

**ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПЕРЕХОДА
АНТИФЕРРОМАГНИТНОГО $Mn_{0,5}Zn_{0,5}F_2$**

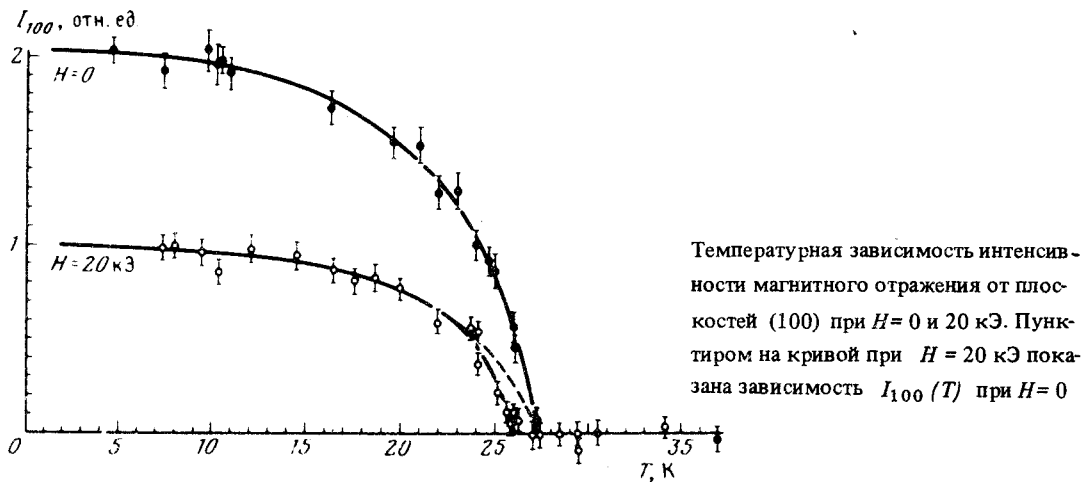
А.В.Дробинин, Ю.М.Ципенюк

Методом дифракции нейтронов исследовалась температурная зависимость интенсивности магнитного рассеяния от плоскостей (100) кристалла $Mn_{0,5}Zn_{0,5}F_2$ в отсутствие поля и в магнитном поле, параллельном оси легкого намагничивания. В поле $H = 20$ кЭ температура перехода уменьшается на величину $1,3 \pm 0,3$ К, что, по-видимому, является проявлением эффекта хаотического магнитного поля.

В последнее время значительно возрос интерес как к теоретическому, так и экспериментальному исследованию магнитных систем со случайным взаимодействием. Как показали Имри и

Ма¹, хаотическое поле в таких системах существенным образом меняет состояние магнетика при $T < T_N$. Один из способов создания подобных систем был предложен Фишманом и Ахарони². Авторами работы² было показано, что если анизотропный изинговский антиферромагнетик, разбавленный немагнитными примесями, поместить в постоянное и однородное магнитное поле, направленное вдоль легкой оси, то оно будет действовать аналогично случайному магнитному полю на неразбавленный ферромагнетик. Так как число магнитных ионов в каждой подрешетке меняется вдоль образца, то должен флуктуировать и суммарный магнитный момент. При приложении внешнего магнитного поля возникает конкуренция между антиферромагнитным упорядочением спинов и разбиением системы на области с суммарным моментом, повернутым по H . Таким образом магнитное поле приводит, в частности, к разрушению дальнего порядка при $T < T_N$.

Нами проводились измерения интенсивности дифракционных максимумов, соответствующих упругому рассеянию нейтронов от плоскостей (100) и (200) монокристалла $Mn_{0,5}Zn_{0,5}F_2$ в зависимости от температуры в отсутствие магнитного поля и в поле 20 кЭ, параллельном оси C_4 . Указанная концентрация Mn и Zn соответствует относительному молярному содержанию исходных компонентов при выращивании монокристаллов. Кристаллическая структура MnF_2 такова, что отражение (100) является чисто магнитным. Измерения проводились методом времени пролета на дифрактометре, созданном на базе микротрона ИФП АН СССР³, под углом брэгговского отражения 90° . Образец размером $12 \times 7 \times 3$ мм помещался в вакуумной полости внутри гелиевого криостата и нагревался с помощью токовых катушек, навитых на алюминиевый держатель кристалла. Поле создавалось сверхпроводящими катушками Гельмгольца и было направлено вдоль тетрагональной оси кристалла. Время измерения каждой точки составляло ~ 30 мин, стабильность температуры 0,1 К.



На рисунке показаны зависимости от температуры относительной интенсивности магнитного отражения от плоскости (100). Нормировка проводилась по монитору нейтронного потока. Вклад некогерентного рассеяния оценивался по результатам измерений в области выше T_N . Величина ошибки определяется практически только статистикой отсчетов. Сплошные линии проведены от руки в среднем по экспериментальным точкам. Эти кривые не соответствуют температурной зависимости намагниченности подрешеток, то-есть $I_{(100)}$ не пропорционально $M^2(T)$. Аналогичные расхождения наблюдались нами и в неразбавленном MnF_2 и объясняются большой величиной экстинкции. Уменьшение примерно в 2 раза абсолютного значения интенсивности отражения в магнитном поле связано скорей всего с неконтролируемым поворотом кристалла в поле ($\sim 0,5^\circ$), так как во столько же раз уменьшается в поле и интенсивность ядерного отражения от плоскости (200), наблюдаемого под тем же брэгговским

