

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт торговли и сферы услуг

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ФИЗИКА»**

Для студентов направления подготовки:

19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания

Направленность (профиль):

*19.03.04.30 Технология продукции и организация общественного питания
заочной формы обучения*

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
1. Общие методические указания	6
1.1. О самостоятельной работе с учебными пособиями.....	6
1.2. Очные занятия.....	7
1.3. Об экзамене.....	7
2. Физические основы механики	8
2.1. Кинематика поступательного и вращательного движения.....	8
2.2. Динамика поступательного движения.....	10
2.3. Динамика вращательного движения.....	11
2.4. Кинематика и динамика колебательного движения.....	13
2.5. Работа и энергия. Закон сохранения энергии в механике.....	15
2.6. Упругие волны. Уравнение волны.....	18
2.7. Кинематика и динамика жидкостей.....	19
2.8. Примеры решения задач.....	20
3. Основы молекулярной физики и термодинамики	24
3.1. Физические основы молекулярно-кинетической теории газов. Явления переноса.....	24
3.2. Три начала термодинамики.....	26
3.3. Некоторые свойства кристаллов.....	28
3.4. Примеры решения задач.....	29
4. Контрольные задания для студентов	34
4.1. Требования, предъявляемые к выполнению контрольной работы...	34
4.2. Задачи контрольной работы № 1.....	35
Библиографический список	43
Приложение	44

ПРЕДИСЛОВИЕ

Физика – наука о природе: о строении, свойствах и взаимодействии тел и полей. Она выявляет и объясняет законы природы, которыми определяются все физические явления, поэтому физика основывается на экспериментально установленных фактах и имеет первостепенное значение в формировании научного мировоззрения.

В соответствии с учебным планом, физика является одной из общеобразовательных дисциплин, составляющих теоретическую основу подготовки инженеров–технологов предприятий общественного питания. Изучение физики формирует у студентов основные представления о наиболее общих свойствах и формах движения материи, о важнейших физических закономерностях, лежащих в основе механических, термических, электрических, магнитных, спектральных, поляризационных и других физических методов исследования различных потребительских свойств продуктов.

Особое значение приобретает изучение физики в связи с бурным ростом торговой техники – электронного, оптического, теплового, холодильного и других видов оборудования – и широким внедрением их в производство.

Цель настоящих методических указаний – оказать помощь студентам-заочникам технологических специальностей вуза в изучении курса физики.

В пособии материал курса общей физики разделен на шесть дидактических единиц ГОС и две контрольные работы. К каждому из шести разделов даются пояснения, приводятся основные формулы, примеры решения задач. Все это окажет существенную помощь в освоении материала курса общей физики.

Сведения, связанные со спецификой изучения курса физики в ГОУ ВПО КГТЭИ, будут сообщены студентам преподавателями физики дополнительно.

1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Основной формой обучения студента-заочника является самостоятельная работа над учебным материалом. Для облегчения этой работы по расписанию организуется чтение лекций, практические занятия и лабораторные работы. Поэтому процесс изучения физики имеет следующие этапы:

- 1) проработка установочных и обзорных лекций;
- 2) самостоятельная работа над учебниками и учебными пособиями;
- 3) выполнение контрольных работ;
- 4) прохождение лабораторного практикума;
- 5) сдача зачетов и экзаменов.

При самостоятельной работе над учебным материалом необходимо:

- 1) вести конспект, в котором записывать законы и формулы, выражающие эти законы, определения основных физических понятий и сущность физических явлений, методов исследования;
- 2) пользоваться одним учебником или учебным пособием (или ограниченным числом пособий), чтобы не утратить логическую связь между отдельными вопросами (хотя бы внутри какого-то раздела курса);
- 3) изучать курс физики систематически, а иначе материал будет усвоен поверхностно.

1.1. О самостоятельной работе с учебными пособиями

Главный элемент в организации самостоятельной работы – календарный план занятий, который должен быть составлен самим студентом, и систематическое его выполнение. Если после изучения темы по учебнику с использованием методических указаний и других пособий некоторые вопросы останутся неясными, следует обратиться за консультацией к преподавателю на кафедру.

Для руководства самостоятельными занятиями каждый студент прикрепляется к преподавателю, который и проводит с ним все необходимые консультации по вопросам, возникающим у студента при изучении курса, выполнении лабораторных работ или контрольных заданий.

Чтобы лучше усвоить учебный материал, а также успешно выполнить контрольную работу, необходимо после изучения каждой темы курса решить несколько задач из сборника [3]. В случае затруднений следует обратиться к разделу задачника «Ответы и решения», где помещены решения типичных задач. Внимательный разбор приведенных решений поможет найти правильный путь к решению других задач.

Результаты самостоятельной работы по каждой теме нужно систематически проверять, отвечая (лучше в письменной форме) на вопросы для самопроверки.

1.2. Очные занятия

В дополнение к самостоятельной работе студентов институт организует очные занятия: лекции и лабораторные работы. Лекции рассматривают узловые вопросы курса, на которые следует обратить особое внимание, направляют самостоятельную работу студентов, знакомят с литературой по данному вопросу, с последними достижениями и перспективами развития науки.

Цель обзорных лекций – обобщить и подытожить самостоятельно пройденный студентами в течение учебного семестра материал, уточнить отдельные вопросы курса, слабо усвоенные при самостоятельной работе.

Лабораторные занятия по физике являются строго обязательной формой обучения, причем одной из наиболее активных форм, позволяющих организовать самостоятельную работу студентов. До проведения лабораторной работы студенту нужно хорошо уяснить ее содержание, понять физический смысл характеристик, которые должны быть подтверждены экспериментом.

Очные консультации проводятся кафедрой в определенные дни и часы по расписанию.

1.3. Об экзамене

К экзамену по физике допускаются студенты, выполнившие контрольные работы, лабораторный практикум и получившие по ним зачеты. На экзамене студенту по решениям задач могут быть заданы дополнительные вопросы.

На экзаменах и зачетах в первую очередь выясняется *усвоение основных теоретических положений программы*. Физическая сущность явлений, законов, процессов должна излагаться четко и достаточно подробно. Решать задачи необходимо без ошибок и уверенно. Любая графическая работа должна быть выполнена аккуратно и четко. При выполнении этих условий знания по курсу физики могут быть признаны *удовлетворительными*.

2. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

2.1. Кинематика поступательного и вращательного движения

Предметом классической механики является движение макроскопических материальных тел со скоростями, малыми по сравнению со скоростью света в вакууме (для $v < 400$ км/с). Следует уяснить кинематические характеристики движения: траектория, скорость и ускорение. В кинематике поступательного движения рассматриваются зависимости

$$v = f(t), a = f(t), S = f(t).$$

Кинематика движения известна, если известен закон движения, т. е. уравнение, устанавливающее зависимость положения тела в данной системе отсчета от времени, например, $x = f(t)$.

$$x = 5 + 3t + 2t^2. \quad (1)$$

Пройденный материальной точкой путь является функцией времени $S = f(t)$.

Для случая равнопеременного движения точки по прямой эта функция имеет вид $S = S_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$. Сравнив с вышеприведенной зависимостью $x = f(t)$, можно определить $S_0 = 5$ м, $v_0 = 3$ м/с, $a = 4$ м/с².

Как и в случае поступательного движения, вращательное движение может быть равномерным, равнопеременным и неравнопеременным. Кинематические величины, характеризующие вращательное движение, аналогичны соответствующим величинам для поступательного движения. Путь S , пройденный твердым телом при поступательном движении, соответствует углу поворота φ твердого тела во вращательном движении; линейная скорость v – угловой скорости ω , линейное ускорение a – угловому ускорению ε .

Следует иметь в виду, что векторы ω и ε являются аксиальными. Надо знать правило определения направления (конструирования) этих векторов. Все формулы вращательного движения легко могут быть получены из формул поступательного движения, если в последних все обозначения линейных величин заменить обозначениями соответствующих угловых величин.

Решая задачи по кинематике, в которых необходимо использовать математический аппарат дифференциального и интегрального исчисления, студент должен научиться определять мгновенные скорость и

ускорение по заданной зависимости координаты от времени $x = f(t)$ и решать обратные задачи.

Для решения ряда задач необходимо использовать формулы, определяющие координаты центра масс (инерции)

$$x_C = \frac{\sum \Delta m_i \cdot x_i}{m}, y_C = \frac{\sum \Delta m_j \cdot y_j}{m}, z_C = \frac{\sum \Delta m_k \cdot z_k}{m}.$$

Вопросы для самопроверки

1. Что называется материальной точкой?
2. Что называется мгновенной скоростью и ускорением?

Напишите формулы для их определения.

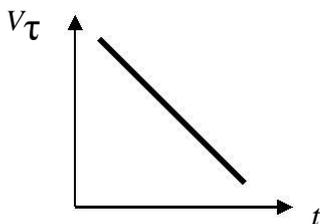
3. Какими ускорениями обладает материальная точка, движущаяся с переменной скоростью по криволинейной траектории? Укажите роль каждого из этих ускорений. Приведите чертеж.

4. Какими кинематическими величинами характеризуется вращательное движение? Назовите единицы их измерения в системе СИ.

5. Напишите формулы, устанавливающие связь между линейными величинами и угловыми.

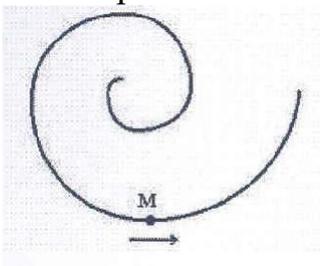
6. Материальная точка M движется по окружности со *Варианты*. Показан график зависимости проекции скорости *ответов*: скоростью V_τ

V_τ от времени ($\tau \rightarrow$ – единичный вектор положительного направления, V_τ – проекция V на это направление). При этом для нормального a_n и тангенциального a_τ ускорения выполняются условия...



- $a_n = 0; a_\tau < 0$
- $a_n > 0; a_\tau < 0$
- $a_n > 0; a_\tau > 0$
- $a_n > 0; a_\tau = 0$

7. Точка M движется по спирали в направлении, указанном стрелкой.



Нормальное ускорение по величине не изменяется. При этом величина скорости...

- увеличится
- уменьшится
- не изменится

2.2. Динамика поступательного движения

В этой теме особое внимание надо уделить второму закону Ньютона и его математическим выражениям через ускорение и изменение импульса. Необходимо уяснить, какие системы координат являются инерциальными, и узнать содержание принципа относительности Галилея.

Основными динамическими характеристиками движения являются масса тела и сила. Следует уяснить, что масса рассматривается в динамике как мера инертности.

Необходимо правильно понять и сформулировать закон сохранения импульса, а также закон сохранения и превращения энергии. Перед этим надо получить отчетливое представление о понятиях «изолированная система», «консервативные», «диссипативные», «внутренние и внешние» силы, «центр инерции», «энергия», и «механическая» работа. Тогда станет ясно, что в формулировке второго закона Ньютона и говорится только о внешних силах, ибо только они могут изменять полный импульс системы.

