

Особенности магнитных свойств CeCoAl₄

© М.Д. Котерлин, Б.С. Морохивский, Р.Р. Кутянский, Н.Г. Бабич, Н.И. Захаренко

Львовский государственный университет,
290005 Львов, Украина

(Поступила в Редакцию 23 августа 1996 г.)

При изучении природы основного состояния концентрированных Кондо-систем соединение CeCoAl₄ вызывает интерес в связи с возможностью наблюдения эффектов конкуренции кондовского и магнитного взаимодействий в почти двумерной подрешетке ионов Се. В соединении CeCoAl₄ (орторомбическая структура типа LaCoAl₄, пространственная группа *Pnma* [1]) подрешетка Се представляет собой квадратные двумерные сетки, хорошо экранированные друг от друга элементами Со и Al (кратчайшее расстояние между ионами Се в сетке ~ 4 Å, расстояние между сетками ~ 7 Å).

Согласно данным [2–4], Се в CeCoAl₄ находится в трехвалентном состоянии, обладает эффективным локализованным магнитным моментом (ЛММ) $\mu_{\text{eff}} = 2.5\mu_B$ и вносит существенный вклад в магнитную составляющую электросопротивления. Особенности поведения температурной зависимости электросопротивления в области магнитного упорядочения при $T = 13\text{ К}$ позволили утверждать [2], что в CeCoAl₄ наблюдается частичная диэлектризация спектра, индуцированная несоразмерным антиферромагнитным порядком в подрешетке Се. При этом проявления чисто кондовских эффектов не обнаружено. Однако проведенные ранее измерения термоэдс CeCoAl₄ [3] указывают на наличие характерных положительных кондовских вкладов.

С целью выяснения природы основного состояния подрешетки Се в настоящей работе приведены результаты измерений удельного электросопротивления ρ , магнитосопротивления $\Delta\rho(B)/\rho(0)$ и магнитной восприимчивости χ поликристаллических образцов соединения CeCoAl₄ и его аналога с La.

Подготовка образцов и методика измерений аналогичны описанным в [5].

На рис. 1 приведены результаты измерений температурных зависимостей $\rho(T)$ CeCoAl₄ и его аналога с La. Общий характер поведения и максимум в области T_N ($T_{\rho_{\text{max}}} = 12\text{ К}$) хорошо совпадают с приведенными в [2], за исключением абсолютных значений ρ . Остаточное сопротивление в нашем случае меньше примерно на $80\ \mu\Omega \cdot \text{см}$ для CeCoAl₄ и на $50\ \mu\Omega \cdot \text{см}$ для LaCoAl₄. Общее поведение $\rho(T)$ для LaCoAl₄ качественно соответствует закону Блоха–Грюнайзена. В случае CeCoAl₄ в парамагнитной области температур ($T > 15\text{ К}$) на зависимости $\rho(T)$ наблюдается положительная кривизна. Магнитная составляющая электросопротивления ρ_m , найденная вычитанием ρ

аналога LaCoAl₄, обнаруживает дополнительно высокотемпературный максимум при $T \approx 100\text{ К}$ и линейную область спада ρ_m при $T > 100\text{ К}$ в логарифмической шкале температур (вставка на рис. 1). Это обстоятельство отчетливо указывает на наличие характерного кондовского рассеяния носителей заряда на расщепленных в кристаллическом поле $4f$ -подуровнях Се [6].

Несколько необычным является резкий спад ρ_m в области $T < 100\text{ К}$, что указывает на отсутствие заметного кондовского рассеяния носителей заряда на основном дублете магнитного иона Ce^{3+} . Такое поведение ρ_m коррелирует с уменьшением положительных значений термоэдс S при $T < 100\text{ К}$ с последующей инверсией знака при $T \approx 15\text{ К}$ [3].