углом. В пределах ошибки кривые повторяют друг друга при $T < 20$ К. Выше этой температуры интенсивность отражения от кристалла в магнитном поле спадает быстрее и обращается в ноль на $1,3 \pm 0,3$ К ниже. В неразбавленном MnF_2 в том же поле температурный сдвиг $\Delta T = 0,06$ К⁵ и если его считать пропорциональным концентрации магнитных ионов, т.е. $\Delta T = Bh^2 \sim x(H/T)^2$, то в нашем кристалле он должен составлять примерно 0,19 К, что значительно ниже экспериментально наблюдаемой величины. Величина T_N в нулевом поле для исследуемого кристалла равна 27,4 К. Если предположить, что зависимость T_N от концентрации x ионов Zn определяется выражением $T_N(x) = 1,25 T_N(0)(x - 0,2)$, с которой согласуется ряд экспериментальных результатов⁴, то мы получаем для нашего кристалла значение $x = 0,53$, хорошо совпадающее с исходной концентрацией компонент. Таким образом, действию хаотического магнитного поля можно приписать сдвиг ΔT на 1,1 К. Аналогичные экспериментальные результаты были получены недавно в работе⁵, в которой исследовалась зависимость от магнитного поля показателя преломления света в кристаллах $Mn_{1-x}Zn_xF_2$ ($x = 0, 2$ и $0,35$).

Согласно² хаотическое магнитное поле, характеризуемое приведенным полем $h = \mu H/kT$, где $\mu = \mu_B g S$, приводит к разрушению дальнего порядка при

$$T_c = T_N - Bh^2 - T_N(Ah^2/U_0)^{1/\phi},$$

где в соответствие с работой⁵ $A \cong x(1-x)/(zJ/kT)^2$, а Bh^2 — сдвиг температуры перехода в магнитном поле, присутствующий и в неразбавленном MnF_2 . Для сравнения наших результатов с предсказаниями теоретических расчетов, мы воспользовались результатами экспериментов⁵, в которых при $H = 20$ кЭ $\Delta T = 0,35$ и $0,81$ К для $x = 0,2$ и $0,35$ соответственно и определено значение критического индекса $\phi = 1,4$. Исходя из этих данных при $x = 0,5$ сдвиг температуры перехода должен составлять $T_c - T_N = 1,4 \div 1,53$ К, что согласуется с полученной нами величиной.

Следует отметить, что в работах^{6,7} также проводились нейтронографические исследования разбавленных растворов $Mn_{1-x}Zn_xF_2$. В этих работах при приложении поля вдоль оси легкого намагничивания отмечалось уширение дифракционных пиков, свидетельствующее об уменьшении корреляционной длины. В наших экспериментах разрешение было примерно на два порядка хуже, чем в⁶, что не позволяло нам делать по этому поводу каких-либо заключений.

Таким образом, имеющиеся к настоящему времени данные свидетельствуют в пользу теоретических предсказаний о характере влияния магнитного поля на поведение разбавленных антиферромагнетиков. Следует однако подчеркнуть, что по теоретическим предсказаниям хаотическое магнитное поле должно приводить к разрушению дальнего порядка при всех температурах ниже T_N . Экспериментальная ситуация остается неопределенной. Так, например, результаты работы^{6,7} показывают, что при охлаждении $Co_{1-x}Zn_xF_2$ в присутствии магнитного поля образуется необычное состояние без дальнего порядка, однако это состояние может оказаться метастабильным. Весьма интересны исследования состояния сильно разбавленных систем, когда примесь уже нельзя считать малой. В частности, в работе⁸ вблизи критической концентрации примеси наблюдалось аномальное поведение χ_{\perp} в сильном магнитном поле.

Авторы глубоко признательны П.Л.Капице, С.П.Капице за поддержку исследований, А.С.Боровику-Романову за постоянное обсуждение работы, А.Н.Бажану за помощь в наладке низкотемпературной аппаратуры, С.В.Петрову за предоставленные образцы кристаллов и Б.С.Закирову за помощь в техническом обслуживании ускорителя.

Литература

1. Ymry Y., Ma S. Phys. Rev. Lett., 1975, 35, 1399.

2. *Fishma S., Aharony A.* J. Phys., 1979, C12, L729.
3. *Бажан А.Н., Закиров Б.С., Зыкин Л.М., Капица С.П., Ципенюк Ю.М.* Нейтронная физика, ч.4, М. 564. ЦНИИАтоминформ, 1980, с. 76.
4. *Belanger D.P., Borsa F., King A.R., Jaccarino V.* J. Magn.Magn.Mater., 1980, 15 –18, 807.
5. *Belanger D.P., King A.R., Jaccarino V.* Phys. Rev. Lett., 1982, 48, 1050.
6. *Yoshizawa H., Cowley R.A., Shirane Y., Birgeneau R.I., Guggenheim H.G., Ikeda H.* Phys. Rev. Lett., 1982, 48, 438
7. *Cowley R.A.* J. Magn.Magn.Mater., 1983, 31 –34, 1439.
8. *Borovik-Romanov A.S., Bazhan A.N., Ali Ya Amin, Petrov S.V.* J. Magn.Magn. Mater., 1983, 31 –34, 1121.

Институт физических проблем
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
12 апреля 1983 г.