Задачи на динамику материальной точки и поступательного движения твердого тела охватывают такие вопросы, как закон движения центра масс механической системы, закон сохранения импульса, работа силы и ее выражение через криволинейный интеграл ($A = \int_S F_S \cdot dS$), связь кинетической энергии механической системы с работой сил, приложенных к этой системе, закон сохранения механической энергии.

Если положение центра масс задать радиусом-вектором

$$r_c = \frac{\sum \Delta m_i r_i}{\sum \Delta m_i} = \frac{\sum \Delta m_i r_i}{m}, \text{ то скорость центра масс}$$

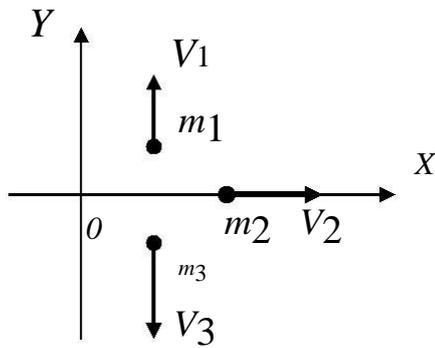
$$v_c = \frac{dr_c}{dt} = \frac{1}{m} \cdot \frac{d}{dt} \sum \Delta m_i r_i = \frac{1}{m} \sum \Delta m_i v_i = \frac{\sum \Delta p_i}{m} = \frac{\Delta p}{m}.$$

Вопросы для самопроверки

1. Сформулируйте три закона Ньютона. Условие их выполнения.
2. Сформулируйте принцип относительности Галилея, Эйнштейна.
3. Дайте определение физической величине «сила».
4. Что называется механической работой? Напишите формулу работы переменной силы.
5. Сформулируйте закон сохранения импульса.
6. Дайте общую формулировку закона сохранения и превращения энергии.

7. Система состоит из трех шаров с массами *Варианты ответов:*

$m_1 = 1$ кг, $m_2 = 2$ кг, $m_3 = 3$ кг, которые двигаются так, как показано на рисунке



Если скорости шаров равны $V_1 = 3$ м/с, $V_2 = 2$ м/с, $V_3 = 1$ м/с, то вектор скорости *центра масс* этой системы направлен...

вдоль оси OX
вдоль оси $-OY$
вдоль оси $+OY$

2.3. Динамика вращательного движения

Кроме угловых величин, характеризующих кинематику вращательного движения, необходимо усвоить терминологию, относящуюся к величинам, определяющим динамику вращательного движения: момент силы, момент инерции, момент импульса, центр инерции, центр масс, оси инерции (свободные, главные).

Основной закон динамики вращательного движения устанавливает связь между моментом силы с одной стороны, моментом инерции и угловым ускорением – с другой. Это – второй закон Ньютона, примененный к вращательному движению ($M = J \cdot \varepsilon$), где роль силы играет момент силы $M = [r, F]$, а роль массы – момент инерции J ($J = m \cdot r^2$ для материальной точки; $J = \sum_{i=1}^m \Delta m_i \cdot r_i^2$ – момент инерции абсолютно твердого тела относительно оси вращения).

Из основного закона динамики вращательного движения выводится закон сохранения момента импульса.

Следует хорошо уяснить формулу, связывающую кинетическую энергию вращающегося тела и работу момента силы:

$$M \cdot \varphi = \frac{1}{2} J \omega_t^2 - \frac{1}{2} J \omega_0^2.$$

Вопросы для самопроверки

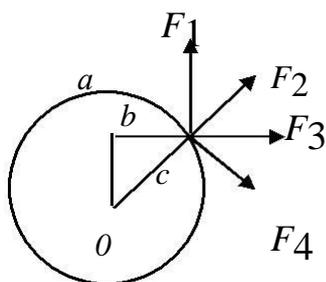
1. Какие физические величины используются для характеристики динамики вращательного движения? В каких единицах они измеряются?
2. Что называется моментом инерции тела? Напишите формулу момента инерции твердого тела относительно неподвижной оси вращения.
3. Напишите формулу теоремы Штейнера и объясните ее смысл.

4. Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения твердого тела. Напишите уравнение основного закона динамики вращательного движения для случая $I = \text{const}$.

5. Сформулируйте закон сохранения момента импульса и запишите его формулу. Приведите поясняющие примеры.

6. К точке, лежащей на внешней поверхности диска, приложены 4 силы. Если ось вращения проходит через центр O диска перпендикулярно

плоскости рисунка, то плечо силы F_1, F_2, F_3, F_4 равно...

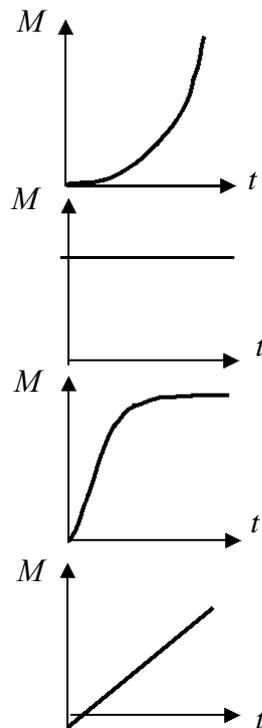


Варианты ответов:
b
0
c
a

7. Шар и полый цилиндр (трубка), имеющие одинаковые массы и радиусы, скатываются без проскальзывания с горки высотой h . Тогда **верным** утверждением относительно времени скатывания к основанию горки является следующее...

быстрее скатится полый шар;
быстрее скатится шар;
обатела скатятся одновременно

8. Момент импульса тела относительно неподвижной оси изменяется по закону $L = at^{\frac{2}{3}}$. Укажите график, правильно отражающий зависимость величины момента сил, действующих на тело, от времени



2.4. Кинематика и динамика колебательного движения

При изучении кинематики колебательного движения необходимо уяснить и твердо знать, что обозначают термины *амплитуда*, *частота*, *фаза колебания*. Усвоив вывод дифференциального уравнения гармонического колебательного движения, необходимо дать себе отчет, какими параметрами полностью определяется гармоническое колебание.

Уясните, как изменяются смещение, скорость, ускорение в течение одного периода.

Полезно построить кривые, характеризующие эти три величины графически, а также уяснить, как гармоническое колебание может быть представлено в виде вращающегося вектора?

Изучая динамику гармонического колебательного движения, следует понять, что это движение вызывает всегда сила, пропорциональная смещению и противоположная ему по знаку.

Следует уяснить различие между математическим и физическим маятником, а также сходство и различие в формулах, определяющих периоды их колебаний (приведенная длина физического маятника).

Необходимо также знать, от чего зависит полная энергия гармонически колеблющейся точки.

Необходимо ознакомиться с фигурами Лиссажу и разобрать вопрос о сложении:

- а) одинаково направленных колебаний;
- б) двух гармонических взаимно-перпендикулярных колебаний.

Следует обратить внимание на определение величин, характеризующих затухание колебания, уяснить физический смысл коэффициента затухания и логарифмического декремента затухания.

Изучая вынужденные колебания, надо, прежде всего, сформулировать определение терминов: *свободные колебания*, *вынужденные колебания*, понять, что вынужденные колебания имеют место при наличии постоянно действующей и притом не всякой, а только периодически изменяющейся силы. Полезно рассмотреть примеры, раскрывающие сущность и значение явления резонанса.

Вопросы для самопроверки

1. Выведите дифференциальное уравнение гармонического колебания.
2. Получите формулы скорости и ускорения в гармоническом колебательном движении и дайте их физическое истолкование.
3. Постройте графики, изображающие изменение в зависимости от времени величины смещения, скорости и ускорения в случае гармонического колебания.

4. Какой маятник называется математическим, какой физическим? Напишите формулы для вычисления периода колебаний пружинного, математического и физического маятников. Объясните, как они получены, проанализируйте их.

5. Материальная точка совершает гармонические колебания с амплитудой $A = 4$ см и периодом $T = 2$ с. *Варианты ответов:*

Если смещение точки в момент времени, принятый за начальный, равно своему максимальному значению, то точка колеблется в соответствии с уравнением (в СИ)...

$$\begin{aligned} x &= 0,04 \sin \pi t \\ x &= 0,04 \cos \pi t \\ x &= 0,04 \sin 2t \\ x &= 0,04 \cos 2t \end{aligned}$$

6. Чему равна величина результирующей амплитуды, получающейся при сложении двух гармонических колебаний одного направления и одинакового периода?

7. Какие колебания называются биениями?

8. Назовите величины, характеризующие затухание колебания.

9. Какие колебания называются вынужденными?

10. В чем состоит условие, при котором наступает резонанс вынужденных колебаний? Приведите примеры, поясняющие сущность явления механического резонанса и его практическое значение.

11. Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми частотами и равными амплитудами A_0 . При разности фаз $\Delta\varphi = \pi$ амплитуда результирующего колебания равна...

$$\begin{array}{ll} 0; & 2A_0; \\ A_0\sqrt{2}; & A_0\sqrt{3}. \\ \pi & \frac{\pi}{2} \end{array}$$

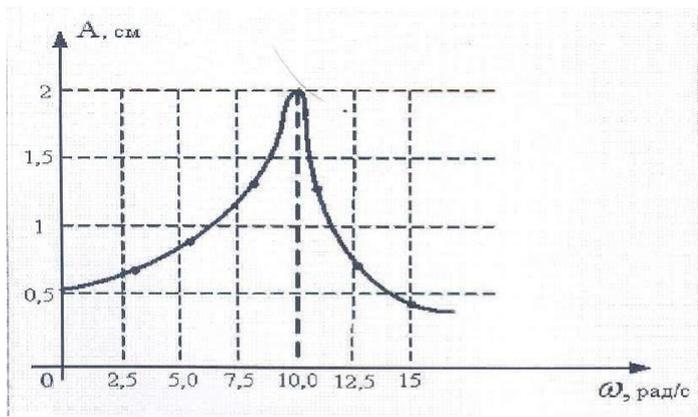
12. Складываются два гармонических колебания $\frac{\pi}{2}$; $\frac{\pi}{4}$ однонаправленного с одинаковыми периодами. 0 ; π . Результирующее колебание имеет **максимальную** амплитуду при разности фаз, равной...

$$\frac{\pi}{2}$$

13. Складываются два гармонических колебания $\frac{\pi}{2}$; π ; однонаправленного с одинаковыми периодами. 2 Результирующее колебание имеет минимальную $\frac{\pi}{2}$; 0 . амплитуду при разности фаз, равной...

$$4$$

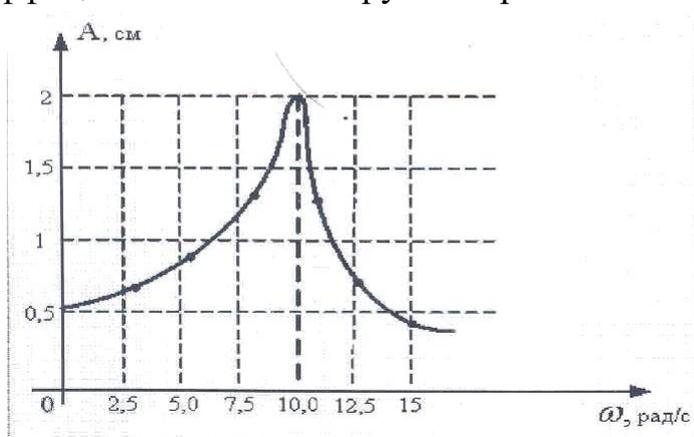
14. На рисунке представлена зависимость амплитуды колебаний математического маятника от частоты внешней силы. Длина нити маятника равна...



