

УДК 53(075.8)

ББК 22.3я73

К89

Кузнецов С.И.

К89 Курс физики с примерами решения задач: учебное пособие. Часть I. Механика. Молекулярная физика. Термодинамика / С.И. Кузнецов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 383 с.

ISBN 978-5-4387-0300-6 (ч. 1)

ISBN 978-5-4387-0299-3

В пособии даны разъяснения основных законов, явлений и понятий классической и релятивистской механики, положения общей теории относительности. Рассмотрены главные вопросы молекулярно-кинетической теории вещества и термодинамики. Учитываются наиболее важные достижения в современной науке и технике, уделяется большое внимание физике различных природных явлений. Анализируется решение физических задач, приводятся задания для самостоятельного выполнения и ответы к ним.

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
кафедры теоретической физики ТГПУ

Ю.П. Кунашенко

ISBN 978-5-4387-0300-6 (ч. 1)

ISBN 978-5-4387-0299-3

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2013

© Кузнецов С.И., 2013

© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	8
КАК ПОЛЬЗОВАТЬСЯ КНИГОЙ.....	10
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ.....	12
ОБОЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН, ИСПОЛЗУЕМЫХ В КНИГЕ.....	13
ВВЕДЕНИЕ.....	14
1. МЕХАНИКА.....	16
1.1. Предмет физики и ее связь с другими науками	16
1.1.1. Предмет физики.....	16
1.1.2. Теория и эксперимент в физике.....	17
1.1.3. Физика и другие науки	19
1.1.4. Пространственно-временные отношения.....	20
1.2. Кинематика материальной точки.....	23
1.2.1. Понятие механики. Модели в механике	23
1.2.2. Система отсчета, тело отсчета. Сведения о векторах.....	24
1.2.3. Кинематика материальной точки	27
1.2.4. Кинематика твердого тела	34
Контрольные вопросы. Упражнения	37
Примеры решения задач	38
Задачи для самостоятельного решения	43
1.3. Основные уравнения классической динамики	45
1.3.1. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы	45
1.3.2. Масса и импульс тела.....	47
1.3.3. Второй закон Ньютона. Принцип суперпозиции	48
1.3.4. Третий закон Ньютона.....	49
1.3.5. Импульс произвольной системы тел	49
1.3.6. Основное уравнение динамики поступательного движения произвольной системы тел	51
1.3.7. Закон сохранения импульса и однородность пространства.....	52
Контрольные вопросы. Упражнения	54
Примеры решения задач	55
Задачи для самостоятельного решения	57
1.4. Силы в механике	59
1.4.1. Виды и категории сил в природе.....	60
1.4.2. Сила тяжести и вес тела.....	60
1.4.3. Упругие силы	62
1.4.4. Деформация сдвига*	67
1.4.5. Силы трения	68
Контрольные вопросы. Упражнения	70
Примеры решения задач	71
Задачи для самостоятельного решения	75

1.5. Неинерциальные системы отсчета	78
1.5.1. Уравнение Ньютона для неинерциальных систем отсчета	78
1.5.2. Центробежная и центробежная силы	79
1.5.3. Вклад вращения Земли в ускорение свободного падения	80
1.5.4. Сила Кориолиса	82
Контрольные вопросы. Упражнения	85
Примеры решения задач	86
Задачи для самостоятельного решения	89
1.6. Энергия. Работа. Мощность. Законы сохранения	93
1.6.1. Кинетическая энергия. Работа и мощность	93
1.6.2. Консервативные силы и системы	95
1.6.3. Потенциальная энергия	96
1.6.4. Закон сохранения механической энергии	99
1.6.5. Условие равновесия механической системы	100
1.6.6. Применение законов сохранения*	101
Контрольные вопросы. Упражнения	105
Примеры решения задач	107
Задачи для самостоятельного решения	113
1.7. Динамика вращательного движения твердого тела	116
1.7.1. Вращательное движение твердого тела относительно точки	116
1.7.2. Вращательное движение твердого тела относительно оси	119
1.7.3. Расчет моментов инерции некоторых простых тел. Теорема Штейнера	121
1.7.4. Кинетическая энергия вращающегося тела	123
1.7.5. Закон сохранения момента импульса	125
1.7.6. Фундаментальность законов сохранения и их связь с симметрией пространства и времени	126
1.7.7. Сходство и различие линейных и угловых характеристик движения и связь между ними	128
Контрольные вопросы. Упражнения	130
Примеры решения задач	130
Задачи для самостоятельного решения	134
1.8. Теория тяготения Ньютона. Законы Кеплера	137
1.8.1. Теория тяготения Ньютона	137
1.8.2. Поле тяготения. Напряженность гравитационного поля	140
1.8.3. Работа в поле тяготения. Потенциал поля тяготения	141
1.8.4. Принцип эквивалентности масс*	145
1.8.5. Законы Кеплера. Космические скорости	145
Контрольные вопросы. Упражнения	149
Примеры решения задач	150
Задачи для самостоятельного решения	155
1.9. Элементы механики жидкости и газов	158
1.9.1. Поверхностное натяжение жидкости	158
1.9.2. Смачивание. Капиллярные явления	160

