

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКБИБЛИОГРАФИЯ

В. Л. Бонч-Бруевич, С. В. Тябликов.¹ Методы функций Грина в статистической механике. Предисловие акад. Н. Н. Боголюбова, М., Физматгиз, 1961, 312 стр., ц. 94 коп.

Рецензируемая книга представляет собой монографию, посвященную систематическому изложению нового квантового статистического метода, разработанного для решения физических задач микроскопической теории многих частиц, а именно, методу так называемых температурных квантовых функций Грина.

Общеизвестно, какие большие принципиальные физические и вычислительные математические трудности возникают при попытках корректного решения задач по определению физических свойств систем многих взаимодействующих микрочастиц. Разработка мощных математических методов решения таких задач теоретической физики приобрела особо актуальное значение в настоящее время. Это обусловлено тем, что перед современной физикой и в первую очередь перед одним из ее важнейших разделов — физикой твердого тела все с большей настойчивостью выдвигаются жизнью сложные требования быстрее построения детальной количественной физической микротeorии веществ, которая позволила бы выявить все заложенные в них «потенциальные возможности» и тем самым подойти к сознательному и наиболее эффективному их использованию на практике. Метод температурных функций Грина, используемый в настоящее время в статистической физике и являющийся своеобразным соединением некоторых общих подходов, заимствованных из квантовой теории поля и статистического метода матрицы плотности (статистического оператора квантовой статистики), представляет собой такой новый мощный метод для решения задач в теории многих частиц, открывающий заманчивые перспективы построения строгой количественной трактовки физических свойств твердых тел.

Возможность такого «симбиоза» квантовополевых и статистических подходов объясняется большим родством, существующим между квантовой теорией поля, объектом изучения которой является система с бесконечным числом степеней свободы, с одной стороны, и статистической теорией ансамблей из очень большого числа микрочастиц, с другой. Это родство, в частности, проявляется в том, что в обоих подходах используется одинаковый математический аппарат — метод вторичного квантования. Именно это и позволило разработанный вначале в квантовой теории поля метод динамических функций Грина, усредненных по основному состоянию системы (ее вакууму), перенести без особых трудностей в статистическую физику. Использование даже таких динамических функций Грина оказалось весьма полезным при решении ряда задач статистической физики. Однако этот метод приобрел особую эффективность для этой области физики, когда была учтена специфическая особенность ансамблей большого числа микрочастиц, а именно, когда был принят во внимание тот факт, что такие системы пребывают в смешанных состояниях, в которых вероятности отдельных чистых состояний зависят от температуры. В связи с этим оказалось естественным определить функции Грина как некоторые средние по статистическому ансамблю Гиббса. Такие температурные функции Грина позволили описывать статистическую систему не только в ее основном состоянии, но и при конечных температурах, т. е. в возбужденных состояниях. Одной из наиболее удобных форм температурных функций Грина, пригодных для решения конкретных задач статистической физики, являются так называемые двухвременные функции Грина. Они описывают как равновесные и неравновесные (в линейном приближении по основному параметру внешнего воздействия, например, по электрическому или магнитному полю и т. п.) свойства систем многих микрочастиц.

Авторы настоящей монографии, В. Л. Бонч-Бруевич и С. В. Тябликов, поставили перед собой задачу изложить не все существующие в данное время направления в применениях функций Грина в статистической физике, а главным образом метод двухвременных функций Грина. Содержание монографии в основном

базируется на оригинальных исследованиях самих авторов, участников школы акад. Н. Н. Боголюбова. Существенно также отметить, что авторы являются пионерами (в особенности В. Л. Бонч-Бруевич) в разработке как самого метода, так и его конкретных приложений.

В книге большое место уделяется анализу основных черт самого метода двухвременных функций Грина. Этому вопросу посвящены целиком первые три главы монографии, в которых подробно изложена спектральная теория двухвременных функций Грина (гл. 1), выводятся цепочки уравнений для них (гл. 2), а также устанавливается связь функций Грина с термодинамическими и кинетическими характеристиками рассматриваемых систем многих микрочастиц (гл. 3).