0,1 м
0,02 м
1 м
0,2 м

15. На рисунке представлена зависимость амплитуды колебаний груза массой 0,1 кг на пружине от частоты внешней силы.

Коэффициент жесткости пружины равен...



1000 н/м
1 н/м
10 н/м
100 н/м

2.5. Работа и энергия.

Закон сохранения энергии в механике

Группа тел, рассматриваемых в данной задаче, составляет *изолированную систему*. В изолированной системе действуют только парные силы «действие-противодействие» Их называют *внутренними силами*. Силы, действующие со стороны тел, не принадлежащих системе – *внешние силы*. Только внешние силы могут изменять энергию системы, ее импульс, момент импульса.

Для замкнутых (изолированных) систем существуют такие функции координат и скоростей, образующих систему частиц (тел), которые сохраняют при движении постоянные значения – *интегралы движения*. Таких интегралов движения имеется три: *энергия, импульс, момент импульса*. В соответствии с этим имеет место три закона сохранения – законы сохранения энергии (механический), импульса и момента импульса.

Если на тело действует постоянная сила, а тело совершает перемещение S , то *работа равна произведению постоянной движущей силы на величину перемещения*

$$A = (F \cos \alpha)S = FS \cdot \cos \alpha ,$$

где α – угол, под которым сила приложена к телу. При $\alpha = 90^\circ$ сила не совершает работы по перемещению тела. Если $\alpha = 0$, то

$$A = FS.$$

В случае переменной силы и криволинейного пути

$$A = \int F \cos \alpha ds ,$$

а работа на элементарном участке будет $dA = F \cos \alpha ds = Fv dt$.

Работа, совершаемая в единицу времени называется мощностью

$$P = \frac{dA}{dt} = Fv .$$

Энергия, связанная с движением системы или ее частью называется *кинетической*, а связанная с взаимным расположением взаимодействующих частей – *потенциальной*.

Изменение энергии измеряется работой, которую может совершить система, переходя из одного состояния в другое

$$A = W_1 - W_2 ,$$

где W_1 и W_2 – энергия системы в первом и во втором состоянии соответственно.

Для кинетической и потенциальной энергий соответственно имеем

$$A = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} ; \quad A = mgh_1 - mgh_2 = mg\Delta h .$$

Закон сохранения и превращения механической энергии: *полная механическая энергия системы тел, на которые действуют консервативные силы (силы, работа которых не зависит от формы пути, а лишь от начального и конечного состояния системы) остается постоянной*.

Вопросы для самопроверки

1. Записать формулу работы, совершаемой переменной силой.
2. Дать понятие: «консервативные», «диссипативные» силы. Чему равна работа этих сил по замкнутому контуру?
3. Назвать единицы измерения работы, мощности и энергии в системах СИ и СГС.
4. В чем состоит различие между понятиями «энергия» и «работа»?
5. Работа силы тяжести, трения и упругости.
6. Величина работы, совершаемой постоянной силой при поступательном движении тела.
7. Как найти работу, совершаемую при торможении тела до полной его остановки?
8. Величина работы на элементарном участке.
9. Кинетическая энергия вращающегося тела.
10. Кинетическая энергия катящегося тела (шара) при плоском его движении.
11. Дать понятие потенциальной энергии.
12. Чему равна кинетическая энергия системы тел?
13. Для каких систем тел справедлив закон сохранения механической энергии.
14. Найти приращение энергии ΔE , если:

а) $E_1 = 3$ Дж, $E_2 = 5$ Дж;

б) $E_1 = 8$ Дж, $E_2 = 6$ Дж.

- | | |
|---|--|
| <p>15. Тело массой 2 кг бросили с поверхности Земли вертикально вверх со скоростью 20 м/с. Если на поверхности Земли потенциальная энергия тела равна нулю и силами сопротивления воздуха можно пренебречь, значение его кинетической энергии после прохождения расстояния до точки максимального подъема составит...</p> | <p><i>Варианты</i></p> <p>200 Дж</p> <p>300 Дж</p> <p>100 Дж</p> <p>400 Дж</p> |
| <p>16. Тело массой 2 кг бросили с поверхности Земли вертикально вверх со скоростью 20 м/с. Если на поверхности Земли потенциальная энергия тела равна нулю и силами сопротивления воздуха можно пренебречь, значение его кинетической энергии на половине максимальной высоты подъема составит...</p> | <p>200 Дж</p> <p>100 Дж</p> <p>800 Дж</p> |

2.6. Упругие волны. Уравнение волны

Необходимо уяснить процессы образования и распространения волн в упругой среде, а также понятия «фронт волны» (или *волновой фронт*), «волновая поверхность» и связь длины волны λ , частоты ν и скорости волны v

$$\lambda \cdot \nu = v \quad (1)$$

Знать вывод плоской волны

$$\mathcal{E} = a \cdot \sin \left[\omega t - \frac{x}{v} + \varphi_0 \right] \quad (2)$$

Если в (2) продифференцировать аргумент функции, то получим $\frac{d}{dt} \left[\omega t - \frac{x}{v} + \varphi_0 \right] = 0$, откуда $\frac{dx}{dt} = v$ и, скорость распространения волны v в уравнении (2) есть скорость перемещения фазы, т. е. v – *фазовая скорость*.

Уравнению плоской волны можно придать симметричный относительно x и t вид, введя *волновое число*

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v} \quad (3)$$

Тогда уравнение плоской синусоидальной *бегущей волны*, распространяющейся вдоль оси x , будет иметь вид

$$\mathcal{E} = a \cdot \sin(\omega t - kx + \varphi_0) \quad (4)$$

или, если $\varphi_0 = 0$

$$\mathcal{E} = a \cdot \sin(\omega t - kx) \quad (5)$$

Амплитуда колебаний a не зависит от x , если энергия волны не поглощается средой.

Обратить внимание на отличие стоячих волн от бегущих, изучить механизм образования стоячих волн, вызванных интерференцией волн исходящих из источников и отраженных от границ колеблющегося тела.

Вопросы для самопроверки

1. Что называется поперечной и продольной волной?
2. Какого типа волны наблюдаются в твердых, жидких и газообразных средах?

3. Напишите уравнение плоской синусоидальной волны и объясните величины, в него входящие.

4. Дайте понятия *волнового фронта*, *волновой поверхности* и *волнового числа*.

5. Чему равна плотность потока энергии упругой волны (*вектор Умова*).

6. Уравнение плоской синусоидальной волны, *Варианты* распространяющейся вдоль оси *OX* со скоростью 500 м/с, *ответов:*

имеет вид $\delta = 0,01 \sin(10^3 t - kx)$. Волновое число k (в м^{-1}) равно... 2
5
0,5

7. Уравнение плоской синусоидальной волны, распространяющейся вдоль оси *OX*, имеет вид $\delta = 0,01 \sin(10^3 t - 2x)$. 6,28
2
1

Период (в мс) равен...

8. Уравнение плоской синусоидальной волны, распространяющейся вдоль оси *OX*, имеет вид $\delta = 0,01 \sin 10 \left(t - \frac{x}{500} \right)$. Длина волны (в м) равна... 3,14
1000
2

2.7. Кинематика и динамика жидкостей

Необходимо знать закон Паскаля. На основании уравнения неразрывности струи и закона сохранения энергии вывести уравнение Бернулли. Знать отличия идеальной и реальной жидкостей. Объяснить физический смысл коэффициента вязкости и числа Рейнольдса. Понять причины внутреннего трения (вязкости) жидкости и методы его определения.

Следует знать особенности строения жидкости, уяснить понятия *ближний порядок* и *сфера молекулярного действия*, особенности молекулярных сил. Надо обратить внимание на причины образования поверхностного слоя жидкости, на силы, которые в этом слое действуют.

Ознакомиться с явлениями на границе жидкости и твердого тела (смачивание и несмачивание – полное и частичное). Знать вывод формулы добавочного давления под искривленной поверхностью жидкости (формула Лапласа), роль добавочного давления в капиллярах.

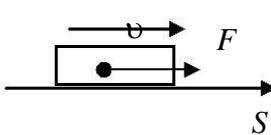
Необходимо знать вывод формулы, определяющей зависимость величины капиллярного давления от кривизны поверхности жидкости (формула Жюрена).

Вопросы для самопроверки

1. Чем обусловлено давление в неподвижных жидкостях?
2. Что такое линии тока и трубки тока?
3. Какое движение жидкости называется ламинарным, турбулентным?
4. Выведите уравнение Бернулли и примените его для случая горизонтального течения жидкости (при отсутствии трения).
5. Чем обусловлено внутреннее трение? Что называется коэффициентом вязкости и каковы единицы его измерения в системах СИ и СГС?
6. Что такое кинематическая вязкость?
7. Объясните назначение и физический смысл числа Рейнольдса.
8. Поясните сущность метода Стокса для измерения коэффициента динамической вязкости жидкости. .
9. От чего зависит величина добавочного лапласового давления?
10. Что характеризует коэффициент поверхностного натяжения жидкости? В каких единицах он измеряется в системе СИ и как зависит от температуры?
11. Чем объясняют явления смачивания и несмачивания?
12. Дайте понятие *капилляра*.
13. Капиллярная постоянная.

2.8. Примеры решения задач

Задача 1. Тело массой 1 кг под действием постоянной силы движется прямолинейно. Зависимость пути, пройденного телом, от времени задается уравнением $S = 2t^2 + 4t + 1$. Определить работу силы за 10 с от начала ее действия и зависимость кинетической энергии от времени.

$A = ? \quad E_k = ?$	<p>Решение</p> <p>Работа, совершаемая силой</p> $A = \int F \cdot dS. \quad (1)$ <p>Сила, действующая на тело, по второму закону Ньютона равна</p> $\frac{2}{d} \frac{S}{dt^2}.$
$m = 1 \text{ кг}$ $S = 2t^2 + 4t + 1$ $t = 10 \text{ с}$	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> (2) </div> </div>
$F = ma, \text{ или } F = m \frac{d^2 S}{dt^2}$	

Мгновенное ускорение определяется первой производной от скорости по времени или второй производной от пути по времени.

