Письма в ЖЭТФ, том 50, вып. 2, стр. 93 – 94 *25 июля 1989 г.*

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПАРАПРОВОДИМОСТЬ СВЕРХПРОВОДНИКОВ

Г.В.Шустер

Показано, что магнитное поле уменьшает парапроводимость в гауссовой области флуктуаций параметра порядка и усиливает характер особенности в критической области вблизи температуры перехода $T_c(H)$.

В работе [1] Асламазов и Ларкин рассчитали диссипативный вклад в проводимость сверхпроводника флуктуаций параметра порядка в окрестности температуры перехода $t = \dfrac{T-T_c}{T_c} > 0$. Показано, что флуктуационная поправка к проводимости – парапроводимость – растет с приближением к T_c как $t^{d/2-2}$ (d – размерность перехода). Поскольку сверхпроводящая ферми-жидкость заряжена, следует ожидать существенного влияния на флуктуации измеряемых параметров магнитного поля [2].

В настоящей работе мы обобщим результат работы [1], учтя внешнее магнитное поле **H** и анизотропию $m_{\alpha\beta}$. Воспользуемся методом расчета парапроводимости предложенным Абрикосовым в книге [3].

В ВТСП температурный интервал влияния флуктуаций значительно шире, чем в низкотемпературных сверхпроводниках, и удобно выделить области применимости гауссова приближения и критическую область [4].

В первом случае функционал ГЛ в квадратичном по параметру порядка ψ приближении в системе координат, связанной с главными осями тензора m, имеет вид:

$$\Omega = \int dV \psi^* [\alpha t + \frac{1}{4m_i} (p_i - \frac{2e}{c} A_i)^2] \psi, \tag{1}$$

где $\mathbf{H} = \mathrm{rot}\,\mathbf{A} = (00H)$.

Переходя к представлению параметра порядка через собственные функции оператора в (1) $|q\rangle = |np_2p_3\rangle$, для вероятности флуктуации запишем выражение:

$$w \sim \exp\{-T^{-1} \sum_q [\alpha t_H + \epsilon_q] |\psi_q|^2\} \tag{2}$$

здесь $\epsilon_q = \dfrac{p_3^2}{4m_3} + \dfrac{eH}{m_\perp c} n$, $m_\perp = (m_1 m_2)^{1/2}$

$$t_H = \frac{T - T_c(H)}{T_c} = t + \frac{eH}{2m_\perp c\alpha}\,. \tag{3}$$

Вычисленная с распределением (2) среднеквадратичная флуктуация параметра порядка есть:

$$\langle\, |\psi_q|^2\,\rangle = T(\alpha t_H + \epsilon_q)^{-1}\,. \tag{4}$$

Диссипативный ток возникает в электрическом поле $(00E)$. Обобщенное уравнение ГЛ (формула 19.49 книги [3]) в однородных внешних полях E, H имеет вид:

$$2\gamma eE\,\frac{\partial}{\partial p_3}\,\psi_q + (\alpha t_H + \epsilon_q)\psi_q = 0. \tag{5}$$

Решая уравнение (5) в линейном по E приближении и вычисляя средний ток j_3, для продольной проводимости получим выражение:

$$\sigma_{33} = \frac{\gamma e^2 T}{m_3}\sum_q(\alpha t_H + \epsilon_q)^{-2} = \frac{\gamma T e^3 H}{2\pi m_3^{1/2} c}\sum_{n=0}(\alpha t_H + \frac{eH}{m_\perp c}n)^{-3/2}\,. \tag{6}$$

В области полей (температур) $eH/m_\perp c < \alpha t_H$ сумма может быть оценена по формуле Пуассона:

$$\sigma_{33} \approx \frac{\gamma T m_\perp e^2}{\pi m_3^{1/2} c(\alpha t)^{1/2}} - \frac{T\gamma e^4 H^2}{32\pi(m_1 m_2 m_3)^{1/2} c^2 (\alpha t)^{5/2}}\,. \tag{7}$$

При выполнении обратного неравенства $eH/m_\perp c > \alpha t_H$ для оценки достаточно учесть слагаемое $n = 0$;

$$\sigma_{33} \approx \frac{\gamma T e^3 H}{2\pi m_3^{1/2} c(\alpha t_H)^{3/2}}\,, \tag{8}$$

т.е. магнитное поле подавляет парапроводимость в гауссовой области.

В непосредственной окрестности температуры перехода $T_c(H)$ (см. ниже) гауссово приближение, предполагающее $t_H > t_{Gi}$, неверно. В критической области следует пользоваться обобщенным функционалом ГЛ с параметрами, степенным образом зависящими от t [4]. В квадратичном по ψ приближении необходимо заменить коэффициент α в (1) на $\alpha t^{1/3}$ [4]. Последнее приводит к переопределению температуры перехода в магнитном поле (являющимся вторым критическим полем $H_{c_2}(T)$)

$$t_H^{4/3} = t^{4/3} + \frac{eH}{2m_\perp c\alpha}\,, \tag{9}$$

и к замене в формуле (6) αt_H на $\alpha t_H^{4/3}$ с очевидным изменением выражений (7) и (8) в критической области $t_H < t_{Gi}$. Последнее усиливает особенность парапроводимости в окрестности перехода: $\sigma_{33} \sim t_H^{-2}$.

Выше предполагалось, что поперечные размеры проводника превышают магнитную длину $(c/eH)^{1/2}$.

Литература

1. *Асламазов Л.Г., Ларкин А.И.* ФТТ, 1968, **10**, 1104.
2. *Imry G.* Phys. Rev. B, 1977, **6**, 230.
3. *Абрикосов А.А.* Основы теории металлов. М.: Наука, 1987, 520с.
4. *Булаевский Л.Н. и др.* ЖЭТФ, 1988, **94**, 355.

Донецкий государственный университет

Поступила в редакцию
20 июня 1989 г.