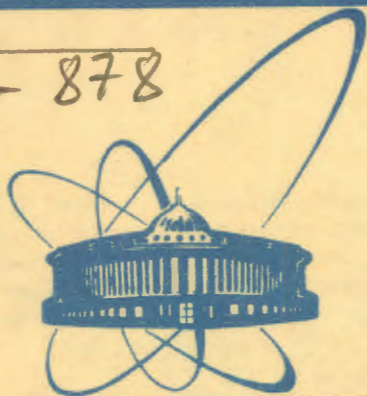


Л-878



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

3600/2-81

20/10-81

P3-81-313

В.И.Лушиков, А.Б.Попов, Г.С.Самосват,  
Ю.В.Таран

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА  
ПЕРИОДА ОСЦИЛЛЯЦИЙ  
НЕЙТРОН-АНТИНЕЙТРОН

1981

В связи с возможным несохранением барионного заряда в последнее время обсуждается вопрос об осцилляциях нейтрона, который, как двухкомпонентная частица, периодически пребывает в нейтронном и антинейтронном состояниях<sup>1-4/</sup>. Это сводится к следующему: если в момент времени  $t=0$  имеется  $N(0)$  нейтронов, то в последующем  $\bar{N}(t)$  из них будут антинейтронами и

$$\bar{N}(t) = N(0) \left( \frac{\Delta m c^2}{\mu H} \right)^2 \sin^2 \left( \frac{\mu H}{\hbar} t \right), \quad /1/$$

где  $\Delta m$  - разность масс двух собственных состояний осциллирующего нейтрона,  $\mu H$  - его энергия во внешнем магнитном поле, а остальные обозначения традиционны. Эта формула справедлива для нейтронов в вакууме и при условии  $\mu H \gg \Delta m c^2$ ; она не учитывает распада нейтронов.

Согласно оценкам, производимым на основе измеренного предела стабильности протона и современных теоретических представлений, расщепление  $\Delta m c^2$  столь мало /  $\sim 10^{-20}$  эВ по<sup>1/</sup>,  $\sim 10^{-23}$  эВ по<sup>2/</sup> и даже  $\sim 10^{-54}$  эВ по<sup>3/</sup> /, что, если правы теоретики, обнаружение нейтронных осцилляций является весьма сложной задачей, а соответствующие эксперименты<sup>5,6/</sup> весьма дорогостоящими. Имея в виду неабсолютность наших знаний и решающую роль эксперимента, мы решили достаточно простыми средствами провести поиск антинейтронов в нейтронном пучке реактора ИБР-30 и получить экспериментальную оценку величины  $\Delta m c^2$ .

Торец вакуумированного нейтроновода диаметром 400 мм, находящийся на расстоянии 10,5 м от замедлителя реактора, закрывался алюминиевым диском толщиной 13 мм. Другой диск толщиной 6 мм устанавливался внутри нейтроновода на расстоянии 69,7 м от реактора. Благодаря большому сечению аннигиляции антинейтронов в веществе первый диск определял место, где пучок был чисто нейтронным, а второй диск служил бы радиатором заряженных пионов при попадании в него антинейтронов. Снаружи нейтроновода у второго диска в защите из свинца и парафина с  $V_4C$  находился кристалл  $NaI(Tl)$  диаметром 15 см и высотой 10 см, который при пороге дискриминации  $\sim 30$  МэВ должен был регистрировать только акты аннигиляции в радиаторе с вероятностью  $\sim 5\%$  и космический фон.

В стальной трубе нейтроновода у обоих дисков на глубину до 7 м было измерено магнитное поле, которое начиная с 2-3 м

от открытого конца трубы оказалось в пределах 20% однородным и направленным по ее оси. Усредненная напряженность поля составила 0,127 Э. С учетом этого поля и того факта, что расстояние между дисками составляет 0,85 от полной пролетной базы, получим для аргумента синуса в формуле /1/ значение  $t/1,01$ , где  $t$  - время пролета нейтронов от реактора до второго диска, выраженное в мс. На рисунке показан спектр нейтронов в пучке и ожидаемый осциллирующий выход пионов, масштаб которого согласно /1/ определяется квадратом отношения  $\Delta mc^2/\mu H$ .

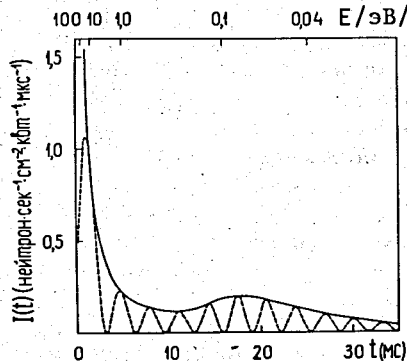
В течение 81 часа было проведено измерение временного распределения импульсов детектора от нуля до 246 мс. Реактор работал на мощности 20 кВт с частотой вспышек 4 Гц. Ничего, кроме ровного космического фона, в спектре импульсов обнаружено не было. Интенсивность фона составляла ~2,4 импульса в секунду.

