

ЭФФЕКТ ХОЛЛА В КОНДО-РЕШЕТКЕ  $\text{CeAl}_3$  В КОГЕРЕНТНОМ РЕЖИМЕ

Ф.Г.Алиев, Н.Б.Брандт, Г.С.Бурханов<sup>1)</sup>, М.К.Залялютдинов,  
В.В.Моцалков, В.Ковачик, Н.Е.Случанко

У кондо-решетки  $\text{CeAl}_3$  обнаружено резкое уменьшение коэффициента Холла  $R_H(T)$  при понижении температуры в области  $0,2 < T < 4$  К. Нарушение периодичности кондовских центров  $\text{Ce}^{3+}$ , подавляющее этот эффект, указывает на связь уменьшения  $R_H(T)$  с установлением когерентности кондовских флуктуаций в кондо-решетках.

1. Немagnetные кондо-решетки (НКР) ( $\text{CeAl}_3$ ,  $\text{CeCu}_2\text{Si}_2$ ,  $\text{CeCu}_6$ ,  $\text{UBe}_{13}$  и др.<sup>1)</sup>) обладают целым рядом нетривиальных низкотемпературных свойств, обусловленных наличием в плотности электронных состояний вблизи энергии Ферми  $\epsilon_F$  узкого (шириной порядка температуры Кондо  $T_K \approx 10$  К) резонанса Абрикосова – Сула гигантской амплитуды. С этим резонансом  $g_R(\epsilon)$  связаны квазичастицы (тяжелые фермионы) с эффективной массой  $m^* \sim (10^2 - 10^3)m_0$  ( $m_0$  – масса свободного электрона), имеющие крайне низкую температуру вырождения и определяющие необычные сверхпроводящие свойства соединений  $\text{CeCu}_2\text{Si}_2$ ,  $\text{UBe}_{13}$ <sup>1)</sup>.

В последнее время появился ряд указаний на то, что в НКР помимо  $T_K$  имеется еще один характерный энергетический масштаб  $T_{coh} \sim T_K/10$ , отвечающий установлению когерентности рассеяния на магнитных ионах. При  $T < T_{coh}$  у НКР  $\text{CeAl}_3$ ,  $\text{CeCu}_2\text{Si}_2$  сопротивление уменьшается по закону  $\Delta\rho \sim T^2$ <sup>2)</sup>, коэффициент Зеебека  $S(T)$  меняет знак<sup>3)</sup>, наблюдается инверсия знака коэффициента термического расширения  $\alpha(T)$ <sup>4)</sup> и максимум на кривой  $C/T = f(T)$  ( $C$  – теплоемкость)<sup>5)</sup>. Поскольку величина  $C/T$  пропорциональна плотности состояний  $g(\epsilon_F)$ , то падение  $C/T$  указывает на возможность образования псевдощели на уровне Ферми при переходе к когерентному режиму<sup>5,6)</sup>.

Ранее<sup>7)</sup> при исследовании коэффициента Холла у системы  $\text{CeAl}_3$  был обнаружен аномальный рост коэффициента Холла  $R_H$  при понижении температуры в диапазоне  $3 < T < 150$  К. В связи с этим представляет интерес выяснить характер поведения  $R_H(T)$  в области более низких температур, в которой у  $\text{CeAl}_3$  были обнаружены аномалии  $C/T$ ,  $S(T)$ ,  $\rho(T)$  и  $\alpha(T)$ .

В настоящей работе изучено поведение  $R_H(T)$  у НКР  $\text{CeAl}_3$  и твердого раствора  $\text{Ce}_{0,8}\text{La}_{0,2}\text{Al}_3$  в диапазоне  $0,2 < T < 4$  К. Впервые показано, что аномалии ЭДС Холла у НКР при сверхнизких температурах подавляются нарушением периодичности расположения кондо-центров.

2. Измерение температурных и полевых зависимостей сопротивления Холла  $\rho_H$  у отожженных в течение 200 часов поликристаллических образцов  $\text{CeAl}_3$  и  $\text{Ce}_{0,8}\text{La}_{0,2}\text{Al}_3$  размерами  $0,2 \times 2 \times 5$  мм<sup>3</sup> проводилось в автоматизированной установке на базе рефрижератора растворения <sup>3</sup>He – <sup>4</sup>He. Полевые зависимости  $\rho_H$  определялись для двух направлений магнитного поля  $H$ , причем для исключения ЭДС индукции усреднение проводилось по кривым, записанным на вводе и выводе магнитного поля.

3. Температурная зависимость  $R_H(T)/R_H^{max}$ , (рис. 1) измеренная в магнитном поле  $H = 30$  кЭ является существенно немонотонной:  $R_H(T)$  имеет максимум вблизи  $T = T_{max} = 4$  К и затем резко убывает. На полевых зависимостях  $\rho_H(H)$  у  $\text{CeAl}_3$  обнаружен максимум сдвигающийся в область меньших магнитных полей при уменьшении температуры (рис. 2). Для  $T = 0,24$  К кривая  $\rho_H(H)$  представляет собой линию, совпадающую в пределах  $\pm 1\% R_H^{max}$  с осью абсцисс.

