

УДК 53(075.8)

ББК 22.3я73

К89

Кузнецов С.И.

К89

Физика. Ч. I. Механика. Механические колебания и волны. Молекулярная физика и термодинамика: учебное пособие / С.И. Кузнецов, Э.В. Поздеева; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 234 с.

ISBN 978-5-98298-927-7 (ч. 1)

ISBN 978-5-4387-0044-9

В пособии изложены все разделы курса физической механики, рассмотрены механические колебания и волны, даны разъяснения основных законов и явлений молекулярной физики и термодинамики.

Пособие поможет студентам освоить материал программы, научит активно применять теоретические основы физики как рабочий аппарат, позволяющий решать конкретные задачи, связанные с повышением ресурсоэффективности.

Предназначено для межвузовского использования студентами технических специальностей очной и дистанционной форм обучения.

УДК 53(075.8)

ББК 22.3я73

Рецензенты

Доктор физико-математических наук, профессор
заведующий кафедрой теоретической физики ТГУ
А.В. Шаповалов

Доктор физико-математических наук, профессор
заведующий кафедрой общей информатики ТГПУ
А.Г. Парфенов

ISBN 978-5-98298-927-7 (ч. 1)
ISBN 978-5-4387-0044-9

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2012
© Кузнецов С.И., Поздеева Э.В., 2012
© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
ОБОЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН	9
1. МЕХАНИКА.....	10
1.1. Предмет физики и ее связь с другими науками.....	10
1.1.1. Предмет физики.....	10
1.1.2. Теория и эксперимент в физике.....	10
1.1.3. Физика и другие науки.....	12
1.1.4. Пространственно-временные отношения.....	13
1.2. Кинематика материальной точки	15
1.2.1. Понятие механики. Модели в механике	15
1.2.2. Система отсчета, тело отсчета. Сведения о векторах	16
1.2.3. Кинематика материальной точки. Путь, перемещение	19
1.2.4. Ускорение и его составляющие	22
1.2.5. Кинематика твердого тела. Виды движения	25
Контрольные вопросы. Упражнения.....	28
1.3. Основные уравнения классической динамики	29
1.3.1. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы	29
1.3.2. Масса и импульс тела.....	30
1.3.3. Второй закон Ньютона. Принцип суперпозиции	31
1.3.4. Третий закон Ньютона	32
1.3.5. Импульс произвольной системы тел	33
1.3.6. Основное уравнение динамики поступательного движения.....	34
1.3.7. Закон сохранения импульса.....	35
Контрольные вопросы. Упражнения.....	37
1.4. Силы в механике	38
1.4.1. Виды и категории сил в природе	38
1.4.2. Сила тяжести и вес тела	38
1.4.3. Упругие силы. Механические свойства твердых тел	39
1.4.4. Силы трения.....	43
Контрольные вопросы. Упражнения.....	45
1.5. Неинерциальные системы отсчета.....	47
1.5.1. Уравнение Ньютона для неинерциальных систем.....	47
1.5.2. Центробежная и центростремительная силы	48
1.5.3. Вклад вращения Земли в ускорение свободного падения	49
1.5.4. Сила Кориолиса.....	50
Контрольные вопросы. Упражнения.....	53
1.6. Энергия. Работа. Мощность. Законы сохранения	54
1.6.1. Кинетическая энергия. Работа и мощность.....	54
1.6.2. Консервативные силы и системы	56
1.6.3. Потенциальная энергия.....	57
1.6.4. Закон сохранения механической энергии	60
1.6.5. Условие равновесия механической системы.....	60

