

Предисловие ко второму изданию

Предлагаемое вниманию читателей новое трехтомное издание курса по термодинамике и статистической физике представляет собой полностью переработанный материал двух книг, вышедших в издательстве МГУ в 1987 и 1991 гг.: *И.А.Квасников*. "Термодинамика и статистическая физика. Теория неравновесных систем" (М.: Изд-во МГУ, 1987. 560 с.) и *И.А.Квасников*. "Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем" (М.: Изд-во МГУ, 1991. 800 с.).

Второй том настоящего издания включает в себя второй раздел учебного пособия по теории равновесных систем. Разделение пособия на две части было связано исключительно с решением технических проблем: после исправления в издании 1991 года всех неточностей, неизбежно возникающих при традиционном для того времени ручном наборе, рациональной переработки некоторых фрагментов пособия и включения целого ряда дополнений, объем и без того достаточно толстой книги увеличился бы до неудобных в эксплуатации размеров.

Признавая целесообразность такого решения, следует отметить, что с точки зрения идейных позиций, установившихся в XX веке, такое разделение, мягко говоря, неестественно, так как макроскопическая теория представляет собой неотделимую от статистической физики науку. Хотя она и является предтечей последней и первоначально развивалась как бы автономно, общность исходных положений и задач теории, использование макроскопических понятий в микроскопической теории и проникновение микроскопических представлений о природе теплового движения в макроскопическую термодинамику делает по крайней мере равновесную теорию единым теоретическим разделом современной физики.

В 1992 году Ученый совет Московского государственного университета расширил тематику присуждаемых Ломоносовских премий, включив в состав претендентов также и авторов учебных пособий. Первое издание двухтомного курса по термодинамике и статистической физике стало первым учебным пособием, удостоенным этой премии с формулировкой "за создание уникального курса лекций и учебного пособия по статистической физике и термодинамике". Небольшой по тем временам тираж, а также постоянный читательский спрос превратили пособие в букинистическую редкость, что и повлияло на возникновение идеи о его переиздании.

Активную роль в этом мероприятии сыграло издательство УРСС, возглавляемое Доминго Марин Рикой, физиком по образованию, выпускником физического факультета МГУ. Его научный подход к подбору публикуемых материалов обеспечил появление ряда интереснейших изданий по теоретической физике и математике. Автор приносит ему искреннюю благодарность за проведенную работу и то внимание, которое он оказал автору лично и которое было оказано при подготовке данной публикации.

Автор также выражает признательность сотрудникам издательства, успешно доработавшим представленный материал, который и предлагается теперь вниманию заинтересованных читателей.

Об авторе



Иридий Александрович Квасников - авторитетный специалист в области статистической физики, опытный преподаватель и методист.

С 1962 года является ведущим лектором и преподавателем по теоретическому курсу "Термодинамика и статистическая физика" для студентов 4-го года обучения на физическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова и по курсу квантовой статистики для студентов-теоретиков 5-го года обучения.

В 1992 году автор был удостоен Ломоносовской премии "За создание уникального курса и учебного пособия по статистической физике и термодинамике", которое стало первым учебным пособием, удостоенным этой премии; а также удостоен звания "Заслуженный преподаватель МГУ".

Оглавление

Предисловие ко второму изданию

Введение

1 Основные положения статистической механики равновесных систем. Распределения Гиббса

- § 1. Задание системы в микроскопической теории и характер исследования систем многих тел
- § 2. Задание микроскопического состояния системы N тел. Некоторые общие сведения из квантовой и классической механики
 - а) Микроскопическое состояние как чистое механическое состояние
 - б) Микроскопическое состояние как смешанное механическое состояние
 - в) Дискретность микроскопических величин и непрерывность термодинамических параметров
 - г) Теорема о вариации собственных значений оператора Гамильтона H
- § 3. Микроканоническое распределение Гиббса
 - а) Функция распределения для адиабатически изолированной статистической системы
 - б) Связь статистического веса Γ с термодинамическими характеристиками равновесной системы
 - в) Асимптотическая зависимость статистического веса от числа частиц и ширины энергетического слоя
 - г) Общие итоги и обсуждение
- § 4. Каноническое распределение Гиббса
 - а) Функция распределения для систем с фиксированным числом частиц и заданной температурой
 - б) Связь с термодинамическими величинами и главная асимптотика статистической суммы по числу частиц
 - в) Каноническое распределение по микроскопическим состояниям и распределение по энергии
 - г) Статистическая сумма и статистический вес. Теорема обращения
 - д) Общие итоги и обсуждение
- § 5. Большое каноническое распределение Гиббса
 - а) Функция распределения для термодинамически равновесной системы, ограниченной воображаемыми стенками
 - б) Ширины распределений по числу частиц и энергии, соответствующих большому каноническому распределению
 - в) Большой канонический формализм и пересчет к переменным θ, x, N
 - г) Общие итоги
- § 6. Переход к статистической механике классических систем
 - а) Критерий применимости классического приближения

