

ОБНАРУЖЕНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ФАЗЫ В ДИСПРОЗИИ ВБЛИЗИ ТОЧКИ НЕЕЛЯ МЕТОДОМ НЕЙТРОНОГРАФИИ

*В.Г.Бессергенов, В.В.Гогава, Ю.А.Ковалевская,
А.Г.Манджavidзе, В.М.Федоров, С.И.Шило*

Проведено нейтронографическое исследование магнитной структуры диспрозия в окрестности точки магнитного разупорядочения в зависимости от термической предыстории образца. Показано, что при охлаждении из парамагнитной фазы возникает промежуточная вихревая фаза, которая затем переходит в геликоидальную.

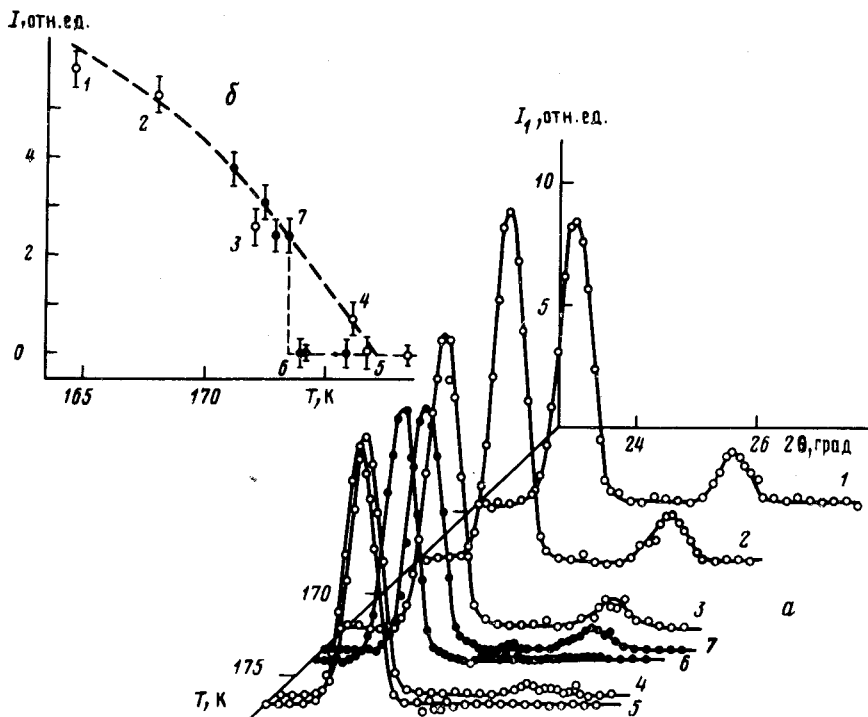
Известно ¹, что тяжелые редкоземельные металлы тербий, диспрозий и гольмий ниже температуры магнитного разупорядочения имеют простую спиральную магнитную структуру (*SS*). Однако в последнее время при исследовании теплоемкости ², магнитной восприимчивости ³ и коэффициента линейного расширения ⁴ диспрозия вблизи точки Нееля T_N обнаружен ряд аномалий: различный характер критического поведения теплоемкости и электросопротивления ниже и выше T_N ²; возникновение дополнительного, аномального магнитного момента, перпендикулярного базисной плоскости ³; скачок удлинения вдоль гексагональной оси ниже точки Нееля примерно на 6 К ⁴. Причем в работах ³ и ⁴ наличие аномалий зависело от термической предыстории образца и направления изменения температуры — нагревания или охлаждения. Наблюдаемые аномалии в магнитной восприимчивости и тепловом расширении проявлялись только при охлаждении образца из парамагнитной фазы. Было показано, что все экспериментальные факты можно объяснить в рамках предположения о том, что в диспрозии в окрестности температуры разупорядочения возникает вихревая магнитная структура, подобная описанной в работе ⁵ для легкоплоскостного магнетика.

Фазовый переход с образованием вихревого состояния характерен для двумерных систем и связан с отсутствием в таких системах дальнего магнитного порядка. Таким образом, предположение о существовании вихревого состояния противоречит экспериментальным наблюдениям *SS*-структуры. Это противоречие потребовало проведения более подробных нейтронографических исследований магнитной структуры диспрозия в окрестности T_N .

