



Предисловие редактора перевода

Предисловие

Предисловие к японскому изданию

Глава 1. Принципы статистической механики

Основные положения

1. Микроскопические состояния
2. Статистическое описание
3. Принцип равной вероятности и микроканонический ансамбль
4. Термодинамический вес макроскопического состояния и энтропия
5. Число состояний и плотность состояний
6. Нормальные системы в статистической термодинамике
7. Контакт между двумя системами
8. Квазистатический адиабатический процесс
9. Равновесие между двумя системами, находящимися в контакте
10. Основные законы термодинамики
11. Наиболее вероятное состояние и флуктуации
12. Каноническое распределение
13. Обобщенное каноническое распределение
14. Статистические суммы и термодинамические функции
15. Статистики Ферми, Бозе и Больцмана
16. Обобщенная энтропия

Примеры

Задачи

Решения

Литература

Глава 2. Метод канонического распределения

Основные положения

1. Общие свойства статистической суммы $Z(\beta)$
2. Асимптотическая оценка для больших систем
Асимптотические оценки и преобразования Лежандра
3. термодинамических функций
4. Большая статистическая сумма $S(\lambda)$
5. Статистические суммы обобщенных канонических распределений
6. Классические конфигурационные интегралы
7. Матрицы плотности

Примеры

Задачи

Решения

Литература

Глава 3. Статистическая термодинамика газов

Основные положения

1. Статистическая сумма для идеального газа
2. Внутренние степени свободы и внутренние статистические суммы
3. Смеси идеальных газов
4. Взаимодействие молекул
5. Групповые разложения

Примеры

Задачи

Решения

Литература

Глава 4. Применение статистики Ферми и статистики Бозе

Основные положения

1. Основные формулы ферми-статистики
2. Функция распределения Ферми
3. Энергетические зоны в кристаллах
4. Дырки
5. Полупроводники
6. Статистика Бозе. Жидкий гелий

Примеры

Задачи

Решения

Литература

Глава 5. Системы с сильным взаимодействием

Основные положения

1. Приближение молекулярного поля
2. Приближение Брэгга--Вильямса
3. Кооперативные явления
4. Средний потенциал в системе заряженных частиц
5. Теория Дебая--Хюккеля
6. Функции распределения в многочастичной системе

Примеры

Задачи

Решения

Литература

Глава 6. Флуктуации и кинетическая теория

Основные положения

1. Флуктуации
2. Частота столкновений
3. Уравнение переноса Больцмана

Примеры

Задачи

Решения

Литература

Предметный указатель

Предисловие редактора перевода



Настоящая книга, написанная профессором Р.Кубо при участии Х. Ичимура, Ц.Усуи и Н.Хасизуме, представляет собой учебник статистической механики не совсем обычного характера. В нем наряду с кратким изложением основ теории имеется множество задач с указаниями и подробными решениями, которым отведено больше половины объема книги. Многие вопросы теории, которые традиционно излагаются в курсах статистической механики, авторы дают в виде примеров и задач.

Основной автор книги -- выдающийся японский физик-теоретик профессор Токийского университета Р.Кубо -- хорошо известен советскому читателю своими работами по квантовой теории магнетизма и статистической теории необратимых процессов.

Курс охватывает почти все основные разделы классической и квантовой статистической механики и многие ее приложения, например групповые разложения для неидеальных газов, теорию полупроводников, жидкий гелий, кооперативные явления, флуктуации, теорию электролитов,

уравнение Больцмана. Четко излагаются основные принципы статистической механики: метод ансамбля Гиббса и связь между различными ансамблями, свойства статистических сумм. Приводится большое число задач на применение общих принципов статистической механики, что делается, пожалуй, впервые в учебной литературе. Подбор задач и их решения отличаются оригинальностью и новизной и показывают, что автор сам много и активно работал в различных областях статистической физики.

В каждой главе изложение строится в такой последовательности: краткие сведения из теории, примеры, задачи и подробные решения. Эти разделы тесно связаны между собой, так что наложенных в двух первых разделах сведений достаточно для решения задач. В каждой главе имеются также интересные отступления, касающиеся истории обсуждаемых вопросов.

В мировой учебной литературе по статистической физике до настоящего времени не имеется подобных учебников-задачников, в которых сочетался бы высокий научный уровень с доступностью изложения, хотя потребность в них очень велика. По учебнику Кубо можно без излишних трудностей активно овладеть методами статистической механики и научиться использовать их в конкретных задачах. Книга может принести очень большую пользу студентам, аспирантам и преподавателям физико-технических вузов и университетов в качестве дополнительного пособия по курсам теоретической физики.

