

ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ХРАНЕНИЮ НЕЙТРОНОВ В МАГНИТНОЙ ЛОВУШКЕ

Ю.Ю.Косвинцев, Ю.А.Кушнир, В.И.Морозов
И.А.Плотников

Приведены предварительные результаты эксперимента по удержанию ультрахолодных нейтронов ($0 \div 9$ нэв) в магнитной ловушке с напряженностью поля 2,5 кэ.

Число накопленных в ловушке нейтронов $1,05 \pm 0,15$, время хранения 35 ± 10 сек.

На возможность удержания нейтронов при помощи магнитных полей впервые было указано в работе [1]. Если нейтрон ввести внутрь замкнутой магнитной полости, у которой поле возрастает от центра к периферии, то он будет храниться в ней, пока его спин направлен по полю и энергия $E < \mu H_{max}$, μ — магнитный момент нейтрона, H_{max} — максимальная напряженность поля на границе полости. Переворот спина (деполяризация) приведет к изменению знака взаимодействия магнитного момента с полем и выходу нейтрона из области удержания.

В настоящее время имеются работы, посвященные как теоретическому анализу задачи удержания нейтронов магнитным полем [2 — 5], так и описанию проектирующихся или строящихся магнитных ловушек [6 — 8]. Главной целью, стимулировавшей работы в этом направлении, явилась возможность прямого измерения времени жизни свободного нейтрона при помощи таких систем [9].

Результаты экспериментальных работ по взаимодействию УХН с магнитными полями, проведенные на реакторе СМ-2 [10 — 12], дали основание для разработки и изготовления ловушки, схема которой приведена на рис. 1.

Магнитная система ловушки состоит из плоского горизонтального 1 и цилиндрического вертикального зеркала 2. Ограничение движения УХН вверх происходит за счет гравитационного поля.

Горизонтальное зеркало диаметром 80 см имеет семь концентрических полюсов, в пазах которых уложены запитывающие обмотки. Вертикальное магнитное зеркало состоит из цилиндрического панциря диаметром 80 см и четырех полюсов, выполненных в виде колец с внутренним диаметром 64 см. В пазах между полюсами уложены три обмотки с числами витков, линейно убывающими снизу вверх.

Центральная часть нижнего зеркала, включающая в себя два полюса и две обмотки, представляет собой автономный узел, играющий роль "пробки" 3. Через отверстие, закрываемое "пробкой" УХН поступают в ловушку и вытекают из нее на регистрацию. Обмотки зеркал включены последовательно. Полная мощность, выделяющаяся в обмотках — 20 кВт, ток — 110 а, амплитуда основной гармоники пульсации тока при частоте 25 гц не превышала 0,2%. Ток в обмотках "пробки" — 120 а, амплитуда основной гармоники пульсации при частоте 30 гц не превышала 1,5%, потребляемая мощность — 1,5 кВт.

Обмотки горизонтального зеркала охлаждаются маслом, вертикальное зеркало и "пробка" охлаждаются сжатым воздухом.

Напряженность поля на высоте 2 мм от плоскости полюсов составляет 2,5 кэ. Создаваемое поле обеспечивает удержание нейтронов, имеющих в объеме ловушки кинетическую энергию в диапазоне 0 ÷ 9 нэв (рис. 2). У центрального полюса на этой же высоте в области, начиная с диаметра 6 см, напряженность поля постепенно уменьшается до нуля.

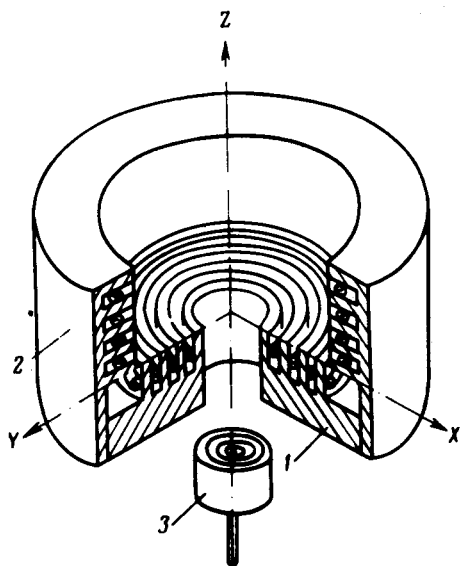


Рис. 1. Принципиальная схема магнитной ловушки: 1 — плоское горизонтальное зеркало; 2 — цилиндрическое вертикальное зеркало; 3 — пробка

