

## Комментарий к статье «Фазовые переходы в антиферромагнитном фториде кобальта»

Г. К. Чепурных, О. Г. Медведовской,  
О. А. Никитиной

(ФНТ 26, 108 (2000))

В. М. Локтев

*Институт теоретической физики им. Н. Н. Боголюбова НАН Украины,  
Украина, 03143, г. Киев, ул. Метрологическая, 14-б  
E-mail: vloktev@bitp.kiev.ua*

Статья поступила в редакцию 13 марта 2000 г.

PACS: 75.10.Jm

В недавно опубликованном кратком сообщении [1] ставится задача теоретического изучения рода фазового перехода в легкоосном антиферромагнетике (АФМ)  $\text{CoF}_2$ , помещенном в продольное,  $\mathbf{H} \parallel C_4$ , магнитное поле. Проведя исследование в рамках квазиклассического подхода и сформулировав критерии для определения рода перехода коллинеарная — неколлинеарная фаза, авторы отмечают отсутствие для этого кристалла с явно «неклассической» магнитной подсистемой последовательной теории. В полной мере ни с последним, ни с полученными в [1] результатами согласиться невозможно.

Во-первых, такая теория (во всяком случае, ее основы) существует [2–5] (см. также более подробное изложение в обзоре [6]).

Во-вторых, непоследовательность авторов [1] как раз и вызвана использованием многопараметрической феноменологической теории, возможности которой применительно к  $\text{CoF}_2$  сильно ограничены. В частности, и это существенно, она не допускает аккуратного учета длин средних спинов (или, что эквивалентно, намагниченностей)  $s_\alpha(\mathbf{H})$  подрешеток  $\alpha = 1, 2$  во внешнем поле, которое в  $\text{CoF}_2$  значительно и обусловлено низкой (ромбической) симметрией  $D_{2h}$  локального кристаллического поля. Более того, константа взаимодействия Дзялошинского знакопеременна по магнитным подрешеткам и в этом смысле никакой

проблемы ее знака не существует (разумеется, в предположении об однодоменности магнитного состояния образца, что, вообще говоря, не соответствует действительности [7]). В магнитном поле один спин,  $s_1(\mathbf{H})$ , направленный вдоль поля, удлиняется, а другой,  $s_2(\mathbf{H})$ , направленный против поля, сокращается, и в таком «ферримагнитном» (и при  $T = 0$ ) состоянии плоскость разворота определяется главным образом «легкой» осью «длинного» спина. При этом и спин-флоп переход в силу анизотропного характера базисной плоскости не происходит, а разворот действительно напоминает поведение ферримагнетика ( $s_1(\mathbf{H}) - s_2(\mathbf{H}) \neq 0$ ) во внешнем продольном магнитном поле.

Квантовый (и тоже феноменологический) подход позволяет не только количественное описание АФМ состояния  $\text{CoF}_2$  с небольшим числом подгруппочных (включая взаимодействие Дзялошинского) параметров, но и показывает, что род перехода и характер угловой фазы зависят от исходной величины  $S$  ( $S = 1, 3/2, \dots$ ), причем  $s_\alpha(\mathbf{H}) < S$ . Величина  $S$  задает порядок матрицы, описывающей динамику полевого разворота квантовой намагниченности, в котором ориентация последней самосогласованно зависит от ее модуля (т.е. ее квантовомеханического среднего) и наоборот. Квазиклассические уравнения и поправки к ним для спиновых конфигураций могут быть получе-

ны лишь для случая малой по сравнению с обменом одноионной анизотропии, которая в приближении, принятом в [1] (а также в служащей для нее основой работе [8]), неотличима от межионной, не оказывающей никакого влияния на вид упомянутых уравнений.

Подытоживая, отмечу, что результаты, полученные в [1] для описания фазовых переходов в кристалле  $\text{CoF}_2$ , не могут рассматриваться как адекватные ему, даже если качественно «схватывают» некоторые черты его магнитной подсистемы. Кроме того, фториды переходных металлов — пьезомагнетики, и именно в  $\text{CoF}_2$  соответствующая деформация решетки во внешнем поле особенно велика, что обеспечивает переход в угловую фазу первого рода, близкий ко второму. Вне учета магнитострикции какой-либо вывод о роде перехода не может рассматриваться как обоснованный либо окончательный и, как мне пред-

ставляется, недопустим. Сказанное, однако, не означает, что изучение фазового состояния и фазовых превращений  $\text{CoF}_2$  во внешнем поле не продолжает оставаться интересным вопросом современной физики магнитных явлений.

1. Г. К. Чепурных, О. Г. Медведовская, О. А. Никитина, *ФНТ* **26**, 108 (2000).
2. В. М. Локтев, В. С. Островский, *ФТТ* **20**, 3257 (1978).
3. М. А. Иванов, В. М. Локтев, Ю. Г. Погорелов, *ФНТ* **7**, 1401 (1989).
4. V. M. Loktev and V. S. Ostrovskii, *Phys. Lett.* **A99**, 58 (1983).
5. В. М. Локтев, В. С. Островский, *Физика многочастичных систем*, Наукова думка, Киев, № 13, 52 (1988).
6. В. М. Локтев, В. С. Островский, *ФНТ* **20**, 983 (1994).
7. V. V. Eremenko and N. F. Kharchenko, *Sov. Sci. Rev. A, Phys.* **5**, 1 (1984).
8. К. Г. Гуртовой, А. С. Лагутин, В. И. Ожогин, *ЖЭТФ* **83**, 1941 (1982).