Перевод выполнили Н.М.Плакида (предисловие, гл.1 и 2), Е.Е.Тареева (гл.3 и 4) и А.Г.Башкиров (гл.5 и 6).

Д.Зубарев

Предисловие



Предлагаемая книга является частью учебника "Задачи и примеры по термодинамике и статистической физике", опубликованного в "Университетской серии" японским издательством "Сокабо". По просьбе издательства "Норс Холланд компани" английский перевод публикуется в двух томах: один содержит термодинамику, другой -- статистическую механику. Учитывая, что потребность в курсе статистической механики является для студентов первоочередной, часть, посвященная статистической механике, выпускается первой. Часть, посвященную термодинамике, предполагается опубликовать в ближайшее время.

Перевод с японского был выполнен самими авторами с участием некоторых их сотрудников. Мне хотелось бы выразить свою глубокую признательность докторам М.Кубо, Т.Цунето и С.Мияке, которые вместе с авторами принимали участие в переводе; кроме того, мне хотелось бы отметить участие проф. Д.Уорса, который любезно согласился помочь нам в преодолении лингвистических трудностей. Авторы также благодарны мисс Н.Токуда за подготовку рукописи к печати.

Р.Кубо

Предисловие к японскому изданию



Термодинамика и статистическая механика совершенно необходимы при изучении физических свойств вещества. Статистическая механика наряду с квантовой механикой является основой современной физики, цель которой состоит во всестороннем исследовании физических явлений с микроскопической точки зрения на основе атомной физики. Поэтому глубокие знания статистической механики и умение применять ее на практике необходимы не только студентам, изучающим физические свойства вещества, но и тем, кто занимается ядерной физикой и даже астрофизикой. Вне рамок физики статистическая механика теперь все больше и больше проникает в такие науки, как химия, биология и те многочисленные области техники, развитие которых связано с успехами современной физики.

Термодинамика всецело принадлежит классической физике, и поэтому иногда студенты, увлеченные изучением современной физики, считают ее малозначительной наукой. Даже для студентов-химиков роль этих наук стала совершенно иной, чем несколько десятилетий назад,

когда физическая химия представляла собой не что иное, как химическую термодинамику. Необходимо подчеркнуть, что и сейчас термодинамика, представляющая собой один из основных разделов физики, играет столь же важную роль, как и во второй половине прошлого века. Термодинамика демонстрирует ценность феноменологического подхода. В ней не используются в явном виде какие-либо физические образы или модели, например представления об атомах или молекулах, а устанавливаются соотношения между такими несколько абстрактными величинами, как энергия, энтропия, свободная энергия и т.д. При этом термодинамика не опирается на интуитивные представления, как атомная теория; это является одной из причин того, что студенты считают термодинамику трудной для усвоения и не умеют применять ее для рассмотрения конкретных задач. Однако благодаря простоте логических построений термодинамика часто позволяет с очень общих позиций разобраться в физической сути данной задачи. В этом состоит огромное преимущество феноменологического подхода.

Очевидно, однако, что, ограничиваясь только термодинамическим рассмотрением, невозможно провести более глубокое исследование атомных процессов, происходящих при данном физическом явлении. Это возможно сделать лишь с помощью квантовой механики и статистической механики. Статистическая механика позволяет установить связь между физическими законами микро и макромира. Квантовая механика, взятая в отрыве от статистической механики, не всегда могла бы описывать реальные физические явления. В этом смысле статистическую механику необходимо рассматривать как один из ключевых разделов современной физики.

Как и во всякой другой науке, невозможно хорошо усвоить статистическую механику, выучив только ее основные принципы. Необходимо довольно долго тренироваться, чтобы овладеть методами статистики, т.е. научиться пользоваться статистической механикой при решении конкретных физических задач. Некоторые представления и методы статистической механики и термодинамики существенно отличаются от используемых в других разделах физики. Нам часто приходилось встречать студентов, которые знакомы с основными положениями термодинамики и статистической механики, но с трудом овладевают их методами и не умеют решать конкретные задачи. Это обычно связано с недостаточной и неправильной подготовкой.

