

## АНОМАЛЬНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАХОЛОДНЫХ НЕЙТРОНОВ С ПОВЕРХНОСТЬЮ БЕРИЛЛИЕВЫХ ЛОВУШЕК

*В.П.Алфименков<sup>1)</sup>, В.В.Несвижевский, А.П.Серебров,  
А.В.Стрелков<sup>1)</sup>, Р.Р.Тальбаев, А.Г.Харитонов, В.Н.Швецов<sup>1)</sup>*

*Институт ядерной физики им. Б.П.Константинова РАН  
188350, Гатчина*

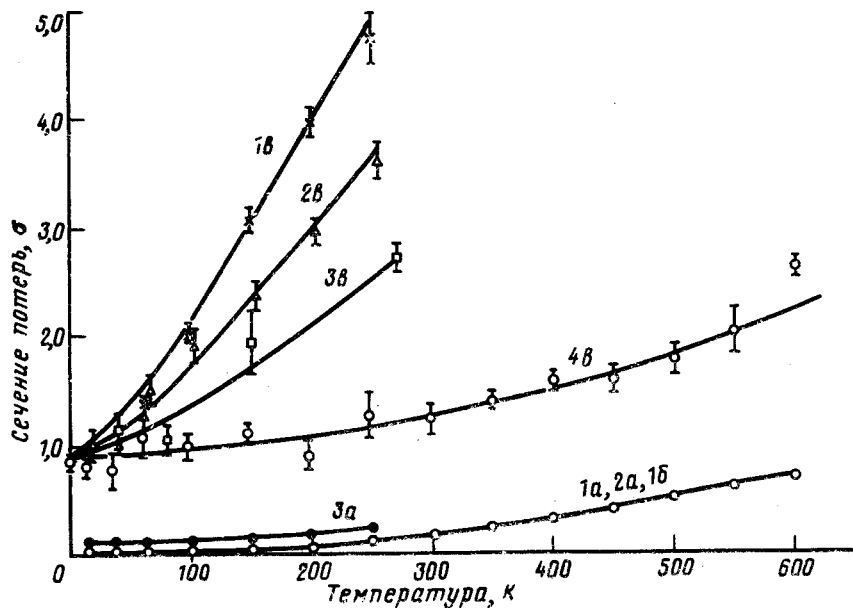
*<sup>1)</sup>Объединенный институт ядерных исследований  
141980, Дубна*

Поступила в редакцию 25 ноября 1991 г.

Экспериментально исследована температурная зависимость сечения взаимодействия ультрахолодных нейтронов с Ве. Получено различие в сечении взаимодействия нейтронов с Ве на поверхности и внутри вещества, которое составляет  $\approx 0,9$  б. Соответствующее значение фактора потерь составляет  $3 \cdot 10^{-5}$  на одно отражение от поверхности.

В связи с задачей измерения времени жизни нейтрона <sup>1</sup> были проведены исследования взаимодействия ультрахолодных нейтронов с поверхностью бериллиевых ловушек. Известную проблему длительного удержания ультрахолодных нейтронов, связанную с их неупругим рассеянием на поверхности ловушек из-за водородосодержащих соединений <sup>2</sup> предполагалось решить предварительным обезгаживанием ловушек в вакууме при температуре 700 К и их последующим охлаждением до низких ( $10 \div 15$  К) температур при проведении измерений. Теоретически достижимый уровень потерь ультрахолодных нейтронов при хранении в бериллиевой ловушке при температурах  $10 \div 15$  К должен был составить существенно меньше одного процента от вероятности  $\beta$ -распада нейтрона. На что указывал прямой эксперимент по измерению температурной зависимости полного сечения взаимодействия очень холодных нейтронов ( $8 \div 15$  м/с) с Ве, при их прохождении сквозь бериллиевые образцы <sup>3</sup>, рис.1 (экспериментальные данные 1а, 2а, 3а). Теоретическая зависимость сечения потерь (нагрев плюс захват) ультрахолодных нейтронов в Ве (кривая 1б), с точностью до рассеяния на структурных неоднородностях ( $\approx 0,1$  б), неплохо описывает экспериментальные результаты по пропусканию очень холодных нейтронов.

