

Письма в ЖЭТФ, том 20, вып. 5, стр. 312 – 316

5 сентября 1974 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАМАГНИТНОГО ПЕРЕХОДА В FeCl_2 ПОЛЯРИЗОВАННЫМИ НЕЙТРОНАМИ В ШИРОКОМ ТЕМПЕРАТУРНОМ ИНТЕРВАЛЕ

*В.А.Трунов, А.И.Егоров, Р.П.Дмитриев, В.А.Ульянов,
М.Е.Кравцова*

В работе [1] было обнаружено, что метамагнитный переход вызывает деполяризацию поляризованных нейтронов, проходящих через монокристалл FeCl_2 . В настоящей работе это явление используется для исследования перехода в широком интервале температур $1,3 \leq T \leq 90^\circ\text{K}$ и магнитных полей $1 \leq H \leq 60 \text{ кэ}$.

Результаты экспериментов при намагничивании вдоль оси [0001] представлены на рис. 1. Схема опыта и размеры образца указаны на рисунке. Образец набирался из трех монокристаллических пластинок толщиной 0,5 мм каждая. Такие пластинки были взяты потому, что их качество с точки зрения совершенства кристаллической структуры выше, чем у толстых образцов. Видно, что минимум в зависимости $R = f(H)$, соответствующий максимальной деполяризации, по своей величине и положению в магнитном поле зависит от температуры. Поле, при котором начинается деполяризация не зависит от температуры. Учитывая связь деполяризации с магнитной восприимчивостью [2], мы можем сопоставить положение максимумов деполяризации с максимумами восприимчивости. Поэтому, по-видимому, более справедливо определять критическое поле метамагнитного перехода по минимуму R . Зависимость $H_c(T)/H_c(4,2) = f(T) \approx M(T)/M(4,2)$ изображена на рис. 2. Наши экспериментальные точки лежат несколько ниже теоретической зависимости $M(T)/M(4,2)$ [3]. Это различие может быть объяснено неточностью определения $H_c(T)$ из-за большой ширины минимумов. Такой метод определения критического поля H_c отличается от метода [4].

На рис. 1 видно, что при $T > 17^{\circ}$ исчезает диполяризация нейтронов и можно предположить, что это есть T^* [4]. Большое смещение в сторону низких температур по сравнению с T_N может быть объяснено влиянием магнитоупругой связи. В пользу такого объяснения говорят результаты [5], где была обнаружена аномалия коэффициента теплопроводности при 17° К.

