

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	10
МЕХАНИКА.....	11
ГЛАВА 1. Кинематика	12
§ 1.1. Механическое движение. Система отсчета. Материальная точка. Траектория, путь и перемещение	12
§ 1.2. Скорость и ускорения движения тела	14
§ 1.3. Относительность движения. Сложение скоростей. Преобразования Галилея	16
§ 1.4. Равномерное прямолинейное движение, графики	18
§ 1.5. Прямолинейное движение с постоянным ускорением, графики	20
§ 1.6. Свободное падение и его ускорение. Движение тела, брошенного под углом к горизонту	23
§ 1.7. Вращение тела вокруг оси. Движение тела по окружности, центростремительное ускорение	26
§ 1.8. Совместное движение тел со связями. Сочленения.....	29
Основные понятия и формулы	30
Задачи	32
ГЛАВА 2. Динамика. Элементы статики	45
Динамика материальной точки	45
§ 2.1. Первый закон Ньютона, инерциальная система отсчета. Принцип относительности Галилея	45
§ 2.2. Масса. Сила. Второй закон Ньютона для материальной точки. Сложение и разложение сил.....	47
§ 2.3. Третий закон Ньютона.....	49
Динамика реального тела	50
§ 2.4. Центр масс. Внешние и внутренние силы. Второй закон Ньютона для реального тела.....	50
§ 2.5. Земная сила тяжести. Измерение сил, динамометр. Пружинные весы.....	53
§ 2.6. Гравитационные силы, закон всемирного тяготения.....	55
§ 2.7. Движение искусственных спутников, первая космическая скорость. Вторая космическая скорость	57
§ 2.8. Силы упругости. Закон Гука.....	58

Содержание

§ 2.9. Силы, действующие на тело со стороны твердой поверхности: сила нормального давления, силы трения. Коэффициент трения.....	60
§ 2.10. Основные силы механики.....	63
§ 2.11. Силы инерции. Принцип Даламбера. Сила тяжести (общее понятие).....	66
§ 2.12. Вес тела. Перегрузки и невесомость.....	69
Элементы статики	72
§ 2.13. Момент силы, правило моментов. Рычаги и их применение.....	72
Основные понятия и формулы.....	77
Задачи.....	81
ГЛАВА 3. Законы сохранения в механике	97
§ 3.1. Импульс. Закон сохранения импульса. Реактивное движение. Значение работ К.Э. Циолковского для космонавтики.....	98
§ 3.2. Кинетическая энергия и механическая работа. Мощность.....	101
§ 3.3. Работы основных сил механики.....	104
§ 3.4. Потенциальные силы, потенциальная энергия. Принцип минимума потенциальной энергии.....	106
§ 3.5. Полная механическая энергия, закон сохранения энергии в механике.....	110
§ 3.6. Работа и мощность человека.....	111
Основные понятия и формулы.....	113
Задачи.....	114
ГЛАВА 4. Свойства жидкостей	124
Гидростатика	124
§ 4.1. Давление. Закон Паскаля. Гидравлический пресс.....	124
§ 4.2. Сообщающиеся сосуды. Барометры и манометры.....	129
§ 4.3. Закон Архимеда. Условия плавания тел.....	132
Гидродинамика	134
§ 4.4. Расчет объема жидкости, протекающей по трубе, уравнение неразрывности. Зависимость давления жидкости от скорости ее течения, уравнение Бернулли.....	134
§ 4.5. Всестороннее сжатие. Разность давлений и деформация.....	136
Основные понятия и формулы.....	139
Задачи.....	140