Однако, в ходе измерений с бериллиевой ловушкой выяснилось, что вероятность потерь ультрахолодных нейтронов в процессе хранения при низких температурах составила  $5 \div 6\%$  от вероятности  $\beta$ -распада нейтрона и оказалась независимой от метода изготовления ловушки и степени очистки ее поверхности. Результаты измерений температурной зависимости полного сечения потерь ультрахолодных нейтронов при их взаимодействии с поверхностью бериллиевых ловушек в зависимости от степени их очистки приведены на рис.1 (кривые 1в, 2в, 3в, 4в). Одна из ловушек (кривая 3в) была изготовлена из металлического Ве, остальные имели напыленное бериллиевое покрытие. Существенно, что все кривые при низких температурах стягиваются в одну точку к величине сечения 0,9 б, которое не соответствует величине сечения взаимодействия очень холодных нейтронов внутри вещества. Для наиболее тщательно обезгаженной и очищенной ловушки (кривая 4в) форма температурной зависимости повторяет форму расчетной зависимости сечения неупругого рассеяния для Ве, однако превышает расчетное сечение на величину  $\approx 0,9$  б во всем температурном диапазоне вплоть до 10 К. При 6,5 К



ис. 1. 1а - Плавленный Ве; 2а - квазиоднокристаллический Ве; 3а - прессованный спеченный бериллий; 1б - теоретическая зависимость сечения потерь ( $\sigma_a + \sigma_{in}$ ) бериллия от температуры, рассчитанная в рамках модели Дебая; 1в - "сферическая" напыленная Ве необезгаженная ловушка; 2в - цилиндрическая напыленная обезгаженная (5 часов при 250°C) ловушка; 3в - цилиндрическая цельная Ве обезгаженная (8 часов при 300°C) ловушка; 4в - "сферическая" напыленная обезгаженная (28 часов при 350°C с очисткой He и D<sub>2</sub>) ловушка

сечение потерь ультрахолодных нейтронов при хранении не меняется, о чем свидетельствуют данные работы <sup>4</sup>. Температурная независимость наблюдаемого эффекта указывает на то, что он не может быть объяснен процессом неупругого рассеяния. Тем не менее для более детального анализа ситуации были привлечены измерения процесса неупругого рассеяния ультрахолодных нейтронов на обезгаженной бериллиевой фольге методом регистрации нагретых нейтронов <sup>5</sup>. Результаты, пересчитанные в температурную зависимость сечения нагрева, рис.2, показывают, что уже при температуре 80 К процесс нагрева нейтронов за счет водородосодержащих примесей вымирает ниже уровня 140 мб и не может объяснить наблюдаемый эффект. Объяснение этого эффекта за счет ядерного захвата на водороде также не проходит, т.к. сечение захвата для водорода 0,33 б явно не достаточно для уровня наблюдаемой концентрации водорода на поверхности.

Возможность загрязнения сильно поглощающими элементами для напыляемого Ве была изучена методом рентгено-флуоресцентного анализа. Поверхность образцов, вырезанных из цельной бериллиевой ловушки, была изучена на глубину  $\approx 20$  мк на электростатическом ускорителе методом регистрации индуцированной протонами рентгеновской флуоресценции. Выявленные загрязнения дают для сечения захвата нейтронов 23,64 мб для напыленного Ве и 12,63 мб для цельнометаллической ловушки. Загрязнение напыленной поверхности легкими элементами (азотом и бором) изучалось в реакциях  $^{14}\text{N} + n = ^{14}\text{C} + p$  и  $^{10}\text{B} + n = ^7\text{Li} + \alpha$  на пучке холодных нейтронов. Содержание азота в поверхности не превосходит  $4 \cdot 10^{15}$  атом/см<sup>2</sup>, а для объяснения наблюдаемого эффекта необходимо иметь  $5,5 \cdot 10^{16}$  атом/см<sup>2</sup>. Содержание бора составляет  $(4 \pm 1,5) \cdot 10^{12}$  атом/см<sup>2</sup>, а необходимо  $4,3 \cdot 10^{14}$  атом/см<sup>2</sup>.

