

ДЛИТЕЛЬНОЕ ХРАНЕНИЕ НЕЙТРОНОВ В НЕОДНОРОДНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Ю.Г.Абов, В.В.Васильев, В.В.Владимирский, И.Б.Рожнин

В работе впервые экспериментально показано, что в простой односвязной области, образованной сочетанием неоднородного магнитного поля и гравитационного потенциала, возможно удержание нейтронов со временем хранения, превышающим 700 с.

1. Введение.

В настоящей работе рассматривается вопрос о возможности хранения нейтронов в магнитной ловушке с простой односвязной областью удержания со временем, близким ко времени жизни свободного нейтрона. В работе ¹, где была впервые поставлена такая задача, единственным и вполне преодолимым препятствием было названо наличие в такой ловушке узловых линий и точек, на которых магнитное поле обращается в ноль. В результате известных экспериментов по хранению нейтронов в ловушках, реализующих такие области удержания ^{2, 3}, получены времена хранения 34 ± 7 с ², и 303 ± 37 с ³. В работе ² сделана попытка объяснить результат только деполяризацией нейтронов на узлах поля, время хранения из работы ³ не совпадает с оценками по деполяризации. Поэтому выдвигалось предположение о наличии иного канала ухода нейтронов ⁴. Результаты очередного эксперимента по удержанию нейтронов в ловушке изложены в данной работе.

2. Эксперимент.

В работах ^{3, 5} приведены подробные данные об установке по хранению нейтронов, поэтому здесь достаточно привести схему магнитной ловушки (рис. 1). Результаты предыдущего эксперимента позволили предположить, что достигнутое ранее время $\tau = 303 \pm 37$ с определяется в основном нейтронами, диапазон энергий которых превосходит граничную энергию

магнитного хранения. В работе ⁵ показано, что в ловушке содержатся нейтроны, хранение которых характеризуется временами более 500 с, однако их количество не превышает 0,2 нейтр / цикл.

Для проверки этих оценок и предположений на уровне верхней границы области удержания (150 мм от дна камеры) был помещен поглотитель ультрахолодных нейтронов (УХН). В качестве поглотителя использовано диффузионное масло на алюминиевой подложке в виде круга, подвешенного горизонтально. При размещении дополнительного поглотителя исходили из того, что полиэтиленовый диск на дне вакуумной камеры не дает необходимого поглощения высокоэнергетичных нейтронов. Дело в том, что значительный вклад могут давать нейтроны с энергией, превосходящей граничную энергию магнитного удержания (определяемую самым слабым полем в области патрубка инжекции), но меньшей магнитного потенциала на дне камеры в области полиэтиленового диска.