ГЛАВА 5. Основы молекулярно-кинетической теории.....	145
§ 5.1. Основные положения МКТ и их опытное обоснование. Броуновское движение.....	145
§ 5.2. Атомная единица массы, атомная масса, молекулярная масса. Постоянная Авогадро. Моль, молярная масса (историческая справка).....	147
§ 5.3. Моль, постоянная Авогадро, молярная масса (СИ). Количество вещества. Массы и размеры молекул.....	150
§ 5.4. Идеальный газ. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа	151
§ 5.5. Температура и ее измерение. Тепловое равновесие	153
§ 5.6. Абсолютная температурная шкала. Энергетический смысл абсолютной температуры. Применение низких температур в медицине	155
§ 5.7. Уравнение состояния идеального газа (Менделеева–Клапейрона), универсальная газовая постоянная. Смесь газов, закон Дальтона	157
§ 5.8. Переход газа из одного состояния в другое. Изопроцессы и их графики. Легочное дыхание	159
§ 5.9. Испарение и конденсация. Насыщенный и ненасыщенный пары. Водяной пар в атмосфере, влажность воздуха	161
§ 5.10. Высыхание влажных поверхностей. Конденсация пара в атмосфере, точка росы	166
§ 5.11. Кипение жидкостей. Зависимость температуры кипения от давления.....	169
§ 5.12. Агрегатные состояния.....	170
§ 5.13. Свободная поверхность жидкости, поверхностная энергия. Поверхностное натяжение. Граница жидкости и твердого тела. Капиллярные явления.....	172
Основные понятия и формулы	176
Задачи	180
ГЛАВА 6. Основы термодинамики	186
§ 6.1. Внутренняя энергия. Работа в термодинамике. Внутренняя энергия и работа идеального газа	186
§ 6.2. Количество теплоты. Нагревание, удельная теплоемкость вещества. Плавление, удельная теплота плавления. Парообразование, удельная теплота парообразования.....	189

Содержание	§ 6.3. Первый закон термодинамики и его применение к изопроцессам. Адиабатический процесс. Необратимость тепловых процессов	193
	§ 6.4. Принцип действия тепловых двигателей. КПД теплового двигателя и его максимальное значение. Охрана окружающей среды	195
	§ 6.5. Первое начало термодинамики в жизнедеятельности организма. Физические основы терморегуляции живого организма	196
	Основные понятия и формулы	198
	Задачи	200
	ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ.....	205
	ГЛАВА 7. Электростатика.....	206
	§ 7.1. Заряды элементарных частиц. Заряды ионов и макроскопических тел. Закон сохранения заряда	206
	§ 7.2. Взаимодействие заряженных тел. Закон Кулона	208
	§ 7.3. Электрическое поле. Напряженность электрического поля	210
	§ 7.4. Электрическое поле точечного заряда. Принцип суперпозиции полей. Однородное электрическое поле	213
	§ 7.5. Работа кулоновских сил при перемещении заряда. Потенциал и разность потенциалов. Связь между напряженностью и разностью потенциалов в однородном поле	216
	§ 7.6. Графическое изображение электрических полей.....	217
	§ 7.7. Проводники и диэлектрики в электрическом поле. Диэлектрическая проницаемость вещества	219
	§ 7.8. Конденсатор, электроемкость. Энергия электрического поля. Емкость плоского конденсатора.....	222
	§ 7.9. Биопотенциалы	224
	Основные понятия и формулы	225
	Задачи	228
	ГЛАВА 8. Постоянный электрический ток	231
	§ 8.1. Электрический ток. Сила тока. Сопротивление проводника. Закон Ома для участка цепи.....	231
	§ 8.2. Последовательное и параллельное соединение проводников.....	234
	§ 8.3. Работа и мощность тока. Закон Джоуля—Ленца	236

§ 8.4. Источники тока. Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи.....	237
§ 8.5. Электронная проводимость металлов. Сверхпроводимость.....	238
§ 8.6. Электрический ток в растворах и расплавах электролитов. Закон Фарадея для электролиза.....	240
§ 8.7. Электрический ток в газах.....	241
§ 8.8. Электрический ток в вакууме.....	243
§ 8.9. Электрический ток в полупроводниках.....	244
§ 8.10. Действие постоянного тока на человека.....	248
Основные понятия и формулы.....	249
Задачи.....	253
ГЛАВА 9. Магнитное поле. Электромагнитная индукция.....	261
§ 9.1. Магнитное взаимодействие токов. Магнитное поле. Магнитная индукция.....	261
§ 9.2. Магнитные свойства вещества. Магнитная проницаемость. Ферромагнетизм.....	264
§ 9.3. Графическое изображение магнитного поля. Соленоид.....	266
§ 9.4. Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле, закон Ампера. Правило левой руки. Сила Лоренца.....	267
§ 9.5. Электромагнитная индукция, опыт Фарадея. Магнитный поток.....	270
§ 9.6. Вихревое электрическое поле. Закон электромагнитной индукции, правило Ленца. Токи Фуко.....	271
§ 9.7. Явление самоиндукции. Индуктивность. Энергия магнитного поля.....	274
§ 9.8. Магнитобиология, биомагнетизм.....	275
§ 9.9. Магнитное поле Земли и его роль в защите биологической жизни.....	277
Основные понятия и формулы.....	279
Задачи.....	282
КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ.....	289
ГЛАВА 10. Механические колебания и волны.....	290
§ 10.1. Периодические колебания. Период и частота колебаний. Размах колебаний.....	290
§ 10.2. Гармонические колебания. Амплитуда, период и частота колебаний. Математический маятник. Колебания тела на пружине.....	292