В соответствии с этим

$$v = \frac{dS}{dt} = 4t + 4, \quad (3)$$

$$a = \frac{dv}{dt} = 4. \quad (4)$$

Тогда

$$F = ma = 4m. \quad (5)$$

По выражению (3) находим

$$dS = (4t + 4)dt. \quad (6)$$

Подставив (5) и (6) в уравнение (1), получим

$$A = \int 4m(4t + 4)dt.$$

По этой формуле вычислим работу, совершаемую силой за 10 с с начала ее действия:

$$A = \int_0^{10} (16mt + 16m)dt = m \left[\frac{16t^2}{2} + 16t \right]_0^{10} = 1 \cdot (8 \cdot 100 + 16 \cdot 10) = 960 \text{ (Дж)}$$

Кинетическая энергия равна

$$E_K = \frac{mv^2}{2}. \quad (7)$$

Подставляя (3) в (7), имеем:

$$E_K = \frac{m(4t + 4)^2}{2} = m(8t^2 + 16t + 8).$$

$$\text{Ответ: } A = 960 \text{ Дж; } E_K = m(8t^2 + 16t + 8).$$

Задача 2. Маховик, обладающий моментом инерции 4 кг м^2 , вращается и под действием постоянного тормозящего момента уменьшает свою частоту вращения с 600 об/мин до 120 об/мин за 2 минуты. Вычислить: тормозящий момент M_T ; работу торможения A_T ; число оборотов N за время торможения.

$\varepsilon = ?$

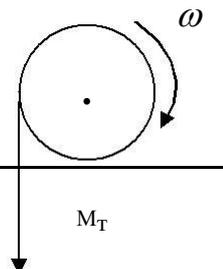
$M_T = ?$

$A_T = ?$

$N = ?$

Решение

Так как тормозящий момент постоянный, то вращение маховика равнозамедленное, следовательно, угловое ускорение



$J = 4 \text{ кг} \cdot \text{м}$ $n_0 = 10 \text{ об/с}$ $n_t = 2 \text{ об/с}$ $t = 120 \text{ с}$	$\varepsilon = \frac{\omega t - \omega_0}{t},$ <p>где $\omega = 2\pi \cdot n$</p>
	<p>Подставляя числовые значения, получим:</p> $\varepsilon = \frac{4\pi \cdot 20\pi - 40\pi}{120120} = - \frac{16 \cdot 3,14}{120120} = -0,42(\text{с}^{-2}).$ <p>Из основного закона динамики вращательного движения найдем тормозящий момент $M_T = J \cdot \varepsilon$. Подставляя числовые данные, получим $M_T = 4 \cdot (-0,42) = -1,68 (\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}) = -1,68 (\text{Н} \cdot \text{м}).$ Работа торможения равна изменению кинетической энергии маховика</p> $A = E_{k2} - E_{k1} = \frac{J\omega_t^2}{2} - \frac{J\omega_0^2}{2}.$ <p>Подставляя числовые данные, получим</p> $A_T = \frac{4 \cdot (20\pi)^2}{2} - \frac{4 \cdot (4\pi)^2}{2} = 2 \cdot (400 - 16) \cdot 3,14^2 = 2 \cdot 384 \cdot 9,86 = 7572 (\text{Дж}).$ <p>За время торможения маховик совершил N полных оборота,</p> $\frac{\varphi}{\pi}.$ <p>или угол поворота $\varphi = 2\pi N$, откуда $N = \frac{\varphi}{2\pi}$</p> <p>Угол φ определим по формуле $A = M \cdot \varphi$</p> $\varphi = \frac{A}{M}.$ <p>Следовательно, $N = \frac{A}{2\pi M}$.</p> $N = \frac{7572}{6,28 \cdot 1,68} = 718 (\text{оборотов}).$ <p>Ответ: $\varepsilon = -0,42 \text{ с}^{-2}$; $M_T = -1,68 \text{ Н} \cdot \text{м}$; $A_T = 7572 \text{ Дж}$; $N = 718 \text{ оборотов}$.</p>

Задача 3. Математический маятник массой 20 г колеблется с амплитудой 5 см. Максимальная скорость маятника равна $15,7 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$. Определить частоту, период и циклическую частоту колебаний, длину нити, полную энергию и максимальное ускорение маятника.

Решение

 $v, T, \omega, l, E, \zeta_{\max} = ?$

$$m = 2 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$$

$$A = 0,05 \text{ м}$$

$$v_{\max} = 15,7 \cdot 10^{-2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

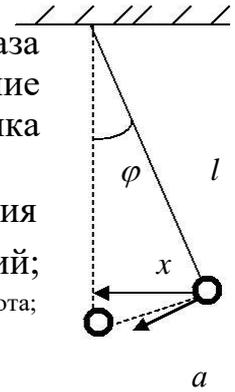
Для случая $\varphi_0 = 0$ (начальная фаза колебаний не задана), уравнение гармонических колебаний маятника

$$x = A \cdot \cos \omega t,$$

где x – смещение маятника от положения равновесия; A – амплитуда колебаний;

$$\omega = 2\pi/T \text{ – циклическая (круговая) частота;}$$

T – период колебания; t – время.



$$\text{Скорость колебаний } v = \frac{dx}{dt} = A \cdot \omega \cdot \sin \omega t.$$

Отсюда следует, что $v_{\max} = \omega \cdot A$, и $\omega = \frac{v_{\max}}{A}$.

Подставляя числовые данные, получим

$$\omega = \frac{15,7 \cdot 10^{-2}}{0,05} = 3,14 \text{ (с}^{-1}\text{)}. [\omega] = \frac{\text{М}}{\text{М}} = \text{с}^{-1}.$$

Период и частота колебаний

$$T = \frac{2\pi}{\omega}. T = \frac{2 \cdot 3,14}{3,14} = 2 \text{ с}. \quad \nu = \frac{1}{T}. \nu = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ (Гц)}.$$

Из формулы периода колебаний математического маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \text{ находим длину маятника:}$$

$$l = \frac{gT^2}{4\pi^2}, l = \frac{9,8 \cdot 4}{4 \cdot 9,86} \approx 1 \text{ (м)}$$

Полная энергия маятника $E = \frac{m\omega^2 A^2}{2}$.

$$E = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 3,14^2 \cdot 25 \cdot 10^{-4} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ (Дж)}.$$

Ускорение маятника в любой момент времени

$$a = \frac{dv}{dt} = -\omega^2 \cdot A \cdot \cos \omega t.$$

Максимальное ускорение $a_{\max} = \omega^2 \cdot A$.

$$a_{\max} = 3,14^2 \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 0,5 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

Ответ:

$$T = 2 \text{ с}, \nu = 0,5 \text{ Гц},$$

$$\omega = 3,14 \text{ с}^{-1}, l \approx 1 \text{ м},$$

$$E = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}, a_{\max} = 0,5 \text{ м/с}^2.$$

max

3. ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕРМОДИНАМИКИ

3.1. Физические основы молекулярно-кинетической теории газов. Явления переноса

Следует обратить внимание на два качественно различных и взаимодополняющих метода исследования свойств тел и физических явлений – статистический (молекулярно-кинетический) и термодинамический.

Свойства огромной совокупности молекул отличны от свойств каждой отдельной молекулы и определяются средними значениями кинематических характеристик структурных частиц, т. е. их скоростей, энергий и т.д. Молекулярно-кинетическая теория оперирует исключительно средними величинами для выяснения таких явлений, как давление, расширение при нагревании, диффузия, теплопроводность, внутреннее трение или вязкость и др., для чего вводятся такие величины, как средняя квадратичная скорость движения молекул и их средняя кинетическая энергия, средняя длина свободного пробега, среднее число столкновений молекул газа в единицу времени и др.

Важным является вывод основного уравнения молекулярно-кинетической теории для идеального газа, устанавливающего связь между давлением и средней кинетической энергией молекул газа, а также связь между средней кинетической энергией молекул и абсолютной температурой газа. Необходимо продумать и усвоить закон распределения молекул по скоростям и рассмотреть общие характеристики явлений переноса: *диффузии, внутреннего трения, теплопроводности*, составить ясное представление о том, перенос какой физической величины молекулами газа имеет место в каждом из трех перечисленных явлений и что является их движущей силой.

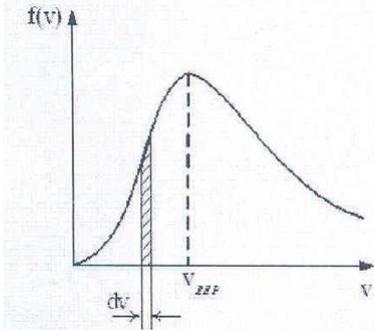
Вопросы для самопроверки

1. Какой газ называется идеальным? Какими параметрами определяется состояние идеального газа?
2. Выведите уравнение Менделеева–Клайперона для моля газа.
3. Выведите основное уравнение кинетической теории для идеального газа.
4. Что такое средняя квадратичная и наиболее вероятная скорость молекул?
5. Что такое «степень свободы»? Сколько степеней свободы имеет двухатомная молекула идеального и реального газа?

6. Переносом каких физических величин характеризуется явление диффузии, внутреннего трения, теплопроводности?

7. На рисунке представлен график функции распределения молекул идеального газа по скоростям (распределение Максвелла),

где $f(v) = \frac{dN}{Ndv}$ – доля молекул, скорости которых заключены в интервале скоростей от v до $v + dv$ в расчете на единицу этого интервала



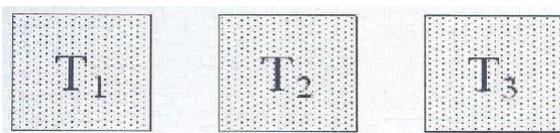
Для этой функции верным утверждением является...

- при изменении температуры площадь под кривой *изменяется*;
- при изменении температуры площадь под кривой *не изменяется*;
- с уменьшением температуры величина максимума *уменьшается*.

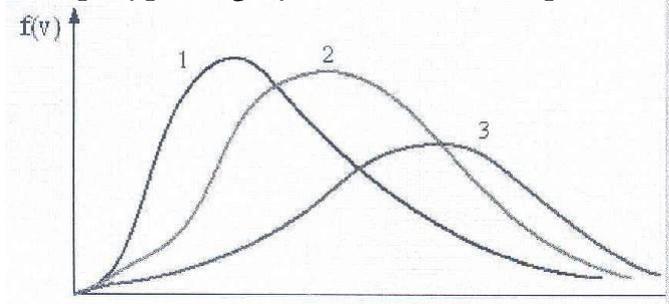
8. Если ΔU – изменение внутренней энергии идеального газа, A – работа газа, Q – количество теплоты, сообщаемое газу, то для изохорного охлаждения газа справедливы соотношения...