Цель настоящей книги -- помочь студентам в изучении термодинамики и статистической механики и в овладении соответствующими методами. Книга содержит основные положения теории, примеры и большое число задач с полными решениями. Хотя разделы "Основные положения" написаны довольно кратко, они охватывают все наиболее важные вопросы теории. Предполагается, что эту книгу можно читать, не пользуясь другими учебниками. Изучив материал "Основных положений", читатель в достаточной мере познакомится с основами термодинамики и статистической механики. Примеры дополняют теоретические разделы, но в основном они должны показать читателю, как следует применять теорию при решении физических задач.

Задачи разделены на три группы: А, Б, В в порядке возрастания трудности. Если читатель располагает достаточным количеством времени, он может прорешать все задачи подряд в каждой главе. В противном случае мы рекомендуем ему сначала решить задачи группы А по всей книге, а при возможности вернуться к задачам групп Б и В. Даже решив только задачи группы А, читатель почувствует, что он стал лучше разбираться в физической стороне явлений. Число задач в группе А достаточно велико, так что сначала можно выбрать из них примерно половину и решить их, вернувшись к оставшимся позже. Для удобства звездочкой (*) отмечены те параграфы и примеры, которые не нужны при решении задач группы А.

В приведенных в настоящей книге задачах по термодинамике и статистической механике рассматриваются главным образом равновесные состояния. Вероятно, было бы желательно охватить ж кинетические методы, а также приложения термодинамики и статистической механики к неравновесным проблемам. Нам пришлось, однако, ограничиться лишь сжатым рассмотрением этих вопросов в последней главе (гл.6 настоящего издания). Это вызвано тем, что объем книги и так оказался гораздо больше, чем предполагалось ранее; кроме того, Задачи на неравновесные процессы, конечно, значительно более сложны.

Как упоминалось ранее, квантовая механика описывает динамику микромира. В этом смысле статистическая механика должна быть квантовой. Поскольку, однако, целью настоящей книги является обучение методам статистической механики, для решения задач групп А и Б вполне достаточно элементарных сведений по квантовой механике. Поэтому даже те студенты, которые

не специализируются на изучении физики, но имеют простейшие представления о квантовой механике, не встретят серьезных трудностей, начав читать эту книгу.

При изучении физической проблемы очень важно понимать ее как проблему именно *физическую*. Математические выкладки иногда скучны, а иногда требуют определенных технических навыков. Не следует, конечно, пренебрегать изучением математических методов, но было бы большой ошибкой увлечься математикой и забыть про физику. Преподавателям часто приходится иметь дело со студенческими работами, где студент получает правильные значащие цифры, но при этом ошибается на два-три порядка по величине или в размерности. Однажды проф. Нагаоко -- пионер японской физики -- во время лекции проводил вычисления на доске. В конце вычислений он поменял знак в ответе, заметив: "Здесь скорее должен стоять плюс, чем минус. Не так ли?" Ошибиться в математических выкладках очень легко. Поэтому физические соображения особенно важны, ибо они позволяют определить правильный знак, даже если вычисления подвели вас. Во многих случаях результат, полученный при вычислениях, легко понять, по крайней мере качественно. Его, может быть, трудно угадать до вычисления, но, проведя все выкладки, не следует лениться подумать над результатом еще раз и попытаться понять его физический смысл. Подобные замечания не делаются в решениях задач, поэтому мы особенно подчеркиваем здесь важность такого подхода.

Проводя семинары со студентами, мы иногда делаем перерывы, чтобы поговорить о разных проблемах. Точно так же в разных местах книги мы позволили себе так называемые "Отступления". Изучая материал книги и решая задачи, читатель тоже, как мы надеемся, найдет время немного отвлечься и за чашкой кофе или сигаретой прочитать авторские отступления.

Разделы "Основные положения" почти целиком написаны Р.Кубо. Примеры и задачи отбирались всеми авторами. Окончательная проверка решений была проведена Р.Кубо, а общая компоновка книги осуществлена Н.Хасизуме. Авторы будут благодарны читателям за все замечания о тех ошибках, которые могли ускользнуть от нашего внимания.

Риого Кубо

Об авторе



Риого Кубо (1920--1995)

Известный японский физик-теоретик, профессор Токийского университета. Президент Физического общества Японии (1964--1965). Автор научных трудов по статистической механике неравновесных процессов и квантовой теории магнетизма. Разработал теорию реакции статистических систем (классических и квантовых) на внешние возмущения и вывел формулы для обобщенных восприимчивостей и кинетических коэффициентов через равновесные флуктуации потоков (так называемые формулы Кубо, или Кубо-Грина). Совместно с японским физиком К.Томита разработал статистическую теорию ферромагнитного резонанса.