

ПОИСК ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДИПОЛЬНОГО МОМЕНТА НЕЙТРОНА

*И.С.Алтарев, Ю.В.Борисов, А.Б.Брандин,
А.И.Егоров, В.Ф.Ежов, С.Н.Иванов,
В.М.Лобашев, В.А.Назаренко, Г.Д.Порсев,
В.Л.Рябов, А.П.Серебров, Р.Р.Тальдаев*

В работе представлен результат измерения электрического дипольного момента (ЭДМ) нейтрона с помощью ультрахолодных нейтронов (УХН). Результаты измерений дают величину ЭДМ: $d_n = (4 \pm 7,5) \times 10^{-25}$ е.см. Отсюда можно заключить, что $|d| < 1,6 \cdot 10^{-24}$ е.см на уровне достоверности 90%.

Поиск электрического дипольного момента нейтрона представляет большой интерес в связи с проблемой нарушения CP -инвариантности. Ряд экспериментов, последний из которых [1] был выполнен в Гренобле в 1976 году, позволил установить верхнюю границу для величины ЭДМ ($|d_n| < 3 \cdot 10^{-24}$ е. см). В этих экспериментах были полностью исчерпаны возможности пролетного метода измерений. Дальнейшее увеличение точности эксперимента по поиску ЭДМ нейтрона связано с использованием ультрахолодных нейтронов [2, 3].

В данной работе приводятся результаты эксперимента, выполненного с помощью УХН. Экспериментальная установка включает в себя охлаждаемый источник УХН с зеркальным нейтроноводом [4 — 6] и магниторезонансный спектрометр [7, 8].

Источником УХН служит бериллиевый конвертор, охлаждаемый до температуры 30К с помощью газообразного гелия, который снимает тепловую мощность 1,3 кВт. Конвертор размещен в центре активной зоны реактора в потоке тепловых нейтронов $1 \cdot 10^{14}$ нейтрон/сек·см². Охлаждение конвертора увеличивает плотность потока УХН в 10 — 12 раз. Нейтроны доставляются к магниторезонансному спектрометру с помощью зеркального нейтроновода из нержавеющей стали. Поток УХН ($v < 6,8$ м/сек) на входе в спектрометр $1,2 \cdot 10^4$ нейтрон/сек.

Магниторезонансный метод поиска ЭДМ основан на том, что изменение направления электрического поля по отношению к магнитному должно приводить к смещению резонансной частоты, если существует ЭДМ нейтрона ($H = -\mu \vec{\sigma} H - d_n \vec{\sigma} E$). В данном спектрометре в качестве рабочего вещества, используется газ ультрахолодных нейтронов, удерживаемый в ловушках в течение ~ 5 сек. Это позволяет получать очень узкую линию магнитного резонанса ($\Delta\nu \approx 8 \cdot 10^{-2}$ Гц). Необходимая стабильность магнитного поля ($10^{-6} - 10^{-7}$ Э) поддерживается с помощью трехслойного магнитного экрана, системы стабилизации магнитного поля вне экранов, системы стабилизации магнитного поля внутри экранов, выполненной на основе квантового магнитометра оптической накачки. Кроме того, стабильность резонансных условий обеспечивается по изменению нейтронного счета автоматической подстройкой частоты. Однородность магнитного поля в рабочем объеме спектрометра (1 — 2) ×

$\times 10^{-5}$ Э. Рабочая частота 83 Гц. Напряженность электрического поля ~ 25 кВ/см.

Схема спектрометра имеет три основные особенности. Спектрометр является двухкамерным, содержит систему двойного анализа поляризации [9, 10] и в нем применен адиабатический метод отдельных осциллирующих полей [8].

Процесс измерений и управление экспериментом полностью автоматизированы на базе ЭВМ М-400. В ходе измерений через определенный интервал времени изменяется полярность электрического напряжения и определяется возможный сдвиг резонансной частоты.

Было проведено несколько серий измерений, по результатам которых построено распределение отклонений результатов от среднего значения. Анализ распределения показал, что оно является нормальным, а полуширина распределения больше статистической только на 3%. Средневзвешенное значение окончательного результата находится в пределах одного стандартного отклонения и равно:

$$d_n = (4,0 \pm 7,5) \cdot 10^{-25} \text{ е.см.}$$

Бала также сделана контрольная обработка результатов, которая позволяет выявить вклад систематических ошибок в результат измерений. Возможность такого анализа основана на особенности двухкамерного варианта спектрометра. При контрольной обработке результатов не было обнаружено систематических ошибок, что свидетельствует о надежности полученного результата.

Таким образом, на уровне достоверности 90% $|d_n| < 1,6 \cdot 10^{-24}$ е.см.

Результаты отдельных измерений приведены в табл. 1. В табл. 2 приведены результаты контрольной обработки.

Т а б л и ц а 1

Результаты отдельных серий измерений
(в единицах 10^{-24} е.см)

№	ЭДМ	Статистическая ошибка	Среднеквадратичная ошибка
1	- 1,29	2,41	2,71
2	- 2,1	2,93	3,03
3	1,15	1,12	1,11
4	- 2,80	2,50	2,62
5	- 0,43	1,76	1,72
6	2,08	1,99	1,95

Контрольная обработка результатов
(в единицах 10^{-24} е.см)

	ЭДМ	Статистическая ошибка	Среднеквадратичная ошибка
Верхняя камера	0,72	1,02	1,21
Нижняя камера	0,19	1,06	1,26

Институт ядерной физики
им. Б.П.Константинова
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
26 апреля 1979 г.

Литература

- [1] W.B.Dress, P.D.Miller, J.M.Pendlebury, P.Perrin, N.F.Ramsey. Phys. Rev., D, 15, №1, 1977.
- [2] Я.Б.Зельдович. ЖЭТФ, 36, 1952, 1959.
- [3] Ф.Л.Шапиро. УФН, 95, 145, 1968.
- [4] В.М.Лобашев, Г.Д.Порсев, А.П.Серебров. Препринт ЛИЯФ-37, 1973.
- [5] А.И.Егоров, В.М.Лобашев, В.А. Назаренко, Г.Д.Порсев, А.П.Серебров. ЯФ, 19, 300, 1974.
- [6] И.С.Алтарев, А.И.Егоров, В.Ф.Ежов, С.Н.Иванов, В.М.Лобашев, В.А.Назаренко, Г.Д.Порсев, А.П.Серебров, Р.Р.Тальдаев, А.Г.Харитонов. Препринт ЛИЯФ-246, 1976.
- [7] А.И.Егоров, В.Ф.Ежов, С.Н.Иванов, В.А.Князьков, В.М.Лобашев, В.А.Назаренко, Г.Д.Порсев, А.П.Серебров. ЯФ, 21, 292, 1975.
- [8] В.Ф.Ежов, С.Н.Иванов, В.М.Лобашев, В.А.Назаренко, Г.Д.Порсев, О.В.Сердюк, А.П.Серебров, Р.Р.Тальдаев. Письма в ЖЭТФ, 24, 39, 1976.
- [9] В.М.Лобашев, А.П.Серебров. III Международная школа по нейтронной физике. Алушта, 1978.
- [10] И.С.Алтарев, Ю.В. Борисов, А.Б.Брандин, А.И.Егоров, В.Ф.Ежов, С.Н.Иванов, В.М.Лобашев, В.А.Назаренко, Г.Д.Порсев, А.П.Серебров, В.Л.Рябов, Р.Р.Тальдаев. Препринт ЛИЯФ-430, 1978.