- $Q < 0$; $A < 0$; $\Delta U = 0$;
- $Q < 0$; $A < 0$; $\Delta U < 0$;
- $Q < 0$; $A = 0$; $\Delta U < 0$;
- $Q = 0$; $A > 0$; $\Delta U < 0$.

9. В трех одинаковых сосудах находится одинаковое количество газа, причем $T_1 > T_2 > T_3$.



Распределение скоростей молекул в сосуде с температурой T_3 будет описывать кривая...



3
2
1

3.2. Три начала термодинамики. Термодинамические функции состояния

В отличие от молекулярно-кинетической теории, термодинамика не изучает конкретные молекулярные взаимодействия, происходящие с отдельными атомами или молекулами, а рассматривает взаимопревращения и связь различных видов энергии, теплоты и работы. Термодинамика базируется на двух опытных законах (началах), которые позволяют описывать физические явления, связанные с превращением энергии макроскопическим путем. Поэтому все выводы, получающиеся из первого и второго законов термодинамики, применимы ко всем веществам: твердым, жидким, газообразным (в отличие от выводов молекулярно-кинетической теории, разработанной для газов).

При изучении основ термодинамики необходимо усвоить такие понятия, как *теплота, работа, теплоемкость, термодинамическая система, термодинамические параметры (параметры состояния), равновесное состояние, термодинамический процесс, уравнение состояния, внутренняя энергия* и т. д. Нужно уметь применять первый закон термодинамики к изопроцессам в идеальном газе.

Следует уметь вычислять теплоемкости газа (удельную и молярную) при постоянных объеме и давлении, исходя из теоремы о равномерном распределении энергии по степеням свободы.

Для понимания второго закона термодинамики необходимо усвоить понятия о необратимых и обратимых, а также круговых (циклических) процессах; выяснить, почему первый закон термодинамики является недостаточным для полного описания действительных процессов природы.

Следует знать сущность формулировки второго закона термодинамики Томсона и формулировки Клаузиуса, сравнить их.

Уяснить понятие *энтропия* системы ($S = k \ln W$) и свойства энтропии системы, знать неравенство Клаузиуса.

Надо обратить внимание, к каким практическим выводам приводит исследование идеальной тепловой машины, работающей по прямому циклу Карно, и какие результаты получаются, если тепловая машина работает по обратному циклу Карно.

При абсолютном нуле всякое тело (как правило) находится в основном состоянии и тогда *энтропия всякого тела стремится к нулю при стремлении к нулю температуры* $\lim_{T \rightarrow 0} S = 0$. Это утверждение

$$T \rightarrow 0$$

составляет содержание теоремы *Нернста*, которое иногда называют *третьим началом термодинамики*.

Все расчеты в термодинамике основываются на использовании функций состояния – *термодинамические потенциалы*. Каждому набору независимых параметров соответствует свой термодинамический потенциал. Таким потенциалом являются: *внутренняя энергия* $dU = TdS - pdV$, *свободная энергия* $F = U - TS$, *энтальпия* $H = U + pV$, *термодинамический потенциал Гиббса* $G = U - TS = U + pV - TS$.

Вопросы для самопроверки

1. Что утверждает первый закон термодинамики? Напишите его уравнение в общем виде и для изохорического процесса.
2. Какой процесс называется адиабатическим, и каким уравнением он описывается?
3. Почему теплоемкость газа при постоянном давлении больше, чем при $V = \text{const}$?
4. Какие процессы называются политропными? Напишите общее уравнение политропного процесса
5. Какие процессы называются обратимыми и какие необратимыми?
6. Что утверждает второй закон термодинамики?
7. Какие принципы положены в основу термодинамической (абсолютной) шкалы температуры?

8. Если ΔU – изменение внутренней энергии идеального газа, A – работа газа, Q – количество теплоты, сообщаемое газу, то для изобарного охлаждения газа справедливы соотношения...

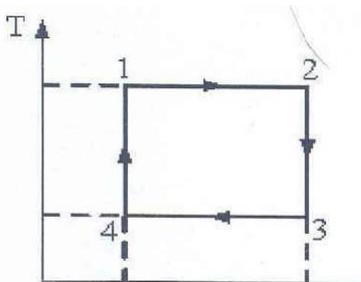
Варианты ответов:
 $Q < 0; A < 0; \Delta U < 0;$
 $Q = 0; A > 0; \Delta U < 0;$
 $Q < 0; A < 0; \Delta U = 0;$
 $Q < 0; A = 0; \Delta U < 0.$

9. Если ΔU – изменение внутренней энергии идеального газа, A – работа газа, Q – количество теплоты, сообщаемое газу, то для изобарного нагревания газа справедливы соотношения...

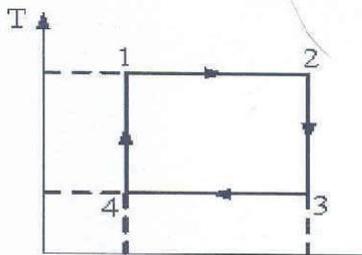
Варианты ответов:
 $Q > 0; A = 0; \Delta U > 0;$
 $Q > 0; A > 0; \Delta U = 0;$
 $Q > 0; A > 0; \Delta U > 0;$
 $Q = 0; A < 0; \Delta U > 0.$

10. На рисунке изображен цикл Карно в координатах (T, S) , где S – энтропия. Изотермическое расширение происходит на этапе...

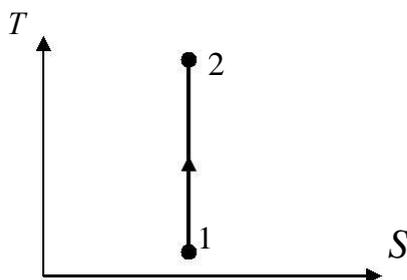
2–3
3–4
4–1
1–2



11. На рисунке изображен цикл Карно в координатах (T, S) , где S – энтропия. Адиабатическое сжатие происходит на этапе...



12. Процесс, изображенный на рисунке в координатах (T, S) , где S – энтропия, является...



3–4

4–1

2–3

1–2

изотермическим расширением;
адиабатическим сжатием;
изохорным нагреванием;
изобарным расширением

3.3. Некоторые свойства кристаллов

Иметь ясное представление о различиях в строении кристаллических и аморфных твердых тел. Монокристаллы и поликристаллы. Большинство технических материалов являются поликристаллами (мелкокристаллические агрегаты).

Иметь понятия: симметрия тела, элементы симметрии, группы Федорова, кристаллографическая система (сингония), объемно-центрированная и гранецентрированная решетки. Знать физические типы решеток в зависимости от характера сил взаимодействия между структурными частицами в решетке.

Уделить внимание механическим свойствам твердых тел. Уяснить сущность закона Гука (закона упругой деформации), а также закон Гука для основных видов упругих деформаций (одностороннее растяжение, всестороннее сжатие, сдвиг). Знать смысл модуля Юнга, модуля объемной деформации, модуль сдвига.

Иметь понятие о *молекулярных силах* и их особенностях. На знании примерного характера взаимодействия между структурными частицами сил отталкивания и притяжения построить потенциальную кривую взаимодействия частиц.

Вопросы для самопроверки

1. Чем отличается структура кристаллических тел и структура аморфных тел?
 2. Дайте понятия: монокристалл, поликристалл. Размеры кристаллитов в поликристаллах металлов.
 3. Почему кристалл обладает симметрией?
 4. В чем заключается свойство симметрии кристалла.
 5. Что представляют собой структурные частицы решетки кристаллов.
 6. На какие кристаллографические системы делятся кристаллы по форме элементарной ячейке? Дайте понятие *элементарная ячейка*.
 7. Виды упругих деформаций.
 8. Что устанавливает коэффициент Пуассона?
- $\frac{\Delta l}{l}$
9. Вид экспериментальной зависимости относительной деформации l от напряжения p .
 10. Суть закона Дюлонга и Пти.

3.4. Примеры решения задач

Задача 1. В баллоне объемом $V = 10$ л находится гелий под давлением $p_1 = 1$ МПа и при температуре $T_1 = 300$ К. После того, как из баллона было взято $m = 10$ г гелия, температура в баллоне понизилась до $T_2 = 290$ К. Определить давление гелия, оставшегося в баллоне.

$$\begin{array}{l}
 p_2 = ? \\
 \hline
 V = 10^{-2} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \\
 p_1 = 10^6 \text{ Па} \\
 T_1 = 300 \text{ К} \\
 \Delta m = 10^{-2} \text{ кг} \\
 T_2 = 290 \text{ К} \\
 M_{\text{He}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}
 \end{array}$$

Решение

Применим уравнение состояния идеального газа к конечному состоянию газа

$$p_2 \cdot V = \frac{m_2}{M} R T_2, \quad (1)$$

чтобы выразить искомое давление p_2 :

$$p_2 = \frac{m_2}{M} \cdot \frac{R T_2}{V}. \quad (2)$$

Массу, оставшегося в баллоне газа, выразим так:

$m_2 = m_1 - \Delta m.$ (3) Массу гелия m_1 , найдем из уравнения состояния, применив его к начальному состоянию:

$$m_1 = \frac{M \cdot p_1 \cdot V}{R \cdot T_1}. \quad (4)$$



Подставив в выражение (3) массу m_1 выражения (4), а затем полученное выражение в формулу (2), найдем p_2 :

$$p_2 = \left(\frac{M \cdot p_1 \cdot V}{R \cdot T_1} - \frac{\Delta m}{M \cdot V} \right) \cdot \frac{R \cdot T_2}{M}$$

или после преобразования и сокращения:

$$p_2 = \frac{T_2}{T_1} \cdot p_1 - \frac{\Delta m}{M} \cdot \frac{R \cdot T_2}{V} \quad (5)$$

Проверим размерность в выражении (5). В правой части формулы два слагаемых. Очевидно, что первое из них дает единицу давления. Проверим второе слагаемое

$$p = \frac{\text{кг}}{\text{кг/моль}} \times \frac{\text{Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot \text{К}}{\text{м}^3} = \frac{\text{кг} \cdot \text{моль}}{\text{кг}} \cdot \frac{\text{Дж} \cdot \text{К}}{\text{м}^3 \cdot \text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$= \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}^3} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па}.$$

Подставляя числовые данные, получим

$$p_2 = \left(\frac{290}{300} \cdot 10^6 - \frac{10^{-2} \cdot 8,31}{4 \cdot 10^{-3}} \cdot 290 \right) \cdot 10^{-5} = 3,64 \cdot 10^5 = 0,364 \text{ МПа}.$$

Ответ: $p_2 = 0,364 \text{ МПа}$.

Задача 2. Чему равны средние кинетические энергии поступательного и вращательного движения молекул, содержащихся в 4 кг кислорода при температуре минус 73 °С?

$E_{\text{пост.}} = ?$ $E_{\text{вр.}} = ?$

$$m = 4 \text{ кг}$$

$$T = 200 \text{ К}$$

$$M = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

O_2

Решение

Считаем кислород идеальным газом.

