

539.93(049.3)

**СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ СИСТЕМ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ**

Л. П. Кудрин. Статистическая физика плазмы. М., Атомиздат, 1974, 496 с.

Статистическая теория систем заряженных частиц относится к числу наиболее интересных и активно разрабатываемых областей статистической физики. Последние  
9 УФН, т. 117, вып. 4

десять-пятнадцать лет она развивалась особенно интенсивно, в частности, под стимулирующим воздействием экспериментальных исследований физики металлов и низкотемпературной плазмы. Самоутверждению теории в значительной степени способствовал метод суммирования наиболее расходящихся членов ряда теории возмущений, первоначально предложенный Гелл-Манном и Бракнером для вычисления энергии основного состояния электронного газа и впоследствии проявивший себя как совершенно общий при изучении систем частиц с кулоновским взаимодействием.

К настоящему времени возникла естественная необходимость в систематическом изложении и критическом рассмотрении имеющихся теоретических результатов. Именно такой цели служит книга Л. П. Кудрина «Статистическая физика плазмы», вышедшая в Атомиздате в 1974 г.

Отметим сразу, что написание книги на эту тему сопряжено со специфическими трудностями. Благодаря универсальности кулоновского взаимодействия его определяющая роль проявляется при изучении многообразных явлений в столь различных состояниях вещества, как, например, низкотемпературная плазма, твердые и жидкие металлы, растворы электролитов. Именно этим можно объяснить тот факт, что изложение вопросов равновесной теории систем заряженных частиц до сих пор носило, как в отечественной, так и в зарубежной литературе, сопутствующий характер в монографиях по статистической физике и физике твердого тела.

Несомненной заслугой автора рецензируемой книги является попытка представления обильного материала по теории кулоновских систем с общей точки зрения, обусловленной единой природой взаимодействия. Однако универсальность взаимодействия, по крайней мере на современном этапе развития теории, не означает существования универсальной схемы рассмотрения связанных с этим взаимодействием эффектов. Отчасти этим можно объяснить основной, по нашему мнению, недостаток книги — определенную фрагментарность в изложении материала.

В каждой из шестнадцати глав книги автор придерживается следующей системы преподнесения материала: общая постановка вопроса и элементарное его рассмотрение, а затем более углубленное обсуждение, опирающееся на «основные, имеющие отношение к теме» оригинальные работы. В книге монографического характера весьма желательными представляются более подробный обзор литературы и более полная библиография. Это особенно важно при изложении проблем, находящихся в стадии становления, таких, например, как достаточно плотная невырожденная плазма, где пока трудно отдать предпочтение какому-либо из развивающихся подходов, а возможность продвижения в область больших параметров взаимодействия существенно зависит от эффективности используемых методов математического описания.

Остановимся кратко на основных вопросах, составивших содержание отдельных глав книги.

В первой главе приводится подробная классификация плазмы на основании безразмерных параметров и вводятся понятия статического и динамического экранирования.

Во второй главе, которая также носит вводный характер, кратко рассмотрены метод зацепляющихся уравнений для классических функций распределения и метод коллективных переменных. Обсуждение последнего ограничивается изложением классических работ, а в качестве конкретного примера приведен только результат Дебая — Хюккеля для электронного газа в фоне. О современном развитии этого метода, к сожалению, не упоминается и ссылки на соответствующие работы отсутствуют.

Третья глава книги отведена диаграммным методам. В ней кратко изложены теория групповых интегралов Майера и техника температурных функций Грина в применении к термодинамике кулоновских систем.

В четвертой и пятой главах на хорошем физическом уровне строго обсуждаются вопросы, связанные с ограничением статистической суммы атома в плазме и с вычислением плазменного микрополя. Обе проблемы имеют большое значение в физике низкотемпературной плазмы. Поэтому изложение наряду с современным состоянием теории ее исторического аспекта (метод Э. Ферми получения конечной статистической суммы атома, распределение Хольтсмарка для микрополя в идеальной плазме) является вполне оправданным.

