

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЧЕНИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОЧЕНЬ ХОЛОДНЫХ НЕЙТРОНОВ С ФЕРРОМАГНЕТИКОМ ^{58}Ni

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

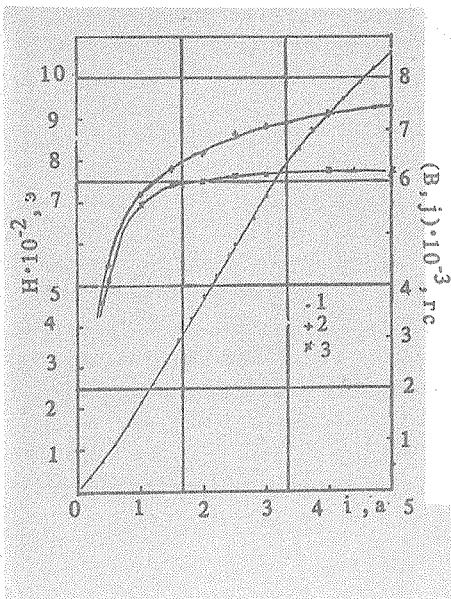
УДК 539.125.52

На спектрометре ОХН исследованы полные сечения взаимодействия нейтронов с ^{58}Ni при температурах образца 298 и 80 К, а также при действии на него магнитного поля напряженностью 116 – 1064 Э.

Как следует из экспериментов по пропусканию пучка нейтронов через образец /1, 2/, полные сечения взаимодействия очень холодных нейтронов (ОХН) с немагнитными материалами определяются в основном процессами захвата нейтронов, их неупругим рассеянием, зависящим от динамики рассеивающей системы, и упругим флуктуационным рассеянием нейтронов на неоднородностях размером порядка длины волны нейтрона. В случае магнитных веществ существенный вклад в полные сечения вносит также упругое магнитное рассеяние ОХН на доменной структуре /3/.

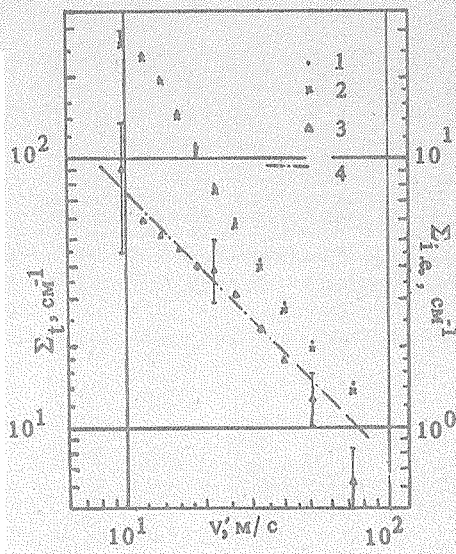
В настоящей работе исследуются зависимости полных макроскопических сечений Σ_t взаимодействия ОХН с ферромагнетиком ^{58}Ni от скорости нейтрона v' в веществе /4/ в диапазоне скоростей от 9,8 до 73 м/с. Измерения проводились на спектрометре ОХН /5/ по пропусканию неполяризованного пучка нейтронов через образец при двух температурах образца – 298 и 80 К, причем при температуре 298 К измерения осуществлялись как при действии на образец магнитного поля, так и без него. Для исследований использовался холоднокатаный поликристаллический образец изотопа никеля ^{58}Ni с обогащением 95,9% при содержании инородных примесей 0,041% толщиной 52,7 мкм. Для создания магнитных полей применялся электромагнит, разработанный специально для измерительной камеры спектрометра. Конструктивно электромагнит представляет собой разборную систему из двух катушек, каждая с 1470 витками медного провода $\phi 1,2$ мм, замкнутого магнитопровода $\phi 30$ мм из железа армко и двух плоских полюсов разборного типа для удобства крепления образца в магнитном зазоре шириной 27 мм. Оптимизация размеров электромагнита позволила получать в рабочей части зазо-

ра магнитные поля до $\sim 10^3$ Э при однородности $\approx 10\%$. На рис. 1 показана измеренная зависимость напряженности магнитного поля H от тока i , подаваемого на катушки. Здесь же изображены зависимости индукции $B(i)$ и намагниченности $J(i)$, полученные на исследованном образце ^{58}Ni .

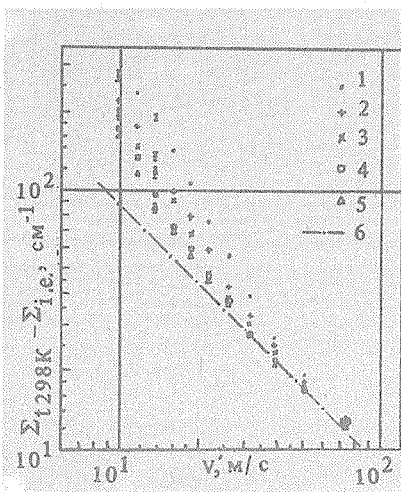


Р и с. 1. Зависимости напряженности поля H (1), индукции B (2) и намагниченности J (3) от тока.

Р и с. 2. Полные Σ_t и неупругие Σ_{ie} сечения взаимодействия ОХН с ^{58}Ni при $H=0$; 1 - Σ_t при 298 К; 2 - Σ_t при 80 К; 3 - Σ_{ie} ; прямая (4) соответствует закону $1/v'$.