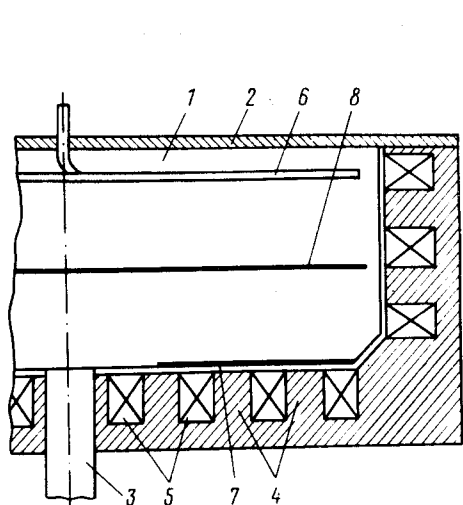


Рис. 1

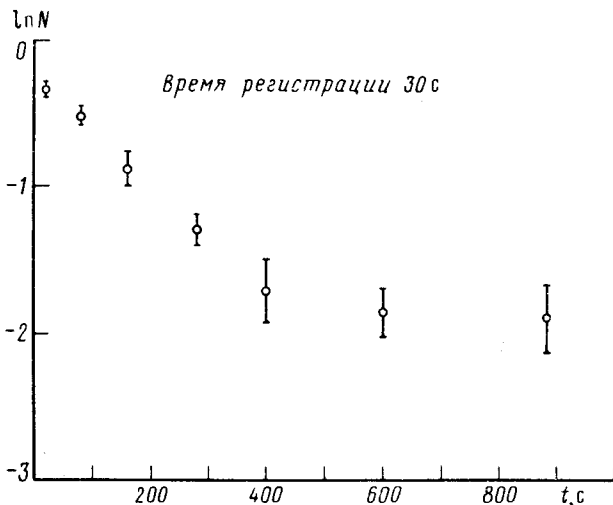


Рис. 2

Рис. 1. Магнитная ловушка УХН: 1 – вакуумная камера, 2 – крышка вакуумной камеры, 3 – патрубок для инжекции и вывода нейтронов, 4 – полюса электромагнита, 5 – обмотки электромагнита, 6 – корректирующая обмотка, 7 – полиэтиленовый поглотитель, 8 – дополнительный поглотитель

Рис. 2. Зависимость количества нейтронов, оставшихся в ловушке после времени выдержки t и зарегистрированных детектором за время регистрации 30 с, от времени выдержки

Проведены серии измерений с временами удержания 20, 80, 160, 280, 400, 600 и 880 с. По окончании интервала удержания магнитный затвор открывался, и детектор, счет которого до этого практически не отличался от фонового, регистрировал нейтроны, выходящие из ловушки. Результаты эксперимента приведены на рис. 2, где показана зависимость количества нейтронов, вытекающих на детектор после интервала удержания, от длительности интервала удержания. Счет приведен после вычета фона. В ходе всего эксперимента фон не превышал 0,009 имп/с. Из графика и проведенных оценок следует, что кривая хранения описывается суммой двух экспонент, причем "короткая" имеет время спада 210 ± 60 с, а "длинная" – не менее 700 с на уровне значимости 68 %. Следовательно, нейтроны в объеме хранения можно разделить в зависимости от взаимодействия с магнитным полем, стенками камеры и поглотителем УХН на "короткую" и "длинную" составляющие.

Из сравнения с результатами работ ^{3, 5} видно, что расположение поглотителя УХН на верхней границе объема хранения значительно уменьшило количество нейтронов в накопителе (до 0,8 нейтр / цикл). Тем не менее "короткая" составляющая осталась, причем время хранения ее составило $\tau \approx 200$ с, т. е. изменилось по сравнению с результатами работы ³, где было зафиксировано $\tau \approx 300$ с.

Напомним, что в реализованном варианте боковая поверхность вакуумной камеры и бо́льшая часть дна свободны от эффективного поглотителя УХН и способны отражать нейтроны. Расположение верхнего поглощающего экрана обеспечивает поглощение нейтронов с вертикальной составляющей скорости, превышающей граничную скорость магнитного хранения. Существует и доля нейтронов, у которых вертикальная составляющая скорости не превышает граничной, но имеется значительная горизонтальная составляющая скорости, такая, что полная кинетическая энергия превышает граничную энергию удержания. Время ухода таких нейтронов определяется скоростью перемешивания горизонтальной и вертикальной составляющих, что, возможно, и приводит к времени хранения $\tau \simeq 200$ с.

3. Выводы.

Полученные результаты позволяют заключить, что количество накапливаемых нейтронов долгоживущей составляющей близко к сделанным ранее оценкам⁵, исходящим из потока УХН на входе в ловушку. Ясно также, что длительное хранение нейтронов со временем, сравнимым со временем жизни свободного нейтрона, вполне возможно в ловушках с неоднородным магнитным полем, реализующих простую односвязную область хранения. Нужно лишь увеличить фазовый объем ловушки и исходный поток УХН для получения достаточной статистики.

Авторы благодарны В.Ф.Белкину, А.А.Белоноженко, А.Ю.Карпову, Н.И.Козлову и А.М.Саломатину за обеспечение эксперимента. Авторы признательны Ф.С.Джепарову за участие в обсуждениях результатов, В.П.Болотскому и О.А.Бреславскому за помощь в обработке результатов.

Литература

1. Владимирский В.В. ЖЭТФ, 1060, 39, 1070.
2. Косвинцев Ю.Ю. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. ОИЯИ, Дубна, 1985 г.
3. Абов Ю.Г. и др. ЯФ, 1983, 38, 122.
4. Абов Ю.Г. и др. Препринт ИТЭФ, 37, М., 1983.
5. Абов Ю.Г. и др. Препринт ИТЭФ, 126, М., 1986.

Поступила в редакцию
9 сентября 1986 г.