

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАМАГНИТНОГО ПЕРЕХОДА В FeCl_2 С ПОМОЩЬЮ ПОЛЯРИЗОВАННЫХ НЕЙТРОНОВ

В. А. Трунов, А. З. Ягуд, А. И. Егоров, Р. И. Дмитриев,

В. А. Ульянов

При метамагнитном переходе в FeCl_2 могут возникать области с неоднородным распределением намагниченности, которые, возможно, приводят к сильному уменьшению магнитного гистерезиса по сравнению с теоретически ожидаемым [1]. Такие области, по-видимому, должны приводить к деполяризации нейтронов, проходящих через образец. Исследование деполяризации может дать информацию как о величине критического поля H_c° , так и о процессе образования насыщенной фазы при метамагнитном переходе.

При исследовании перехода с помощью поляризованных нейтронов был использован трехосный спектрометр, на рабочем столе которого был смонтирован гелиевый криостат позволявший получать в рабочем объеме температуры в интервале $1,3 \pm 4,2^\circ\text{K}$.

Для создания магнитного поля использовались сверхпроводящие соленоиды.

Предварительные эксперименты, проведенные на поликристаллах [2], указывали на то, что метамагнитный переход вызывает сильную деполяризацию нейтронов, проходящих через такой образец. Величина критического поля, полученная в этих опытах, равна $(10,5 \pm 0,1)$ кэ.

В дальнейшем измерения проводились на монокристаллических образцах. На рис. 1 приведены результаты исследования поляризационного отношения нейтронов R , прошедших через монокристаллический FeCl_2 в зависимости от величины поля H . Уменьшение R соответствует уменьшению поляризации нейтронов. Схема опыта и размеры образца указаны на рис. 1. Кривая 1 показывает зависимость $R = f(H)$, когда указаны на рис. 1. Кривая 2 — когда магнитное поле

