

ФИЗИКА

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА



Тонкие
Научёмкие
Технологии

ФИЗИКА

Молекулярная физика и термодинамика

Допущено Учебно-методическим объединением вузов
по образованию в области автоматизированного машиностроения
(УМО АМ) в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений, обучающихся по направлению
«Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

Старый Оскол
ТНТ
2025

УДК 539.1:536(075)

ББК 22.36:22.317я7

Ф503

Авторы:

Д. Ким, И. С. Ситов, Л. В. Васильева, И. Д. Ким, Д. И. Левит

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, профессор *Н. Т. Афанасьев*

доктор химических наук, профессор *В. К. Воронов*

Ф503 Физика. Молекулярная физика и термодинамика : учебное пособие / Д. Ким [и др.]. — Старый Оскол : ТНТ, 2025. — 304 с. : ил.

ISBN 978-5-94178-874-3

В учебном пособии представлено краткое и последовательное изложение теоретического и практического материала двух разделов: «Молекулярная физика» и «Термодинамика». Рассмотрены основы кинетической теории идеальных газов, распределение молекул по скоростям и энергиям, явления переноса в газах, первое начало термодинамики и применение его к изопроцессам, второе и третье начала термодинамики и их статистическая трактовка. Кроме теоретического материала, приведены подробные решения типовых задач, задания для самостоятельной работы, контрольные вопросы, а также примеры практического применения тех или иных законов и явлений.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки «Управление в технических системах», «Электроэнергетика и электротехника», «Наземные транспортно-технологические комплексы», «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», «Технологические машины и оборудование», «Лесное дело», «Строительство», «Педагогика физики и математики» и другие. Может быть полезно преподавателям, читающим курс общей физики.

УДК 539.1:536(075)

ББК 22.36:22.317я7

ISBN 978-5-94178-874-3

© Ким Д., Ситов И. С., Васильева Л. В.,
Ким И. Д., Левит Д. И., 2025

© Оформление. ООО «ТНТ», 2025

Оглавление

Введение	6
----------------	---

РАЗДЕЛ I. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Глава 1. ОСНОВЫ КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ИДЕАЛЬНЫХ ГАЗОВ.....	11
1.1. Предмет и задачи молекулярной физики. Два метода исследований физических явлений и свойств тел..	11
1.2. Состояние и параметры термодинамической системы. Процессы.....	14
1.3. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории (МКТ) идеального газа	18
1.3.1. Давление идеального газа	18
1.3.2. Молекулярно-кинетическое представление температуры идеального газа	22
1.4. Уравнения состояния идеального газа. Физический смысл универсальной газовой постоянной.....	24
1.5. Газовые законы	26
1.5.1. Закон Бойля–Мариотта	26
1.5.2. Закон Гей-Люссака	27
1.5.3. Закон Шарля.....	28
1.6. Закон Дальтона	30
1.7. Распределение энергии молекул по степеням свободы ...	31
1.8. Внутренняя энергия идеального газа.....	36
Контрольные вопросы	37
Примеры решения задач.....	38
Задачи для самостоятельного решения	51
Глава 2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛЕКУЛ ПО СКОРОСТЯМ И ЭНЕРГИЯМ	61
2.1. Максвелловское распределение молекул по скоростям... ..	61
2.2. Экспериментальная проверка закона распределения Максвелла. Опыт Штерна	66

2.3. Распределение Больцмана. Барометрическая формула ...	68
2.4. Распределение Максвелла–Больцмана	71
Контрольные вопросы	73
Примеры решения задач.....	73
Задачи для самостоятельного решения	78
Глава 3. ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА В ГАЗАХ	86
3.1. Число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул	86
3.2. Теплопроводность газа	89
3.3. Диффузия газа	92
3.4. Внутреннее трение (вязкость).....	95
Контрольные вопросы	100
Примеры решения задач.....	100
Задачи для самостоятельного решения	115

РАЗДЕЛ 2. ТЕРМОДИНАМИКА

Глава 4. ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ЕГО К ИЗОПРОЦЕССАМ.....	127
4.1. Количество теплоты. Первое начало (закон) термодинамики	127
4.2. Теплоемкость идеальных газов.....	132
4.3. Первое начало термодинамики для изотермического, изохорического, изобарического и адиабатического процессов	138
Контрольные вопросы	148
Примеры решения задач	148
Задачи для самостоятельного решения	160
Глава 5. ВТОРОЕ И ТРЕТЬЕ НАЧАЛА ТЕРМОДИНАМИКИ И ИХ СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТРАКТОВКА	169
5.1. Обратимый и необратимый процессы	169
5.2. Принцип работы тепловых и холодильных машин и коэффициент полезного действия (КПД)	171
5.3. Цикл Карно. КПД цикла Карно	174
5.4. Понятие энтропии. Энтропия идеального газа для различных процессов. Статистический смысл энтропии	182

5.5. Термодинамическая диаграмма и ее применения	190
5.6. Второе начало термодинамики. Статистический характер второго начала термодинамики	193
5.7. Пределы применимости второго начала термодинамики. О «тепловой смерти Вселенной»	197
5.8. Третье начало термодинамики.....	200
5.8.1. Понятие о химическом средстве. Теоремы Нернста и Планка	200
5.8.2. Некоторые следствия третьего начала термодинамики	203
Контрольные вопросы	206
Примеры решения задач.....	207
Задачи для самостоятельного решения	221
Глава 6. РЕАЛЬНЫЕ ГАЗЫ	230
6.1. Изотермы реального газа	230
6.2. Уравнение состояния реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса	234
6.3. Изотермы Ван-дер-Ваальса. Критические параметры. Приведенное уравнение Ван-дер-Ваальса	238
6.4. Внутренняя энергия реального газа	245
6.5. Эффект Джоуля–Томсона. Сжижение газов	248
6.5.1. Эффект Джоуля–Томсона.....	248
6.5.2. Сжижение газов и получение низких температур	258
6.6. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса	265
Контрольные вопросы	269
Примеры решения задач.....	269
Задачи для самостоятельного решения	276
Библиографический список.....	283
Приложения	285
Предметный указатель	298