Замещение части кондовских центров – ионов  $\text{Ce}^{3+}$  немагнитными ионами  $\text{La}^{3+}$  индуцирует существенное изменение вида температурных и полевых зависимостей ЭДС Холла при  $T < 1$  К: при понижении температуры у  $\text{Ce}_{0,8}\text{La}_{0,2}\text{Al}_3$ , в отличие от  $\text{CeAl}_3$  (рис. 1), коэф-

1) Институт металлургии им. А.А.Байкова АН СССР

коэффициент Холла уменьшается на величину, составляющую примерно 40%  $R_H^{max}$ . Полевые зависимости  $\rho_H(H)$  у  $Ce_{0,8}La_{0,2}Al_3$  становятся линейными вплоть до  $H = 60$  кЭ (см. вставку на рис. 2).

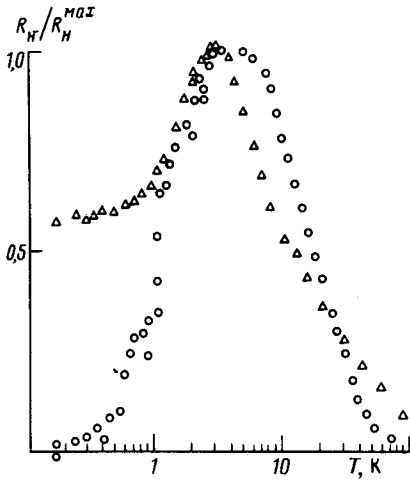


Рис. 1. Температурные зависимости  $R_H(T)/R_H^{max}$  для  $CeAl_3$  (точки  $\circ$ ) и  $Ce_{0,8}La_{0,2}Al_3$  (точки  $\Delta$ )

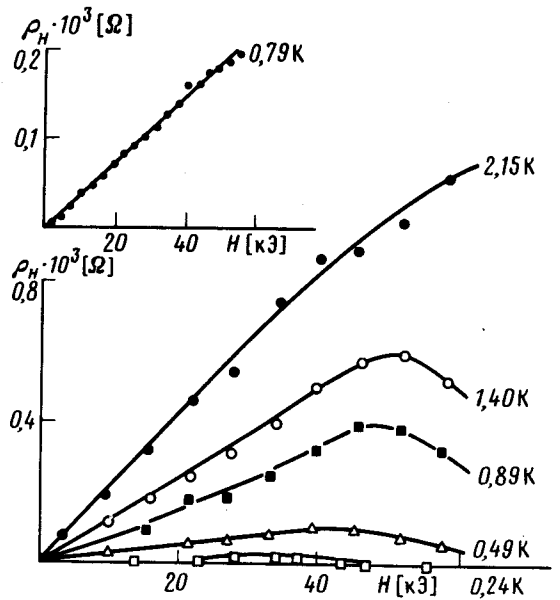


Рис. 2. Полевые зависимости сопротивления Холла  $\rho_H(H)$  у  $CeAl_3$  при различных температурах. На вставке показана полевая зависимость  $\rho_H(H)$  для  $Ce_{0,8}La_{0,2}Al_3$  при  $T \approx 0,79$  К

4. Винцер<sup>8</sup> предложил интерпретировать падение  $R_H(T)$  при  $T < T_{coh}$  как результат уменьшения вклада в  $R_H(T)$  от асимметричного рассеяния<sup>9</sup> вследствие вымораживания фононов, обеспечивающих переборс между состояниями с различным орбитальным моментом. Полученные в настоящей работе данные свидетельствуют о том, что падение  $R_H(T)$  при  $T < T_{coh}$  нельзя объяснить в рамках этой модели. Дело в том, что нарушение периодичности кондовских центров может лишь незначительно повлиять на характер самого асимметричного рассеяния. В то же время, экспериментальные зависимости  $R_H(T)$  у  $CeAl_3$  и  $Ce_{0,8}La_{0,2}Al_3$  отличаются весьма существенно. Более того, расчет холловских подвижностей  $\mu_H(T) = R_H/\rho$  показывает, что величина  $\mu_H(T)$  практически постоянна у  $Ce_{0,8}La_{0,2}Al_3$  при  $T < 4$  К и стремится к нулю у  $CeAl_3$ .

Поэтому наиболее вероятной причиной уменьшения коэффициента Холла является установление когерентности рассеяния в периодической системе кондо-центров в НКР.

Пользуемся случаем выразить нашу признательность Н.Е.Алексееву<sup>10</sup> и Д.И.Хомскому за обсуждение результатов.

#### Литература

1. Brandt N.B., Moshchalkov V.V. Adv. Phys., 1984, 33, 373.
2. Andres K., Graebner J.E., Ott H.R. Phys. Rev. Lett., 1975, 35, 1779.
3. Sparn G., Lieke W., Gottwick U., Steglich F., Grewe N. J. Mag. Mat., 1985, 47 – 48, 521.
4. Flouquet J., Lasjaunias J.C., Peyrard J., Ribault M. J. Appl. Phys., 1982, 53, 2127.
5. Bredl C.D., Horn S., Steglich F., Luthi B., Martin R. Phys. Rev. Lett., 1984, 52, 1984.
6. Martin R. Phys. Rev. Lett., 1982, 48, 362.
7. Брандт Н.Б., Мошchalkов В.В., Слуцанко Н.Е., Савицкий Е.М., Шкатова Т.М. ФТТ, 1985, 27, 1141.
8. Winzer K. Preprint, 1986.
9. Coleman P., Anderson P.W., Ramakrishnan T.V. Phys. Rev. Lett., 1985, 55, 414.