Молекула кислорода – двухатомная, связь между атомами считаем жесткой.

В среднем на одну степень свободы приходится энергия $\langle E_i \rangle = 1/2 k \cdot T$, где k – постоянная Больцмана.

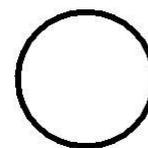
Поступательному движению приписывается три ($i = 3$), а вращательному две ($i = 2$) степени свободы. Тогда энергия одной молекулы:

$$\langle E_{\text{пост.}} \rangle = 3/2 k \cdot T, \quad \langle E_{\text{вр.}} \rangle = k \cdot T.$$

Число молекул, содержащихся в массе газа

$$N = \nu \cdot N_A = \frac{m}{M} \cdot N_A,$$

где N_A – постоянная Авогадро.



Тогда средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул кислорода

$$E_{\text{пост.}} = \frac{m \cdot N_A \cdot kT}{M} = \frac{5}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot RT,$$

где $R = kN_A$ – универсальная газовая постоянная.

Средняя кинетическая энергия вращательного движения молекул кислорода $E_{\text{вр.}} = \frac{m}{M} \cdot RT.$

Подставляя числовые значения, имеем

$$E_{\text{пост.}} = 3 \cdot 4 \cdot 8,31 \cdot 200 = 3,12 \cdot 10^5 \text{ (Дж)};$$

$$E_{\text{вр.}} = \frac{4 \cdot 8,31 \cdot 200}{32 \cdot 10^{-3}} = 2,08 \cdot 10^5 \text{ (Дж)}.$$

Проверяем размерность

$$\langle E_{\text{пост.}} \rangle = \frac{\text{кг} \cdot \text{Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot \text{К}}{\text{кг/моль}} = \text{Дж};$$

$$\langle E_{\text{вр.}} \rangle = \frac{\text{кг} \cdot \text{Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot \text{К}}{\text{кг/моль}} = \text{Дж}.$$

Ответ: $\langle E_{\text{пост.}} \rangle = 3,12 \cdot 10^5 \text{ (Дж)};$

$$\langle E_{\text{вр.}} \rangle = 2,08 \cdot 10^5 \text{ (Дж)}.$$

Задача 3. Кислород массой 320 г нагревают при постоянном давлении от 300 до 310 К. Определить количество теплоты, поглощенное газом, изменение внутренней энергии и работу расширения газа.

$$Q=? \Delta U=? A=?$$

$$m = 0,32 \text{ кг}$$

$$T_1 = 300 \text{ К}$$

$$T_2 = 310 \text{ К}$$

$$R = 8,31$$

$$\text{Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$$

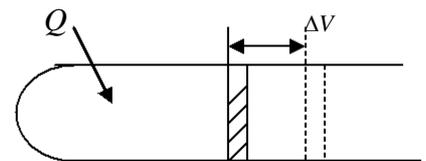
$$M = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

O_2

Решение

Количество теплоты, необходимое для нагревания газа при $p = \text{const}$:

$$Q = \frac{m}{M} \cdot C_p \cdot \Delta T.$$



(1)

Для всех двухатомных газов (с жесткой связью)

$$C_p = \frac{i+2}{2} \cdot R = \frac{5+2}{2} \cdot R = \frac{7}{2} \cdot R = \frac{7}{2} \cdot 8,31 = 29,1 \text{ [Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})].$$

Изменение внутренней энергии:

$$\Delta U = \frac{m}{M} \cdot C_v \cdot \Delta T. \quad (2)$$

M

Для всех двухатомных газов (с жесткой связью) $i = 5$, а

$$C_V = \frac{i}{2} \cdot R = \frac{5}{2} \cdot R = 2 \cdot 8,31 = 20,8 \text{ [Дж/(моль} \cdot \text{К)]}.$$

Работа расширения газа при $p = \text{const}$ равна:

$A = p \cdot \Delta V$, где $\Delta V = V_2 - V_1$ – изменение объема газа, которое можно найти по уравнению Клайперона–Менделеева. При $p = \text{const}$

$$pV_1 = \frac{m}{M} RT_1, \quad (3)$$

$$pV_2 = \frac{m}{M} RT_2. \quad (4)$$

Вычитая (4) из (3), находим: $p(V_2 - V_1) = \frac{m}{M} R(T_2 - T_1)$.

$$\text{Следовательно, } A = \frac{m}{M} \cdot R \cdot (T_2 - T_1). \quad (5)$$

Подставив значения в формулы (1), (2), (5), получим:

$$Q = \frac{0,32}{32 \cdot 10^{-3}} \cdot 29,1 \cdot 10 = 2910 \text{ (Дж)},$$

$$\Delta U = \frac{0,32}{32 \cdot 10^{-3}} \cdot 20,8 \cdot 10 = 2080 \text{ (Дж)},$$

$$A = \frac{0,32}{32 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 10 = 830 \text{ (Дж)}.$$

Ответ: $Q = 2910$ Дж,

$$U = 2080 \text{ Дж},$$

$$A = 830 \text{ Дж}$$

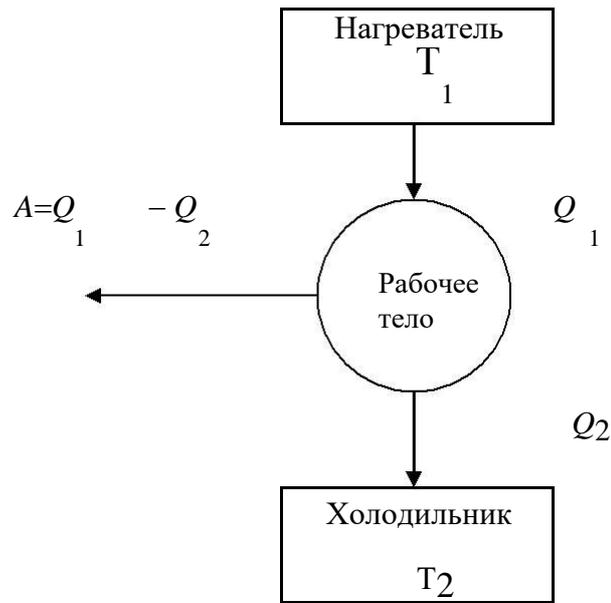
Задача 4. Идеальная тепловая машина за один цикл Карно получила от нагревателя $8 \cdot 10^4$ Дж. Чему равна полезная работа, совершенная машиной, если температура холодильника равна 27°C , а нагревателя 227°C ?

$A_{\text{цикл.}} = ? \quad \eta = ?$

$$Q_1 = 8 \cdot 10^4 \text{ Дж}$$

$$T_1 = 500 \text{ К}$$

$$T_2 = 300 \text{ К}$$



Решение

КПД машины $\varepsilon = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$, или $\varepsilon = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{A}{Q_1}$.

С помощью второй формулы можно найти полезную работу:

$$A = \varepsilon \cdot Q_1 = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot Q_1$$

Произведем вычисления: $\varepsilon = \frac{500 - 300}{500} = 0,4$;

$$A = 0,4 \cdot 8 \cdot 10^4 = 3,2 \cdot 10^4 \text{ (Дж)}.$$

Эта работа производится за один цикл Карно.

Ответ: $\eta = 0,4$;

$$A_{\text{цикл.}} = 3,2 \cdot 10^4 \text{ Дж}.$$

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

При изучении курса физики учебным планом предусмотрено выполнение контрольных работ. Контрольные работы содержат задачи, относящиеся к основным разделам курса, поэтому к их выполнению приступают после изучения соответствующих тем.

Последняя цифра зачетной книжки студента является номером варианта задания.

4.1. Требования, предъявляемые к выполнению контрольной работы

1. Контрольную работу выполните в отдельной тетради школьного типа, где оставьте поля для замечаний рецензента. Страницы пронумеруйте.

2. Титульный лист оформите по образцу:

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт торговли и сферы услуг

Контрольная работа по физике № _____

Выполнил:	Студент 1 курса ТТО Группа ЗИТ23-02БИТ Спиридонов Н. К.
Проверил:	канд.техн.наук, доцент Кондратюк Т.А.

3. Задачи решайте в нижеприведенной последовательности:

а) запишите в тетрадь условие задачи;

б) пользуясь буквенными обозначениями физических величин, выпишите отдельно в виде столбца условие задачи (слева, ниже выписанной задачи), при этом выразите соответствующие им числовые значения в единицах СИ;

в) для пояснения решения задачи аккуратно выполните чертеж; г) задачу решите в общем виде, т. е. в буквенных обозначениях;

д) решение задачи сопровождайте пояснениями и формулировками физических законов;

е) полученное в общем виде решение проверьте определением размерности обеих частей. Неравенство размерностей – признак наличия ошибки в решении;

ж) убедившись в правильности общего решения, замените в уравнении буквенные обозначения физических величин их числовыми значениями и произведите соответствующие вычисления;

з) числовой ответ, полученный после вычисления, запишите в конце решения в виде произведения десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти (например, вместо 0,00129 запишите $1,29 \cdot 10^{-3}$ и т. п.) с указанием единицы измерения;

возьмите из прил. 1;

к) в контрольной работе укажите учебники и учебные пособия, которыми пользовались в процессе решения задач.

4. Работа, выполненная без соблюдения вышеперечисленных требований, не рецензируется и отсылается студенту обратно без проверки.

5. Контрольную работу выслать на проверку в институт не позднее срока, указанного в учебном графике.

6. Получив проверенную контрольную работу, выполните работу над ошибками, если они имеются, в соответствии с замечаниями рецензента.

7. На собеседовании будьте готовы решить любую задачу в присутствии преподавателя и дать пояснения по ходу решения.

4.2. Задачи контрольной работы № 1

Вариант 1

1. Точка движется по прямой согласно уравнению $S = 0,5t^4 + 0,2t^2 + 2$ (длина в метрах, время в секундах). Найти скорость и ускорение точки в момент $t = 4$ с. Каковы средние значения скорости и ускорения за первые 4 с движения? Построить графики зависимости $S = f(t)$, $v = f(t)$, $a = f(t)$ для интервала $0 \leq t \leq 4$ с.

2. По куску мяса, лежащему на массивном столе массой $m_1 = 60$ кг, ударяют кухонным молотком $m_2 = 0,8$ кг. Определить КПД ε удара, если удар неупругий. Полезной считать энергию, пошедшую на деформацию мяса.

3. Под действием силы $F = 10 \text{ Н}$ тело движется прямолинейно так, что зависимость $S = f(t)$ дается уравнением $S = A - Bt + t^2$. Найти массу m тела.

4. Точка совершает гармоническое колебание. Период колебаний $T = 2 \text{ с}$, амплитуда $A = 50 \text{ мм}$, начальная фаза $\varphi_0 = 0$. найти скорость v точки в момент времени, когда смещение точки от положения равновесия $x = 25 \text{ мм}$.

