

НЕОБЫЧНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЭДС ХОЛЛА У $U\text{Be}_{13}$ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

*Н.Е.Алексеевский¹⁾, Ф.Г.Алиев, Н.Б.Брандт, М.К.Залялютдинов,
В.Ковачик, В.В.Мошалков, А.В.Митин²⁾, С.М.Чудинов*

Установлено, что в сверхпроводящей системе с тяжелыми фермионами $U\text{Be}_{13}$ ЭДС Холла при понижении температуры возрастает \sim в 30 раз, проходит через максимум при $T \sim 2$ К, затем уменьшается до нуля и изменяет знак вблизи температуры сверхпроводящего перехода. На кривых $U_H(H)$ наблюдается максимум, который смещается в область меньших магнитных полей при понижении T .

1) Институт физических проблем АН СССР.

2) Институт спектроскопии АН СССР.

1. В последнее время большой интерес вызывает исследование систем с тяжелыми фермионами (СТФ) ^{1, 2} (CeAl₃, CeCu₆, CeCu₂Si₂, UPt₃, UBe₁₃ и др.), у которых в плотности электронных состояний вблизи уровня Ферми E_F имеется чрезвычайно узкий пик плотности состояний $g_R(E)$ гигантской амплитуды. Характерный энергетический масштаб $T^* \sim 10$ К в СТФ на два – три порядка меньше ширины зоны проводимости в нормальных металлах. Поэтому эффективная масса "тяжелых фермионов" – квазичастиц с энергией $E \approx E_F$ – составляет $(10^2 - 10^3)m_0$, массы свободного электрона. При температурах $T \gg T^*$ магнитные f -ионы, содержащиеся в СТФ, представляют собой систему независимых магнитных рассеивателей, что позволяет оценить амплитуду пика $g_R(E)$ как произведение числа магнитных центров на вклад в плотность состояний от одного центра ¹, если использовать точное решение Вигмана – Андрея ³ для проблемы Кондо. Формирование пика при понижении T сопровождается аномальным возрастанием ЭДС Холла, которое было обнаружено у CeCu₂Si₂ ⁵, CeAl₃ ⁶ и UBe₁₃ ⁷. Поскольку магнитные центры в СТФ образуют периодическую решетку, то при достаточно низких температурах $T \lesssim T_{coh} \sim T^*/10$ в СТФ устанавливается когерентность в рассеянии на f -ионах, которая в эксперименте проявляется в уменьшении электрического сопротивления, магнитной восприимчивости, коэффициента электронной теплоемкости, а также приводит к инверсии знака коэффициента термоэдс при понижении температуры в области $T \lesssim T_{coh}$ ⁴. В связи с этим представляет интерес исследовать ЭДС Холла при переходе к когерентному режиму в области $T \lesssim T_{coh} < T^*$. В настоящей работе исследуется эффект Холла у сверхпроводящей СТФ UBe₁₃.

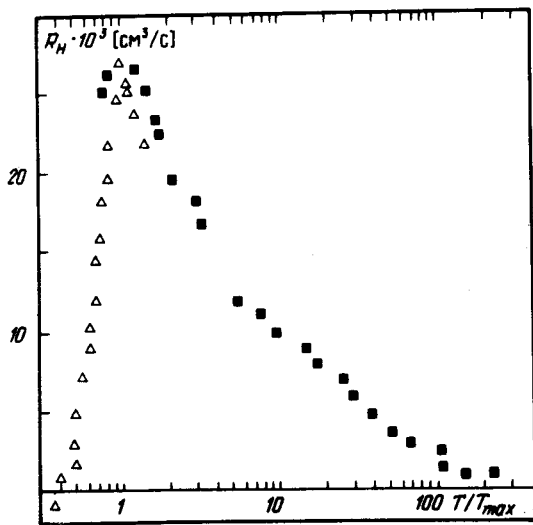


Рис. 1. Температурная зависимость $R_H (T/T_{max})$ у UBe₁₃ в диапазоне $0,7 < T < 300$ К. Точки (■) – получены в работе ⁸

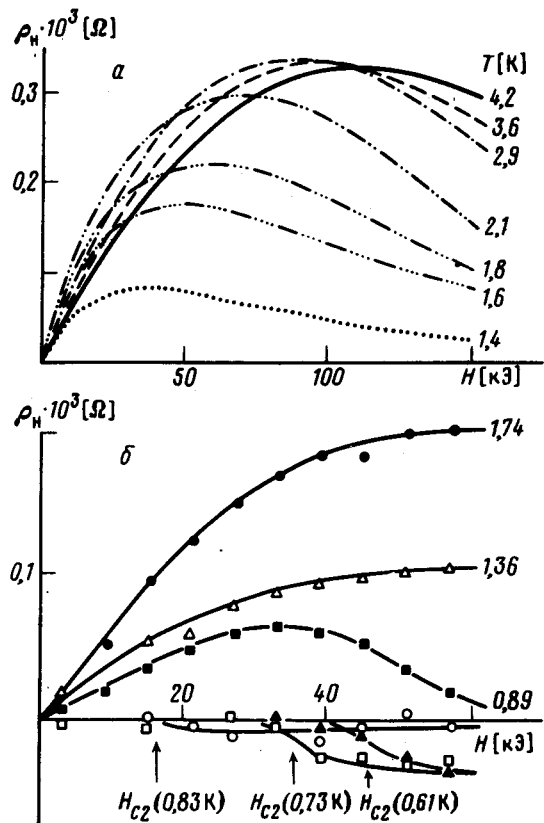


Рис. 2

Рис. 2. а – Полевые зависимости сопротивления Холла ρ_H у UBe₁₃ в диапазоне $1,4 < T < 4,2$ К в полях $H \lesssim 150$ кЭ. Цифры у кривых соответствуют температуре T [К]. б – Полевые зависимости $\rho_H(H)$ у UBe₁₃ для $0,61 < T < 1,74$ К. Точки (○) соответствуют $T = 0,83$ К, (□) – $0,73$ К, (▲) – $0,61$ К