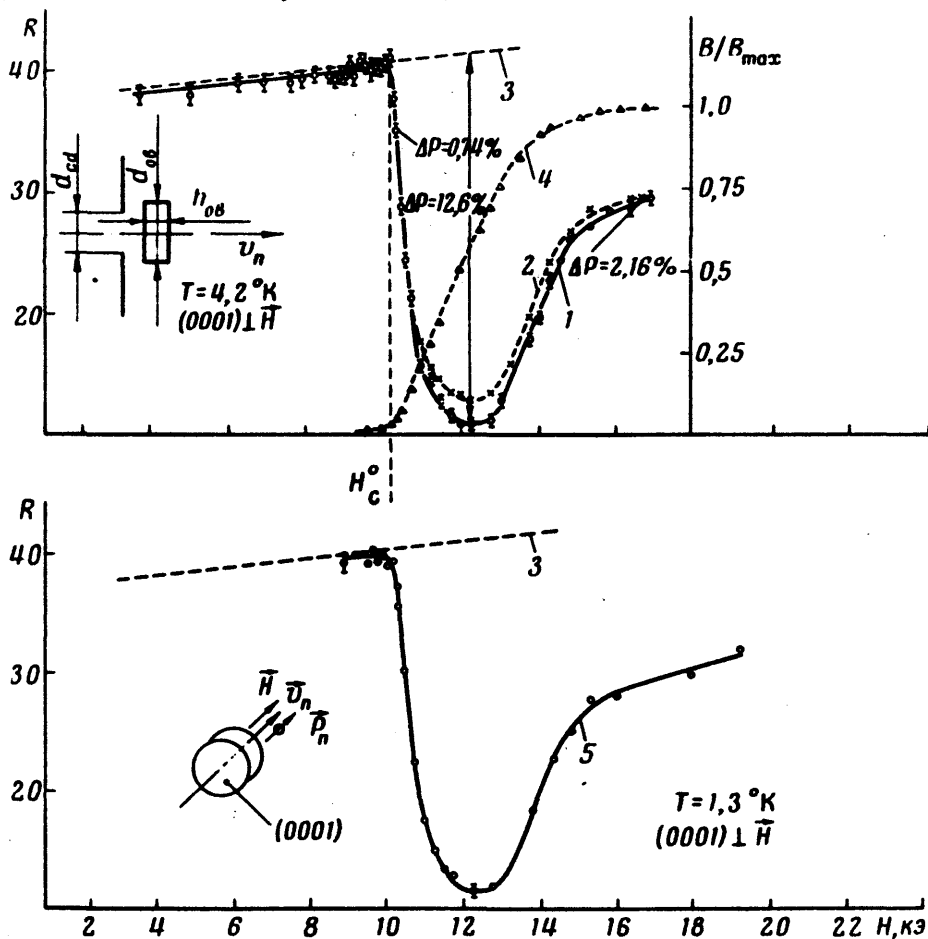


Рис. 1. Зависимость R от величины внешнего магнитного поля H при $H \perp (0001)$ для FeCl_2 . $d_{cd} = 0,8$ см — диаметр кадмиевой диафрагмы, ограничивающей пучок нейтронов, $h_{ob} = 0,63$ см — толщина образца, $d_{ob} = 1,1$ см — диаметр образца, v — скорость нейтронов, P_n — поляризация нейтронов, ΔP — изменение поляризации

уменьшается. ($R = f(H)$ для пустого соленоида обозначена штриховой линией 3). Кривая 4 описывает наши "магнитные" измерения намагниченности образца и по форме хорошо совпадает с результатами работы [1]. Результаты этих экспериментов изображены в относительных единицах и носят иллюстративный характер. Результаты измерения $R = f(H)$ при $T = 1,3^\circ\text{K}$ приведены на кривой 5. Эта кривая практически не отличается от кривой 1. В экспериментах обнаруживается

резкий рост деполяризации при $H = 10,3 \text{ кэ}$. Критическое поле H_c^0 метамагнитного перехода, полученное в этих опытах, равно $(10,3 \pm 0,1) \text{ кэ}$.

Ход зависимости $R = f(H)$ может быть объяснен следующим образом: при пороговом поле H_c^0 спонтанно возникают небольшие области новой фазы, причем намагниченность новых фазы по направлению может не совпадать с полем и поляризацией нейтронов. Возникновение таких областей приводит к деполяризации нейтронов. При дальнейшем

