

Письма в ЖЭТФ, том 11, стр. 478 – 482

20 мая 1970 г.

ДАВЫДОВСКОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ ЭКСИТОННОЙ ЛИНИИ В АНТИФЕРРОМАГНИТНОМ Rb MnF_3

В.В.Еременко, В.П.Новиков

Rb MnF_3 – идеальный кубический двухподрешеточный антиферромагнетик с $T_N = 82,5^\circ\text{K}$ и направлением упорядочения вдоль оси третьего порядка. Чрезвычайно малое поле анизотропии $H_A \approx 4 \text{ э}$ и большое обменное $T_N = 8,9 \cdot 10^5 \text{ э}$ приводят к тому, что магнитная структура Rb MnF_3 легко перестраивается, ос-

таваясь коллинеарной, слабым внешним магнитным полем, требуя, однако, очень сильных полей для заметного нарушения коллинеарности. Ранее [1] сообщалось, что наложение внешнего магнитного поля приводит к дублетному расщеплению магнитодипольной линии $25144,5 \text{ см}^{-1}$, обусловленной оптическим переходом ${}^6A_{1g} \rightarrow {}^4E_g({}^4G)$ иона Mn^{2+} . Эффект резко анизотропен и определяется ориентацией магнитных моментов подрешеток относительно кристаллографических осей. В [2] показано, что учет магнитоупругого взаимодействия позволяет объяснить наблюдавшееся дублетное расщепление снятием двухкратного орбитального вырождения ${}^4E_g({}^4G)$ -состояния при искажении кристаллической решетки. Дублетный характер расщепления сохраняется и в области сильных магнитных полей, приложенных вдоль направлений [100] и [110]. Здесь мы сообщаем о поведении линии $25144,5 \text{ см}^{-1}$ в сильном магнитном поле $H \parallel [111]$.

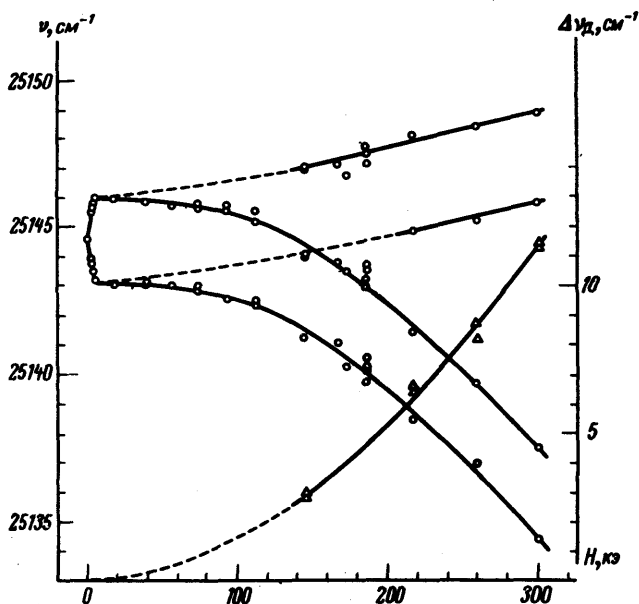


Рис. 1. Зееман-эффект экситонной линии поглощения ${}^6A_{1g} \rightarrow {}^4E_g({}^4G)$ перехода RbMnF_3 при 20°K в поле $H \parallel [111]$. Треугольниками обозначена полевая зависимость величины дополнительного расщепления

Рис. 1 иллюстрирует полевую зависимость наблюдаемого расщепления, полученную в неполяризованном свете при 20°K с помощью импульсного соленоида. На рис. 2 представлены микрофотометрические кривые рассматриваемой области спектра для некоторых характерных значений магнитного поля. Ясно видно, что дублетное расщепление, появляющееся уже в слабом поле, сохраняет свою величину вплоть до 300 кэ (что предсказывается при учете магнитоупругого расщепления линии), сопровождаясь, однако, дополнительным дублетным расщеплением каждой из компонент. Последнее обстоятельство не укладывается в рамки одноионного приближения, требуя привлечения экситонных представлений.

Одной из характерных особенностей спектра электронных возбужденных состояний антиферромагнетиков является давидовское расщепление (ДР) экситонных линий, обусловленное взаимодействием трансляционно неэквивалентных магнитных ионов. Появившиеся недавно первые экспериментальные данные [3–6] стимулировали интерес к этому явлению, позволяющему судить о механизме переноса возбуждения в антиферромагнетиках.

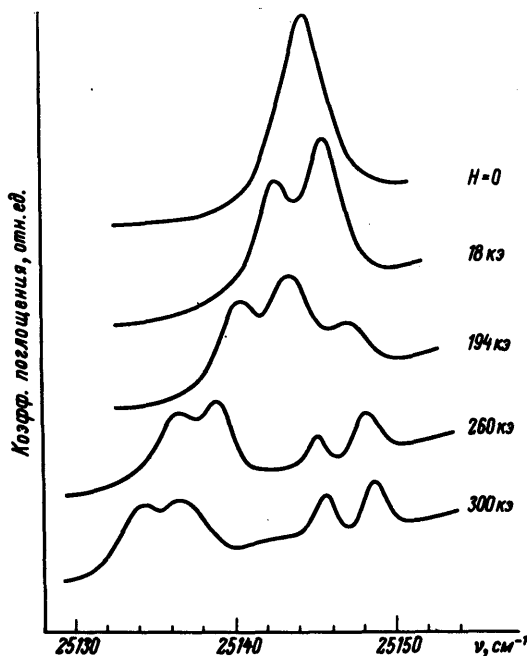


Рис. 2

Как показано Лаудоном [7], ДР орбитально невырожденных уровней возможно в том случае, если пространственно-групповое представление, соответствующее оператору рассматриваемого в одноионном приближении перехода (симметрия его определяется местной магнитной группой) разлагается на пары невырожденных (в случае двух неэквивалентных магнитных ионов в элементарной ячейке) пространственно-групповых неприводимых представлений, определяющих поляризацию давидовских компонент. Результаты такого анализа¹⁾ для RbMnF_3 и различных направлений внешнего магнитного поля и вектора антиферромагнетизма \vec{l} [2] сведены в таблицу, из которой следует, что ДР возможно во всех перечисленных случаях. Интересно, что при $H \parallel [111]$ возможна любая поляризация компонент расщепления. Таким образом, таблица не противоречит утверждению, что обнаруженное нами дополнительное расщепление есть ДР. В то же время, поскольку после снятия орбитального вырождения 4E_g (4G)-уровня при деформации решетки в магнитном поле остается

