

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P17-86-704

Т.М.Мишонов

**ПОПРАВКА К ПОВЕРХНОСТНОМУ НАТЯЖЕНИЮ
НА ГРАНИЦЕ СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ
И НОРМАЛЬНОЙ ФАЗ И ФАЗОВАЯ ДИАГРАММА
СВЕРХПРОВОДИМОСТИ ПЛОСКОСТИ
ДВОЙНИКОВАНИЯ**

Направлено в журнал "Письма в ЖЭТФ"

1986

Как известно еще со времени пионерской работы ГЛ^{1/1}, точность аппроксимации энергии поверхностного натяжения предельным значением при $\alpha = 0$ сравнительно невелика. Возникает поправка порядка энергии переходной области, ширина которой $\sim \alpha \xi(T)$ ($\xi(T)$ - корреляционный радиус параметра порядка^{1/2/}). Такие границы возникают в промежуточном состоянии сверхпроводников первого рода. Сверхпроводящая фаза в этом случае граничит с нормальной фазой с критическим магнитным полем, $H_c(T)$, параллельным границе. Цель настоящей работы - получение этой корневой поправки к поверхностному натяжению.

Та же самая поправка оказывается существенной в теории сверхпроводимости плоскости двойникования (СПД), где узкий сверхпроводящий слой вблизи ПД граничит с нормальным металлом^{1/3/}.

Мы нашли первые члены разложения поверхностного натяжения в ряд по степеням α , который можно записать в форме:

$$\alpha(T) = (\xi(T) H_c^2(T) / 8\pi) \left[A^* - \alpha^{1/2} (B^* + \alpha C^* + O(\alpha^2)) \right].$$

Здесь

$$A^* = 2^{3/2} \int_0^1 (\psi^4 - 2\psi^2 + 1)^{1/2} d\psi = 1,89. \quad /1,2/$$

Константа

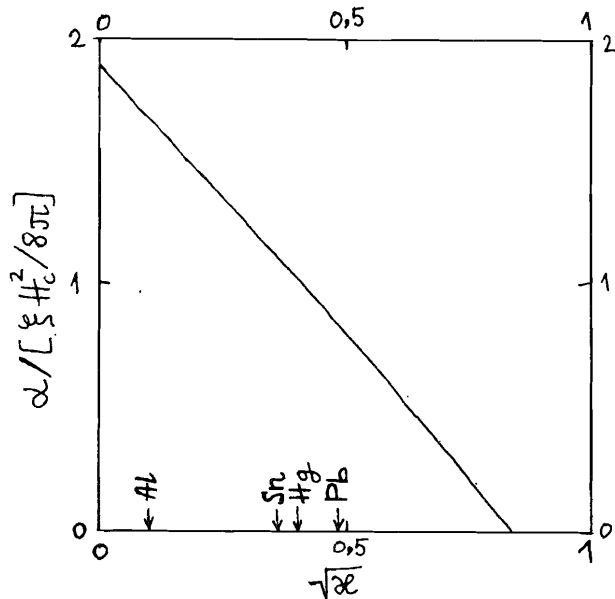
$$B^* = 2^{9/4} \int_{-\infty}^{+\infty} A'(x) (1 - A'(x)) dx = 2,06$$

выражается через решение уравнения для безразмерного вектор - потенциала $A(x)$, подчиняющегося следующему уравнению и граничным условиям:

$$A''(x) - A^2(-x)A(x) = 0, \quad A(-\infty) = 0, \quad A'(+\infty) = 1$$

(штрих обозначает дифференцирование по x).

Величину $C^* = 0,26$ можно оценить, приравняв α нулю при критическом значении $\mathcal{E} = I/2^{1/2} = 0,707$. На рисунке показан график в указанном приближении.



Зависимость поверхностного натяжения сверхпроводников как функция параметра \mathcal{E} . Отметим приемлемую точность для простых металлов даже первой поправки, пропорциональной $\mathcal{E}^{1/2}$.

Отметим удовлетворительную точность даже первой поправки для чистых металлов.

