

## "РАСЩЕПЛЕНИЕ" КРИТИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ НАМАГНИЧЕННОСТЕЙ ПОДРЕШЕТОК В $\text{Fe}_3\text{VO}_6$

*А.С.Камзин, В.А.Боков, Г.А.Смоленский*

Методом мессбуаэровской спектроскопии исследовано критическое поведение АФМ  $\text{Fe}_3\text{VO}_6$ . Обнаружено, что двум парам антиферромагнитных подрешеток соответствуют различные критические индексы.

В настоящее время имеется большое число работ по исследованию критических явлений при фазовых переходах в магнитоупорядоченное состояние, в которых определяются критические параметры и соотношения между ними. Однако исследовались обычно ферромагнетики или антиферромагнетики с двумя магнитными подрешетками, либо при изучении соединений с большим числом подрешеток, использовались методы, не различающие магнитные подсистемы. В предлагаемой работе с помощью эффекта Мессбауэра, позволяющего отличить неэквивалентные подрешетки, исследовалось критическое поведение антиферромагнетика со слабым ферромагнитным моментом (АСФ)  $\text{Fe}_3\text{VO}_6$ , в котором ионы железа занимают неэквивалентные положения и магнитная подсистема распадается на четыре подрешетки.

$\text{Fe}_3\text{VO}_6$  имеет орторомбическую структуру (пространственная группа —  $R_{32}ma$ ) [1]. Ионы железа занимают положения  $8d$  и  $4c$ . Температура Нееля  $T_N \approx 508\text{K}$  [1, 2]. Выше  $415\text{K}$  ферромагнитный момент направлен вдоль оси  $C$ , ниже этой температуры — вдоль оси  $a$  [3].

Для мессбауэровских исследований в качестве поглотителей использовались как мозаика, так и отдельные монокристаллы, имеющие форму тонких пластинок с осью  $a$ , перпендикулярной плоскости пластинки. При исследованиях температурных зависимостей градиент температуры по образцу был меньше  $0,01\text{K}$ . Температура поддерживалась с точностью  $\pm 0,04\text{K}$  при измерениях во внешнем магнитном поле и  $\pm 0,015\text{K}$  без поля. Абсолютная ошибка измерения температуры не превышала  $\pm 0,3\text{K}$ .

Из экспериментальных спектров с помощью ЭВМ в приближении лоренцевской формы линии, определялись положения линий сверхтонкой структуры и рассчитывались величины эффективных магнитных полей на ядрах ионов железа ( $H_{\text{СТ}}$ ). Таким образом были получены температурные зависимости эффективных полей. Далее предполагалось, что эффективные поля пропорциональны намагниченностям подрешеток и вблизи точки Нееля подчиняются степенному закону:

$$H_{\text{СТ}}(T)/H_{\text{СТ}}(0) = D(1 - T/T_N)^\beta. \quad (1)$$

Величины  $D$ ,  $T_N$  и  $\beta$  определялись путем подгонки зависимости (1) к экспериментальным данным по методу наименьших квадратов на ЭВМ с использованием программы, алгоритм которой основан на методе линеаризации, причем  $\beta$ ,  $D$  и  $T_N$  считались независимыми переменными. Результаты приведены в таблице. Экспериментальное значение  $H_{\text{СТ}}$  при  $T = 4,2\text{K}$  равно  $521 \text{ кэ}$  принималось за  $H_{\text{СТ}}(0)$ . Значения показателей степени  $\beta$  определялись также по методике [4] и были получены те же величины. Основная трудность определения показателей степени заключается в том, что нижняя температурная граница применимости соотношения (1) заранее точно не известна и поэтому нужно использовать данные наиболее близкие к  $T_N$ . Однако, для получения однозначных результатов, подгонку зависимости (1) следует производить в достаточно широком диапазоне температур.

	$8d$	$4c$	
$\beta$	0,332	0,287	$\pm 0,007$
$\delta$	4,6	5,1	$\pm 0,4$
$T_N$	507,7	507,6	$\pm 0,03$

Показатели степени  $\beta$  определялись для разных температурных интервалов, причем верхняя температура ( $507\text{K}$ ) была одна и та же. Оказалось, что в любом температурном интервале в пределах ( $0,94 \leq T/T_N \leq 0,9988$ ) наименьшие систематические отклонения экспериментальных данных от зависимости (1) получаются с  $\beta$ , приведенными в таблице.

Таким образом, в широкой области температур имеет место хорошее соответствие экспериментальной зависимости  $H_{CT}(T)$  степенному закону (1) (рис. 1).

