

В заключение отметим, что полученные результаты являются низшим приближением по параметрам  $|H_x|/8M$  и  $\Lambda_0/k$ , в котором не учитывается влияние поля  $H_x$  на структуру ГБЛ. Причина эффективности такого приближения состоит в том, что при этом функционал энергии сводится к функции от одной переменной  $\Phi$  [5]. Производная от нее (с точностью до знакоопределенного множителя) совпадает с правой частью равенства (5). Подробный анализ этого приближения и обоснование его корректности также содержатся в работе [5]. В этой работе, однако, отсутствует последование локальной устойчивости ГБЛ.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Ялышев Ю. А., Лукаш К. И., Показаньев В. Г. // ФТТ. 1984. Т. 26. № 5. С. 1549—1551.
- [2] Показаньев В. Г., Ялышев Ю. И., Лукаш К. И. // Письма в ЖТФ. 1984. Т. 10. № 11. С. 666—669.
- [3] Ялышев Ю. И., Политов В. Ю., Показаньев В. Г. // ФММ. 1986. Т. 62. № 1. С. 61—68.
- [4] Hubert A. // J. Appl. Phys. 1975. V. 46. N 5. P. 2276—2283.
- [5] Гуревич В. А., Моносов Я. А. // ФТТ. 1976. Т. 18. № 10. С. 2897—2906.
- [6] Gallagher T. J., Humphrey F. B. // J. Appl. Phys. 1979. V. 50. N 11. P. 7093—7101.
- [7] Малоземов А., Слонзуски Дж. Доменные стенки в материалах с ЦМД. М.: Мир, 1982. 382 с.

Донецкий физико-технический институт  
АН УССР  
Донецк

Поступило в Редакцию  
24 января 1989 г.  
В окончательной редакции  
26 июня 1989 г.

УДК 537.621

Физика твердого тела, том 31, в. 11, 1989  
Solid State Physics, vol. 31, № 11, 1989

## ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В $Fe_2P$

С. В. Павлов

Двухподрешеточные магнетики на основе фосфида железа при изменении температуры испытывают два фазовых перехода (ФП) — из парамагнитной фазы (ПМ) в метамагнитную ( $MM_1$ ) и затем из фазы  $MM_1$  в ферромагнитную (ФМ) [1]. Под действием давления область существования фазы  $MM_1$  сужается, при давлении  $\approx 3.5$  кбар исчезает, и при дальнейшем увеличении давления система из ПМ фазы переходит в новую метамагнитную фазу  $MM_2$ , а затем в фазу ФМ [2].

Целью данной работы явилось построение феноменологической модели, описывающей такое сложное поведение магнетиков на основе фосфида железа.

Для феноменологического описания двухподрешеточных систем необходимо использовать разложение термодинамического потенциала по степеням двух параметров порядка. В этом случае всегда имеется произвол в выборе числа членов в разложении, необходимых и достаточных для адекватного описания системы вблизи точек ФП, поскольку в разложении оказывается 5 членов 4-й степени, 7 членов 6-й степени и т. д. Произвол полностью устраняется, если при построении феноменологической модели использовать методы теории катастроф [3], а в качестве модели —  $\min$ -функции [4]. Такое построение вместе с теоретико-групповым анализом позволяет адекватно описать сложное поведение двухподрешеточных магнетиков на основе  $Fe_2P$  и непростое поведение магнитной восприимчивости в зависимости от давления и отклонения от стехиометрии [2]. Это поведе-

ние описывается феноменологической моделью, построенной на основе  $\min$ -функции  $W_{1,0}$  [4]

$$\Phi = \Phi_0 + \frac{1}{2}(aM_1^2 + bM_2^2) + \gamma M_1 M_2 + \frac{1}{4}(dM_1^4 + cM_2^4) + \frac{1}{2}kM_1^2 M_2^2 + \frac{1}{2}\kappa M_1^4 M_2^2 + \frac{1}{6}fM_1^6. \quad (1)$$

Здесь  $M_1, M_2$  — намагниченности подрешеток;  $c, f, k$  и  $\kappa$  положительны;  $d < 0$ . Модель (1) допускает существование двух устойчивых фаз: ПМ  $M_1 = M_2 = 0$  и ФМ  $M_1 \neq 0, M_2 \neq 0$ . Более детально свойства модели можно изучить, положив временно  $\gamma = 0$ .

