

530.145(049.3)

КВАНТОВОПОЛЕВАЯ ТЕОРИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

H. Haken. Quantenfeldtheorie des Festkörpers. Stuttgart, V. G. Teubner, 1973, 311 S.

Современная теория твердого тела (и физика конденсированных систем вообще) занята решением проблем и рассмотрением физических явлений, основанных существенно на взаимодействии составляющих частиц. Значительное продвижение теории в этом направлении стало возможным благодаря использованию квантовополевых методов и разработке их применительно к системам многих взаимодействующих частиц. Частным

случаем таких систем является твердое тело. Немалая часть результатов, полученных на этом пути в теории твердого тела, стала уже классической. В первую очередь следует отметить концепцию элементарных возбуждений и теорию различного рода квази-частиц.

Имеются немалое число хорошо написанных книг, посвященных применению квантовопололевых методов в теории многочастичных систем, а также курсы теории твердого тела, последовательно использующие соответствующую методикку. Ряд превосходных книг написан учеными СССР, внесшими значительный вклад в разработку этой области науки. Однако большинство из книг этого направления представляет собой скорее монографии и может служить учебниками для лиц, приближающихся по своей подготовке к уровню аспирантов или дипломников, прослушавших, например, традиционный курс квантовой электродинамики, квантовой статистики и т. д. Последовательные учебники для студента, которому следует изучить современную теорию твердого тела в квантовопололевом изложении (без привлечения соответствующих методов трактовка ряда вопросов возможна лишь на качественном уровне), практически отсутствуют. С другой стороны, необходимость создания подобных учебников весьма актуальна. В традиционных вузовских курсах квантовой механики, теории твердого тела или квантовой статистики отразить эту проблематику обычно удается лишь вскользь.

Рассматриваемая книга Х. Хакена, выдающегося специалиста по теории твердого тела и теории лазеров, представляет собой как раз учебник указанного направления. Ее основой послужил курс лекций, читаемый автором на протяжении длительного времени в Штуттгартском университете, профессором которого он является. По словам автора в предисловии, он ставил перед собой задачу дать простое изложение основных положений и достижений квантовопололевой теории твердого тела (главным образом теории конкретных элементарных возбуждений), оставляя в стороне все, что может служить балластом. Предполагается знание изучающим лишь обычного курса высшей математики и квантовой механики. В результате работы над книгой*) читатель должен получить достаточные знания для «вработывания» себя в предмет на основании специальных монографий, а также быть в известной мере подготовленным к чтению оригинальных научных работ.

Несмотря на идею целостность, квантовопололевая теория твердого тела использует ряд существенно различающихся конкретных методик. В книге уделено внимание основам всех главных методик: технике работы с операторами в представлениях Гейзенберга и взаимодействия в связи с рядом теории возмущений, графической технике, двухвременным температурным функциям Грива, преобразованиям Боголюбова. Подробно излагается метод вторичного квантования. Знакомство читателя с той или иной методикой происходит в процессе решения конкретной задачи, на пути последовательного углубления физических знаний. Гамильтонианы рассматриваемых задач выводятся на основании лагранжева формализма с тщательным разбором положенной в основу физической модели.

Во вводной главе книги дано краткое модельное описание концепции квазичастиц и приведены основные сведения из лагранжева формализма классической механики. Вторичное квантование и техника работы с операторами этого представления рассматриваются в гл. II в связи с задачами о гармоническом осцилляторе и осцилляторе со сдвинутым положением равновесия. В гл. III излагается отдельно квантование фермионного и бозонного полей, подробно обсуждается переход к континууму, рассматриваются свойства фононов и фотонов, сформулирована проблема взаимодействующих полей.

Гл. IV посвящена рассмотрению конкретных свойств электронов в жесткой периодической решетке. В схеме Хартри — Фока изучаются квазичастицы — электроны и дырки, изложен метод эффективной массы и подход Ванье. Выводится гамильтониан взаимодействия электронов и дырок, рассмотрены экситоны Ванье — Мотта и Френкеля. К последнему примыкает изучение электронных поляризационных волн, получение дипольной диэлектрической постоянной. Кратко сказано об экситонной материи, подчеркнут паулиевский характер статистики экситонов. Далее читатель знакомится с плазмонами на основании метода Эренрейха — Козна, а в заключение этой главы — с магнонами.

Гл. V посвящена электрон-фононному взаимодействию. Здесь подробно выводятся фрёлиховский гамильтониан. При помощи теории возмущений, зависящей от времени, рассмотрено излучение и поглощение фононов, излагаются основы графической техники. Полученные результаты используются для трактовки электронной проводимости. Решена задача о фрёлиховском поляроне, а рассмотрение взаимодействия двух поляронов приводит к известной формуле Хакена для эффективной диэлектрической постоянной полярной среды.

*) Автор дает указание к работе с книгой, отмечено, какие из разделов основаны на предыдущих разделах и т. д.

В гл. VI изложены основы техники двухвременных функций Грина, особое внимание уделено их физическому содержанию как пронагаторов. Уравнения для функций Грина составляются на примере электронного газа (указываются расщепления, приводящие к приближениям Хартри и Фока) и для электрон-фононного взаимодействия.

Сверхпроводимость рассматривается в отдельной (VII) главе. Выведено эффективное межэлектронное взаимодействие по Фрелиху, рассмотрено основное состояние сверхпроводника в схеме БКШ и кратко затронуты возбужденные состояния.

Небольшая заключительная глава посвящена взаимодействию электронов с квантованным электромагнитным полем и знакомству с поляритонами.

Книга содержит около 90 задач разной степени трудности (с указаниями автора к решению), решение которых значительно способствует изучению материала.

В результате читатель, проработавший книгу, получит, действительно, достаточно широкое представление об основных квазичастицах и их взаимодействии в твердых телах с позиций современной теории. Эти знания, конечно, достаточно элементарны, но серьезны и могут служить уверенным отправным базисом для дальнейшего овладения предметом. Тем самым можно считать, что автор успешно выполнил поставленную перед собой задачу, заполнив также известный пробел в существующей литературе.

Следует отметить, что изложение в книге последовательное и ясное. Автор пытается избежать трудноконтролируемых для читателя переходов от одного выражения к другому. Все же в книге стоило детально разобрать приемы вычисления некоторых типичных интегралов типа фурье-образов от потенциалов.

Относительно содержания книги в целом нам представляется, что очень полезным было бы включение в нее (на столь же выдержанном уровне) вопросов реакции системы на внешнее возмущение в связи с матрицей плотности, функциями Грина и корреляционными функциями, основ теории необратимых процессов. Видимо, какого-то места заслуживали бы и другие фазовые переходы (кроме сверхпроводимости).

Представляется целесообразным перевод книги Х. Хакена на русский язык, так как она представила бы, по изложенным причинам, интерес для широкого круга читателей — студентов, аспирантов, преподавателей вузов и т. д.

Н. Н. Кристофель