5. В сосуде объемом 10 л находится 2 г водорода под давлением $p = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Какова полная кинетическая энергия одной молекулы?

6. Какую работу нужно совершить, чтобы в два раза уменьшить объем $6,4 \text{ г}$ кислорода путем изотермического сжатия при температуре 47° С ?

Вариант 2

1. Уравнение движения точки имеет вид $x = 5 + t + 2t^2 + t^3$ (длина в метрах, время в секундах). Найти положение точки в момент времени $t_1 = 1 \text{ с}$ и $t_2 = 4 \text{ с}$, скорости и ускорения в эти моменты времени. Построить графики зависимости $S = f(t)$, $v = f(t)$, $a = f(t)$ для интервала $0 \leq t \leq 4 \text{ с}$.

2. Материальная точка движется по окружности радиусом 1 м согласно уравнению $S = 8t - 0,2t^3$ (м). найти скорость, тангенциальное, нормальное и полное ускорение в момент времени 2 с .

3. Найти зависимость скорости от времени и силу, действующую на тело массой $0,1 \text{ кг}$ в конце третьей секунды, если координата со временем изменяется по закону $X = 2t - t^2 + 3t^3$.

4. Материальная точка имеет наибольшее смещение $0,25 \text{ м}$ и максимальную скорость $0,5 \text{ м/с}$. Написать уравнение гармонического колебания и определить максимальное ускорение точки.

5. Плотность газа ρ при давлении $p = 720 \text{ мм рт. ст.}$ и температуре $t = 0^\circ \text{ С}$ равна $1,35 \text{ г/л}$. Найти молярную массу M газа.

6. Какое количество теплоты выделится, если 1 г азота, взятого при 0° С под давлением 1 атм. , изохорически сжать до давления 10 атм. при температуре 0° С .

Вариант 3

1. Дано уравнение прямолинейного движения материальной точки $S = 8t^3 + t + 6$ (м). Найти скорость и ускорение точки в момент времени $t = 3 \text{ с}$, а также среднюю скорость и ускорение за первые 3 с движения. Построить графики зависимости $S = f(t)$, $v = f(t)$, $a = f(t)$ для интервала $0 \leq t \leq 3 \text{ с}$.

2. Диск вращается равноускоренно и за время $t_1 = 20 \text{ с}$ он сделал $N = 30$ оборотов. Определить угловую скорость диска, которую он приобрел

по истечении $t_2 = 2$ мин от начала движения и сколько оборотов он сделал за это время.

3. Какую часть общей кинетической энергии составляет энергия вращения для катящихся сплошного цилиндра и шара?

4. Медный шарик, подвешенный к пружине, совершает вертикальные колебания. Как изменится период колебаний, если к пружине подвесить вместо медного шарика алюминиевый такого же радиуса?

5. При температуре 35°C и давлении 7 атм. плотность газа $\rho = 12,2$ кг/м³. Определить молярную массу M газа.

6. Кислород массой $m = 250$ г, имеющий температуру $T = 200$ К, был адиабатически сжат. При этом была совершена работа $A = 25$ кДж. Определить конечную температуру газа.

Вариант 4

1. Материальная точка движется вдоль оси X по закону $x = 10 + 2t^3$ (м). Найти скорость и ускорение материальной точки в момент времени $t = 3$ с и вычислить среднюю скорость для интервала времени от $t_1 = 0$ до $t_2 = 3$ с. Построить графики зависимости $S = f(t)$, $v = f(t)$, $a = f(t)$ для интервала $0 \leq t \leq 3$ с.

2. Наклонная плоскость образует с горизонтом угол $\alpha = 45^\circ$. Тело скользит по наклонной плоскости и, пройдя путь $S = 36,4$ см, приобретает скорость $v = 2$ м/с. Найти коэффициент трения k тела о плоскость.

3. Сплошной диск массой 0,2 кг вращается вокруг оси, проходящей через его центр масс под действием момента сил $M = 8 \cdot 10^{-3}$ Нм. Закон вращения имеет вид $\varphi = 5 - t + 2t^2$ (рад). Определить радиус диска.

4. Материальная точка имеет наибольшее смещение 0,25 м и максимальную скорость 0,5 м/с. Написать уравнение гармонического колебания и определить ускорение точки.

5. Определить давление p_1 и p_2 газа, содержащего $N = 10^9$ молекул и имеющего объем $V = 1$ см³ при температурах $T_1 = 3$ К и $T_2 = 300$ К.

6. Объем водорода при изотермическом расширении увеличился в 3 раза. Определить работу A , совершенную газом, и теплоту Q , полученную при этом. Масса m водорода равна 200 г.

Вариант 5

1. Точка движется по прямой согласно уравнению $x = 2t + 0,5t^3$ (м). Найти среднюю скорость и ускорение мат в промежутке времени от $t_1 = 2$ с до $t_2 = 10$ с. Построить графики зависимости $S = f(t)$, $v = f(t)$, $a = f(t)$ для интервала времени $0 \leq t \leq 2$ с.

2. Тело скользит по наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол $\alpha = 45^\circ$. зависимость пройденного телом пути S от времени t дается уравнением $S = 1,73t^3$ (м). Найти коэффициент трения k тела о плоскость.

3. Однородный стержень длиной 0,5 м совершает малые колебания в вертикальной плоскости, около горизонтальной оси, проходящей через его верхний конец. Найти период колебания T стержня.

4. К пружине подвешен груз. Максимальная кинетическая энергия колебаний груза $E_{k \max} = 1$ Дж. Амплитуда колебаний $A = 5$ см. Найти жесткость k пружины.

5. При температуре $t = 37^\circ\text{C}$ и давлении $p = 708$ кПа плотность некоторого газа $\rho = 12,2$ кг/м³. Определить молярную массу M газа.

6. В сосуде емкостью 1 л находится 8 г кислорода. Определить среднюю длину свободного пробега молекул.

Вариант 6

1. Точка движется по прямой согласно уравнению $S = 6t + \frac{1}{8}t^3$ (м).

Определить среднюю скорость и ускорение точки в интервале времени от $t_1 = 2$ с до $t_2 = 6$ с. Построить графики зависимости $S = f(t)$, $v = f(t)$, $a = f(t)$ для интервала времени $2 \text{ с} \leq t \leq 6 \text{ с}$.

2. Материальная точка движется по окружности радиусом 1 м согласно уравнению $S = 8t - 0,2t^3$ (м). Найти скорость, тангенциальное, нормальное и полное ускорение в момент времени $t = 2$ с.

3. Под действием силы $F = 10$ Н тело движется прямолинейно так, что зависимость $S = f(t)$ дается уравнением $S = A - 6t + t^2$ (м). Найти массу тела и зависимость скорости от времени.

4. Материальная точка имеет наибольшее смещение 0,25 м и максимальную скорость 0,5 м/с. Написать уравнение гармонического колебания и определить максимальное ускорение точки.

5. При какой температуре в 1 м³ содержится $2 \cdot 10^{25}$ молекул идеального газа, если давление его равно $2 \cdot 10^5$ Па?

6. Масса $m = 10$ г кислорода находится при давлении $p = 300$ кПа и температуре $t = 10^\circ\text{C}$. После нагревания при $p = \text{const}$ газ занял объем $V = 10$ л. Найти количество теплоты Q , полученное газом, приращение U внутренней энергии газа и работу A , совершенную газом при расширении.

Вариант 7

1. Уравнение движения материальной точки вдоль оси X имеет вид $x = 2 + t - 5t^2$ (м). Найти координату X , скорость v и ускорение a материальной точки в момент времени $t = 2$ с. Каковы средние скорости и ускорение за первые 2 с движения? Построить графики зависимости $S = f(t)$, $v = f(t)$, $a = f(t)$ для интервала времени $0 \leq t \leq 3$ с.

2. Тело массой 1 кг под действием постоянной силы движется прямолинейно по закону $S = t^2 + 2t + 2$. Определить работу силы за 5 с после ее движения.

3. Сплошной цилиндр массой 10 кг имеет в некоторый момент скорость 10 м/с. Определить кинетическую энергию цилиндра, время его остановки, если на него действует сила сопротивления движению 50 Н.

4. Начальная фаза гармонического колебания $\varphi_0 = 0$. При смещении точки от положения равновесия $x_1 = 2,4$ см скорость точки $v_1 = 3$ см/с, а при смещении $x_2 = 2,8$ см, ее скорость $v_2 = 2$ см/с. Найти амплитуду A и период T этого колебания.

5. Баллон емкостью 100 л содержит сжатый азот. В результате расходования части азота его давление в баллоне уменьшилось на $2 \cdot 10^6$ Па. Определить массу вышедшего из баллона азота, если температура постоянна и равна 17°C .

6. Баллон с кислородом емкостью 20 л при давлении 100 атм. и температуре 7°C нагревается до 27°C . Какое количество теплоты при этом поглощает газ?

Вариант 8

1. Материальная точка движется прямолинейно по закону $S = t^4 + 2t^2 + 5$ (м). Определить скорость и ускорение точки в момент времени $t = 2$ с. Каковы средние значения скорости и ускорения за первые 2 с движения? Построить графики зависимости $S = f(t)$, $v = f(t)$, $a = f(t)$ для интервала времени $0 \leq t \leq 2$ с.

2. Тело массой $m = 0,2$ кг соскальзывает без трения с горки высотой $h = 2$ м. Найти изменение импульса Δp тела.

3. Молоток массой $m = 0,2$ кг ударяет по куску мяса, лежащему на твердом покрытии стола. Масса стола 50 кг. Определить КПД удара молотка при данных условиях. Удар считать неупругим. Полезной является энергия, пошедшая на деформацию куска мяса.

4. Полная энергия тела, совершающего гармоническое колебательное движение, $W = 30$ мкДж. Максимальная сила, действующая на тело, $F_{\max} =$

1,5 мН. Написать уравнение движения этого тела, если период колебаний $T = 2$ с и начальная фаза $\nu_0 = \pi/3$.

5. В сосуде объемом $1,5 \text{ м}^3$ содержится 10^{26} молекул идеального газа. Давление в сосуде $p = 200$ кПа. Определить температуру газа в сосуде.

6. Масса $m = 10$ г кислорода, находящегося при нормальных условиях сжимается до $1,4$ л. Найти давление и температуру кислорода после сжатия, если кислород сжимается: а) изотермически; б) адиабатически. Найти работу сжатия в каждом из этих случаев.

Вариант 9

1. Уравнения прямолинейного движения двух точек заданы в виде $S_1 = 4t^2 + t$ и $S_2 = 5t^2 + t^2$ (длина в метрах, время в секундах). В какой

момент времени скорости точек будут равны? Определить ускорения в этот момент времени. Построить графики зависимости $v = f(t)$.