В этом случае существуют 4 устойчивые фазы: парафаза ПМ  $M_1 = M_2 = 0$ ;  $MM_1$   $M_1 \neq 0, M_2 = 0$ ;  $MM_2$   $M_1 = 0, M_2 \neq 0$ ; ФМ  $M_1 \neq 0, M_2 \neq 0$ . Упрощенная фазовая диаграмма в координатах  $a-b$  изображена на рис. 1. Сплошные линии — границы ФП I рода, штриховые — II рода. Эта фазовая диаграмма топологически эквивалентна  $P-T$  диаграмме, полученной экспериментально в [2]. Если коэффициенты

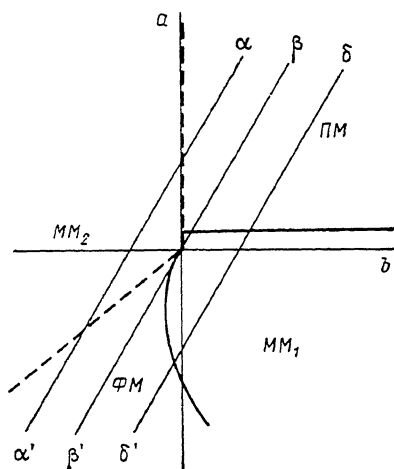


Рис. 1. Фазовая диаграмма модели (1).

$a$  и  $b$  линейно зависят от температуры, то термодинамический путь на фазовой диаграмме будет изображаться прямой линией  $\alpha\alpha'$ ,  $\beta\beta'$  или  $\delta\delta'$ . Влияние внешнего воздействия  $X$  (давления  $P$ , химического потенциала

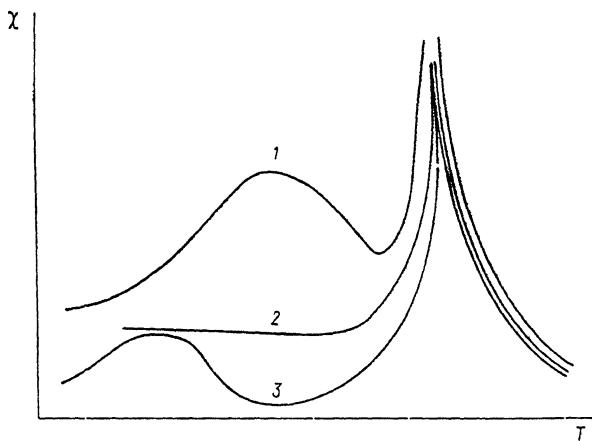


Рис. 2. Магнитная восприимчивость, соответствующая термодинамическим путям  $\alpha\alpha'$  (1),  $\beta\beta'$  (2) и  $\delta\delta'$  (3) на фазовой диаграмме рис. 1.

примеси  $\mu$  и т. п.) на свойства магнетиков будет учитываться в (1) членами типа  $\alpha_i X M_i^2$ , т. е. формально изменять  $a \rightarrow a + \alpha_1 X$  и  $b \rightarrow b + \alpha_2 X$ , что приводит к параллельному перемещению термодинамического пути на фазовой диаграмме, например от  $\alpha\alpha'$  к  $\beta\beta'$ . Термодинамические пути  $\alpha\alpha'$ ,  $\beta\beta'$  и  $\delta\delta'$  на фазовой диаграмме описывают последовательности ФП ПМ— $MM_2$ —ФМ, ПМ—ФМ и ПМ— $MM_1$ —ФМ соответственно. Такие последовательности ФП наблюдались экспериментально в [2] при различных давлениях на кристалл. Случай с  $\gamma \neq 0$  отличается от вышеописанного тем, что низкотемпературные аномалии магнитной восприимчивости  $\chi$

при этом сохраняются, но их уже нельзя считать ФП. Физический смысл этих аномалий — упорядочение одной из магнитных подрешеток в поле другой подрешетки. На рис. 2 изображены теоретические температурные зависимости  $\chi$  при  $\gamma \neq 0$  для всех трех случаев термодинамического пути. Такой же температурный ход имеют и экспериментальные зависимости [2].

#### Список литературы

- [1] Завадский Э. А., Медведева Л. И., Филиппов А. Э., Вальков В. И. // ФТТ. 1984. Т. 26. № 1. С. 247—249.
- [2] Медведева Л. И., Харцев С. И. // ФТТ. 1989. Т. 31. № 1. С. 78—83.
- [3] Гилмор Р. Прикладная теория катастроф. М.: Мир., 1984. Т. 1. 350 с.
- [4] Васильев В. А. // Функциональный анализ и его приложения. 1977. Т. 11. № 3. С. 1—11.

Московский государственный университет  
им. М. В. Ломоносова  
Москва

Поступило в Редакцию  
24 апреля 1989 г.  
В окончательной редакции  
29 июня 1989 г.