СПД возникает при температуре T_S , незначительно превышающей температуру объемного фазового перехода T_C , например, для Sn: $(T_S - T_C)/T_C = 0,04 \text{ K}/3,72 \text{ K} \approx 1/3$. Введем безразмерную температуру $t = (T - T_C)/(T_S - T_C)$. Пусть $H_S = H_c(t = -1)$, $\xi_S = \xi(t = -1)$ ($H_c(T)$ - критическое магнитное поле $/2/$). Введем еще, следуя $/4/$, безразмерное магнитное поле $h = H/H_S$. В этих безразмерных переменных термодинамический потенциал СПД на единицу площади, в магнитном поле, параллельном ПД, принимает вид:

$$G = 2 \left(\xi_S^2 H_S^2 / 8\pi \right) \left[2^{3/2} \int_0^{\psi_{пд}} (\psi^4 + 2t\psi^2 + h^2)^{1/2} d\psi - 2\psi_{пд}^2 - B^* \mathcal{E}^{1/2} h^{3/2} - C^* \mathcal{E}^{3/2} h^{1/2} t + O(\mathcal{E}^{5/2}) \right],$$

где

$$\psi_{пд}^2 = (1-t) + [(1-t)^2 - h^2]^{1/2}.$$

Теплоемкость, магнитный момент и теплоту перехода можно найти элементарным дифференцированием G . Фазовая диаграмма (критическое поле СПД $h_S(t)$) получается из условия термодинамической выгоды СПД $G(t, h) \leq 0$.

Для сверхпроводников первого рода СПД существует только в узком температурном интервале вблизи T_C . Точка $\tilde{h} = (-t)$, где критические поля СПД $h_S(t)$ и объемной сверхпроводимости пересекаются, можно использовать для определения \mathcal{E} как подгоночный параметр теории. Например, экспериментальные данные для Sn $/5/$ $\tilde{h} = 7$ дают $\mathcal{E} = 0,13$. Это значение прекрасно согласуется с результатами исследования для объемной сверхпроводимости. Таким образом, высокая точность измерения фазовой диаграммы СПД дает новый метод измерения \mathcal{E} .

Полученная здесь аналитическая формула для термодинамического потенциала СПД дает фазовую диаграмму, совпадающую с результатами диаграммных $/5/$ и численных $/4/$ экспериментов. Это согласие представляет сильный аргумент в пользу известной модели ГЛ с температурно-независимой экстраполяционной длиной $/6/$, применявшейся в проблеме СПД в работах $/7, 4, 5/$.

Автор благодарен В.Л. Покровскому за стимулирующие дискуссии и И.Н. Хлостикову за разъяснения экспериментальной ситуации.

Литература

1. Ландау Л.Д., Гинзбург В.Л. ЖЭТФ, 1950, 20, 1064.
2. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П., Статистическая физика, ч.2, М.: Наука, 1978, §46.
3. Хлостиков И.Н., Хайкин М.С. Письма в ЖЭТФ, 1982, 36, 132.
4. Буздин А.И., Хвориков Н.А. ЖЭТФ, 1985, 89, 1857.
5. Буздин А.И., Хлостиков И.Н. Письма в ЖЭТФ, 1984, 40, 140.
6. Уайт Р., Джебелл Т. Дальний порядок в твердых телах. М.: Мир, 1982, с. 388.
7. Аверин В.В., Буздин А.И. Булаевский Л.Н. ЖЭТФ, 1983, 84, 737.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 ноября 1986 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физике. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтринной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике гажелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
D2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
D1.2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
D17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к.
D10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983	3 р. 50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/	13 р. 50 к.
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
D11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.
D13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна 1985.	4 р. 80 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Мишонов Т.М.

P17-86-704

Поправка к поверхностному натяжению на границе сверхпроводящей и нормальной фаз и фазовая диаграмма сверхпроводимости плоскости двойникования

Найдена поправка к поверхностному натяжению в сверхпроводниках первого рода, пропорциональная квадратному корню из параметра Гинзбурга — Ландау (ГЛ) κ . Эта поправка существенна для термодинамического потенциала сверхпроводящего слоя вблизи плоскости двойникования.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Mishonov T.M.

P17-86-704

Correction to the Surface Tension of the Boundary of Superconductivity and Normal Phase and Phase Diagram of Twining Plane Superconductivity

A correction is found to the surface tension in first-kind superconductors, proportional to a square root of the Ginsburg — Landau (GL) parameter κ . This correction is essential for the thermodynamic potential of a narrow superconductivity layer near the twining plane.

The investigation has been performed at the Laboratory of Theoretical Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986