Содержание

§ 10.3. Свободные гармонические колебания при отсутствии трения. Упругие колебания. Колебания математического маятника	294
§ 10.4. Превращения энергии при гармонических колебаниях. Вынужденные колебания. Резонанс.....	296
§ 10.5. Вибрация.....	298
§ 10.6. Механические волны, частота волны. Продольные и поперечные волны.....	300
§ 10.7. Волновой фронт. Скорость и длина волны.....	302
§ 10.8. Звук и скорость его распространения. Звуковое давление, спектр звука. Тембр и высота звука. Звуковые методы исследования.....	304
Основные понятия и формулы	306
Задачи	308
ГЛАВА 11. Электромагнитные колебания и волны.....	313
§ 11.1. Электромагнитные колебания. Колебательный контур и свободные колебания в нем. Превращения энергии в колебательном контуре. Собственная частота колебаний в контуре	313
§ 11.2. Производство электроэнергии. Переменное напряжение и переменный ток. Действующие значения тока и напряжения.....	315
§ 11.3. Трансформатор. Передача электроэнергии на большие расстояния	318
§ 11.4. Электромагнитные волны. Излучение электромагнитных волн	320
§ 11.5. Воздействие электромагнитных волн на организм человека	322
Основные понятия и формулы	324
Задачи	325
ГЛАВА 12. Волновая и геометрическая оптика.	
Элементы теории относительности.....	327
§ 12.1. Электромагнитная природа света. Абсолютный показатель преломления среды. Дисперсия света	327
§ 12.2. Интерференция света, испускание света веществом. Дифракция света. Поляризация света	328
§ 12.3. Прямолинейное распространение света. Законы отражения света. Построение изображения в плоском зеркале	331

§ 12.4. Законы преломления света. Полное внутреннее отражение.....	334
§ 12.5. Разложение белого света стеклянной призмой.....	337
§ 12.6. Линза, оптическая ось. Тонкие линзы. Собирающие и рассеивающие линзы	338
§ 12.7. Фокус и фокусное расстояние линзы. Оптическая сила линзы. Построение изображения	339
§ 12.8. Формула тонкой линзы. Линейное увеличение.....	342
§ 12.9. Элементы теории относительности.....	343
Основные понятия и формулы	346
Задачи	348
ГЛАВА 13. Квантовая физика.....	355
§ 13.1. Тепловое излучение. Абсолютно черное тело. Закон Стефана–Больцмана. Квантовая гипотеза Планка. Термография	355
§ 13.2. Фотоэффект и его законы. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Фотоны, давление света.....	357
§ 13.3. Химическое действие света. Фотобиологические процессы	360
§ 13.4. Опыт Резерфорда по рассеянию α -частиц. Ядерная модель атома.....	361
§ 13.5. Квантовые постулаты Бора. Испускание и поглощение света атомом. Люминесценция.....	362
§ 13.6. Взаимодействие света с веществом. Лазеры.....	364
§ 13.7. Радиоактивность. Альфа- и бета-частицы. Гамма-излучение. Биофизические основы действия ионизирующего излучения.....	366
§ 13.8. Состав ядра атома, радиоактивные превращения. Закон радиоактивного распада. Изотопы.....	368
§ 13.9. Ядерные силы. Дефект массы, энергия связи атомных ядер	370
§ 13.10. Деление тяжелых атомных ядер, цепная реакция деления. Ядерные реакторы	371
§ 13.11. Термоядерный синтез	373
Основные понятия и формулы	373
Рекомендуемая литература.....	376

Термодинамика — раздел физики, изучающий свойства тел и систем в состоянии теплового равновесия, а также процессы перехода между такими состояниями. В отличие от молекулярно-кинетической теории, законы термодинамики не основаны на рассмотрении движений частиц вещества и не зависят от внутреннего строения тел.