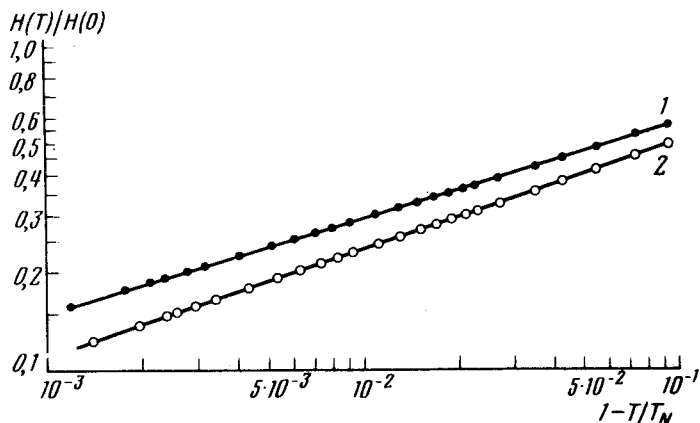


Рис. 1. Зависимость логарифмов приведенных намагниченностей от приведенной температуры в  $Fe_3VO_6$  вблизи критической точки (1 — для  $4c$ , 2 — для  $8d$  положений ионов железа)

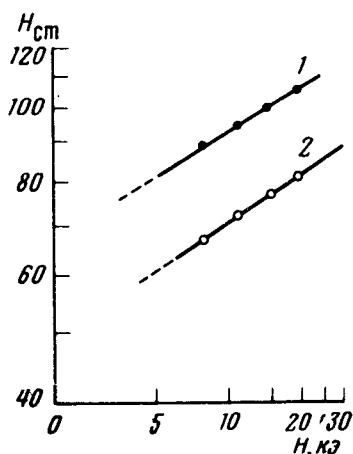


Рис. 2. Зависимость логарифмов сверхтонких полей от внешнего поля в  $Fe_3VO_6$  при  $T = T_N$  (1 — для  $4c$ , 2 — для  $8d$  положений ионов железа)

Благодаря взаимодействию Дзялошинского в АСФ, к числу которых относится и  $Fe_3VO_6$ , внешнее магнитное поле  $H$ , приложенное вдоль оси слабого ферромагнетизма, восстанавливает антиферромагнитное упорядочение при  $T \geq T_N$  и увеличивает его при  $T < T_N$  [5]. Такая особенность АСФ позволяет изучать их критическое поведение с помощью

эффекта Мессбауэра [6] в предположении:

$$H_{\text{ст}}(T_N, H) \sim H^{1/\delta}. \quad (2)$$

Здесь  $H_{\text{ст}}$  — поле сверхтонкого взаимодействия определяется по формуле  $H_{\text{ст}} = (H_{\text{эфф}}^2 - H^2)^{1/2}$ , где  $H_{\text{эфф}}$  — измеряемое эффективное магнитное поле на ядрах ионов железа во внешнем поле  $H$ . Используя эффект индуцирования, были получены экспериментальные зависимости (2) при наложении внешнего поля вдоль оси  $C$  (рис. 2) и определены показатели степени  $\delta$ , приведенные в таблице.

Как видно из таблицы, полученные значения как  $\beta$ , так и  $\delta$  для неэквивалентных магнитных подсистем оказались разными, при этом разность критических индексов  $\beta$  существенно превышает ошибку их определения.

Заметим, что магнитные подсистемы ионов в  $8d$  и  $4c$  положениях сильно связаны обменным взаимодействием, что следует хотя бы из простого рассмотрения кристаллической структуры. По-видимому и для других соединений с магнитными ионами, занимающими неэквивалентные положения, критические индексы, относящиеся к различным подсистемам будут разные и имеют смысл эффективных критических индексов подсистем.

Теоретическое рассмотрение критического поведения систем такого типа проведено в [7], где показано, что взаимодействие антиферромагнитных систем существенно влияет на их критическое поведение, приводя, в частности, к "расщеплению" значений эффективных критических индексов, относящихся к отдельным парам подрешеток.

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

Поступила в редакцию  
28 марта 1978 г.

### Литература

- [1] J.G.White, A.Mieller, R.E.Nelson. Acta Cryst., 19, 1060, 1965.
- [2] R.Wolf, R.D.Pierce, N.Eibschütz, J.W.Nielsen. Solid State Comm., 7, 949, 1969.
- [3] А.С.Камзин, В.А.Буков. ФТТ, 18, 2795, 1976; 19, 2131, 1977.
- [4] P.Heller, G.Bedenek. Phys. Rev. Lett., 14, 71, 1965.
- [5] А.С.Боровик-Романов, В.И.Ожогин. ЖЭТФ, 39, 27, 1960.
- [6] В.М.Черепанов, С.С.Якимов. Письма в ЖЭТФ, 19, 764, 1974.
- [7] А.И.Соколов. Письма в ЖЭТФ, данный номер, стр. 511