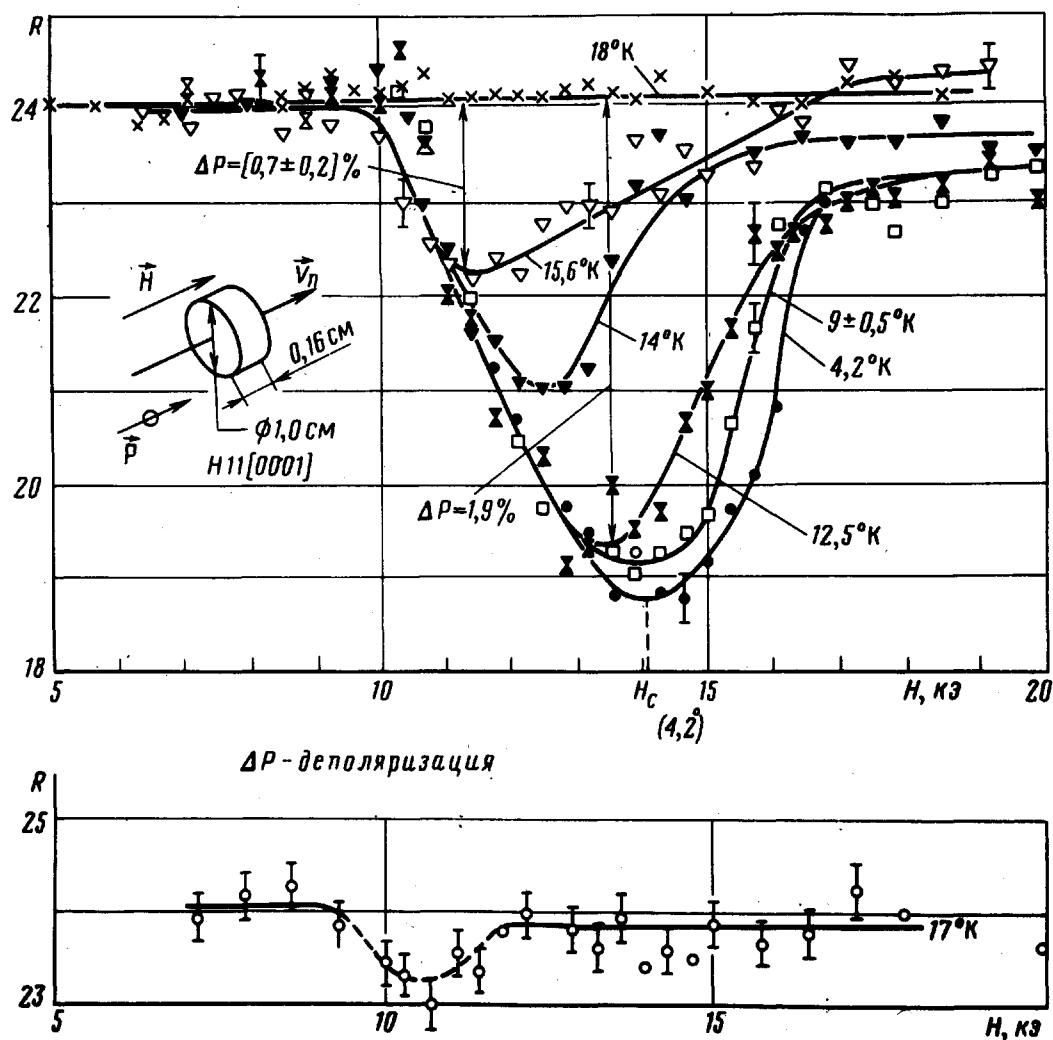


Рис. 1. Зависимость поляризационного отношения R нейтронного пучка от величины магнитного поля H ($H \parallel [0001]$) при разных температурах. Уменьшение R соответствует уменьшению поляризации $P.R(4,2^{\circ}) = f(H) = R(1,3^{\circ})$.

Результаты исследования при намагничивании в перпендикулярном направлении приведены на рис. 3. Характерной особенностью $R = f(H)$ является небольшая деполяризация при $H < 10$ кэ, что говорит о наличии магнитного момента, с компонентами перпендикулярными магнитному полю, своеобразной доменной структуры с намагниченностью по

и против [0001]. При этом немонотонное изменение $R(H)$ вблизи резкого спада может быть объяснено пространственным спиновым резонансом [6] на поперечной полю доменной структуре всего образца или его части. Из соотношения $\pi v/\delta = \gamma_H H_p$, где δ – размер домена, γ_H – гиромагнитное отношение нейтрона, можно оценить $\delta \sim 0,01 \text{ см}$.

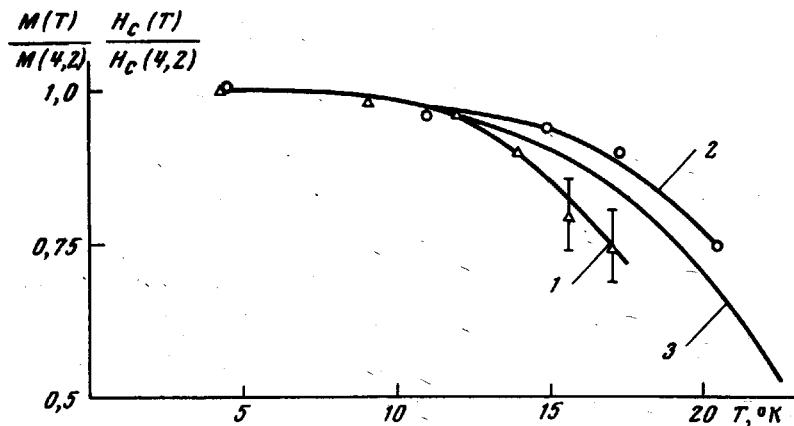


Рис. 2. Зависимость критического поля H_c и намагниченности подрешетки M от температуры. $H_c(T)$ и $M(T)$ нормированы на значения при $T = 4,2^\circ\text{K}$. Кривая 1 – результаты настоящей работы для $H_c(T)/H_c(4,2)$, 2 – результаты [4], 3 – теоретическая зависимость $M(T)/M(4,2)$ [3]

Возможной причиной возникновения магнитного момента могут быть несовершенства, кристалла, которые создают анизотропное поле напряжений по объему образца. За счет этих напряжений возникает магнитный момент, который аналогичен продольному слабому ферромагнитному моменту. В пользу такой аналогии говорят результаты экспериментов при температурах выше температуры Нееля T_N . Оказалось, что в магнитном поле могут возникать состояния с неоднородным распределением намагниченности, которые вызывают деполяризацию нейтронов вплоть до 80°K .

Другой характерной особенностью результатов, показанных на рис. 3, является наличие резкого уменьшения R при $H > 10 \text{ кэ}$, причем это имеет место только при $T < 17^\circ\text{K}$. Уменьшение R при $H > 10 \text{ кэ}$ может быть вызвано нарушением устойчивости доменной структуры, параллельной [0001], и переходом к состоянию с произвольной ориентацией магнитного момента в плоскости, перпендикулярной H . Последняя структура устойчива в полях $20 \leq H \leq 60 \text{ кэ}$ при $4,2^\circ\text{K}$. Считая, что при $H > 10 \text{ кэ}$ размер доменов существенно не меняется ($\delta \sim 0,01 \text{ см}$), а изменяется ориентация магнитного момента, можно по формуле [7]

$$P = P_0 e^{-\frac{1}{2} \gamma_n^2} \frac{\langle 4\pi M_{\perp} \rangle^2}{v^2} \frac{\delta d}{\delta d}$$

оценить M_{\perp} – магнитный момент, перпендикулярный H .

