

ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ НЕЙТРОНОВ В  $MnF_2$ 

Г.И.Гордеев, Г.М.Драбкин, И.М.Лазебник,

А.А.Аксельрод, Б.П.Топерверт

Наблюдалась деполяризация проходящего через образец пучка поляризованных нейтронов в области  $T_N$ , а также при  $T \ll T_N$ . Сделаны оценки, позволяющие объяснить деполяризацию при  $T \ll T_N$  существованием магнитных флуктуаций (длинноволновых спиновых волн), а при  $T \ll T_N$  – наличием областей неоднородной намагниченности типа доменов.

Деполяризация пучка поляризованных нейтронов, прошедших через магнитоупорядоченный кристалл, дает информацию о магнитных флуктуациях в системе (длинноволновые флуктуации вблизи фазовых переходов, спиновые волны и т. п.) [1]. Условием существования слабозатухающих спиновых волн в антиферромагнетике при  $T \ll T_N$  [2] является малость их волнового вектора  $k$  по сравнению с обратным корреляционным

радиусом  $\kappa \sim \frac{1}{a} \tau^{2/3}$ , где  $\tau = \left| \frac{T - T_N}{T_N} \right|$ , а величина  $a$  – порядка посто-

янной решетки. В работе [3] введен параметр обрезания по  $k$ , соответствующий тому, что в детектор попадают только нейтроны, рассеянные спиновыми волнами с  $k_{\perp} < p_{\perp} = p\theta$ , где  $p$  – импульс нейтрона,  $\theta$  – угол захвата детектора. В условиях эксперимента, где  $\theta \sim 0,5^\circ$  и  $\lambda \sim 2 \text{ \AA}$ , это ограничение означает, что  $\tau \gg 10^{-4}$ , т. е. по крайней мере, до десятых долей градуса от  $T_N$  деполяризация может быть обусловлена спиновыми волнами. При этом ее величина оказывается равной

$$\frac{\Delta P}{P} \approx \frac{0,02}{R(T)} \frac{T}{T_N}, \quad (1)$$

где  $R(T)$  перенормированная безразмерная скорость спиновых волн [3]. При низких температурах  $R \gg 1$ . Однако, как показано в [2], перенормировка скорости при  $T \sim T_N$  в гидродинамической области может привести к  $R(T) \sim 1$ . Тогда реально  $\Delta P/P$  оказывается порядка десятых долей процента.

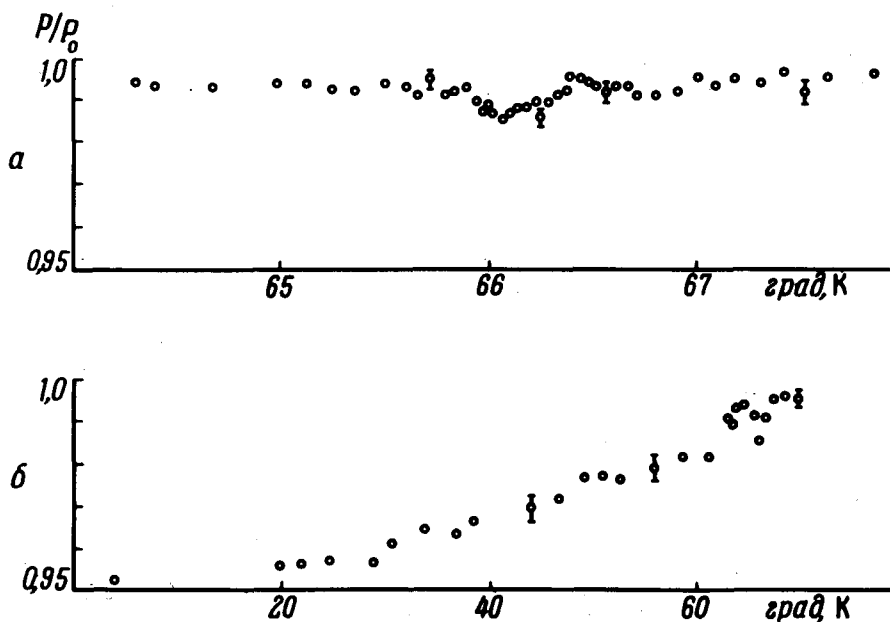
Нами исследовался  $MnF_2$  (монокристаллы, крупнозернистый поликристалл) в широком температурном интервале на кристаллическом спектрометре поляризованных нейтронов с длиной волны  $\lambda = 2 \text{ \AA}$ . Образцы помещались в криостат переменных температур. Точность стабилизации температуры  $0,01^\circ \text{K}$ . Магнитное поле в месте образца  $\sim 0,6 \text{ э}$ . Точность ориентировки оси  $C$  монокристалла относительно вектора поляризации нейтронов  $\pm 15^\circ$  при  $C \parallel P$  и  $\pm 5^\circ$  при  $C \perp P$ .