2. Измерение ЭДС Холла U_H проводилось на монокристаллических образцах UBe_{13} с шириной сверхпроводящего перехода $\Delta T_c \approx 15$ мК и размерами $0,3 \times 2 \times 6$ мм³ в двух экспериментальных установках: в диапазоне $T > 1,5$ К – в криостате ⁴Не со сверхпроводящим соленоидом до 140 кЭ, и при $0,05 < T < 2,5$ К – в автоматизированной установке на базе рефрижератора растворения ³Не – ⁴Не. При измерении зависимостей $U_H(T)$ в фиксированном магнитном поле применялся сверхпроводящий ключ. Весь температурный интервал разбивался на участки с шагом $\Delta T \approx 30$ мК (в пределах которых проводилось усреднение ЭДС Холла) и медленно проходилась дважды для противоположных направлений магнитного поля, после чего для каждого интервала определялось значение $U_H = (U_H^+ - U_H^-) / 2$. Полевые зависимости $U_H(H)$ также снимались дважды по двум направлениям H с усреднением U_H в пределах интервалов по 6 кЭ. Измерения проводились на постоянном токе $i = 0,3 - 1$ мА.

3. На рис. 1 представлена температурная зависимость $R_H(T)$ у UBe_{13} , измеренная в фиксированном поле $H = 30$ кЭ. После существенного возрастания R_H в интервале ($2 < T < 100$) К (точки ■⁸) R_H проходит через максимум ($U_H = U_H^{max}$; $R_H = R_H^{max}$) при $T \approx 2$ К и резко уменьшается до нуля вблизи температуры $T = T_c = 0,9$ К перехода в сверхпроводящее состояние.

Трансформация полевых зависимостей сопротивления Холла $\rho_H(H, T = T_0) = U_H/i$ при понижении температуры T_0 представлена на рис. 2, а, б. Для $T = T_{max}$ начальные участки кривых линейны вплоть до $H = H_k \approx 30$ кЭ. Уменьшение температуры T_0 приводит к падению ρ_H и H_k . Вблизи T_c зависимость $\rho_H(H)$ проходит через максимум при $H \approx 30$ кЭ и затем уменьшается почти до нуля вблизи $H = 60$ кЭ. Ниже $T = T_c(0)$ участки положительного наклона $\rho_H(H)$ отсутствуют. Для полей $H > H_{C2}(T)$ ($T = 0,83$ К) значения $\rho_H(H)$ лежали вблизи абсцисс, причем $|R_H| < 0,05 R_H^{max}$. В области $T < 0,73$ К для $H > H_{C2}$ значение $\rho_H(H)$ отрицательно и величина R_H , вычисленная по экстраполяции $\rho_H(H)$ в область малых полей, составляет $-0,15 R_H^{max}$.

4. Полученные данные свидетельствуют о существенной перестройке спектра квазичастиц в UBe_{13} в области $T < T^*$. Температурная зависимость $R_H(T)$ (рис. 1) с максимумом при $T \sim T^*$ аналогична зависимостям $R_H(T)$, полученным ранее для $CeCu_6$ ⁸ и $CePd_3$ ⁹. Если все эти данные перестроить в координатах $R_H / R_H^{max} = f(T/T^*)$, то, несмотря на различие в $T^*(T^*(CeCu_6) \sim T^*(UBe_{13}) \sim 2$ К, $T^*(CePd_3) \sim 150$ К) наблюдается универсальное поведение ЭДС Холла, причем переход к когерентному режиму сопровождается сильным уменьшением $U_H(T)$. К сожалению, более детальный анализ аномальной ЭДС Холла пока невозможен, поскольку теория, описывающая поведение СТФ в когерентном режиме, отсутствует.

В заключение авторы выражают признательность Д.И.Хомскому и А.И.Буздину за обсуждение результатов.

Литература

1. Brandt N.B., Moshchalkov V.V. Adv. Phys., 1984, 33, 373.
2. Stewart G. Rev. Mod. Phys., 1984, 56, 755.
3. Tsvetlick A., Wiegmann P. Adv. Phys., 1983, 32, 453.
4. Steglich F., Bredl C., Lieke W., Rauschwalbe U., Sparn G. Physika, 1984, 126B, 82.
5. Алиев Ф.Г., Брандт Н.Б., Мошchalkov В.В., Случанко Н.Е., Ясницкий Д.И., Чудинов С.М. Письма в ЖЭТФ 1983, 37, 299.
6. Брандт Н.Б., Мошchalkov В.В., Случанко Н.Е., Савицкий Е.М., Шкатова Т.М. ФТТ, 1984, 26, 913.
7. Алексеевский Н.Е., Нарожный В.Н., Нижанковский В.И., Николаев Е.Г., Хлыбов Е.П. Письма в ЖЭТФ, 1984, 40, 421.
8. Penney T., Stankiewicz J., von Molnar S., Fisk Z., Smith J.L., Ott H.R., to be published in J. Mag. Mag. Mater., 1986; Winzer K. to be published.
9. Fert A., Pureur P., Hamzic A., K ppler J.P. Phys. Rev. B., 1985, 32, 7003.

Московский

государственный университет

им. М.В.Ломоносова

484

Поступила в редакцию

11 апреля 1986 г.