Как видно из рисунка, для установления верхней границы интенсивности осцилляций выгодно воспользоваться только первой волной, так как при учете последующих волн их суммарная площадь возрастает медленнее, чем ее ошибка, равная квадратному корню из фона. Число антинейтронов в главной части первой волны, зарегистрированных за время измерения  $T$ , можно записать следующим образом:

$$\bar{N} = \epsilon \alpha T S W \left( \frac{\Delta mc^2}{\mu H} \right)^2 \int_{0,8}^{2,8} J(t) \sin^2(t/1,01) dt, \quad /2/$$

где  $\epsilon = 0,05$  - эффективность регистрации актов аннигиляции,  $\alpha = 0,75$  - ослабление потока нейтронов первым диском и воздухом между реактором и этим диском,  $S$  - площадь радиатора,  $W$  - мощность реактора,  $J(t)$  - спектральная плотность потока нейтронов, показанная на рисунке. В указанном интервале спектра было зарегистрировано 6973 импульса, а фон для интервала такой ширины, определенный по участку спектра  $50 \div 246$  мс,

где практически нет нейтронов, составлял  $7004 \pm 10$  импульсов. Таким образом, для  $\bar{N}$  было получено значение  $-31 \pm 84$ . Принимая, что на уровне одного стандартного откло-



Зависимости плотности потока нейтронов  $J(t)$  в пучке ИБР-30 на расстоянии 70 м от реактора /сплошная линия/ и функции  $J(t) \sin^2(t/1,01)$  /пунктирная линия/ от времени пролета  $t$ .

нения  $\bar{N} < 84$ , и подставляя в /2/ численные значения параметров и интегрируя, мы получили оценку для максимального числа антинейтронов на один падающий нейтрон  $(\Delta mc^2/\mu H)^2 < 1,7 \cdot 10^{-10}$ , откуда при  $H = 0,127$  Э следует, что

$$\Delta mc^2 < 10^{-17} \text{ эВ}. \quad /3/$$

При отсутствии внешних полей осцилляции свободного нейтрона должны происходить по закону  $\sin^2\left(\frac{\Delta mc^2}{\hbar} t\right) = \sin^2(t/\tau_{n\bar{n}})$ , где  $\tau_{n\bar{n}}$  - характерное время перехода нейтрон-антинейтрон в абсолютной пустоте. Тогда /3/ эквивалентно

$$\tau_{n\bar{n}} > 66 \text{ с}, \quad /4/$$

что соответствует периоду осцилляций более ~200 с.

Таким образом, первый экспериментальный предел  $\tau_{n\bar{n}} > 0,1$  с, полученный исходя из времени хранения ультрахолодных нейтронов в сосудах, увеличен почти на 3 порядка, и для дальнейшего уточнения этой величины необходимы более чувствительные установки.

После того, как эта работа была подготовлена к печати, нам стал известен результат  $\tau_{n\bar{n}} > 2500$  с, полученный на основе экспериментальной оценки отношения числа антипротонов, образующихся за счет распада антинейтронов, к числу протонов в космическом излучении. Этот результат опирается на рассчитанные авторами плотность нейтронов и эффективное магнитное поле в космосе, а также на ряд предположений и является менее прямым, чем оценка /4/.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Mohapatra R.N., Marshak R.E. Phys.Rev.Lett., 1980, 44, p. 1316; Phys.Lett., 1980, 94B, p. 183.
2. Казарновский М.В. и др. Письма в ЖЭТФ, 1980, 32, с. 88.
3. Kuo T.K., Love S.T. Phys.Rev.Lett., 1980, 45, p. 93.
4. Chang L.-N., Chang N.-P. Phys.Lett., 1980, 92B, p. 103.
5. Baldo-Geolin M. 7th Trieste Conference on Particle Physics, Trieste, 30 June-4 July, 1980.
6. Chetyrkin K.J. et al. Phys.Lett., 1981, 99B, p. 358.
7. Голиков В.В. и др. ОИЯИ, 3-5736, Дубна, 1971.
8. Игнатович В.К., Луциков В.И. ОИЯИ, Р4-81-77, Дубна, 1981.
9. Sawada O., Fukigita M. Preprint КЕК-ТН 19, Ibaraki, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел  
11 мая 1981 года