

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

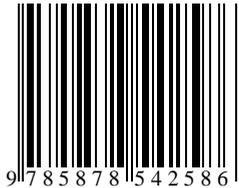
Герман Аронович Розман

**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.