

БИБЛИОГРАФИЯ

537.312.62(049.3)

ИНТЕРЕСНАЯ КНИГА О ФИЗИКЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Гейликман Б. Т. Исследования по физике низких температур.— М.: Атомиздат, 1979.— 216 с.

Монография является собранием работ видного советского физика-теоретика Б. Т. Гейликмана, посвященных физике низких температур. Издание книги планировалось давно, но безвременная кончина помешала автору закончить работу над монографией. Вследствие этого некоторые главы остались несколько фрагментарными. Но поскольку исследования Б. Т. Гейликмана отличались большой глубиной и широтой подхода, то изложение основных вопросов в книге является полным и исчерпывающим, а многие из излагаемых результатов являются фундаментальными.

Книга состоит из девяти глав. Первые три посвящены кинетике сверхпроводников — теплопроводности, термоэлектрическим явлениям и поглощению звука. В первой главе рассматривается теория теплопроводности сверхпроводников, в развитие которой Б. Т. Гейликман внес, как известно, определяющий вклад. Данная глава содержит наиболее полное и последовательное изложение вопроса среди имеющихся в литературе. Особенностью сверхпроводников является наличие целого ряда механизмов теплопроводности, имеющих резкие температурные зависимости ниже T_k . При этом, в зависимости от чистоты образца и интервала температур T , теплопроводность может не только падать, но и расти с понижением T и даже иметь промежуточные минимумы и максимумы. Все это разнообразие явлений исследовано и описано в книге единым методом с использованием кинетического уравнения для сверхпроводников, последовательный вывод которого методами диаграммной техники также приводится в данной главе.

Во второй главе обсуждаются термоэлектрические эффекты в сверхпроводниках. Приводится микроскопический расчет термоэффекта в анизотропном сверхпроводнике. Кроме того, излагается теория так называемого «гигантского» термоэффекта в сверхпроводниках с магнитными примесями. Этот эффект аналогичен рассмотренному Кондо для нормальных металлов и приводит к росту термо-э. д. с. на два порядка сравнительно с обычными для сверхпроводников значениями.

Третья глава посвящена теории поглощения звука в сверхпроводниках. За основу по-прежнему берется метод кинетического уравнения. Для случая высокочастотного звука приведен известный результат, полученный Б. Т. Гейликманом в 1959 г., из которого, как частный случай, при малых $\hbar\omega/T$ получается первоначальный результат Бардина, Купера, Шриффера. Для случая низкочастотного, гидродинамического звука изложена теория так называемого вязкого (деформационного) электронного поглощения и поглощения фононами. Как и в теплопроводности сверхпроводников, здесь также имеется ряд механизмов, и наблюдаемые на опыте температурные зависимости поглощения звука достаточно разнообразны.

Четвертая глава посвящена исследованиям кинетики сверхтекучего He, главным образом ^3He . Известно, что при низких температурах $T \leq 2,7 \text{ мК}$ в ^3He происходит фазовый переход, соответствующий спариванию с моментом $L = 1$. В главе исследуются особенности кинетики данного состояния, в основном вязкости и теплопроводности в низкотемпературной B-фазе ^3He . Получено выражение для интеграла столкновений через параметры теории ферми-жидкости, и для низких $T \ll \Delta$ найдены явные выражения для коэффициентов вязкости и теплопроводности. Рассмотрен также ряд других вопросов: кинетика A-фазы, поглощение звука, свойства растворов ^4He в ^3He и т. д. В целом глава хорошо иллюстрирует своеобразие кинетических явлений в сверхтекучем ^3He и возможность количественного подхода к теории этих явлений.

Наконец, в пятой главе, завершающей рассмотрение кинетических явлений, обсуждаются некоторые вопросы кинетики нормальных металлов. Здесь следует отметить изложение теории своеобразного явления — комбинационного рассеяния звука электронами, которое, как показано в данной главе, может наблюдаться при определенных условиях в достаточно чистых металлах.