1) Ограничиваемся лишь точкой $k = 0$ зоны Бриллюэна, наиболее существенной в экситонном оптическом поглощении. В этом случае рассмотрение сводится к определению представлений фактор-группы пространственной группы.

лишь трансляционное, пространственное вырождение (2 иона в ячейке) то интерпретация наблюдающегося при $H \parallel [111]$ дополнительного расщепления как ДР – является единственно возможной.

Направление поля	Направление упорядочения	Местная группа	Симметрия перехода	Фактор-группа	Симметрия давид. комп.	Базис
$H \parallel [001]$	$\vec{E} \parallel [110]$	$C_{2h}(C_i)$	Γ_1^+	$D_{2h}(C_{2h})$	Γ_1^+ Γ_2^+	S_z S_x, S_y
$H \parallel [1\bar{1}0]$	$\vec{E} \parallel [111]$	$C_{2h}(C_i)$	Γ_1^+	$D_{2h}(C_{2h})$	Γ_1^+ Γ_2^+	S_b S_a, S_z
	$\vec{E} \parallel [001]$	$C_{2h}(C_i)$	Γ_1^+	$D_{2h}(C_{2h})$	Γ_1^+ Γ_2^+	S_b S_a, S_z
$H \parallel [111]$	$\vec{E} \parallel [1\bar{1}0]$	C_i	Γ_1^+	$C_{2h}(C_i)$	$2\Gamma_1^+$	S_x, S_y, S_z
	$\vec{E} \parallel [1\bar{1}2]$	C_i	Γ_1^+	C_i	$2\Gamma_1^+$	S_x, S_y, S_z

Известные в настоящее время наблюдения ДР в оптических спектрах антиферромагнетиков ограничены лишь кристаллами Cr_2O_3 [4, 6] и $YCrO_3$ [5]. В обоих случаях исследовались экситонные линии поглощения, относящиеся к так называемой R группе. Следует заметить, что элементарные ячейки Cr_2O_3 [6] и $YCrO_3$ [8] содержат по четыре неэквивалентных иона, что с одной стороны, крайне усложняет идентификацию, лишая ее однозначности, а с другой – приводит к необходимости рассматривать два механизма ДР, связанных с возможностью резонансного переноса возбуждения между трансляционно неэквивалентными ионами, входящими как в одну, так и в разные магнитные подрешетки. Как показано Алленом с соавторами [6], результаты исследования Cr_2O_3 свидетельствуют о том, что наблюдаемое в нем ДР обусловлено обменным взаимодействием неэквивалентных ионов Cr^{3+} , входящих в одну подрешетку; получить же однозначные оценки межподрешеточного резонансного взаимодействия из имеющихся экспериментальных результатов невозможно. Это же замечание следует отнести и к наблюдениям ДР в $YCrO_3$, поскольку данная в [5] идентификация экситонного спектра, видимо, не является единственной.

Заметим, в связи с этим, что ДР в $RbMnF_3$, имеющем два неэквивалентных иона Mn^{2+} в элементарной ячейке, обусловлено исключительно межподрешеточным переносом возбуждения и полученные нами данные дают непосредственные сведения об этом явлении для оптического возбуждения. Интересно, что, в отличие от Cr_2O_3 и $YCrO_3$, ДР в $RbMnF_3$ не имеет независимой от поля составляющей и полностью индуцируется внешним магнитным полем, увеличиваясь пропорционально квадрату напряженности поля:

$$\Delta \nu_D \text{ (см}^{-1}\text{)} = 12,7 \cdot 10^{-10} \cdot H^2 \text{ (э)}.$$

Пользуемся случаем поблагодарить Н.А.Сергиенко за помощь в теор-груп-повом анализе, Ю.А.Попкова и С.А.Гредескула за обсуждение результатов.

Физико-технический институт
низких температур
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию
2 апреля 1970 г.

Литература

- [1] В.В.Еременко, В.П.Новиков, Ю.А.Попков. ЖЭТФ, 54, 1037, 1968.
 - [2] В.В.Еременко, В.П.Новиков, С.В.Петров, Ю.А.Попков. Препринт ФТИНТ АН УССР, 1969 ; В.П.Новиков, В.В.Еременко, В.М.Гредескул, С.А.Гредескул. Труды ФТИНТ АН УССР, вып. 7, 1970 – в печати.
 - [3] R.A.Cowley, P.Martel, R.W.H.Stevenson. Phys. Rev. Lett., 18, 162, 1967.
 - [4] J.P.van der Ziel. Phys. Rev., 161, 483, 1967.
 - [5] K.Aoyagi, K.Tsushima, S.Sugano. Solid State Comm., 7, 229, 1969.
 - [6] J.W.Allen, R.M.Macfarlane, R.L.White. Phys. Rev., 179, 523, 1969.
 - [7] R.London. Advan. Phys., 17, 243, 1968.
 - [8] J.P.van der Ziel, L.G. van Uitert. Phys. Rev., 179, 343, 1969.
-