§ 6.1. ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ. РАБОТА В ТЕРМОДИНАМИКЕ. ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ И РАБОТА ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

Согласно положениям МКТ, тела состоят из движущихся молекул, которые взаимодействуют между собой. Вследствие этого молекулы обладают двумя видами энергии — кинетической энергией теплового движения и потенциальной энергией взаимодействия.

Сумма кинетической энергии движения всех молекул и потенциальной энергии их взаимодействия между собой называется *внутренней энергией тела* (U).

Кинетическая энергия движения молекул тела зависит от его температуры, а потенциальная энергия взаимодействия молекул — от

расстояния между ними (т.е. от объема тела), поэтому в общем случае внутренняя энергия тела зависит от его *температуры и объема*.

Изменение внутренней энергии тела путем изменения его объема сопряжено с совершением *механической работы*. Величина этой работы легко рассчитывается, если давление, оказываемое на тело, остается неизменным.

Пусть, например газ охлаждают в цилиндре, закрытом поршнем площадью S при неизменном внешнем давлении P . Объем газа уменьшается и поршень смещается влево на расстояние Δx (рис. 6.1). Сила давления $F = PS$ совершает работу $A = F \cdot \Delta x = P \cdot S \cdot \Delta x$. Учитывая, что произведение площади поршня на его перемещение равно уменьшению объема газа ($S \cdot \Delta x = \Delta V$), получим следующую формулу для расчета работы внешних сил по сжатию газа:

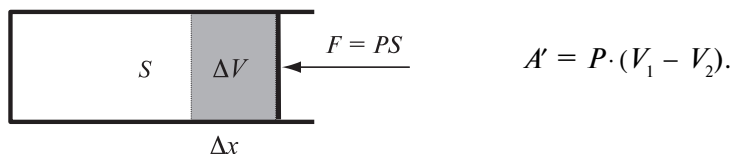


Рис. 6.1. Работа внешних сил при изобарном сжатии газа

Работа (A'), совершаемая внешними силами при изобарном сжатии газа, равна произведению внешнего давления на уменьшение объема газа.

Если газ изобарно нагревать, то его объем будет увеличиваться и сила давления, действующая со стороны газа на поршень, совершит работу A .

Работа (A), совершаемая газом при изобарном расширении, равна произведению давления газа на увеличение его объема:

$$A = P \Delta V, \quad (6.1)$$

где P — давление газа, $\Delta V = V_2 - V_1$ — увеличение объема газа.

Внутренняя энергия и работа идеального газа

Если газ можно считать идеальным, то для него выполняется уравнение состояния $PV = \nu RT$. При постоянном давлении

$P \Delta V = \nu R \Delta T$. В связи с этим для вычисления работы, совершаемой идеальным газом при постоянном давлении, применимы две формулы:

$$A = P \Delta V = \nu R \Delta T, \quad (6.2)$$

где P — давление газа; ΔV — увеличение его объема; ν — количество вещества; R — универсальная газовая постоянная; ΔT — изменение абсолютной температуры.

Молекулы идеального газа между собой не взаимодействуют. Исходя из этого его внутренняя энергия складывается только из кинетической энергии движения молекул. У *одноатомного* газа молекулы обладают единственным видом кинетической энергии — энергией поступательного движения. Средняя энергия такого движения определяется формулой (5.10): $\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$.