Вблизи температуры Нееля как в поликристалле, так и в монокристаллах (независимо от их ориентировки) наблюдается слабая деполяризация. На рисунке представлены экспериментальные результаты для поликристалла толщиной 18 мм. Деполяризация вблизи  $T_N \approx 66,4^\circ\text{K}$  (рис. а) в соответствии с (1) составляет 0,8 – 1%.

Неожиданной для нас оказалась деполяризация нейтронов при  $T \ll T_N$  при любой ориентации кристаллов. Величина ее зависит от толщины образца. Максимальная деполяризация для поликристаллического образца толщиной 18 мм при  $T = 4,2^\circ\text{K}$  составляет  $\sim 5\%$  (рис. б). Независимость деполяризации от ориентировки кристалла заставляет предположить существование областей неоднородной намагниченности. Тогда согласно [4] поляризация пучка, проходящего через образец определяется следующим выражением

$$P = P_0 \exp \left[ - \frac{g^2}{3v^2} \langle B^2 \rangle d \delta \right], \quad (2)$$

где  $P_0$  и  $P$  – поляризация падающего и прошедшего пучков,  $\delta$  – линейный размер областей,  $\langle B \rangle$  – средняя индукция в них,  $d$  – толщина образца,  $v$  – скорость нейтронов,  $g$  – гиромагнитное отношение для нейтрона.



Температурная зависимость поляризации: а) вблизи  $T_N$ , б)  $T \ll T_N$

Применяя (2) для экспериментально наблюдаемой деполяризации  $\sim 5\%$ , получим  $4\pi \langle M \rangle = \langle B \rangle = \sqrt{17/\delta}$  (гс).

Если считать, что деполяризация обусловлена доменными стенками, размер которых для  $MnF_2$  согласно [5, 6]  $\sim 10^2 \text{ \AA}$ , то получаем значение  $M$  в стенке, равное намагниченности подрешетки, что по всей вероятности, нереально [7]. С другой стороны, предполагая существование областей типа ферромагнитных доменов, которые имеют большие размеры [8] (например, для  $NiF_2$  домены примерно в  $10^2$  раз больше, чем у железа [9]) получаем для  $\delta \sim 10 \text{ мм}$  значение  $M$  в таком домене  $\sim 0,1 \text{ эс}$ . Это значение по порядку величины согласуется со значением  $\sim \frac{V^2}{c^2} M_0$ . ( $V$  – скорость электрона,  $M_0$  – намагниченность подрешетки) спонтанного момента, обусловленного релятивистскими взаимодействиями во фторидах переходных металлов [10]. Такое значение  $M$  приводит к неколлинеарности подрешеток [10].

До настоящего времени нет экспериментального доказательства существования такого момента в  $MnF_2$ , хотя в [11] указывается на присутствие при измерениях "паразитного" ферромагнитного момента. Его величина в  $\sim 100$  раз меньше значения, полученного из деполяризации. Вероятно, такое различие обусловлено спецификой экспериментов. В нейтронных опытах получаемое значение намагниченности в  $0,1 \text{ эс}$  имеет смысл локального значения, а не среднего по всему образцу.

Авторы благодарны С.В.Петрову за предоставление кристалла, а С.В.Малцеву, В.А.Рубану за обсуждения. Мы признательны А.С.Боровику-Романову за критические замечания по статье.

Институт ядерной физики  
им. Б.П.Константинова  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
18 сентября 1973 г.  
После переработки  
15 января 1974 г.

### Литература

- [1] С.В.Малеев, В.А.Рубан. ЖЭТФ, 58, 199, 1970.
- [2] В. L. Halperin, P. C. Hohenberg. Phys. Rev., 177, 952, 1969.
- [3] Б.П.Топерверг. ФТТ, 12, 3028, 1970.
- [4] O. Halpern, T. Holstein. Phys. Rev., 59, 960, 1941.
- [5] Y. Y. Li. Phys. Rev., 101, 1450, 1956.
- [6] М.М.Фарзтдинов. УФН, 84, 611, 1964.
- [7] В.Г.Барьяхтар, А.Е.Боровик, В.А.Попов, Е.П.Стефановский. ЖЭТФ, 59, 1299, 1970.
- [8] Е.М.Лифшиц. ЖЭТФ, 15, 97, 1945.
- [9] T. Moriya, Magnetism, 1, 84, New York, 1963.
- [10] И.Е.Дзялошинский. ЖЭТФ, 33, 1454, 1957.
- [11] А.С.Боровик-Романов. ЖЭТФ, 38, 1088, 1960.