В двух следующих главах рассматриваются регулярные методы учета эффектов взаимодействия в термодинамике слабо неидеальной плазмы. Достаточно подробные выкладки и тщательный анализ сделанных приближений позволяют читателю легко проследить за построением разложения термодинамического потенциала плазмы в ряд по активностям и сравнить в действии обычную технику температурных функций Грина с методом квантовых групповых разложений Монтролла и Уорда. Задача о сдвиге уровней энергии ионов в плазме обсуждается на основе известных результатов, полученных автором книги. Содержание этих глав не только демонстрирует успехи в описании слабо неидеальной плазмы, но и отражает тенденции в поведении термодинамических функций, которые могут проявиться в мало изученной (как экспериментально, так и теоретически) плотной плазме. В такой плазме, в зависимости от температуры и плотности, осуществляется сильное взаимодействие заряженных частиц

друг с другом либо сильное взаимодействие между заряженными и нейтральными частицами, либо и то и другое одновременно. В связи с этим теоретическое исследование плотной плазмы опирается на упрощенные аналитические модели и на численные методы, использующие возможности современных ЭВМ. Однако реализация этих методов для столь сложного объекта как плотная плазма, требует серьезных допущений. Анализ этого круга вопросов содержится в гл. 8, 13 и 16.

Существующие методы экспериментального исследования плотной плазмы и полученные к настоящему времени данные по уравнению состояния и электропроводности щелочных металлов и ртути в области критических температур обсуждаются в гл. 12.

Значительное внимание уделено в книге проблеме вырожденных электронов в фоне компенсирующего заряда (гл. 9 и 10). Наряду с традиционным изложением вычисления корреляционной энергии, структурного фактора, спектра элементарных возбуждений и т. п. рассматривается интересный, но еще недостаточно разработанный подход, связанный с проведением оценок сверху и снизу для энергии основного состояния системы с положительно определенным оператором взаимодействия.

Ясное изложение вариационного принципа Боголюбова и вариационной теоремы Пайерлса в гл. 14 хорошо иллюстрируется расчетом статистических сумм для модели Изинга и для ячеистого газа. Приведен также метод получения верхней и нижней границ для свободной энергии плазмы, использующий правила сумм и неравенства для моментов корреляционных функций плотностей частиц.

Известные результаты Дэйсона и Ленарда по установлению экстенсивной нижней границы для энергии системы кулоновских частиц объясняются в связи с общим анализом проблемы устойчивости вещества (гл. 11). В этой же главе с помощью критериев термодинамической устойчивости по отношению к различным типам возмущений анализируется предположение о возможности специфического плазменного фазового перехода для конкретной модели плотной плазмы.

Даже краткое перечисление основных тем показывает, что в книге собран большой материал и дано многостороннее освещение состояния теории кулоновских систем и перспектив ее развития. Типичным для стиля книги является включение в текст вопросов самой различной категории сложности. Однако следует отметить, что изложение более сложных проблем всегда начинается с общедоступного уровня. Это позволяет рассматривать книгу как монографический учебник. Что касается тематического отбора материала, то, на наш взгляд, автор не всегда проявляет должную строгость. Это приводит к диспропорции в изложении некоторых разделов теории. Например, весьма подробно рассмотрены такие классические вопросы как электронный газ и электронная жидкость (гл. 10) и метод Томаса — Ферми (гл. 15). Вместе с тем вопросы физики плазмы твердых тел и жидких металлов рассмотрены мельком, попав как бы случайно в поле зрения автора.

В отдельных случаях автор недостаточно синтезирует материал обсуждаемых им оригинальных работ, относящихся к одной и той же проблеме. При этом читателям предоставляется возможность самим воссоздать картину явления в целом из мозаики статей, изложенных автором. К сожалению, этот дефект присущ не только гл. 8, 11 и 16, содержащим новые, не устоявшиеся результаты.

Однако перечисленные недостатки не могут заслонить главного: вышла полезная монография, которая восполняет значительный пробел, существовавший до сих пор в литературе по статистической теории плазмы.

*А. А. Рухадзе, С. А. Тригер*