Письма в ЖЭТФ, том 32, вып.3, стр. 222 – 224. *5 августа 1980 г.*

МАСШТАБНАЯ ТЕОРИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О МИНИМАЛЬНОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ ($d = 3$)

В.Л.Бонч-Бруевич

Масштабная теория локализации носителей заряда в неупорядоченных полупроводниках, предложенная в работе [1] (см. также доклад [2]), может повлечь за собой довольно радикальные следствия. Критические замечания [3, 4] кажутся очень серьезными сами по себе; однако, логическая связь между ними не вполне ясна: возражения аналитического характера основаны на учете рассеяния с переворотом спина, в то время как для численного расчета использовался гамильтониан Андерсона, не содержащий случайного магнитного поля.

В настоящей статье обращается внимание на то, что представление о минимальной металлической проводимости в трехмерной задаче может быть согласовано с основной идеей масштабной теории [1, 2], если отказаться от одного из не вполне очевидных предположений последней. Именно, в работах [1, 2] предполагалось, что безразмерная проводимость ("conductance"), g, определяемая равенством

$$g = \frac{2\hbar}{e^2}\,\sigma\,L^{d-2}, \qquad (1)$$

есть всюду непрерывная и дифференцируемая функция масштабного параметра L и, тем самым, безразмерной энергии $\epsilon = \dfrac{E - E_c}{E_c}$ (E_c – порог подвижности, σ — обычная удельная проводимость вещества). Видимо, в этом уже содержится отрицание идеи об отличной от нуля минимальной металлической проводимости, σ_m. Действительно, коль скоро $\sigma_m \neq 0$, функция σ/ϵ) должна иметь точку разрыва первого рода при $\epsilon = 0$. Если (что хотелось бы) считать масштабный параметр непрерывной функцией ϵ, то особенность при $\epsilon = 0$ должна иметь и функция $g(\epsilon)$ (или $g(L)$). Во всех остальных точках мы будем считать функцию $g(L)$ достаточно гладкой. Тогда всюду, кроме точки разрыва, остается в силе основное уравнение масштабной теории (мы сохраняем обозначения [1, 2]):

$$d \ln g / d \ln L = \beta(g). \tag{2}$$

Асимптотики функции $\beta(g)$ при $g \gg 1$ и $g \ll 1$ изучались в [1, 2]. В частности при $g \gg 1$ мы имеем $\beta(g) \to d - 2$. По предположению эта асимптотика остается в силе и в нашей задаче, коль скоро $g > g_c = \frac{2\hbar}{e^2} \sigma_m L^{d-2}$. При этом, интересуясь только трехмерной задачей, мы можем оставить без внимания возможное в принципе (и подвергаемое сомнению в [3, 4]) поправочное слагаемое порядка g^{-1}. При $g = g_c$ функция $\beta(g)$ должна иметь особенность; таким образом, уравнение (2) следует писать отдельно при $g > g_c$ и $g < g_c$, а при $g \to g_c$ (сверху или снизу) левую часть (2) следует понимать как производную справа или слева.

Рассмотрим область $\epsilon > 0$ ($g > g_c$). При g, близком к g_c, мы получаем согласно (2)

$$L \cong L_0 \exp\left\{ \frac{1}{g_c} \int_{g_0}^{g} \frac{dg}{\beta(g)} \right\}, \tag{3}$$

где $g_0 = g_c + a\epsilon^m$ — некоторая начальная точка ($a > 0$, $m > 0$).

Полагая теперь

$$\beta(g) = \nu(g - g_c)^n, \quad 1 > n > 0, \tag{4}$$

находим

$$L \sim \exp\left\{ - \frac{(a\epsilon^m)^{1-n}}{\nu g_c (1-n)} \right\}.$$

При $d = 3$ отсюда следует

$$\sigma \sim \exp\left\{ \frac{(a\epsilon^m)^{1-n}}{\nu g_c (1-n)} \right\}. \tag{5}$$

При $\epsilon \to 0$ это выражение остается отличным от нуля. Видим, таким образом, что представление о минимальной металлической проводимости можно сохранить и в масштабной теории, если apriori не навязывать функции $\beta(g)$ определенных свойств регулярности. Иначе говоря, предположение о той или иной аналитической структуре функции $\beta(g)$ при $g \to g_c$ эквивалентно предположению же об отсутствии или наличии минимальной металлической проводимости в трехмерной системе.

Это означает, что для однозначного решения задачи о σ_m требуется дополнительная независимая информация.

Московский
государственный университет
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
3 июня 1980 г.

Литература

[1] E.Abrahams, P.W.Anderson, D.C.Licciardello, T.V.Ramakrishnan. Phys. Rev. Lett., 42, 693, 1979.

[2] E.Abrahams, T.V.Ramakrishnan. Journ. Non-Cryst. Sol., 35, 15, 1980.

[3] P.Lee. Phys. Rev. Lett., 42, 1492, 1979.

[4] P.Lee. Journ. Non-Cryst. Sol., 35, 21, 1980.