## Ответ на комментарий В. М. Локтева к статье «Фазовые переходы в антиферромагнитном фториде кобальта»

Г. К. Чепурных

Институт прикладной физики НАН Украины, Украина, 40030, г. Сумы, ул. Петропавловская, 58  
E-mail: iapuas@gluk.apc.org

Статья поступила в редакцию 17 мая 2000 г.

PACS: 75.10.Jm

Основное замечание состоит в том, что при рассмотрении квантовой подсистемы в [1] мы использовали феноменологическую модель (см. [2,3]). Напомним, что магнитные подсистемы магнитоупорядоченных кристаллов являются квантовыми подсистемами (сам факт ферро- и антиферромагнитного упорядочения — квантовый эффект). И тем не менее для описания их физических свойств используется и феноменологическая модель, и теория молекулярного поля [4,5]. Более того, на сегодняшний день многие физические результаты, которые удается получить в рамках феноменологической модели, вообще не удается «зацепить» в рамках квантовой теории.

Нами была поставлена скромная задача — получение дополнительной информации о поведении магнитной подсистемы  $\text{CoF}_2$  в продольном магнитном поле с учетом ранее выполненных исследований (на которые мы ссылаемся в своей работе [1]), в частности, мы использовали результаты работы [6].

Критерии фазового перехода первого рода сформулированы в [7] на стр. 536–537.

В своей работе мы указали, что одни авторы считают, что проблема знака взаимодействия Дзялошинского (ВД) существует, а другие — нет. И это отнюдь не праздный вопрос. Если направление поворота вектора антиферромагнетизма под влиянием поперечного магнитного поля не связано со знаком ВД, то возможно существование доменной структуры нового типа. Если связано, то этой новой доменной структуры не существует.

Работа [1] явилась продолжением нашей работы [8], в которой последовательно и аккуратно

в рамках феноменологической теории показано, что в легкоосных тетрагональных антиферромагнетиках под влиянием продольного магнитного поля переход в угловую фазу или в обычную спин-флоп фазу [3] обусловлен конкуренцией двух анизотропий в базисной плоскости: анизотропии, связанной с ВД, и обменно усиленной анизотропии четвертого порядка ( $f l_x^2 l_y^2$ ). Определены условия, влияющие на характер перехода между антиферромагнитной и угловой фазами. Показано также, что если происходит переход первого рода, то этот переход близок к переходу второго рода. Так что в данном случае использование гипотезы о ферримагнитном поведении представляется необоснованным.

Для  $\text{CoF}_2$  отношение поля анизотропии  $H_a$  к обменному полю  $H_e$  удовлетворяет условию  $(H_a/H_e)^2 \ll 1$ , и это обстоятельство с учетом различия в намагниченностях подрешеток в феноменологической модели [2] позволяет полагаться на продуктивность феноменологической модели. Рассчитанная нами на ЭВМ зависимость суммарной намагниченности от продольного магнитного поля лучше согласуется с экспериментом [6] по сравнению с зависимостью, представленной в [9].

Магнитострикция в  $\text{CoF}_2$  могла бы влиять на характер фазового перехода в угловую фазу, если бы при этом изменение ориентации вектора антиферромагнетизма было существенным (как при обычном спин-флоп переходе [3]). Поскольку же в данном случае при переходе первого рода изменение ориентации вектора антиферромагнетизма крайне незначительно (фазовый переход первого рода близок к фазовому переходу второго рода),

---

то влияние магнитострикции на характер перехода представляется маловероятным.

В заключение хотелось бы отметить, что использование феноменологической модели отнюдь не мешает развитию квантовой теории.

1. Г. К. Чепурных, О. Г. Медведовская, О. А. Никитина, *ФНТ* **26**, 108 (2000).
2. И. Е. Дзялошинский, *ЖЭТФ* **32**, 1547 (1957).
3. Е. А. Туров, *Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов*, Изд-во АН СССР, Москва (1963).
4. P. Weiss, *J. Phys. Et. Radium* **4**, 661 (1907).
5. С. В. Вонсовский, *Магнетизм*, Наука, Москва (1971).
6. К. Г. Гуртовой, А. С. Лагутин, В. И. Ожогин, *ЖЭТФ* **83**, 1941 (1982).
7. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Статистическая физика*, часть 1, Наука, Москва (1976), с. 536.
8. Г. К. Чепурных, В. С. Иванов, О. Г. Медведовская, О. А. Никитина, *ФТТ* **41**, 2044 (1999).
9. В. М. Локтев, В. С. Островский, *ФНТ* **20**, 983 (1994).