

ПОЛНЫЕ СЕЧЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОЧЕНЬ ХОЛОДНЫХ НЕЙТРОНОВ СО СВИНЦОМ И КВАРЦЕВЫМ СТЕКЛОМ

А.В. Антонов, А.И. Исаков, С.П. Кузнецов, И.В. Мешков,
А.Д. Перекрестенко

УДК 539.125.52

На спектрометре ОХН исследованы полные сечения взаимодействия очень холодных нейтронов с Pb и кварцевым стеклом при температурах 293 и 160 К.

Данная работа посвящена исследованию зависимостей полных сечений взаимодействия очень холодных нейтронов (ОХН) в диапазоне энергий от $1,3 \cdot 10^{-7}$ до $4,2 \cdot 10^{-5}$ эВ (соответственно скоростей v от 5 до 90 м/с) с Pb и кварцевым стеклом (SiO_2). В указанной области энергий в наблюдаемые полные сечения основной вклад вносят захват нейтронов, их неупругое рассеяние, определяемое динамикой рассеивающей системы, и упругое некогерентное рассеяние нейтронов на неоднородностях (флуктуациях ядерного потенциала) размером порядка длины волны нейтрона. Известно, что сечения первых двух процессов следуют закону $1/v$, а последнего — имеют более сложную зависимость от v .

Измерение полных сечений осуществлялось на спектрометре ОХН по пропусканию пучка нейтронов через образец. При этом в случае Pb определялись полные микроскопические сечения взаимодействия

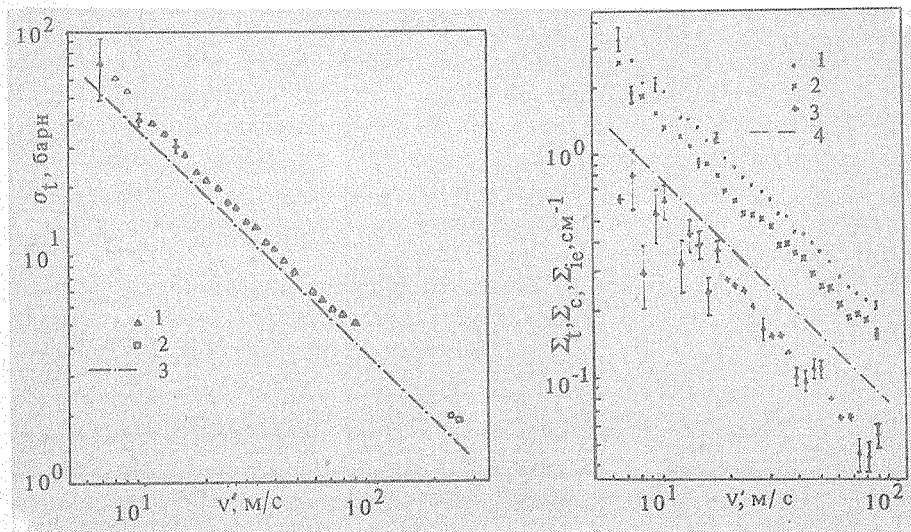
$$\sigma_t = -\frac{1}{Nx} \ln \left\{ \sqrt{\left(\frac{1}{2} - \frac{T^2}{\tau R^2} \right)^2 + \frac{1}{R^2}} - \frac{1}{2} - \frac{T^2}{\tau R^2} \right\}, \quad (1)$$

где N — число атомов в 1 см^3 исследуемого вещества; x — его толщина; τ — наблюдаемое пропускание нейтронов; T — коэффициент прохождения нейтронной волны через образец; R — коэффициент ее отражения от границы исследуемое вещество — вакуум. При расчете сечений по формуле (1) учитывались поправки на преломление нейтронной волны при переходе из вакуума в вещество и ее многократное отражение от границ образца.

