

ТЕПЛОЕМКОСТЬ БЕЗВОДНОГО CrCl_3 НИЖЕ 4°К

М. О. Кострюкова

В связи с проводимыми нами исследованиями теплоемкости слоистых галогенидов группы железа [1 – 3] в настоящей работе была измерена теплоемкость CrCl_3 в области температур от 2 до 4°К.

Теплоемкость CrCl_3 измерялась ранее выше 12°К [4, 5]. Температура антиферромагнитного превращения в CrCl_3 , согласно калориметрическим данным, составляет $T_c = 16,8^\circ\text{K}$. CrCl_3 имеет слоистую кристаллическую решетку типа D_3 . Слои металлических ионов разделены двумя слоями ионов Cl , перпендикулярно плоскости слоя направлена главная ось симметрии C_3 .

Нейтронографические исследования [6] подтвердили предсказанную впервые Ландау [7] картину магнитного упорядочения. Спины внутри каждого слоя упорядочены ферромагнитно, а между слоями имеет место слабое антиферромагнитное взаимодействие, и в соседних слоях спины антипараллельны. В антиферромагнитном CrCl_3 спины ориентированы в плоскости базиса.

Данные по магнитной восприимчивости [8] показали, что анизотропия в CrCl_3 мала, так как разница в полях, при которых наступает магнитное насыщение для $H \perp C_3$ и $H \parallel C_3$, не превышает 2 кз. Из измерений восприимчивости [9] оценена величина антиферромагнитного взаимодействия между слоями: обманный интеграл $I_{\text{af}}/K = -0,018^\circ\text{K}$.

В последнее время Нарат и Дэвис исследовали температурную зависимость намагниченности подрешеток методом ядерного магнитного резонанса [9, 10]. Близкая к линейной температурная зависимость намагниченности наблюдается в области гелиевых температур и объясняется особенностью энергетического спектра двухмерной ферромагнитной системы с малой анизотропией.

Наряду с работами Нарата и Дэвиса [9, 10] энергетический спектр слоистых антиферромагнетиков рассматривался теоретически Иошимери [11] и Шоу [12]. В этих работах показано, что, если ферромагнитное взаимодействие внутри слоя намного превышает антиферромагнитное взаимодействие между слоями, закон дисперсии спиновых волн сильно анизотропен и спиновые волны с волновым вектором, направленным вдоль оси C_3 , достигают границы зоны при малых энергиях.

В связи с этим уже при низких температурах может возбуждаться большое число спиновых волн и наблюдаться переход от трехмерного антиферромагнетика к двухмерной ферромагнитной системе. Магнитная

$C, \text{мкм}/\text{моль-секунда}$

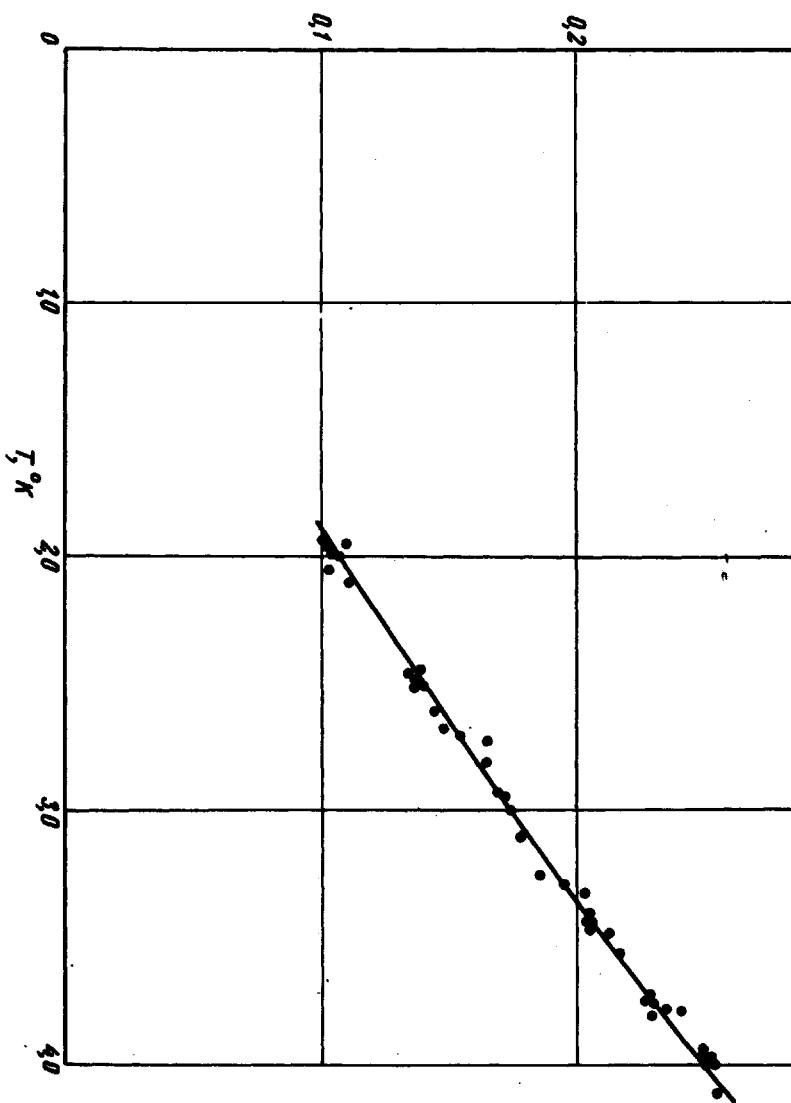


Рис. 1

теплоемкость такой двухмерной системы должна изменяться с температурой по линейному закону, если анизотропия мала, или по квадратичному, когда анизотропия велика.