1.9.3. Давление в неподвижных жидкостях и газах	162
1.9.4. Уравнение неразрывности	164
1.9.5. Уравнение Бернулли и его применение*	165
1.9.6. Течение жидкости. Вязкость	168
Контрольные вопросы. Упражнения	169
Примеры решения задач	170
Задачи для самостоятельного решения	173
1.10. Специальная теория относительности	176
1.10.1. Принцип относительности Галилея.	
Закон сложения скоростей	176
1.10.2. Принцип относительности Эйнштейна	180
1.10.3. Преобразования Лоренца	181
1.10.4. Следствия из преобразований Лоренца	182
1.10.5. Сложение скоростей в релятивистской механике	186
1.10.6. Релятивистская механика	189
1.10.7. Взаимосвязь массы и энергии покоя	192
Контрольные вопросы. Упражнения	196
Примеры решения задач	197
Задачи для самостоятельного решения	201
1.11. Основные положения общей теории относительности*	204
1.11.1. Обобщение закона тяготения Ньютона	204
1.11.2. Принцип эквивалентности сил инерции и сил тяготения	205
1.11.3. Теория тяготения Эйнштейна. Основные положения ОТО	206
1.11.4. Следствия из принципа эквивалентности	208
2 МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА	212
2.1. Молекулярно-кинетическая теория	212
2.1.1. Основные понятия и определения молекулярной физики и термодинамики	212
2.1.2. Давление. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории	214
2.1.3. Температура и средняя кинетическая энергия теплового движения молекул	217
2.1.4. Законы идеальных газов	220
2.1.5. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева–Клапейрона)	222
Контрольные вопросы. Упражнения	224
Примеры решения задач	225
Задачи для самостоятельного решения	228
2.2. Статистические распределения	230
2.2.1. Скорости газовых молекул. Опыт Штерна	230
2.2.2. Вероятность события	232
2.2.3. Функция распределения Максвелла	234
2.2.4. Средние скорости молекул	239
2.2.5. Барометрическая формула	241

2.2.6. Распределение Больцмана.....	242
2.2.7. Закон распределения Максвелла–Больцмана*.....	244
2.2.8. Квантовые газы*.....	245
Примеры решения задач	247
Задачи для самостоятельного решения	250
2.3. Элементы физической кинетики.....	252
2.3.1. Число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул	252
2.3.2. Явления переноса в газах	254
2.3.3. Диффузия газов. Вывод закона Фика*.....	256
2.3.4. Вывод закона Ньютона для силы вязкого трения*.....	258
2.3.5. Теплопроводность газов. Вывод закона Фурье*.....	259
2.3.6. Коэффициенты переноса и их зависимость от давления.....	261
2.3.7. Понятие о вакууме	263
Контрольные вопросы. Упражнения	265
Примеры решения задач	265
Задачи для самостоятельного решения	268
3. ТЕРМОДИНАМИКА.....	270
3.1. Первое начало термодинамики.	
Внутренняя энергия. Работа и теплота	270
3.1.1. Внутренняя энергия. Работа и теплота	270
3.1.2. Теплоемкость идеального газа.....	273
3.1.3. Вывод уравнения Майера*.....	274
3.1.4. Закон о равномерном распределении энергии по степеням свободы.....	275
3.1.5. Теплоемкость одноатомных и многоатомных газов.....	276
3.1.6. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам идеальных газов.....	279
Контрольные вопросы. Упражнения	282
Примеры решения задач	283
Задачи для самостоятельного решения	285
3.2. Круговые процессы. Тепловые машины.....	287
3.2.1. Круговые обратимые и необратимые процессы.....	287
3.2.2. Тепловые машины	289
3.2.3. Цикл Карно	290
3.2.4. Работа и КПД цикла Карно.....	292
3.2.5. Необратимый цикл. Холодильная машина	293
3.2.6. Циклы Отто, Дизеля и Стирлинга.....	295
Контрольные вопросы. Упражнения	297
Примеры решения задач	298
Задачи для самостоятельного решения	302
3.3. Энтропия. Второе и третье начала термодинамики.....	304
3.3.1. Приведенная теплота. Энтропия	304
3.3.2. Изменение энтропии в изопроцессах	306

3.3.3. Поведение энтропии в процессах изменения агрегатного состояния*	307
3.3.4. Второе начало термодинамики	310
3.3.5. Свободная и связанная энергии	311
3.3.6. Статистический смысл энтропии	312
3.3.7. Третье начало термодинамики	314
Контрольные вопросы. Упражнения	315
Примеры решения задач	316
Задачи для самостоятельного решения	320
3.4. Термодинамические свойства реальных газов	321
3.4.1. Реальные газы	321
3.4.2. Силы межмолекулярного взаимодействия	323
3.4.3. Качественный анализ уравнения Ван-дер-Ваальса*	325
3.4.4. Изотермы реальных газов. Фазовые переходы	328
3.4.5. Внутренняя энергия газа Ван-дер-Ваальса	329
3.4.6. Процесс Джоуля–Томсона. Сжижение газов*	331
Выводы	334
Контрольные вопросы. Упражнения	335
Примеры решения задач	336
Задачи для самостоятельного решения	337
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	339
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	340
ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ И ФОРМУЛЫ	342
ГЛОССАРИЙ	356
ПЕРСОНАЛИЯ	366
ПРИЛОЖЕНИЯ	373