1.6.6. Применение законов сохранения	62
Контрольные вопросы. Упражнения	65
1.7. Динамика вращательного движения твердого тела	66
1.7.1. Вращательное движение твердого тела относительно точки.....	66
1.7.2. Вращательное движение твердого тела относительно оси	69
1.7.3. Расчет моментов инерции некоторых тел. Теорема Штейнера	71
1.7.4. Кинетическая энергия вращающегося тела	73
1.7.5. Закон сохранения момента импульса	73
1.7.6. Законы сохранения и их связь с симметрией пространства и времени	75
1.7.7. Связь между линейными и угловыми величинами	76
Контрольные вопросы. Упражнения	78
1.8. Теория тяготения Ньютона. Законы Кеплера	79
1.8.1. Теория тяготения Ньютона	79
1.8.2. Поле тяготения. Напряженность поля	81
1.8.3. Работа в поле тяготения. Потенциал поля тяготения.....	82
1.8.4. Принцип эквивалентности масс	85
1.8.5. Законы Кеплера. Космические скорости.....	86
Контрольные вопросы. Упражнения	89
1.9. Специальная теория относительности	90
1.9.1. Принцип относительности Галилея	90
1.9.2. Принцип относительности Эйнштейна	91
1.9.3. Преобразования Лоренца	92
1.9.4. Следствия из преобразований Лоренца.....	93
1.9.5. Сложение скоростей по Лоренцу	95
1.9.6. Релятивистская механика.....	96
1.9.7. Взаимосвязь массы и энергии покоя.....	99
Контрольные вопросы. Упражнения	103
2. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ.....	105
2.1. Гармонические колебания	105
2.1.1. Виды и признаки колебаний.....	105
2.1.2. Параметры гармонических колебаний	107
2.1.3. Графики смещения скорости и ускорения	108
2.1.4. Основное уравнение динамики гармонических колебаний	109
2.1.5. Энергия гармонических колебаний	110
2.1.6. Гармонические осцилляторы.....	112
Контрольные вопросы. Упражнения	116
2.2. Сложение гармонических колебаний	116
2.2.1. Способы представления колебаний	116
2.2.2. Сложение гармонических колебаний. Биения.....	118
2.2.3. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний	121
2.2.4. Фигуры Лиссажу (частные случаи).....	121
Контрольные вопросы. Упражнения	123

2.3. Влияние внешних сил на колебательные процессы.....	124
2.3.1. Свободные затухающие механические колебания.....	124
2.3.2. Коэффициент затухания и логарифмический декремент затухания.....	125
2.3.3. Вынужденные механические колебания	126
Контрольные вопросы. Упражнения	128
2.4. Упругие волны	129
2.4.1. Распространение волн в упругой среде	129
2.4.2. Уравнения плоской и сферической волн.....	130
2.4.3. Фазовая скорость. Принцип суперпозиции. Групповая скорость	132
2.4.4. Интерференция волн. Стоячие волны	135
2.4.5. Волновое уравнение	136
2.4.6. Эффект Доплера.....	137
Контрольные вопросы. Упражнения	142
3. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА	143
3.1. Молекулярно-кинетическая теория	143
3.1.1. Основные понятия молекулярной физики и термодинамики	143
3.1.2. Давление. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории.....	145
3.1.3. Температура и средняя кинетическая энергия теплого движения молекул.....	146
3.1.4. Законы идеальных газов.....	147
Контрольные вопросы. Упражнения	149
3.2. Статистические распределения.....	150
3.2.1. Скорости газовых молекул	150
3.2.2. Вероятность события.....	151
3.2.3. Функция распределения Максвелла	152
3.2.4. Барометрическая формула	154
3.2.5. Распределение Больцмана.....	155
Контрольные вопросы. Упражнения	156
3.3. Элементы физической кинетики.....	157
3.3.1. Число столкновений и длина свободного пробега молекул в газах	157
3.3.2. Явления переноса в газах	158
3.3.3. Понятие о вакууме	160
Контрольные вопросы. Упражнения	161
3.4. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия. Работа и теплота	162
3.4.1. Внутренняя энергия. Работа и теплота	162
3.4.2. Теплоемкость идеального газа	164
3.4.3. Закон о равномерном распределении энергии по степеням свободы.....	165

3.4.4. Теплоемкость одноатомных и многоатомных газов.....	166
3.4.5. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам	168
Контрольные вопросы. Упражнения.....	170
3.5. Круговые процессы. Тепловые машины.....	171
3.5.1. Круговые обратимые и необратимые процессы	171
3.5.2. Тепловые машины	173
3.5.3. Цикл Карно	174
3.5.4. Циклы Отто, Дизеля и Стирлинга	176
Контрольные вопросы. Упражнения.....	178
3.6. Энтропия. Второе и третье начала термодинамики	179
3.6.1. Приведенная теплота. Энтропия.....	179
3.6.2. Изменение энтропии в изопроцессах и в фазовых переходах.....	180
3.6.3. Поведение энтропии в процессах изменения агрегатного состояния.....	181
3.6.4. Второе начало термодинамики	182
3.6.5. Термодинамические потенциалы. Свободная и связанная энергии	183
3.6.6. Статистический смысл энтропии. Третье начало термодинамики	184
Контрольные вопросы. Упражнения.....	186
3.7. Термодинамические свойства реальных газов	187
3.7.1. Реальные газы	187
3.7.2. Силы межмолекулярного взаимодействия.....	188
3.7.3. Изотермы уравнения Ван-дер-Ваальса.....	191
3.7.4. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса	192
3.7.5. Процесс Джоуля–Томсона. Сжижение газов	192
Контрольные вопросы. Упражнения.....	195
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	197
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	198
ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ И ФОРМУЛЫ	199
ГЛОССАРИЙ	218
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	230