нэв

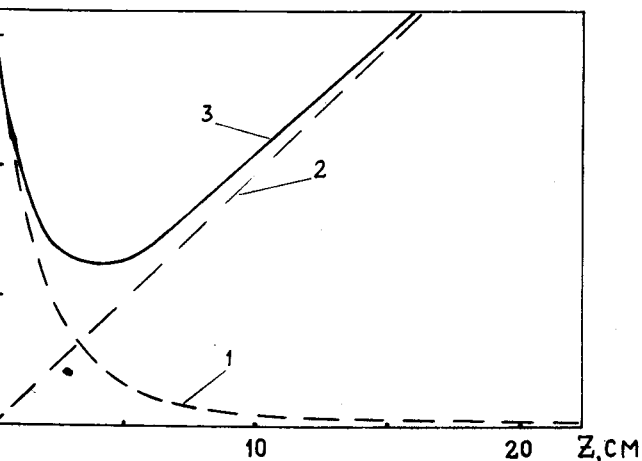


Рис. 2. Зависимость энергии взаимодействия нейтронов с магнитным и гравитационным полем от высоты над горизонтальным зеркалом: 1 — с магнитным полем; 2 — с гравитационным полем; 3 — полная энергия взаимодействия

Внутренняя поверхность вакуумной камеры ловушки, за исключением торцевой поверхности магнитной "пробки" и кольцевой полосы шириной 3 см вокруг входного отверстия, покрыта поглотителем УХН (полиэтиленом).

В экспериментах с ловушкой исследовалась зависимость числа нейтронов, сохранившихся в объеме ловушки, от времени удержания. Время накопления нейтронов составляло 60 сек, время регистрации – 20 сек.

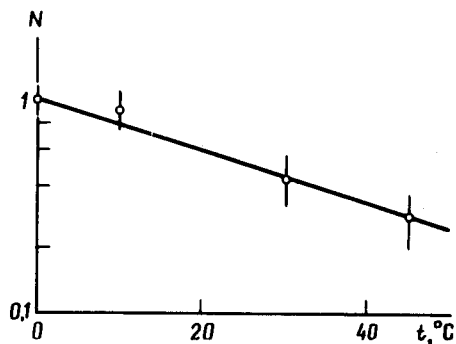


Рис.3. Зависимость числа УХН, оставшихся в ловушке, от времени хранения

При отключенном магнитном поле нейтроны, попавшие в ловушку, ударялись о стенку вакуумной камеры и поглощались в полиэтилене. Число накапливавшихся за один цикл нейтронов в этом случае составляло $0,00 \pm 0,06$ нейтрона, т.е. накопления не происходило.

Результаты эксперимента с включенным полем показаны на рис.3. За один цикл в ловушке накапливается $1,05 \pm 0,15$ нейтронов, время удержания составляет 35 ± 10 сек. Полученные результаты свидетельствуют о реализации хранения нейтронов в магнитной ловушке.

В дальнейшем планируется изучить влияние степени стабильности магнитного поля и наличия в нем областей с нулевой напряженностью на время удержания нейтронов в ловушке.

Представляет также интерес исследовать возможность деполяризации УХН при ударе о центральную часть пробки, где поле ослаблено.

Авторы благодарны Ю.Г.Абову, П.А.Крупичкому, И.М.Франку, Ю.С.Замятину, В.В.Васильеву, Г.И.Терехову, В.И.Лушикову, В.К.Игнатовичу, А.И.Франку за многочисленные обсуждения постановки эксперимента и его результатов.

Поступила в редакцию
28 ноября 1977 г.

Литература

- [1] В.В. Владимирский, ЖЭТФ, 39, 1062, 1960.
- [2] И.М.Матора, О.А.Стрелина. Препринт ОИЯИ, РЗ-5902, Дубна, 1971.
- [3] И.М.Матора. ЯФ, 16, 624, 1972.
- [4] V. K. Ignatovich. Preprint JINR, E4-8404, Dubna, 1974.

- [5] В.К.Игнатович, Г.И.Терехов. Сообщение ОИЯИ, Р4-10102, Дубна, 1976.
- [6] В. Martin. Dissertation, Bohnn, 1975.
- [7] К. I. Kugler Diplomarbeit, 1975.
- [8] Ю. Г. Абов, В. Ф. Белкин, В. В. Васильев, В. В. Владимирский, П. А. Крупчицкий, В. К. Риссухин. Препринт ИТЭФ-44, М., 1976.
- [9] Ю. Ю. Косвинцев, Ю. А. Кушнир, В. И. Морозов, Г. И. Терехов. ПТЭ, 1, 42, 1977.
- [10] Ю. Ю. Косвинцев, Ю. А. Кушнир, В. И. Морозов. Письма в ЖЭТФ, 23, 135, 1976.
- [11] Ю. Ю. Косвинцев, Ю. А. Кушнир, В. И. Морозов. Письма в ЖЭТФ, 2, 293, 1976.
- [12] Ю. Ю. Косвинцев, Ю. А. Кушнир, В. И. Морозов, Г. И. Терехов. Препринт НИИАР П-15, Димитровград, 1976.
-