

СЛАБЫЙ ФЕРРОМАГНЕТИЗМ $RbMnCl_3$

Н.В.Федосеева, Б.В.Безносиков

Обнаружено, что оптически прозрачный трихлормарганат рубидия $RbMnCl_3$ ниже $T_N = 94,6K$ является антиферромагнетиком со слабым ферромагнетизмом, спонтанный магнитный момент которого при 78K равен $0,41 \text{ гс}\cdot\text{см}^3/\text{г}$ и направлен вдоль гексагональной оси шестого порядка.

Соединение $RbMnCl_3$ является прозрачным в ближней ультрафиолетовой и видимой области и имеет пространственную группу $D_{6h}^4 - P6_3/mmc$, с шестью формульными единицами на ячейку. Нейтронографические исследования, проведенные Меламудом и Маковским [1] в широком температурном интервале от 4,2 до 300K, показали, что магнитная и химическая элементарные ячейки совпадают, а магнитная структура представляет собой набор параллельных ферромагнитных слоев атомов Mn^{2+} , связанных антиферромагнитно. Согласно этой работе, магнитная структура $RbMnCl_3$ может принадлежать к одной из двух различных структур орторомбической симметрии $Cm\bar{c}m$ и $Cmcm$.

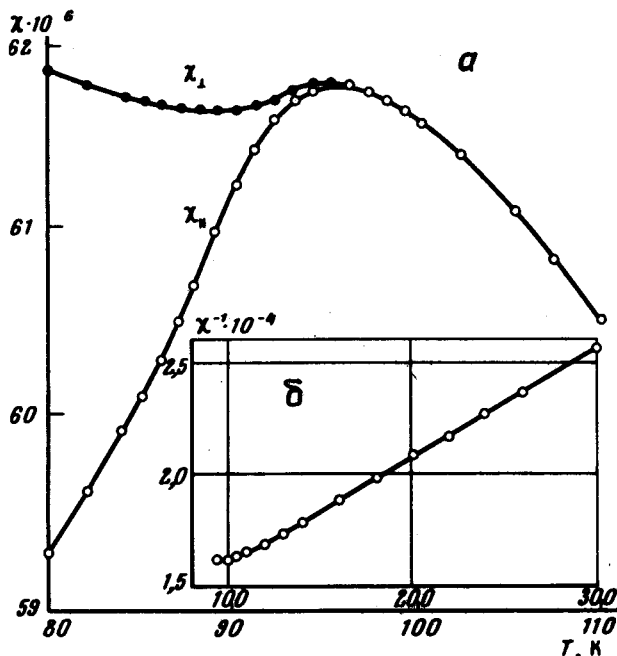


Рис. 1. а - Зависимость магнитной восприимчивости монокристаллического $RbMnCl_3$ от температуры в поле 4780 э: ● - при H направленном вдоль $[001]$, ○ - при H направленном $\perp [001]$; б - температурная зависимость χ^{-1} : (сплошная линия - теоретическая кривая, точки - экспериментальные результаты)

Измерения статических магнитных свойств монокристаллического $RbMnCl_3$ были проведены методом Фарадея с точностью $\sim 4\%$ в интервале температур от 78 до 300K. Точность ориентации образца в держателе составляла $3 - 4^\circ$. Монокристаллы $RbMnCl_3$ были выращены из расплава методом Бриджмена в вертикальной трубчатой печи; параметры решетки: $a = 7,11 \pm 0,01 \text{ \AA}$, $c = 17,65 \pm 0,01 \text{ \AA}$.

1. На рис. 1, а приведено изменение магнитной восприимчивости (χ_1 и χ_2) монокристалла $RbMnCl_3$ в зависимости от температуры. Вид-

но, что кривые имеют широкий максимум при температуре 95К. При температурах выше 95К восприимчивость изотропна, а ниже наблюдается анизотропия восприимчивости; χ_{\parallel} резко уменьшается с понижением температуры, в то время как χ_{\perp} остается примерно постоянной. Анализ зависимости магнитной восприимчивости χ и χ^{-1} от температуры показал, что выше 140К выполняется закон Кюри – Вейсса с молярной постоянной $C_M = 4,84$ и $\theta = -204\text{K}$, а максимум на температурной зависимости магнитной восприимчивости при 95К связан с переходом в антиферромагнитное состояние. Обработка экспериментальных данных производилась методом высокотемпературного разложения Рашбрука и Вуда [3]. Из рис. 1, б видно хорошее совпадение экспериментальных данных и расчетной кривой $\frac{Ng^2\mu_B^2}{XJ} \left(\frac{kT}{J} \right)$ при значении

$J/k = 9,85\text{K}$. Определение T_N производилось по температурной зависимости χ_{\parallel} и χ_{\perp} ниже точки перехода [4]. В системе координат

$\ln \frac{\chi T}{c} \left(\ln \frac{\chi T}{J} \right)$ экспериментальные значения χ_{\parallel} и χ_{\perp} хорошо укладываются на две прямые, пересечение которых даст $T_N = 94,6\text{K}$.