Вторая часть книги посвящена проблемам электрон-фононного взаимодействия в металлах. В шестой главе излагается теория так называемых аномальных сверхпроводников — сверхпроводников с сильной электрон-фононной связью. Обычная теория Бардина — Купера — Шриффера (БКШ), развитая в приближении слабого электрон-фононного взаимодействия, не могла объяснить ряда свойств этих сверхпроводников. Так, величина скачка теплоемкости в них почти вдвое превышала значение из теории БКШ. Существенно расходились с опытом также величина и температурная зависимость щели $\Delta(T)$ в энергетическом спектре, электромагнитные, кинетические и другие свойства. Б. Т. Гейликманом с сотрудниками был развит успешный подход к теории этих сверхпроводников, основанный на квазилинеаризации уравнений Элиашберга для Δ , который и излагается в данной главе. Использование простых, но физически оправданных приближений для фононных спектров (моделей с одним и двумя пиками в плотности состояний) позволило найти в явном виде поправки ко всем результатам теории БКШ. Эти результаты, ставшие классическими, позволили объяснить все аномалии сверхпроводников с сильной связью и устранить тем самым одно из важных противоречий в микроскопической теории сверхпроводимости. Отметим также, что выполненные позднее численные расчеты с использованием экспериментальных фононных спектров подтвердили, что простые приближения, описанные в данной главе, действительно имеют высокую практическую точность при описании рассматриваемых свойств.

В седьмой главе рассматривается проблема адиабатического приближения в металлах. Известно, что эта проблема обсуждалась в течение долгого времени, и лишь сравнительно недавно было понято что правильным рецептом при описании фононов, так же, как и в теории молекул, является расчет электронной энергии для фиксированных координат ионов R_i с последующим разложением ее по смещениям ΔR_i . Но, как обычно, при немалой величине электрон-фононного взаимодействия наиболее простое и ясное описание получается при использовании диаграммной техники. Вывод такого «адиабатического» диаграммного разложения и приведен в данной главе. При этом своеобразие ситуации заключается в том, что первые члены в соответствующем гамильтониане возмущения оказываются не малыми сравнительно с дебаевской частотой. Но эти члены вносят вклад лишь в перенормировку спектра электронов, в поправках же к фононному спектру они сокращаются с точностью до параметра адиабатичности $\sqrt{m/M}$, где m и M — массы электрона и иона. Данное рассмотрение вносит ясность во многие вопросы, дискутировавшиеся в литературе, — вопрос об отсутствии ограничений на константу электрон-фононного взаимодействия, вопрос о применимости модели Фрелиха и т. п.

Восьмая глава посвящена обсуждению так называемого электронного механизма сверхпроводимости. Здесь кратко, но четко изложены основные обсуждавшиеся в литературе соображения о получении высокотемпературной сверхпроводимости (использование квазиодномерных органических молекул, различных вариантов квазидвумерных систем и т. д.). Затем излагаются принадлежащие Б. Т. Гейликману идеи о возможности аналогичного нефононного механизма в трехмерных системах со взаимодействием локализованных и коллективизированных электронов, например, в системах типа сплавов полупроводник — металл. Соображения, приведенные в этой главе, стимулируют дальнейшие исследования возможностей получения высокотемпературных сверхпроводников.

Наконец, в девятой главе рассматриваются некоторые свойства так называемых квантовых кристаллов (твердые водород, гелий и т. п.), привлекающих в последние годы большое внимание. Обсуждается, в частности, своеобразная возможность сверхтекучести бозе-примесей в таких кристаллах, аналогичная сверхтекучести дефектонов.

В целом, рассмотрение в книге большого числа важных и интересных явлений, объединенных общностью темы и единством методов описания, в сочетании с высоким научным уровнем и доступностью изложения, позволяет рекомендовать книгу широкому кругу читателей. Она будет полезна и интересна как специалистам, работающим в данной области, так и тем, кто хочет познакомиться с актуальными проблемами физики низких температур.

В. Г. Вакс, А. И. Ларкин