Результаты измерений теплоемкости CrCl_3 между 2 и 4°К приведены на рис. 1 в координатах C и T . Как видно, зависимость теплоемкости от температуры близка к линейной.

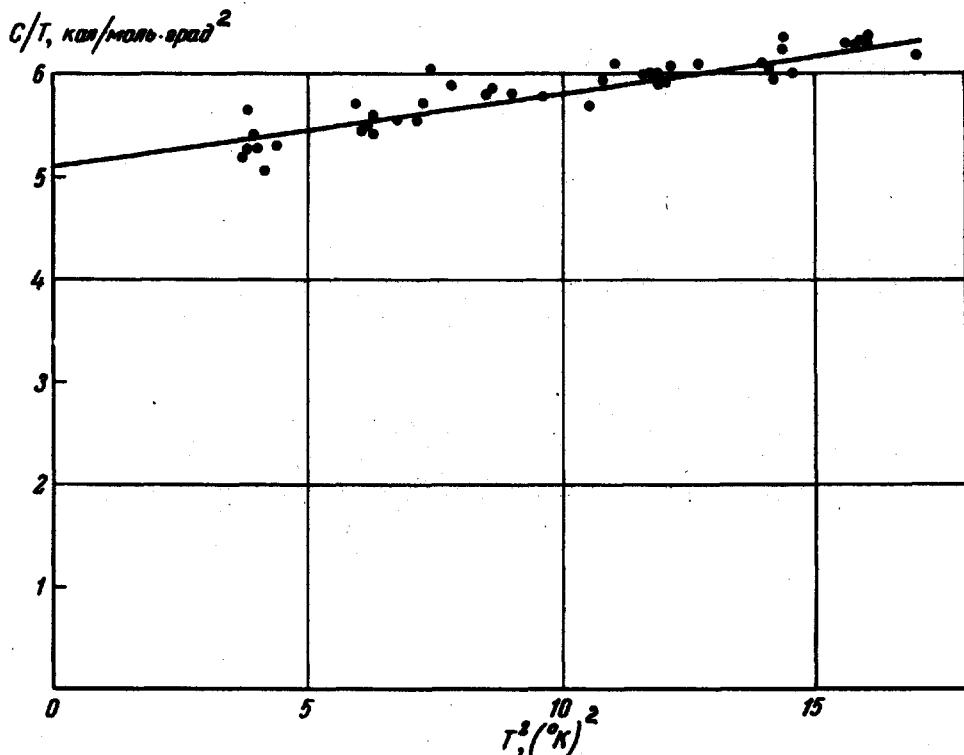


Рис.2

Чтобы оценить вклад решетки в теплоемкость CrCl_3 , результаты измерений представлены на рис. 2 в координатах C/T и T^2 . При этом предполагается, что теплоемкость решетки пропорциональна T^3 , как это имеет место у других слоистых галогенидов при гелиевых температурах [3], а магнитная теплоемкость характеризуется линейной зависимостью от температуры.

Теплоемкость CrCl_3 хорошо описывается соотношением

$$C = \text{кал}/\text{моль}\cdot\text{град} = 0,051 T + 7,1 \cdot 10^{-4} T^3.$$

Кубический член составляет при 4°К 18% общей теплоемкости, а при 2°К порядка 5%, т.е. магнитная теплоемкость существенно превышает вклад решетки.

Пользуясь для магнитной теплоемкости выражением, полученным для ферромагнитной модели с малой анизотропией $C_M/R = \pi kT/24I_\phi s$, где s — спин и I_ϕ — обменный интеграл, характеризующий взаимодействие внутри слоя, мы получили из наших данных $I_\phi s/k = 5,1^\circ\text{K}$.

Согласно оценкам Нарата и Дэвиса, полученным из данных по намагниченности [9, 10] при различных приближениях теории спиновых волн, величина $I_\phi s/k$ составляет $6 \div 7,8^\circ\text{K}$.

Автор выражает благодарность за внимание к работе А.И.Шальниковой и А.С.Боровику-Романову, принявшим участие в обсуждении, а также О.П.Дунаеву за помощь в экспериментах.

Физический факультет
Московского
государственного университета
им.М.В.Ломоносова

Поступило в редакцию
25 июня 1968 г.

Литература

- [1] М.О.Кострюкова. ЖЭТФ, 46, 1601, 1964.
- [2] М.О.Кострюкова, О.А.Зарубина. Письма ЖЭТФ, 7, 16, 1968.
- [3] М.О.Кострюкова. ЖЭТФ, 55, вып. 8, 1968.
- [4] О.Н.Трапезникова, Л.Шубников, Г.Милютин. Sov. Phys., 9, 237, 1936.
- [5] W. N. Hanson, M. Griffel. J. Chem. Phys., 28, 902, 1958.
- [6] J. W. Cable, W. K. Wilkinson, E. O. Wollan. J. Phys. Chem. Solids, 19, 29, 1960.
- [7] Л.Д.Ландау. Sov. Phys., 4, 675, 1933.
- [8] H. Bizette, C. Terrier. J. Phys. Radium, 23, 486, 1962.
- [9] A. Narath. Phys. Rev., 131, 1929, 1963.
- [10] A. Narath, H. L. Davis. Phys. Rev., 137, A168, 1965.
- [11] A. Yoshimori. Phys. Rev., 130, 1312, 1963.
- [12] H. B. Shore. Phys. Rev., 131, 2496, 1963.