2. С наклонной плоскости высотой 3 м соскальзывает без трения тело массой $m = 0,5$ кг. Определить изменение Δp импульса тела.

3. Для сообщения маховику угловой скорости, при которой он делает $n = 90$ об/мин, совершена работа $A = 94,2$ кг·м. Определить момент импульса движения маховика.

4. Точка участвует одновременно в двух взаимно-перпендикулярных

колебаниях: $x = \sin \omega t$ и $y = 2 \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$. Найти траекторию точки

начертить ее с соблюдением масштаба.

5. Сколько молей и сколько молекул газа находится в колбе емкостью 240 см^3 , если температура газа 20°C и давление 380 мм рт. ст.?

6. Масса 7 г углекислого газа была нагрета на $T = 10$ К в условиях свободного расширения. Найти работу A расширения газа и приращение U его внутренней энергии

Вариант 10

1. Материальная точка движется по кривой согласно уравнению

$x = 10 + 2t^3$. Найти среднюю скорость движения точки в промежутке

времени от $t_0 = 0$ до $t_1 = 3$ с, ее скорость и ускорение в момент времени $t = 3$ с. Построить графики $v = f(t)$, $a = f(t)$.

2. Чтобы остановить цилиндр массой $m = 2$ кг, катившийся по горизонтальной поверхности, потребовалось совершить работу, равную 24 Дж. Какова была начальная скорость цилиндра?

3. Точка совершает гармонические колебания с частотой $\nu = 1,25 \text{ с}^{-1}$. Амплитуда $A = 6 \text{ см}$, начальная фаза равна 0. Определить скорость точки в момент, когда ее смещение от положения равновесия равно 3 см.

4. Стальной шарик диаметром $d = 1 \text{ мм}$ падает с постоянной скоростью $v = 0,185 \text{ см/с}$ в большом сосуде, наполненном подсолнечным маслом. Найти кинематическую и динамическую вязкость масла.

5. Количество вещества ν кислорода равно 0,5 моль. Определить внутреннюю энергию U водорода, а также среднюю кинетическую энергию $\langle \mathcal{E}_k \rangle$ молекулы этого газа при температуре $T = 300 \text{ К}$.

6. Азот массой $m = 0,1 \text{ кг}$ был изобарно нагрет от $T_1 = 200 \text{ К}$ до $T_2 = 400 \text{ К}$. Определить работу A , совершенную газом, полученную им теплоту Q и изменение внутренней энергии U .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волькенштейн В. С. Сборник задач по общему курсу физики / В. С. Волькенштейн. – 10-е изд. – М. : Наука, 2000. – 364 с.
2. Грабовский Р. И. Курс физики / Р. И. Грабовский. – М. : Высш. шк., 2002.
3. Поцелуйко А. А. Общая физика : курс лекций для студентов торгово-экономических вузов / А. А. Поцелуйко ; Краснояр. гос. торг.-экон. ин-т. – Красноярск, 2005. – 236 с.
4. Савельев И. В. Курс общей физики : в 3 т / И. В. Савельев. – М. : Наука, 2002.
5. Трофимова Т. И. Курс физики / Т. И. Трофимова. – М. : Высш. шк., 2008.

Фундаментальные и основные физические константы

Нормальное ускорение свободного падения	$g = 9,806\ 65\ \text{м/с}^2$
Гравитационная постоянная	$\gamma = 6,672\ 59 \cdot 10^{-11}\ \text{м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$
Постоянная Авогадро	$N_A = 6,022\ 1367 \cdot 10^{23}\ \text{моль}^{-1}$
Универсальная газовая постоянная	$R = 8,314\ 510\ \text{Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
Постоянная Больцмана	$k = 1,380\ 658 \cdot 10^{-23}\ \text{Дж/К}$
Постоянная Лошмидта	$n_0 = 2,686\ 763 \cdot 10^{25}\ \text{м}^{-3}$
Скорость света в вакууме	$c = 299\ 792\ 458\ \text{м/с}$
Элементарный заряд	$e = 1,602\ 17733 \cdot 10^{-19}\ \text{Кл}$
Электрическая постоянная	$\varepsilon = 8,854\ 187\ 817 \cdot 10^{-12}\ \text{Ф/м}$
Масса покоя электрона	$m_e = 9,109\ 389\ 7 \cdot 10^{-31}\ \text{кг}$
Постоянная Фарадея	$F = 9,648\ 530\ 9\ \text{Кл/моль}$
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 12,566370614 \cdot 10^{-7}\ \text{Н/А}^2 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \text{Н/А}^2$
Постоянная Стефана–Больцмана	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}\ \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$
Постоянная Вина (закон смещения)	$b = 2,89 \cdot 10^{-3}\ \text{м} \cdot \text{К}$
Постоянная Планка	$h = 6,626\ 075\ 5 \cdot 10^{-34}\ \text{Дж} \cdot \text{с}$
Постоянная Ридберга $m_e c a^2 / \lambda h$	$R_\infty = 109\ 737\ 31,534\ \text{м}^{-1}$
Боровский радиус $a/(4\pi R_e)$	$a_0 = 0,529\ 177\ 249 \cdot 10^{-10}\ \text{м}$
Комптоновская длина волны электрона $h/(m_e c)$	$\lambda_K = 2,42631058 \cdot 10^{-12}\ \text{м}$
Энергия ионизации атома водорода	$\varepsilon = 2,18 \cdot 10^{-18}\ \text{Дж} = 13,6\ \text{эВ}$
Атомная единица массы	$1\ \text{а. е. м.} = 1,660\ 540\ 2 \cdot 10^{-27}\ \text{кг}$
Масса покоя протона	$m_p = 1,672\ 623\ 1 \cdot 10^{-27}\ \text{кг}$
Масса покоя нейтрона	$m_n = 1,674\ 928\ 6 \cdot 10^{-27}\ \text{кг}$
Масса покоя дейтрона	$m_d = 3,343\ 586\ 0 \cdot 10^{-27}\ \text{кг}$
Масса покоя α -частицы	$m_\alpha = 6,644\ 22 \cdot 10^{-27}\ \text{кг}$

Перевод системных и внесистемных единиц в единицы СИ

Сила F	СГС	Дина	$10^{-5}\ \text{Н}$
Работа A	МКГС	кг-сила	9,81 Н
	СГС	Эрг	$10^{-7}\ \text{Дж}$
Давление p		электрон-вольт (эВ)	$1,6 \cdot 10^{-19}\ \text{Дж}$
		мегаэлектрон-вольт (МэВ)	$1,6 \cdot 10^{-13}\ \text{Дж}$
		Бар	$10^5\ \text{Па}$
Динамическая вязкость η		мм рт. ст.	$133,3\ \text{Па}$
		физическая атмосфера	$1,013 \cdot 10^5\ \text{Па}$
	СГС	Пуаз	$0,1\ \text{Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$
Кинематическая вязкость ν	СГС	Стокс	$10^{-4}\ \text{м}^2/\text{с}$
Заряд электрический q	СГСЭ	СГСЭ q	$3,33 \cdot 10^{-10}\ \text{Кл}$

**Производные единицы СИ,
имеющие собственные наименования**

Величина		Единица		Выражение производной единицы	
наименование	обозначение	наименование	обозначение	другие СИ	через основные единицы СИ
Частота	ν	Герц	Гц	с^{-1}	
Сила	F	Ньютон	Н	$\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$	
Давление	P	Паскаль	Па	$\text{Н} / \text{м}^2$	$\text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{м}^{-2}$
Энергия, работа, теплота	E, W, Q	Джоуль	Дж	$\text{Н} \cdot \text{м}$	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$
Мощность, поток энергии	U, N, P	Ватт	Вт	$\text{А} \cdot \text{В}$	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-1}$
Количество электричества, электрический заряд	Q, q	Кулон	Кл	$\text{А} \cdot \text{с}$	$\text{с} \cdot \text{А}$
Электрическое напряжение, электрический потенциал	U, φ	Вольт	В	$\text{Вт} / \text{А}$	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-1}$
Электрическая емкость	C	Фарад	Ф	$\text{Кл} / \text{В}$	$\text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^4 \cdot \text{А}^2$
Электрическое сопротивление	R, r	Ом	Ом	$\text{В} / \text{А}$	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-2}$
Электрическая проводимость	σ	Сименс	См	$\text{А} / \text{В}$	$\text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^3 \cdot \text{А}^2$
Поток магнитной индукции	Φ	Вебер	Вб	$\text{В} \cdot \text{с}$	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1}$
Магнитная индукция	Φ	Тесла	Тл	$\text{Вб} / \text{м}^2$	$\text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$
Индуктивность	L	Генри	Гн	$\text{Вб} / \text{А}$	$\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-2}$
Световой поток	Φ	люмен	лм	$\text{кд} \cdot \text{ср}$	
Освещенность	E	люкс	лк	$\text{лм} / \text{м}^2$	$\text{кд} \cdot \text{ср} \cdot \text{м}^{-2}$
Активность нуклида в радиоактивном источнике		Беккерель	Бк	с^{-1}	
Поглощенная доза излучения		Грей	Гр	$\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$	
Эквивалентная доза излучения		Зиверт	Зв	$\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$	

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименований

Приставка		Множитель	Приставка		Множитель
наименование	обозначение		наименование	обозначение	
экса	Э	10^{18}	санти	с	10^{-2}
пета	П	10^{15}	мили	м	10^{-3}
тера	Т	10^{12}	микро	мк	10^{-6}
гига	Г	10^9	нано	н	10^{-9}
мега	М	10^6	пико	п	10^{-12}
кило	к	10^3	фемта	ф	10^{-15}
деци	д	10^{-1}	атто	А	10^{-18}

Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

Наименование величины	Единица		
	наименование	обозначение	соотношение с единицей СИ
Масса	тонна	т	10^3 кг
	атомная единица массы	а. е. м.	$1,66 \cdot 10^{-27}$ кг
Время	минута	мин	60 с
	час	ч	3600 с
	сутки	сут	86 400 с
Плоский угол	градус	°	$1,74 \cdot 10^{-2}$ рад
	минута	'	$2,91 \cdot 10^{-4}$ рад
	секунда	"	$4,85 \cdot 10^{-6}$ рад
Объем, вместимость	литр	л	10^{-3} м ³
Длина	астрономическая единица	а. е.	$1,50 \cdot 10^{11}$ м
	световой год	св. год	$9,46 \cdot 10^{15}$ м
	парсек	ПК	$3,08 \cdot 10^{16}$ м
Оптическая сила	диоптрия	дптр	1 м ⁻¹
	гектар	га	10 ⁴ м ²
Энергия	электрон-вольт	эВ	$1,60 \cdot 10^{-19}$ Дж
Полная мощность	вольт-ампер	В·А	
	Реактивная мощность	вар	

Учебно-методическое издание

Составитель:
Кондратюк Татьяна Алексеевна

ФИЗИКА

*Методические указания
к выполнению контрольных работ*