Измерения магнитной восприимчивости χ в интервале температур 4.2–300 К для LaCoAl₄ показывают слабую температурную зависимость, соответствующую паулиевскому парамагнетизму с $\chi = \chi_0 + AT$ ($\chi_0 = 3.4 \cdot 10^{-7}\text{ см}^3 \cdot \text{г}^{-1}$, $A = -2.2 \cdot 10^{-10}\text{ см}^3 \cdot \text{г}^{-1}\text{К}^{-1}$)

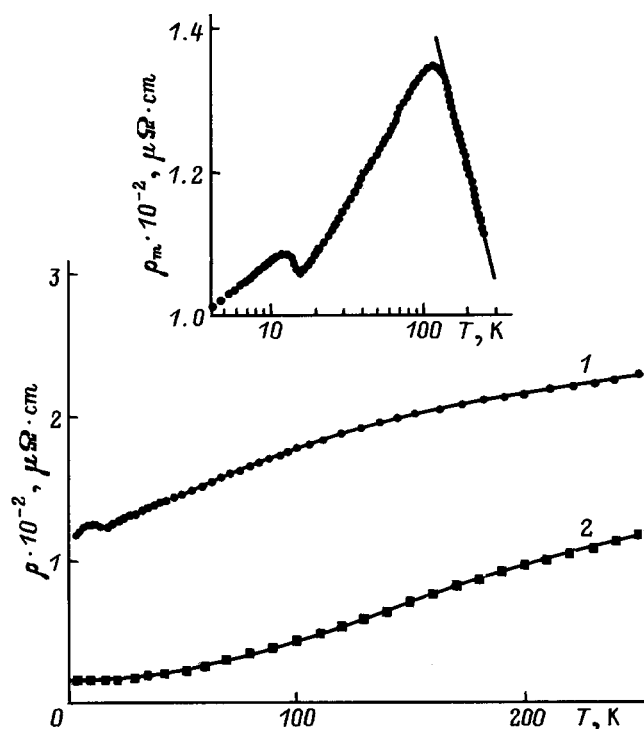


Рис. 1. Температурные зависимости удельного электросопротивления ρ CeCoAl₄ (1) и LaCoAl₄ (2). На вставке приведена магнитная составляющая удельного электросопротивления ρ_m CeCoAl₄.

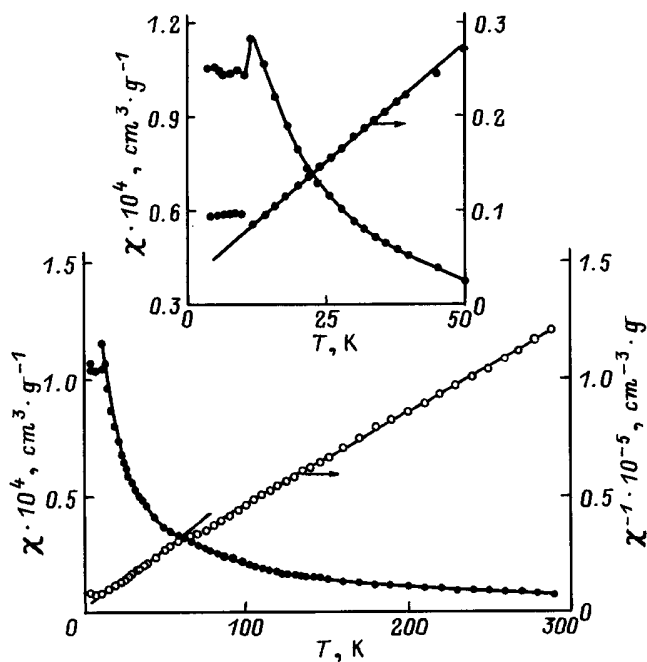


Рис. 2. Температурная зависимость магнитной восприимчивости χ CeCoAl₄. На вставке приведена низкотемпературная часть χ .