Для SiO_2 находились полные макроскопические сечения взаимодействия

$$\Sigma_t = \sigma_t N. \quad (2)$$

Свинец. Измерения проводились на поликристаллическом свинце чистотой 99,9999% и толщиной 17,4 мм. Зависимость полных микроскопических сечений взаимодействия ОХН от скорости нейтронов в веществе $[\sigma_t(v')]$, показанная на рис. 1, определялась при комнатной температуре образца (296 К). Полученная зависимость хорошо следует закону $\sim 1/v'$ и находится в согласии с данными /5/. Однако она проходит заметно выше прямой полученной экстраполяцией табличных данных /6/ по захвату тепловых нейтронов ($v = 2200$ м/с) ядрами свинца. Наблюдаемую разницу можно объяснить вкладом в полные сечения неупругого рассеяния нейтронов при комнатной температуре.



Р и с. 1. Полные сечения взаимодействия ОХН с Pb: 1 – σ_t при 296 К; 2 – данные работы /5/; 3 – экстраполяция сечений захвата /6/ для Pb по закону $1/v$ из области $v = 2200$ м/с.

Р и с. 2. Сечения взаимодействия ОХН с кварцевым стеклом (SiO_2): 1 – Σ_t при 293 К; 2 – Σ_t при 160 К; 3 – Σ_c ; прямая (4) соответствует закону $1/v$.

Кварцевое стекло (SiO_2). Являясь веществом, слабо поглощающим нейтроны, кварцевое стекло применяется в различных экспериментальных устройствах, используемых в исследованиях с ОХН (входные окна измерительных камер, подложки для интерференционных структур и т.д.). Вместе с тем до настоящего времени нет данных по полным и неупругим сечениям взаимодействия с ним ОХН.

Образцом для исследований служила пластина толщиной 5 мм из оптически чистого синтетического кварцевого стекла, содержащего не более $7 \cdot 10^{-4} \%$ примесей (В, Сu, Тi, Аl, Ni, Са, Cr, Fe, Pb, Mn, Sn, Р). Измерения проводились при двух температурах образца: комнатной (293 К) и 160 К. Полученные зависимости полных макроскопических сечений взаимодействия ОХН от скорости нейтронов в веществе $1/4 \Sigma_t(v')$ изображены на рис. 2. Из анализа этих зависимостей следует, что они удовлетворяют закону $1/v'$. Разность сечений при температурах 293 и 160 К, представленная на рисунке как $\Sigma_{c,}$, свидетельствует о значительном ($\approx 30\%$) вкладе неупругого рассеяния ОХН на тепловых колебаниях SiO_2 в полные сечения, измеренные при комнатной температуре. Вместе с тем, зависимость $\Sigma_t(v')$, соответствующая охлажденному образцу, превышает приблизительно в 1,7 раз сечения $\Sigma_{c,}$, полученные экстраполяцией по закону $1/v'$ табличных данных из тепловой области ($v = 2200$ м/с). Это различие нельзя объяснить наличием примесей, вклад от которых составляет $\approx 1\%$. Оно, по-видимому, связано с неупругим рассеянием ОХН на незамороженных колебаниях системы, а также на низкочастотных модах, характерных для аморфных материалов при температуре меньше 50 К [7].

Авторы благодарны Г.А. Калюжной за предоставленный для исследований образец Pb и Ю.А. Лапушкину за помощь в проведении измерений.

Поступила в редакцию 28 декабря 1984 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. А х и з е р А., П о м е р а н ч у к И. Некоторые вопросы теории ядра. ГИТТЛ, М., 1950.
2. Антонов А.В., Исаков А.И. и др. ФТТ, 26, 1585 (1984).
3. Антонов А.В., Исаков А.И. и др. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 10, 10 (1977).
4. Steyerl A. Nucl. Instr. Meth., 101, 295 (1972).
5. Hughes D., Schwartz K. Neutron cross section, BNL-325, 1956, Brookhaven National Laboratory.
6. Mughabghab S.F., Garber D.I. Neutron cross section, BNL-325, June 1973, Brookhaven National Laboratory.
7. Phillips W.A. J. of Non-Crystalline Solids, 31, 267 (1978).