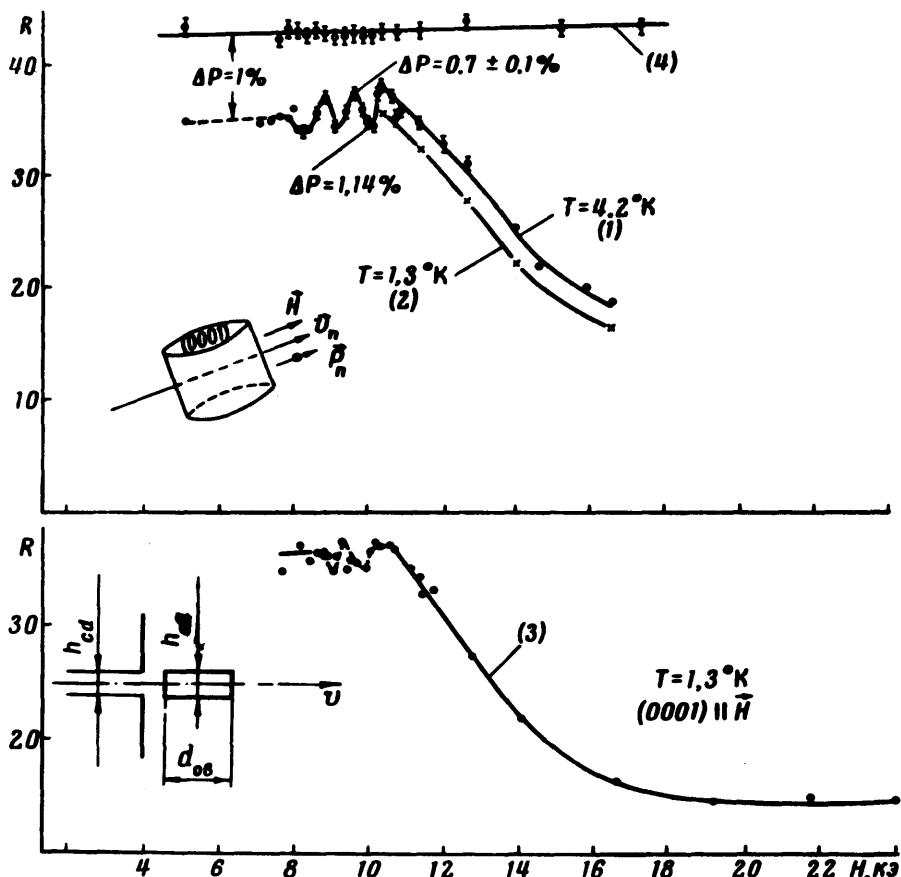


Рис. 2. Зависимость R от величины внешнего магнитного поля H при $H \perp [0001]$ для FeCl_2 . $h_{cd} = 0,25 \text{ см}$ — ширина кадмиевой щели перед образцом $h_{cb} = 0,3 \text{ см}$, $d_{0b} = 1,1 \text{ см}$

росте магнитного поля объем областей увеличивается, увеличивается и деполяризация нейтронов. Рост областей новой фазы продолжается до тех пор, пока они не заполнят весь объем образца. Этому моменту и соответствует минимум в величине R . В дальнейшем процесс намагничивания состоит в повороте магнитных моментов различных областей (доменов) к направлению внешнего магнитного поля. Наличие двух этапов в процессе намагничивания образца, возможно, объясняет несовпадение экспериментально определенного размагничивающего фактора и рассчитанного из геометрических размеров образца в работе

[1]. Наличие неоднородного распределения вблизи состояния насыщения, по-видимому, подтверждается обнаружением небольшого гистерезиса в этой области полей. Этот гистерезис обусловлен гистерезисом доменной структуры.

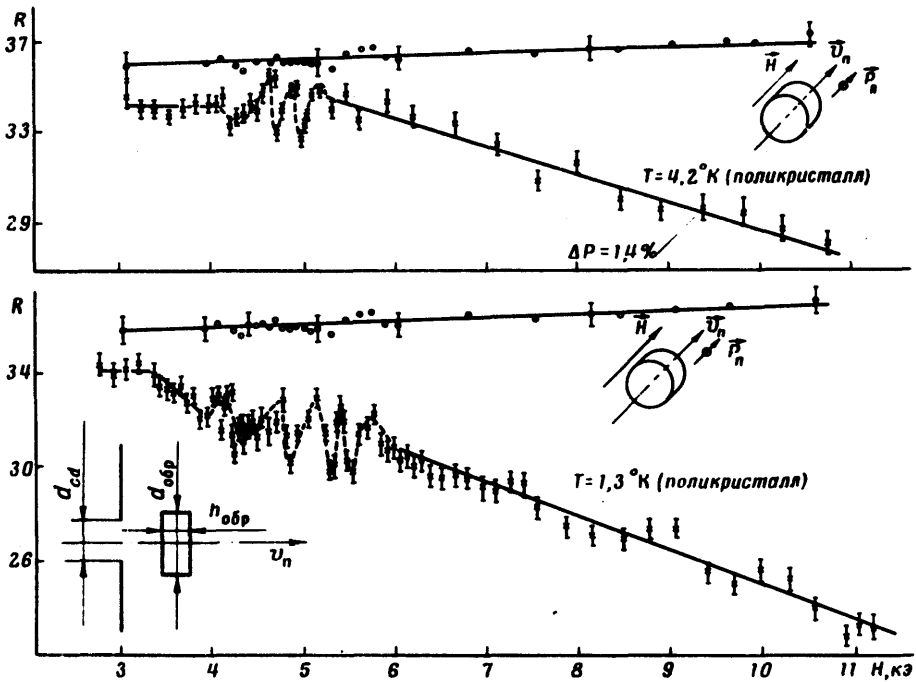


Рис. 3. Зависимость R от величины внешнего магнитного поля H для поликристаллического $MnCl_2$. $d_{cd} = 1$ см, $d_{ob} = 1,1$ см, $h_{ob} = 0,7$ см