По объему эти три первые главы монографии охватывают точно половину ее содержания.

Во второй части книги (гл. 4—7) авторы излагают расчеты конкретных статистических задач, иллюстрирующих возможности приложений развитого общего метода. А именно, здесь рассмотрены задачи о плазменных колебаниях в твердом теле (гл. 4), о системах носителей электрического тока в полупроводниках и металлах (гл. 5), задачи о взаимодействии электронов в кристаллах (гл. 6), а также проблема ферромагнетизма (гл. 7).

Все эти приложения убедительно демонстрируют большие преимущества метода функций Грина по сравнению с обычными традиционными методами статистической физики. В частности, при анализе свойств электронно-ионной плазмы в кристаллах с помощью этого метода впервые удалось совершенно естественно и автоматически определить граничный импульс плазменных колебаний. Определение этой важной величины теории было самым слабым местом в первоначальном варианте трактовки данного вопроса (Бом и Пайнс).

Другим ярким примером преимущества метода функций Грина может служить теория ферромагнетизма (см. гл. 7). Здесь также впервые удалось получить с помощью этого метода квантовое уравнение, позволяющее определить спонтанную намагниченность ферромагнетика как функцию температуры во всем диапазоне температур от 0°K и до точки Кюри (при наличии внешнего магнитного поля даже и для более высоких температур). Хорошо известно, что все прежние методы не позволяли установить связи между описанием явления ферромагнетизма для низких температур (теория спиновых волн) и для температур в области, близкой к точке Кюри (теория энергетических центров тяжести). Метод функций Грина показал, что ферромагнитное состояние кристалла описывается спиновыми волнами при всех температурах. Однако энергия этих коллективных магнитных возбуждений зависит уже от температуры. После выхода в свет монографии этот фундаментальный теоретический вывод о существовании температурно зависящих энергий коллективных возбуждений нашел блестящее экспериментальное подтверждение в опытах с использованием явления неупругого магнитного рассеяния медленных нейтронов в ферромагнитных кристаллах.

Из всей совокупности изложенных в монографии конкретных применений, а также и из изложения общих вопросов метода функций Грина становятся ясными основные преимущества этого метода. Он дает свернутые, компактные выражения для термодинамических величин и кинетических коэффициентов статистических систем, и, кроме того, позволяет производить необходимые аппроксимации на заключительных этапах вычислений. Все это открывает вполне реальные возможности последовательного построения теории возмущения, при котором удастся избежать существенных трудностей, характерных для примитивной теории возмущений в обычной «школьной» форме изложения. А именно, оказывается возможным исключить, например, появление высших степеней объема в выражениях для термодинамических потенциалов и т. п. Метод функций Грина позволяет также в самом общем виде определить понятие элементарных возбуждений в статистических системах из большого числа микрочастиц, связав их с полюсами соответствующих функций Грина. Это сразу же естественным путем приводит к определению температурной зависимости элементарных возбуждений. Кроме того, метод позволяет одновременно с определением энергетического спектра возбуждений найти и их времена жизни. Правда, и в этом методе остаются свои существенные трудности, связанные с «расцеплением» цепочки уравнений для функций Грина. Эта проблема еще ожидает своего решения.

В целом метод функций Грина очень удобен практически и с вычислительной стороны, поскольку он сокращает саму процедуру вычислений и в значительной степени стандартизирует их.

Уже прошло почти полтора года с момента выхода в свет монографии В. Л. Бонч-Бруевича и С. В. Тябликова, ее уже давно нет на полках книжных магазинов; это наглядно показывает, что книга сразу же нашла своих читателей. На эту монографию очень часто можно прочесть ссылки в оригинальных работах советских и зарубежных физиков. Она переводится на иностранные языки. Существенно также отметить, что это была первая в мире монография на тему о методе функций Грина в статистической физике. Поэтому и в этом смысле авторы были пионерами в пропаганде нового и прогрессивного метода современной теоретической физики.

