

Псковский государственный педагогический институт
им. С.М Кирова

Г. А. РОЗМАН

**ТЕРМОДИНАМИКА
И
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА**

(учебное пособие)

Псков 2003

ББК 22.317

Р 649

Печатается по решению кафедры физики
и редакционно-издательского совета ПГПИ им. С.М. Кирова

Розман Г.А.

Р 649 Термодинамика и статистическая физика.

Псков: ПГПИ, 2003. - 160 с.

В учебном пособии рассматриваются фундаментальные законы термодинамики и статистической физики. Книга предназначена студентам, учителям и учащимся физико-математических классов.

Р 649

Издано в авторской редакции и на средства автора.

ISBN 5-87854-258-7

© Розман Г.А., 2003

© Псковский государственный
педагогический институт
им. С.М. Кирова
(ПГПИ им. С.М.Кирова), 2003

ПРЕДИСЛОВИЕ

Термодинамика и статистическая физика являются основой современного физического образования.

Объектами исследования этих разделов теоретической физики являются одни и те же физические тела и физические процессы. Однако, при этом используются различные методы и модели. Термодинамика является макроскопической теорией, в ней не предлагаются модели строения физических тел. Поэтому термодинамика обладает большой общностью, ибо подходит к изучению физических процессов с точки зрения взаимопревращения различных видов энергии. Вместе с тем, термодинамика может дать лишь ответ на вопрос “Как происходит явление?”. На вопрос “Почему явление происходит так?” ответ дает статистическая физика, которая является микроскопической теорией, т.е. требует при рассмотрении явлений и свойств физических тел выдвижения модели строения этих тел. Являясь более общей физической теорией, статистическая физика дает обоснование термодинамическим понятиям и законам. В этом проявляется ведущий принцип современной физики - принцип соответствия.

В пособии нет упражнений, так как автор предполагает издать “Задачник – практикум по термодинамике и статистической физике”.

И термодинамика и статистическая физика рассматривают физические системы, находящиеся в равновесии. Но в первой половине XX века возникло новое направление – неравновесная термодинамика, поэтому в пособии есть страницы, посвященные основам этого направления.

Несмотря на то, что и термодинамика, и статистическая физика возникли в основном в XIX веке, они не потеряли своего научного и практического значения и в современных условиях. Изучение термодинамики и статистической физики, кроме того, способствует формированию научного мышления, так как отвечают на многие мировоззренческие вопросы.

*Д.ф.-м.-н., Почетный профессор ПГПИ
Г.А.Розман*

Содержание

Предисловие	3
Часть 1. ТЕРМОДИНАМИКА	5
Введение	5
Предмет и методы термодинамики	6
Термодинамические параметры и определения	6
Уравнение состояния	8
Температура	10
Внутренняя энергия	10
Работа	11
Второй путь изменения внутренней энергии термодинамической системы*	12
Первое начало термодинамики	13
Применение первого начала к анализу основных термодинамических процессов	15
Энергоемкость	17
Второе начало термодинамики	20
Энтропия	21
Абсолютная термодинамическая шкала температур	25
Основное уравнение термодинамики для равновесных процессов	26
Уравнение Клапейрона – Клаузиуса	29
Третье начало термодинамики	30
Свойства тел вблизи абсолютного нуля температуры	31
Термодинамические функции и тождества	33
Внутренняя энергия. Первое термодинамическое тождество	34
Свободная энергия. Второе термодинамическое тождество	35
Уравнение Гиббса-Гельмгольца	38
Энтальпия. Третье термодинамическое тождество	39
Термодинамический потенциал Гиббса. Четвертое термодинамическое тождество	41
Химический потенциал	42
Условие равновесия однородной системы	43
Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы	45
Условия равновесия многокомпонентной гетерогенной системы	46
Правило фаз Гиббса	47
Фазовые переходы	49
Термодинамика необратимых процессов	52
Уравнение для потока энергии	54

Уравнение для потока вещества	56
Теорема о производстве энтропии	57
Неравновесные процессы энергопередачи и диффузии	60
Основы теории неравновесных процессов Онзагера	61
Абсолютные отрицательные температуры	63
Понятие о релятивистской термодинамике	64
Термодинамика и экология	66
Часть 2 СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА	69
ВВЕДЕНИЕ	69
Основные понятия и предмет статистической физики	71
Теорема Лиувилля	73
Функция Γ - функция энергии системы	75
Микроканоническое распределение	77
Каноническое распределение Гиббса	77
Расчет статистического интеграла	81
Расчет средней энергии идеального газа	83
Совпадение среднего и вероятностного значений физической величины	86
Распределения Максвелла и Больцмана	87
Распределение Максвелла	88
Распределение Больцмана	90
Поляризация диэлектриков, имеющих постоянный электрический момент	92
Аналоги энтропии и свободной энергии	94
Уравнение состояния идеального газа	98
Формула Больцмана	99
Флуктуации	102
Броуновское движение	102
Расчет точности простейшего измерительного прибора	106
Расчет флуктуаций термодинамических величин	107
“Ультрафиолетовая катастрофа”	111
Формула Планка	115
Энергоемкость твердых тел. Теория Эйнштейна	118
Энергоемкость твердых тел. Теория Дебая	121
Три вида статистик	123
Большое каноническое распределение	125
Вывод функции распределения для бозонов	126
“Конденсация” бозе – газа	128

Вывод функции распределения для фермионов	130
Проверка выполнимости принципа соответствия	130
Графический анализ функции распределения Ферми – Дирака	132
Расчет энергии Ферми	134
Энергоемкость электронного газа	136
Парамагнетизм щелочных металлов	138
Элементы статистической кинетики	140
Уравнение Больцмана и его решение	140
Классическая теория электропроводности и энергопроводности (на основе уравнения Больцмана)	142
Принцип детального равновесия	145
H – теорема Больцмана	148
Вместо заключения	149
Литература	151
Предметно-именной указатель	153

Р 649

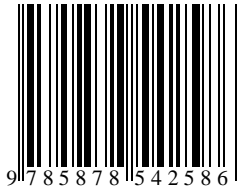
Герман Аронович Розман

**ТЕРМОДИНАМИКА
и
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА**

(учебное пособие)

Технический редактор А.А. Кирсанов

ISBN 5 - 87854 - 258 - 7



Издательская лицензия **ИД №06024** от 09.10.2001 года.
Подписано в печать 20.05.2003 г. Формат 60х90/16.
Объем издания в усл.печ.л. 10. Тираж 100 экз. Заказ № .

Псковский государственный педагогический институт им. С.М.Кирова,
180760, г. Псков, пл. Ленина, 2.
Редакционно-издательский отдел ПГПИ им. С.М.Кирова,
180760, г. Псков, ул. Советская, 21, телефон 2-86-18.