Не был обнаружен миллинагрев ультрахолодных нейтронов, связанный с

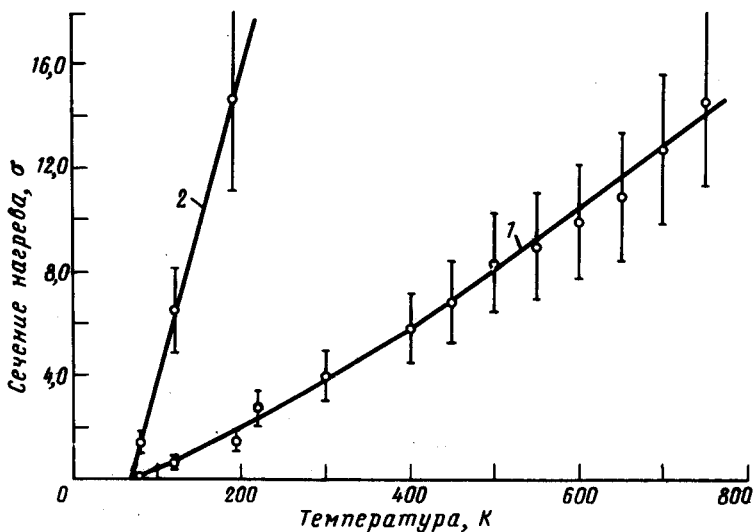


Рис. 2. 1 - Сечение нагрева ультрахолодных нейтронов на обезгаженной Ве фольге в зависимости от температуры; 2 - первые три точки этой зависимости. Увеличение в 10 раз по оси ординат

вибрациями установки. Гипотетическая возможность аномального прохождения подбарьерных нейтронов сквозь двухсотмикронную вакуумно-плотную бериллиевую фольгу была исследована в специальном эксперименте. Протуннелировавшие сквозь фольгу ультрахолодных нейтронов не были найдены на уровне  $6 \cdot 10^{-6}$ . Искомый эффект для объяснения наблюдаемого времени хранения ультрахолодных нейтронов в бериллиевой ловушке, должен был бы проявиться на уровне  $3 \cdot 10^{-5}$ .

Механизм усиления фактора потерь, например за счет увеличения шероховатости поверхности и т.п. <sup>6,7</sup>, противоречат постоянству подставки в экспериментально наблюдаемой температурной зависимости сечения потерь.

Таким образом, обнаруженное расхождение не может быть объяснено в рамках известных представлений о взаимодействии ультрахолодных нейтронов с веществом.

Авторы признательны А.И.Егорову, В.М.Лебедеву, В.В.Мартьянову, Г.Н.Поповой и В.И.Смольнякову за определение состава и концентрации примесей в Ве и В.В.Нитцу за помощь в определении содержания азота и бора на пучке холодных нейтронов реактора ИБР-2.

1. В.П.Алфименков и др. Письма в ЖЭТФ 52, 984 (1991).
2. А.В.Стрелков, М.Хетцельт, ЖЭТФ 74, 23 (1978).
3. I.S.Altarev et al. Препринт ЛИЯФ АН СССР N246, Л., 1976.
4. P.Ageron and W.Mampe, Z. Phys. B. Condensed Matter. 59, 261 (1985).
5. В.К.Игнатович и др. Сообщение ОИЯИ Р3-811, Дубна, 1982.
6. R.Golub and J.M.Pendlebury, Rep. on Prog. in Phys. 42, 469 (1979).
7. В.К.Игнатович. Сообщение ОИЯИ Р4-7055, Дубна, 1973.