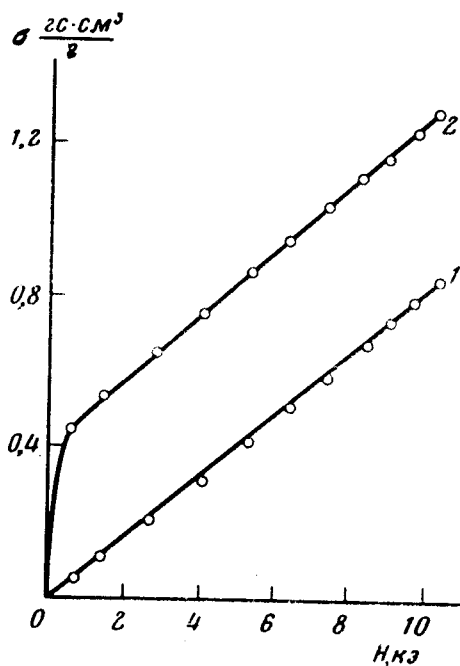


Рис. 2. Зависимость магнитного момента RbMnCl_3 от поля при 78К: 1 – поле направлено $\perp [001]$, 2 – поле направлено вдоль $[001]$

2. На рис. 2 представлены зависимости магнитного момента RbMnCl_3 от поля при $H \perp [001]$ и $H \parallel [001]$, снятые при 78К. В первом случае эта зависимость имеет вид $M = \chi_{\parallel} H$, где $\chi_{\parallel} = 59,28 \cdot 10^{-6}$, а во втором случае, в полях больших 2,5 кэ, имеем $M = \sigma + \chi_{\perp} H$, где $\chi_{\perp} = 61,84 \cdot 10^{-6}$,

а $\sigma = 0,41 \text{ гс}\cdot\text{см}^3/\text{г}$. значение σ получено экстраполированием линейного участка кривой намагничивания в сильных полях к $H = 0$. При повышении температуры от 78К до T_N , кривые зависимости момента от H имеют характер аналогичной кривой 1 (рис. 2), но значение спонтанного магнитного момента с повышением температуры уменьшается. При температурах выше T_N зависимость $M(H)$ линейная, т. е. соединение является типичным парамагнетиком, причем, как уже отмечалось, анизотропии восприимчивости в этом температурном интервале не наблюдалось.

Таким образом, исследования зависимости магнитного момента RbMnCl_3 от поля при различных температурах при $H \parallel [001]$ и $H \perp [001]$ показали, что ниже T_N трихлормарганат рубидия обладает слабым ферромагнетизмом, спонтанный магнитный момент которого равен при 78К — $0,41 \text{ гс}\cdot\text{см}^3/\text{г}$ и направлен вдоль гексагональной оси шестого порядка. Необходимо заметить, что в антиферромагнетиках со структурой $6_z^- 2_d^+$, каким является RbMnCl_3 слабый ферромагнетизм, связанный с инвариантами второго порядка в магнитном гамильтониане и с анизотропией g -фактора не может существовать. Тем не менее, члены более высокого порядка приводят к спонтанному магнитному моменту, который направлен вдоль гексагональной оси кристалла [5]. Симметричные рассмотрения показали, что слабый ферромагнетизм в направлении гексагональной оси шестого порядка допускается магнитной структурой $S\bar{6}c'm$, тогда как $S\bar{6}cm$ — нет. Поэтому проведенные исследования позволяют устранить неоднозначность в определении магнитной структуры, и дают возможность считать, что в RbMnCl_3 осуществляется магнитная структура $S\bar{6}c'm$.

Авторы признательны К.С.Александрову за постановку задачи, постоянное внимание и интерес к работе, а также В.В.Ускову за помощь в работе и полезные дискуссии.

Институт физики
им. Л.В.Киренского
Сибирское отделение
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
16 ноября 1974 г.

Литература

- [1] M.Melamud, I.Makovsky, H.Shaked. Phys. Rev., B3, 821, 1971.
- [2] M.E.Lines. J.Phys. Chem. Sol.,31, 101, 1970.
- [3] G.S.Rushbrooke, P.J. Wood, Molec. Phys.,1, 257, 1958.
- [4] D.J.Breed. Physica,37, 35, 1967
- [5] Е.А. Туров. Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов, изд. АН СССР, 1963.