- б) Квазиклассический предел для числа квантовых состояний в элементе фазового пространства $dpdq$
- в) Принцип тождественности частиц в квантовой теории и классической механике
- г) Канонические распределения и статистические интегралы по состояниям классической системы
- д) Распределение Максвелла
- е) Распределение Максвелла--Больцмана для идеального классического газа
- ж) Статистический интеграл для идеального классического газа. Общая структура Z_{κ} для неидеальных систем
- з) Несколько слов в заключение

§ 7. Обсуждение

Задачи и дополнительные вопросы

- § 1. Математическое дополнение
- § 2. Использование понятия о термостате при выводе канонических распределений
- § 3. Представление о статистических ансамблях
- § 4. Энтропия и канонические распределения. Экстремальные свойства распределений
- § 5. Теорема о максимальном слагаемом статистической суммы
- § 6. Распределения по числу частиц, энергии и объему как следствия канонических распределений
- § 7. Распределение Максвелла
- § 8. Классический одноатомный газ
- § 9. Теорема о распределении средней энергии по степеням свободы. Теорема о вириале
- § 10. Закон соответственных состояний

2 Идеальные системы в статистической механике

- § 1. Идеальные газы. Общее рассмотрение
 - а) Представление чисел заполнения
 - б) Каноническая и большая каноническая суммы
 - в) Числа заполнения в системах одинаковых частиц
 - г) Статистика Бозе--Эйнштейна. Идеальный бозе-газ
 - д) Статистика Ферми--Дирака. Идеальный ферми-газ
 - е) Статистика Больцмана. Идеальный классический газ
- § 2. Одноатомные квантовые газы
 - а) Общие формулы
 - б) Невырожденный идеальный одноатомный газ
 - в) Вырожденный нерелятивистский ферми-газ
 - г) Идеальный нерелятивистский бозе-газ
 - д) Свойства растворов He^3 в He^4 и криогенная техника
- § 3. Идеальные неоднотомные газы
 - а) Модель системы
 - б) Учет вращений
 - в) Учет колебаний
 - г) Учет электронных переходов в молекулах газа
- § 4. Термодинамические системы независимых осцилляторов
 - а) Спектральная плотность энергии равновесного излучения
 - б) Качественная теория теплоемкости твердых тел
- § 5. Обсуждение

Задачи и дополнительные вопросы

- § 1. Общие формулы для одноатомных квантовых газов
- § 2. Нерелятивистский вырожденный ферми-газ

- § 3. Электронный газ в магнитном поле
- § 4. Релятивистский ферми-газ
- § 5. Идеальный бозе-газ
- § 6. Идеальный газ в случае парастатистики
- § 7. Учет вращательной и колебательной степеней свободы в молекулах идеального газа
- § 8. Идеальный газ в магнитном поле и молекулярные цепочки из свободно сочлененных звеньев
- § 9. Состояния с отрицательной температурой
- § 10. Формула Планка
- § 11. Твердое тело как система связанных осцилляторов

3 Статистическая механика неидеальных равновесных систем (некоторые вопросы теории)

- § 1. Классические идеальные системы
 - а) Корреляционные функции
 - б) Связь корреляционных функций с характеристиками системы
 - в) Цепочка уравнений Боголюбова для равновесных корреляционных функций
 - г) Классические системы с короткодействием
 - д) Системы частиц с кулоновским взаимодействием
 - 1) Полуфеноменологический подход
 - 2) Использование метода Боголюбова
 - е) Корреляционные функции в классической теории твердого тела. Понятие о квазисредних
- § 2. Введение в статистическую теорию дискретных систем
 - а) Примеры дискретных систем
 - 1) Модель ферромагнетика
 - 2) Модель антиферромагнетика
 - 3) Бинарные сплавы типа замещения
 - 4) Модель решетчатого газа
 - б) Понятие о ближнем и дальнем порядке
 - в) Приближение Брегга--Вильямса
 - г) Приближение Бете
 - д) Вариационный принцип Боголюбова
 - 1) Основная формула вариационного принципа Боголюбова
 - 2) Применение к исследованию изинговской ферромагнитной системы
- § 3. Полуфеноменологическая теория корреляционных эффектов в области критической точки
 - а) Исходные позиции полуфеноменологической теории
 - б) Критические показатели, характеризующие особенности корреляционных функций
 - в) Идея масштабных преобразований
 - г) Непрерывные преобразования и уравнения ренормализационной группы
 - д) Общие замечания
- § 4. Обсуждение

Задачи и дополнительные вопросы

- § 1. Парная корреляционная функция и физические характеристики равновесной статистической системы
- § 2. Уравнения для корреляционных функций и их исследование
- § 3. Метод Майера в теории неидеальных систем
- § 4. Одномерный классический газ из упругих шаров
- § 5. Ячеечная модель жидкости
- § 6. Дискретная система Изинга

§ 7. Решетчатый газ

§ 8. Некоторые общие математические формулы, необходимые при выводе вариационной теоремы Боголюбова

§ 9. Примеры использования вариационного принципа

Именной указатель

Предметный указатель