Исследования проводились на нейтронном дифрактометре Института физики АН ГССР. Образец представлял собой пластинку с плоскостью, перпендикулярной гексагональной оси *C*, вырезанную из блока монокристаллов, из которого ранее вырезался образец для измерений коэффициента линейного расширения ⁴. Отношение электросопротивлений при 300 и 4,2 К для данного образца было равно 17. Эксперименты проводились сериями с одинаковой термической предысторией. В одной группе серий образец перед измерением охлаждался до 130 К, т.е. в область геликоидального состояния, а затем нагревался до заданной температуры. В другой группе серий образец отогревался до 200 К, т.е. в область разупорядоченного состояния, и затем охлаждался до заданной температуры. Точность определения и поддержания температуры во всех экспериментах была $\cong 0,1$ К. При этом на каждой нейтронограмме фиксировались интенсивности ядерного рефлекса (002) и магнитного сателлита, а также угловое положение магнитного сателлита относительно ядерного рефлекса.

На рисунке показаны некоторые характерные нейтронограммы и зависимость интегральной интенсивности *I* магнитного сателлита от температуры в окрестности точки разупорядочения. Из рисунка видно, что температурные зависимости интенсивности магнитного сателлита получаются разными при нагревании образца из геликоидальной фазы и при охлаждении из парамагнитной фазы. При нагревании сателлит виден до температуры 176,2 К (кривая 4), и с повышением температуры его интенсивность спадает до уровня фона, исчезая в точке Нееля. При охлаждении сателлит не проявляется вплоть до 174 К (кривая 6), а при температуре 173,7 К его ин-

тенсивность скачком изменяется на значительную величину (кривая 7). При этом T_N , определенная как минимум аномалии коэффициента линейного расширения, одинакова при нагревании и охлаждении образца и равна 178,5 К⁴. Скачкообразное возрастание интенсивности магнитного сателлита при 173,7 К, согласуясь с обнаруженным вблизи этой температуры скачком длины⁴, указывает на то, что в диспрозии кроме фазового перехода в точке Нееля при охлаждении имеет место второй фазовый переход.



Нейтронogramмы диспрозия в окрестности точки Нееля: *a* — зависимость интенсивности от угла при фиксированных температурах; *б* — температурная зависимость интегральной интенсивности магнитного сателлита. \circ — экспериментальные точки, снятые в режиме нагрева, \bullet — при охлаждении образца

Согласно приведенным результатам при нагревании образца геликоидальный дальний порядок SS сохраняется вплоть до T_N в то время, как при охлаждении, несмотря на наличие фазового перехода при 178,5 К, дальний порядок типа SS не возникает вплоть до 173,7 К. Этот факт означает, что в интервале температур 173,7 — 178,5 К при охлаждении образца реализуется магнитная структура, отличающаяся от геликоидальной. Таким образом, отсутствие дальнего порядка в промежуточной фазе, существующей в интервале 178,5 — 173,7 К при охлаждении, а также появление дополнительного магнитного момента вдоль оси C ³ и характер зависимости теплоемкости, близкий к функции Костерлица — Таулесса², указывают на возникновение в этом интервале вихревого состояния, близкого к описанному в работе⁵.

Вопрос о пространственном упорядочении вихрей при достаточно большой их концентрации с теоретической точки зрения остается открытым. Согласно оценкам работы³, в случае возникновения решетки вихрей ее период больше, чем период SS -структуры диспрозия. Небольшая аномалия между ядерным рефлексом и сателлитом на нейтронogramмах 6 и 7 может свидетельствовать о таком упорядочении.

Заметим также, что сателлит, наблюдаемый при нагревании образца, по-видимому, имеет более сложную, чем гауссову, форму (кривые 3 и 4). Расщепление сателлита может быть следствием соизмеримости⁶ магнитной SS и кристаллической структур при 173 К^{7,8}. Однако этот вопрос требует более детального экспериментального и теоретического исследования.

Авторы благодарны Э.Л.Андроникашвили и Г.А.Харадзе за прочтение рукописи, а также Е.Б.Амитину и Ю.А.Изюмову за полезные обсуждения результатов работы.

Литература

1. *Koehler W.* J. Appl. Phys., 1965, 36, 1080.
2. *Амитин Е.Б., Бессергенов В.Г., Ковалевская Ю.А.* ЖЭТФ, 1983, 84, 205.
3. *Бессергенов В.Г.* ФТТ, 1984, 26, 1044.
4. *Amitin E.B., Bessergenev V.G., Kovalevskaya Yu.A.* J. Phys. F: Metal Phys., 1984, 14, 2935.
5. *Косевич А.М., Воронов В.П., Манжос И.В.* ЖЭТФ, 1983, 84, 148.
6. *Изюмов Ю.А.* УФН, 1984, 144, 439.
7. *Greenough R.D., Blackie G.N., Palmer S.B.* J. Phys. C: Solid State Phys., 1981, 14, 9.
8. *Манджавидзе А.Г., Харадзе Г.А.* Письма в ЖЭТФ, 1969, 10, 68.

Институт неорганической химии
Сибирского отделения Академии наук СССР

Институт физики
Академии наук Грузинской ССР

Поступила в редакцию
10 октября 1985 г.