Книга написана на самом высоком научном уровне, очень хорошим и ясным стилем, авторами, которые прекрасно владеют всем излагаемым материалом и не только как эрудированные интерпретаторы, но и активные творцы в разработке его основ и многочисленных применений. Все это делает монографию В. Л. Бонч-Бруевича и С. В. Тябликова весьма актуальной и действительно полезной книгой для очень широкого круга читателей: научных работников — физиков и математиков, аспирантов этих специальностей, а также студентов-физиков старших курсов.

Методы, изложенные в книге, в настоящее время продолжают усиленно развиваться. В «сферу» влияния метода температурных функций Грина включаются все новые и новые задачи. Этот метод становится основным рабочим методом в теоретических исследованиях по физике твердого тела. Поэтому нужда в подобного рода монографиях и учебниках будет непрерывно возрастать. В силу этого уже сейчас постановка вопроса о втором издании рецензируемой монографии является насущной необходимостью. Следует лишь просить авторов и Издательство физико-математической литературы незамедлительно приступить к работе над вторым изданием этой важной и нужной для советского читателя книги.

В связи с пожеланием о быстрейшем переиздании книги, здесь уместно сделать некоторые замечания по форме изложения материала монографии, а также по подбору этого материала, что сделало бы, по нашему мнению, эту очень хорошую книгу еще более полезной для широкого круга читателей. Нам представляется, что главным недостатком в характере изложения рецензируемой монографии является ее некоторая сложность для читателей, которые впервые хотят познакомиться с основами данного метода и его приложениями. Авторы мало уделили места для подробного рассказа о том, как связан метод функций Грина с обычной статистикой, с обычными методами теории систем многих частиц, рассказа, который значительно облегчил бы усвоение всего содержания книги для начинающего читателя. В книге вопрос о связи метода функции Грина с прежними методами затронут, но сказано об этом очень скупо. Во введении авторы наметили очень хорошую программу общего качественного описания преимуществ метода. Вот эту программу и желательно развить шире и дать читателю более подробное изложение указанной выше связи с прежними методами.

Второе замечание сводится к тому, что в монографии по методу функций Грина не следует ограничиваться изложением только одного-единственного направления в этой области. Следует расширить содержание по крайней мере за счет хотя бы перечисления и сравнительной оценки других форм метода. В частности, весьма уместно уделить значительно большее внимание, например, диаграммной технике, которая практически не нашла отражения в монографии. О ней сказано лишь в Приложении, вне связи с основным содержанием книги. С другой стороны, метод графов весьма широко используется в физической литературе.

Рецензенты вполне отдадут себе отчет о том, что авторы хотели изложить в монографии прежде всего именно свои работы. Это обстоятельство, с одной стороны, является весьма положительным моментом, поскольку изложение вопросов ведется на самом высоком научном уровне, но, с другой стороны, в этом заложен и недостаток — известная узость в изложении материала.

Очень хочется, чтобы во втором издании авторы нашли оптимальное разрешение этого «противоречия», что способствовало бы еще большему успеху прекрасной монографии.

Также весьма желательно, чтобы авторы значительно расширили разделы монографии, посвященные изложению конкретных применений метода функций Грина, включив все то новое, что появилось за последние годы. При изложении этих применений весьма полезно привлекать также и некоторые опытные факты, подтверждающие преимущества метода.

В заключение можно еще раз повторить, что рецензируемая книга является ценным вкладом в мировую литературу по современным вопросам теоретической физики и одновременно дает наглядное доказательство того, что в данной области мировой науки советские физики занимают передовые позиции.

С. В. Вонсовский, Ю. А. Изюмов