

УДК 53  
ББК 22.3  
Н62

**Никеров В. А.**

**Н62**

Физика для вузов: Механика и молекулярная физика: Учебник / В. А. Никеров. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2021. — 136 с.

ISBN 978-5-394-00691-3

В учебнике, представляющем собой первую часть краткого современного курса физики для вузов (первая часть — Механика и молекулярная физика, вторая — Электродинамика и волновая оптика, третья — Квантовая физика), изложены основные понятия о законах современной физики, их взаимосвязи и происхождении.

Дано представление о классической механике, специальной теории относительности, колебаниях и волнах, статистической физике, термодинамике и физической кинетике.

Акцент сделан на наиболее перспективные, бурно развивающиеся и финансируемые приложения физики, что делает учебник востребованным и современным по сути. Речь идет о приложении физики к современным технологиям, электронике, медицине и биологии.

Учебник подготовлен на основе курса лекций, прочитанных автором в Московском институте электроники и математики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

Для студентов вузов с изучением общей физики во 2–4 семестрах, а также для самоподготовки и повторения изученного материала. Курс может быть также использован преподавателями для самообразования и подготовки к занятиям.

ISBN 978-5-394-00691-3

© Никеров В. А., 2012

© ООО «ИТК «Дашков и К°», 2012

# Содержание

Предисловие .....	7
1. Кинематика материальной точки.....	8
1.1. Механика и ее структура. Материальная точка и твердое тело.....	8
1.2. Перемещение и пройденный путь .....	9
1.3. Скорость, ускорение .....	11
1.4. Тангенциальное, нормальное и полное ускорения .....	12
2. Динамика материальной точки .....	14
2.1. Первый закон Ньютона.....	14
2.2. Второй закон Ньютона. Масса. Сила .....	15
2.3. Третий закон Ньютона.....	16
2.4. Закон сохранения импульса. Центр масс (инерции). Движение центра инерции .....	17
3. Работа и энергия .....	20
3.1. Работа силы. Мощность .....	20
3.2. Энергия. Кинетическая и потенциальная энергия. Консервативные и диссипативные системы.....	21
3.3. Связь силы и потенциальной энергии. Условие равновесия .....	23
3.4. Закон сохранения энергии.....	26
3.5. Упругое и неупругое соударение тел.....	27
4. Кинематика и динамика вращательного движения твердого тела.....	33
4.1. Кинематика твердого тела. Угловое перемещение, угловая скорость, угловое ускорение.....	33
4.2. Работа при вращательном движении. Момент силы .....	35

4.3. Кинетическая энергия при вращательном движении.	
Момент инерции .....	36
4.4. Теорема Штейнера .....	39
4.5. Уравнение динамики вращательного движения .....	40
4.6. Закон сохранения момента импульса .....	40
4.7. Аналогия между поступательным и вращательным движением .....	41
5. Гармонические и затухающие колебания .....	43
5.1. Гармонические колебания. Свободные колебания системы .....	43
5.2. Дифференциальное уравнение гармонических колебаний и его решение .....	44
5.3. Затухающие колебания. Коэффициент затухания, декремент, логарифмический декремент, время релаксации .....	46
6. Сложение колебаний. Вынужденные колебания .....	50
6.1. Сложение колебаний .....	50
6.2. Сложение колебаний одинаковой частоты и одинакового направления .....	51
6.3. Сложение колебаний близких частот. Биения .....	51
6.4. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу .....	52
6.5. Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний и его решение. Период и амплитуда вынужденных колебаний ....	54
6.6. Резонанс. Семейство резонансных кривых .....	57
7. Волны .....	59
7.1. Упругие волны. Продольные и поперечные волны .....	59
7.2. Уравнение плоской волны. Фазовая скорость .....	60
7.3. Волновое уравнение упругой волны и его решение .....	61
7.4. Плотность энергии упругой волны .....	64
7.5. Перенос энергии бегущей волной. Вектор Умова .....	65
7.6. Принцип суперпозиции при сложении волн. Стоячая волна. Колебания струны .....	66
8. Специальная теория относительности .....	68
8.1. Преобразования Галилея и постулаты специальной теории относительности .....	68
8.2. Преобразования Лоренца .....	70

8.3. Следствия СТО: замедление времени и сокращение длины .....	72
8.4. Импульс тела и основное уравнение релятивистской динамики .....	74
8.5. Кинетическая и полная энергии в СТО. Энергия покоя. Релятивистский инвариант .....	76
9. Молекулярно-кинетическая теория. Принципы классической статистической физики .....	78
9.1. Физические основы молекулярно-кинетической теории. Уравнение состояния идеального газа .....	78
9.2. Вывод основного уравнения молекулярно-кинетической теории.....	80
9.3. Элементы классической статистической физики. Функции распределения и их роль .....	81
10. Распределение Максвелла и характерные скорости молекул. Барометрическая формула. Распределение Больцмана .....	85
10.1. Распределение Максвелла по составляющим скорости .....	85
10.2. Распределение Максвелла по модулю скорости. Нахождение наиболее вероятной, средней, среднеквадратичной скоростей.....	88
10.3. Барометрическая формула .....	90
10.4. Распределение Больцмана .....	92
11. Элементы физической кинетики. Явления переноса в газах .....	94
11.1. Средняя длина пробега и частота столкновений молекул ....	94
11.2. Общий вид уравнения переноса .....	97
11.3. Диффузия и коэффициент диффузии.....	99
11.4. Теплопроводность и коэффициент теплопроводности .....	101
11.5. Вязкость и коэффициент вязкости .....	102
11.6. Броуновское движение и диффузия .....	103
11.7. Сечения поглощения и рассеяния частиц. Транспортировка частиц через среды .....	105
12. Первое начало термодинамики .....	108
12.1. Первое начало термодинамики и закон сохранения энергии.....	108

12.2. Работа и теплота. Работа, совершаемая газом в различных изопроцессах .....	109
12.3. Внутренняя энергия идеального газа. Степени свободы молекул. Закон о равномерном распределении энергии по степеням свободы .....	111
12.4. Теплоемкость идеального газа при постоянном объеме и давлении. Уравнение Майера .....	113
12.5. Адиабатный процесс. Вывод уравнения адиабаты .....	115
13. Второе начало термодинамики. Энтропия .....	118
13.1. Формулировки второго начала термодинамики .....	118
13.2. КПД кругового процесса .....	118
13.3 Цикл Карно. КПД идеальной тепловой машины. Теоремы Карно .....	121
13.4. Энтропия. Изменение энтропии в процессах идеального газа. Энтропия и термодинамическая вероятность. Формула Больцмана .....	124
14. Реальные газы. Агрегатные состояния и фазовые переходы .....	127
14.1. Уравнение Ван-дер-Ваальса .....	127
14.2. Агрегатные состояния и фазовые переходы. Изотермы Ван-дер-Ваальса .....	129
14.3. Внутренняя энергия реального газа .....	131
Физические константы и величины .....	132
Предметный указатель .....	133