Умножим это равенство на количество молекул $N = \nu N_A$. Слева получится внутренняя энергия газа U , а справа выражение $\frac{3}{2} \nu \cdot N_A \cdot kT$. Произведение постоянных Авогадро и Больцмана равно универсальной газовой постоянной R ; поэтому для внутренней энергии идеального газа получается следующая формула: $U = \frac{3}{2} \nu \cdot RT$. В соответствии с уравнением состояния $\nu RT = PV$, поэтому для внутренней энергии идеального газа получается двойная формула

$$U = \frac{3}{2} \nu \cdot RT = \frac{3}{2} PV,$$

где ν — количество вещества; R — универсальная газовая постоянная; T — абсолютная температура; P — давление газа; V — его объем.

В задачах обычно требуется не сама внутренняя энергия, а ее изменение:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu \cdot R \cdot \Delta T.$$

Для изобарного нагревания справедлива двойная формула

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu \cdot R \cdot \Delta T = \frac{3}{2} P \cdot \Delta V. \quad (6.3)$$

Молекулы многоатомных газов не только движутся поступательно, но и вращаются вокруг центра масс, поэтому их

внутренняя энергия больше. Например, для двухатомного идеального газа $U = \frac{5}{2} \nu RT = \frac{5}{2} PV$.

§ 6.2. КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ. НАГРЕВАНИЕ, УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ ВЕЩЕСТВА. ПЛАВЛЕНИЕ, УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТА ПЛАВЛЕНИЯ. ПАРООБРАЗОВАНИЕ, УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТА ПАРООБРАЗОВАНИЯ

Мы рассмотрели один способ изменения внутренней энергии тела — *путем совершения работы*. Другой способ заключается в том, что тела с различными температурами приводятся в контакт (например, в горячий чай опустили холодную ложку). Как показывает опыт, их температуры будут выравниваться. Следовательно, внутренняя энергия «горячего» тела будет передаваться «холодному».

Передача внутренней энергии от одного тела к другому за счет разности температур (без совершения работы) называется *теплопередачей* или *теплообменом*.

Внутренняя энергия, отданная или полученная телом без совершения механической работы, называется количеством теплоты (Q).

Единица измерения количества теплоты СИ — джоуль. В медицинской литературе встречается внесистемная единица количества теплоты — *калория* (кал.): 1 кал. $\approx$ 4,2 Дж.

1 калория — количество теплоты, необходимое для нагревания 1 г воды на 1 °С.

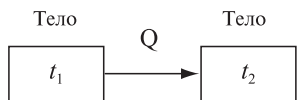
Основные способы сообщения теплоты

- Теплообмен — передача теплоты от горячего тела к холодному.
- Нагревание проводников электрическим током.
- Нагревание тел излучением.

Нагревание

При подводе теплоты к телу его температура повышается. Установлено, что при неизменном агрегатном состоянии

количество теплоты, необходимое для нагревания тела, прямо пропорционально массе тела (m) и увеличению температуры ($\Delta t = t_2 - t_1$):



$$Q = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1). \quad (6.4)$$

Коэффициент пропорциональности c называется удельной теплоемкостью вещества.

Удельная теплоемкость вещества (c) численно равна количеству теплоты, необходимому для нагревания 1 кг вещества на 1 К.

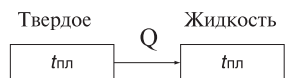
Размерность удельной теплоемкости в СИ — Дж/(кг·К). Удельная теплоемкость зависит от химического состава и агрегатного состояния вещества.

Плавление

При подводе теплоты к твердому кристаллическому телу его температура возрастает в соответствии с уравнением (6.4). Однако затем повышение температуры прекращается и начинается плавление тела. Температуру, при которой происходит плавление, называют *температурой плавления*.

Изотермический переход вещества из твердого состояния в жидкое называется плавлением.

Процесс плавления связан с разрушением кристаллической решетки и требует энергетических затрат. Количество теплоты, необходимое для плавления твердого тела, прямо пропорционально массе полученной жидкости (m):



$$Q = +\lambda \cdot m. \quad (6.5)$$

Коэффициент пропорциональности λ называется удельной теплотой плавления.

Количество теплоты, необходимое для превращения 1 кг твердого вещества, нагретого до температуры плавления, в жидкость с такой же температурой, называется удельной теплотой плавления (λ).