

УДК 536
ББК 22.317
В31

Издание доступно в электронном виде по адресу
<https://bmstu.press/catalog/item/7177/>

Факультет «Фундаментальные науки»
Кафедра «Физика»

*Рекомендовано Научно-методическим советом
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебного пособия*

Веретимус, Д. К.

В31 Основы физической термодинамики. Модуль 2 : учебное пособие /
Д. К. Веретимус, Н. К. Веретимус; под ред. А. Н. Морозова. — Москва :
Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. — 140 с. : ил.

ISBN 978-5-7038-5611-6

Пособие предназначено для самостоятельного изучения студентами модуля 2 курса
«Физика». Изложены основные понятия, применяемые в термодинамике. Приведено
уравнение состояния термодинамических систем. Рассмотрен статистический подход
к равновесным состояниям.

Для студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана, изучающих дисциплину «Физика».

УДК 536
ББК 22.317

Учебное издание

Веретимус Диана Константиновна
Веретимус Надежда Константиновна

Основы физической термодинамики

Модуль 2

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В оформлении использованы шрифты Студии Артемия Лебедева.

Подписано в печать 30.04.2021. Формат 70×100/16.

Усл. печ. л. 11,37. Тираж 1500 экз. Изд. № 914-2020. Заказ

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.

105005, Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, к. 1.

press@baumanpress.ru <https://bmstu.press>

Отпечатано в типографии МГТУ им. Н.Э. Баумана.

105005, Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, к. 1.

baumanprint@gmail.com



*Уважаемые читатели! Пожелания, предложения, а также сообщения о замеченных
опечатках и неточностях Издательство просит направлять по электронной почте:
info@baumanpress.ru*

ISBN 978-5-7038-5611-6

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
1. Молекулярно-кинетические представления о строении тел	6
1.1. Статистический и термодинамический методы изучения макроскопических тел	6
1.2. Термодинамическая система	7
1.3. Термодинамические состояния, обратимые и необратимые термодинамические процессы	7
1.4. Нулевое начало термодинамики	8
1.5. Идеальный газ	8
1.6. Внутренняя энергия и температура термодинамической системы	9
1.7. Теплота и работа	10
1.8. Адиабатически изолированная система	10
1.9. Первое начало термодинамики	11
Примеры решения задач	11
Задачи для самостоятельного решения	12
2. Уравнение состояния термодинамических систем	14
2.1. Уравнение Клапейрона — Менделеева	14
2.2. Работа идеального газа в изопроцессах	16
2.3. Идеально-газовый термометр	16
2.4. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории	17
2.5. Равномерное распределение энергии по степеням свободы молекул.....	20
2.6. Внутренняя энергия идеального газа	21
2.7. Экспериментальное подтверждение молекулярно-кинетической теории	22
2.8. Теплоемкость идеального газа при изопроцессах	23
2.9. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона	25
2.10. Политропический процесс	27
2.11. Теплоемкость и работа в политропических процессах	28
2.12. Газ Ван дер Ваальса	30
2.13. Внутренняя энергия газа Ван дер Ваальса	33
Примеры решения задач	34
Задачи для самостоятельного решения	40

3. Второе и третье начала термодинамики. Циклические процессы	41
3.1. Тепловые и холодильные машины	41
3.2. Второе начало термодинамики	43
3.3. Цикл Карно	43
3.4. Теорема Карно	45
3.5. Термодинамическая шкала температур	46
3.6. Неравенство Клаузиуса	46
3.7. Термодинамическая энтропия	47
3.8. Закон возрастания энтропии	49
3.9. Третье начало термодинамики	51
Примеры решения задач	51
Задачи для самостоятельного решения	56
4. Описание термодинамических процессов	57
4.1. Основное неравенство и основное уравнение термодинамики	57
4.2. Понятие о термодинамических потенциалах	57
4.3. Эффект Джоуля — Томпсона	64
4.4. Принцип Ле Шателье — Брауна	71
4.5. Введение в термодинамику необратимых процессов	72
Примеры решения задач	74
Задачи для самостоятельного решения	78
5. Статистическое описание равновесных состояний	79
5.1. Функция распределения	79
5.2. Барометрическая формула	81
5.3. Распределение Больцмана	82
5.4. Принцип детального равновесия	83
5.5. Распределение Максвелла	83
5.6. Экспериментальная проверка распределения Максвелла	93
5.7. Фазовое пространство	94
5.8. Распределение Максвелла — Больцмана	94
5.9. Равновесные флуктуации	95
5.10. Статистическое обоснование второго начала термодинамики. Формула Больцмана для статистической энтропии	96
Примеры решения задач	98
Задачи для самостоятельного решения	101
6. Явления переноса	102
6.1. Эффективное сечение молекулы	102
6.2. Термодинамические потоки	105
6.3. Явления переноса в газах: диффузия, теплопроводность и вязкость	105
6.4. Эффузия в разреженном газе	110

6.5. Физический вакуум	112
6.6. Броуновское движение	112
6.7. Производство энтропии в необратимых процессах	112
Примеры решения задач	114
Задачи для самостоятельного решения	117
7. Равновесие фаз и фазовые превращения	118
7.1. Агрегатные состояния вещества	118
7.2. Условия равновесия фаз	119
7.3. Явления на границе раздела газа, жидкости и твердого тела	120
7.4. Капиллярные явления	124
7.5. Фазовые переходы первого и второго рода	125
7.6. Диаграммы состояния	129
7.7. Критические явления при фазовых переходах	130
Примеры решения задач	133
Задачи для самостоятельного решения	136
Литература	137