

М.А. ТОМАЕВА¹, В.Д. НЕВЕРОВ^{1,2}, А.В. КРАСАВИН^{1,2}, А.В. КАЛАШНИКОВ¹,
А.В. ВАГОВ², М.Д. КРОЙТОРУ²

¹Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия

²Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ ЭФФЕКТ БЛИЗОСТИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОМЕТРИЙ

В работе рассмотрена зависимость сверхпроводящего эффекта близости от геометрии контакта сверхпроводник – нормальный металл. Показано существенное влияние кривизны контакта на закон затухания сверхпроводящих корреляций в нормальной области и определены характерные длины эффекта близости в случае чистого и грязного металла.

M.A. TOMAYEVA¹, V.D. NEVEROV^{1,2}, A.V. KRASAVIN^{1,2}, A.V. KALASHNIKOV¹,
A.V. VAGOV², M.D. CROITORU²

¹National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

²National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

SUPERCONDUCTING PROXIMITY EFFECT FOR DIFFERENT GEOMETRIES

The work examines the dependence of the superconducting proximity effect on the geometry of the superconductor – normal metal contact. It shows a significant influence of the contact curvature on the law of decay of superconducting correlations in the normal region and determines the characteristic lengths of the proximity effect in the case of clean and dirty metal.

При контакте сверхпроводника (S) и нормального металла (N) куперовские пары могут проникать из сверхпроводящей области в нормальную. Это приводит к тому, что малая область нормального металла вблизи SN-границы становится сверхпроводящей. Этот феномен называется эффектом близости.

В нормальном металле, вследствие отсутствия притягивающего электрон-электронного взаимодействия, куперовские пары разрушаются на некотором расстоянии от SN-границы, которое называется длиной когерентности:

$\xi_n = \frac{\hbar v_n}{2\pi k_B T}$ в чистых и $\xi_n = \sqrt{\frac{\hbar D_n}{2\pi k_B T}}$ в грязных металлах, где D_n - коэффициент диффузии электронов, v_n – ферми-скорость, T - температура. При температурах близких к критической сверхпроводящие корреляции в нормальном

металле убывают по экспоненциальному закону: $F = F_0 e^{-\frac{r}{\xi_n}}$, где r – расстояние от SN границы. Однако при низких или нулевой температурах этот закон становится степенным.

Рассматриваемая в работе система представляет собой прямоугольную решетку (рис 1) со сторонами $64a \times 128a$, где a – параметр решетки. Граничные условия - нулевые. Пластина разделена на две фазы: сверхпроводящую (S) и нормальную (N). Граница раздела фаз имеет параболическую форму $x = l + \eta * \left(y - \frac{l}{2}\right)^2$, где η -варьируемый параметр кривизны.

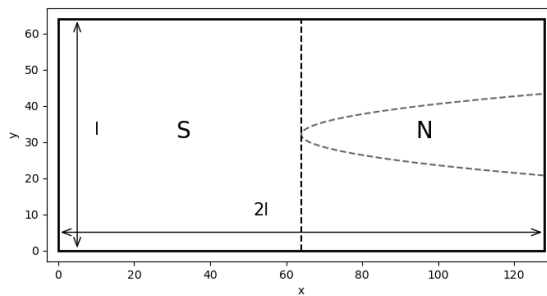


Рис. 1. Геометрия системы. S – сверхпроводящая фаза, N – нормальная фаза, $l = 64a$

Гамильтониан системы на основе модели сильной связи при помощи метода среднего поля был преобразован в уравнения Боголюбова – де Жена (БдЖ), которые были решены при помощи цикла самосогласования по параметру порядка.

Показано, что сростом варьируемого параметра η , который отвечает за кривизну SN-контакта, характерная длина проникновения сверхпроводящих корреляций в нормальном металле увеличивается, при этом их значение на границе контакта растет. Степень затухания максимальна в предельном случае $\eta = 0$ (отсутствие кривизны). Эффект подавления сверхпроводящих корреляций в присутствии беспорядка в нормальной области практически исчезает в системах с положительной кривизной, в то время как в случае $\eta = 0$ степень затухания сверхпроводящих корреляций существенно растет.