На рис. 2 представлены зависимости $\Sigma_t(v')$, измеренные при температурах 298 (кривая 1) и 80 К (кривая 2) при нулевой напряженности магнитного поля. При расчете Σ_t вводились поправки, учитывающие преломление нейтронной волны в веществе и ее многократное отражение от границ образца [1, 4]. Исходя из различия полученных кривых, было оценено сечение неупругого рассеяния нейтронов при комнатной температуре Σ_{ie} (кривая 3). Из анализа этой зависимости следует, что она с достаточной точностью подчиняется закону $\sim 1/v'$. Однако ход обеих зависимостей $\Sigma_t(v')$ во всем измеренном интервале скоростей нейтронов ($9,8 \text{ м/с} \lesssim v' \lesssim 73 \text{ м/с}$) существенно отклоняется от закона $\sim 1/v'$ в сторону увеличения сечений. Нечувствительность отклонения к температуре дает основание считать, что оно определяется упругим рассеянием ОХН на структурных неоднородностях образца. Так как ^{58}Ni ферромагнетик, то можно предположить, что неоднородности имеют магнитную природу. Для проверки этого предположения были проведены измерения зависимостей $\Sigma_t(v')$ при действии на образец магнитного поля различной величины ($H = 116, 214, 600, 1064 \text{ Э}$). Полученные результаты за вычетом Σ_{ie} приведены на рис. 3. При введении поправок в Σ_t не учитывалась магнитная составляющая потенциала взаимодействия нейтронов с ^{58}Ni в силу ее малой величины (примерно 12%) по сравнению с его ядерной частью. Из рис. 3 видно, что разность $\Sigma_{t298\text{К}} - \Sigma_{ie}$ сильно зависит от величины магнитного поля: при увеличении H она существенно уменьшается. Однако для нейтронов с $v' < 30 \text{ м/с}$ даже при напряженностях



Р и с. 3. Полные сечения ^{58}Ni за вычетом неупругих сечений при различных напряженностях магнитного поля: 1 — $H = 0$; 2 — $H = 116 \text{ Э}$; 3 — $H = 214 \text{ Э}$; 4 — $H = 600 \text{ Э}$; 5 — $H = 1064 \text{ Э}$; прямая (6) соответствует закону $1/v'$.

поля $H = 600$ и 1064 Э, соответствующих намагниченности насыщения образца, полностью подавить упругую составляющую разности $\Sigma_{t298\text{ К}} - \Sigma_{ie}$ не удалось. Для больших скоростей нейтронов при $H = 600$ и 1064 Э зависимость $\Sigma_{t298\text{ К}}(v') - \Sigma_{ie}(v')$ удовлетворяет закону $1/v'$. Экстраполяцией этой зависимости из интервала $30\text{ м/с} < v' < 73\text{ м/с}$ было определено микроскопическое полное сечение в тепловой области ($v = 2200\text{ м/с}$), оказавшееся равным $\sigma_t = 4,24 \pm 0,17$ б. Полученное значение находится в удовлетворительном согласии с сечением захвата тепловых нейтронов ^{58}Ni $\sigma_c = 4,4 \pm 0,3$ б, приведенным в работе /6/.

В заключение можно сделать следующие выводы: 1) в исследованном диапазоне скоростей нейтронов $9,8\text{ м/с} \leq v' \leq 73\text{ м/с}$ $\Sigma_{ie}(v') \sim 1/v'$; 2) в диапазоне $30\text{ м/с} \leq v' \leq 73\text{ м/с}$ при $H = 600$ и 1064 Э полные сечения определяются захватом нейтронов ядрами ^{58}Ni ; 3) нечувствительность к температуре отклонений от закона $1/v'$ зависимостей $\Sigma_t(v')$, измеренных при различных температурах образца при $H = 0$, говорит о том, что это отклонение определяется упругим рассеянием ОХН на неоднородностях ^{58}Ni ; 4) из экспериментов с магнитным полем следует, что упругое рассеяние ОХН определяется в основном рассеянием на неоднородностях магнитной природы (стенки Блоха, флуктуации B в доменах); 5) наличие упругого рассеяния для нейтронов с $v' < 30\text{ м/с}$ при магнитном поле, соответствующем намагниченности насыщения ($H = 600, 1064$ Э), говорит о том, что в данном образце возможно существуют неоднородности немагнитной природы размером порядка длины волны ОХН.

Поступила в редакцию 28 декабря 1984 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Steyerl A., Vonach H. Z. Phys., **250**, 166 (1972).
2. Антонов А.В., Исаков А.И. и др. Материалы 5 Всесоюзной конференции по нейтронной физике. Сб. Нейтронная физика, ч. 1, с.125, ЦНИИ-атоминформ, М., 1980.
3. Lermier R., Steyerl A. Phys. Stat. Sol. (a), **33**, 531 (1976).
4. Антонов А.В., Исаков А.И. и др. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 11, 13 (1978).
5. Антонов А.В., Исаков А.И. и др. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 10, 10 (1977).
6. Hughes D., Schwartz K. Neutron cross sections, BNL-325, 1956, Brookhaven National Laboratory.