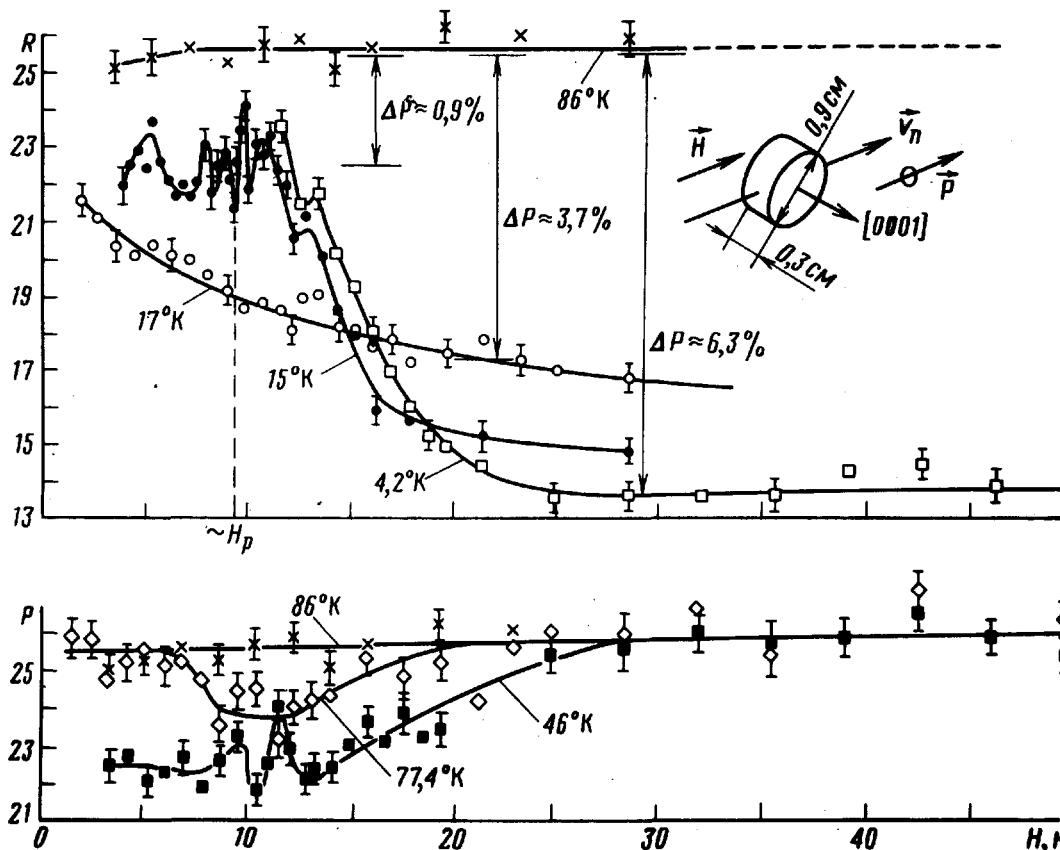


Рис. 3. Зависимость R от магнитного поля $H \perp [0001]$ при различных температурах

При $P \sim 1$ и $P_0 \sim 1$, получим $\Delta P = P_0 - P \ll 1$.

$$\Delta P \sim \frac{1}{2} \gamma_n^2 \frac{\langle 4\pi M_L \rangle^2}{v^2} \quad \delta d \ll 1 \text{ — изменение поляризации.}$$

Взяв из рис. 3 $\Delta P = 6.3\%$, получим $M_L \sim 6 \text{ а.с./см}^3$.

Доменная структура может обеспечить центры перемагничивания в метамагнитном переходе и существенно изменить динамику этого перехода.

Авторы выражают благодарность Г.М.Драбкину и А.А.Клочихину за постоянный интерес к работе и полезные дискуссии.

Ленинградский
институт ядерной физики
им. Б.П.Константинова
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
11 июля 1974 г.

Литература

- [1] В.А.Трунов, А.З.Ягуд, А.И.Егоров, Р.П.Дмитриев, В.А.Ульянов.
Письма в ЖЭТФ, 14, 223, 1971.
 - [2] Б.П.Топерверг. ФТТ, 12, 3028, 1970.
 - [3] R.Alben. J.Phys. Soc. Japan., 26, 261, 1969.
 - [4] J.S.Jacabs, P.E.Lawrence. Phys. Rev., 164, 866, 1967.
 - [5] G.Laurence, D.Petitgrand. Phys. Rev., B8, 2131, 1973.
 - [6] Г.М.Драбкин, В.А.Трунов, А.Ф.Шебетов. Письма в ЖЭТФ, 10, 527,
1969.
 - [7] O.Halpern, T.Holstein. Phys. Rev. , 59, 960, 1941.
-