Измерение $R = f(H)$ при $H < H_c^0$ указывает на отсутствие какой-либо деполяризации и наличия областей с неоднородным распределением магнитного момента. Возможно, что такие "центры" могут наводиться полем вблизи метамгнитного перехода и они играют роль зародышей новой фазы при переходе. Для изучения природы таких "центров" мы провели исследование $R = f(H)$, когда $H \perp [0001]$, т. е. при намагничивании монокристалла $FeCl_2$ в направлении, где не наблюдается метамгнитный переход [3]. Результаты исследования, геометрия опыта и размеры образца указаны на рис. 2. Кривая 4. соответствует поляризационному отношению пустого соленоида. Кривая 1. показывает зависимость $R = f(H)$ (образец в пучке нейтронов), при $T = 4,2^\circ K$, кривые 2 и 3' — при $T = 1,3^\circ K$. Из результатов этого эксперимента видно, что при некотором $H \gtrsim H_c^0$ деполяризация увеличивается, причем деполяризация становится большей при понижении температуры. В районе 18 кэ деполяризация достигает максимальной величины и практически остается неизменной до 24 кэ при $T = 1,3^\circ K$. Резкому

уменьшению предшествует несколько последовательных минимумов в значении R , которые отчетливо видны при $T = 4,2^\circ\text{K}$. При понижении температуры до $1,3^\circ\text{K}$ они становятся менее отчетливы. Возможной причиной такого изменения R может явиться периодическое распределение магнитного момента внутри образца в направлении, перпендикулярном полю H , которое может обусловить пространственный спиновый резонанс [4].

Кривая 1 рис. 2 очень сходна с результатами исследования поликристаллического MnCl_2 . На рис. 3 кривые 1 и 3 — для пустого соленоида, кривые 2 и 4 — для соленоида с образцом MnCl_2 . Геометрия опыта и размеры образца указаны на рисунке. Предварительные исследования монокристаллов дали подобную $R = f(H)$. Уменьшение поляризации в полях, превышающих поле спин-флор перехода $H_{sf} \approx 5 \text{ кэ}$, может быть объяснено возникновением слабо-ферромагнитной фазы и образованием доменов [5]. В пользу такого мнения говорит наличие перехода при температуре, превышающей температуру Нееля $T_N = 1,96^\circ\text{K}$. Подобное явление, например, наблюдалось на FeF_3 [6]. Исследования поликристаллического CoSO_4 указывают, что переход к слабому ферромагнетизму вызывает деноляризацию нейтронов, проходящих через такой образец.

Все сказанное выше говорит в пользу того, что и в FeCl_2 , возможно, существует переход к слабому ферромагнетизму вблизи H_c . Области с таким магнитным моментом могут быть зародышами насыщенной фазы в метамгнитном переходе.

Выражаем благодарность Г.М. Драбкину за постоянный интерес к работе и обсуждения, Г.П. Поповой за помощь в работе.

Физико-технический институт
им. А.Ф. Иоффе
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
6 июля 1971 г.

Литература

- [1] J.S. Jacobs, P.E. Lawrence. Phys. Rev., 164, 866, 1967.
- [2] Г.М. Драбкин, А.И. Егоров, В.А. Трунов, Р.П. Дмитриев, В.А. Ульянов, А.З. Ягуд. Тезисы докладов 16 Всесоюзного совещания по физике низких температур, Л. 1970, стр. 172.
- [3] P. Carrara, J. de Grunzbourg, Y. Allain. J. Appl. Phys., 40, 1035, 1969.
- [4] Г.М. Драбкин, В.А. Трунов, А.Ф. Шебетов. Письма в ЖЭТФ, 10, 527, 1969.
- [5] В.Г. Барьяхтар, А.Е. Боровик, В.А. Попов, Е.П. Стефановский, ЖЭТФ, 59, 1299, 1970.
- [6] В.Я. Гамлицкий, С.С. Якимов, В.И. Николаев, Н.Ф. Симонов. Письма в ЖЭТФ, 13, 129, 1971.