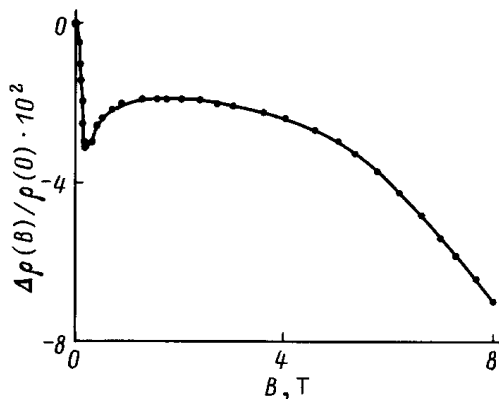


Рис. 3. Зависимости поперечного магнитосопротивления $\Delta\rho(B)/\rho(0)$ от магнитного поля при $T = 4.2$ К.

при $T > 100$ К, содержащему парамагнитную примесь ~ 0.2 at.% в расчете на магнитный момент свободного иона Ce^{3+} ($\mu_{\text{eff}} = 2.54\mu_B$).

Для CeCoAl₄ зависимость $\chi(T)$ соответствует закону Кюри-Вейсса в области температур $T > 50$ К с ЛММ $\mu_{\text{eff}} = 2.49\mu_B$ и парамагнитной температурой Кюри $\Theta_P = -16$ К (рис. 2). В области температур $15 < T < 50$ К можно выделить линейный участок $\chi^{-1}(T)$ с $\mu_{\text{eff}} \simeq 2.2\mu_B$ и $\Theta_P = -4$ К, который следует связывать с проявлением основного дублета $4f$ -уровня Се. При $T \simeq 12$ К наблюдается антиферромагнитный переход с выходом χ на насыщение при $T < 10$ К. Максимумы $\chi(T)$ и $\rho(T)$ в области магнитного перехода хорошо совпадают. При этом

заметного роста ρ в области подавления спинового беспорядка ($T < T_N$) не наблюдается, что позволяет считать утверждение о диэлектризации энергетического спектра в CeCoAl₄ [2] не вполне обоснованным.

Результаты измерений поперечного магнитосопротивления $\Delta\rho(B)/\rho(0)$ в полях до 8 Т при температуре 4.2 К приведены на рис. 3. Отрицательный знак и квадратичная зависимость магнитосопротивления в полях $B > 1.5$ Т являются отличительной чертой кондовских решеток с некогерентным режимом спиновых флуктуаций [7]. Аномально резкий спад магнитосопротивления в полях $B < 0.3$ Т можно связывать, по-видимому, с особенностями намагничивания образца при $T < T_N$.

Таким образом, из приведенных исследований можно заключить, что CeCoAl₄ следует рассматривать как магнитную Кондо-решетку с заметно подавленным кондовским взаимодействием основного дублета $4f$ -уровня с электронами проводимости. В рамках модели "Кондо-боковых полос" [8] это указывает на формирование основного дублета преимущественно из квантовых состояний, не допускающих образования резонансного пика плотности состояний при $T \rightarrow 0$ точно на уровне Ферми.

Список литературы

- [1] Р.М. Рыхаль, О.С. Заречнюк, Я.П. Ярмолук. Докл. АН УССР А, 3, 265 (1977).
- [2] S.K. Dhar, V. Rama, S. Ramakrishnan. Phys. Rev. **B52**, 6, 4284 (1995).
- [3] М.Д. Котерлин, Б.С. Мороховский, Ю.Н. Гринь, О.М. Сичевич. Докл. АН УССР А, 11, 70 (1988).
- [4] В.В. Немошкаленко, В.Х. Касияненко, Л.И. Николаев, П.В. Гель, М.Д. Котерлин, Металлофизика **11**, 5, 127 (1989).
- [5] М.Д. Котерлин, О.И. Бабич, Р.В. Луцив, В.В. Немошкаленко, Л.И. Николаев, А.В. Ющенко. Препринт ИМФ № 11. Киев (1986). 24 с.
- [6] D. Cornut, V. Coqblin. Phys. Rev. **B5**, 11, 4541 (1972).
- [7] Y. Lassailly, A.K. Bhattacharjee, V. Coqblin. Phys. Rev. **B31**, 11, 7424 (1985).
- [8] F.E. Maranzana. Phys. Rev. Lett. **25**, 4, 239 (1970).