

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

ФИЗИКА

Методические указания
к контрольным работам
по направлению подготовки
08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»

Пенза 2016

УДК 53(075)
ББК 22.3я7
Ф50

Рекомендовано Редсоветом университета
Рецензент – кандидат технических наук, доцент
С.В. Тертычная (ПГУ)

Физика: метод. указания к контрольным работам по направ-
Ф50 лению подготовки 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и
сооружений» / Т.С. Шмарова. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 24 с.

Приведены методические рекомендации по решению задач, варианты контрольных работ по основным разделам курса общей физики, примеры решения задач.

Методические указания разработаны на кафедре «Физика и химия» с учетом компетентностного подхода к процессу обучения и предназначены для контроля знаний студентов направления подготовки 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2016
© Шмарова Т.С., 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие методические указания разработаны в соответствии с программой курса «Физика» ФГОС ВО третьего поколения для направления подготовки 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» и имеет целью совершенствование компетенций как в процессе овладения студентами знаниями о явлениях природы в вузе, так и в последующей профессиональной и научной деятельности.

Методические указания содержат варианты контрольных работ по основным разделам физики: механике, электричеству и магнетизму, молекулярной физике, термодинамике, оптике, квантовой физике, физике атомного ядра и элементарных частиц. Проверка умения решать задачи позволяет преподавателю оценить глубину усвоения материала студентами, помогает определить знание формул и способность их применять.

Контроль знаний является одним из путей повышения качества обучения. Правильно организованная проверка способствует выработке у студентов навыка самостоятельной работы по изучению дисциплины.

Систематический контроль способствует формированию компетенций:

• **Готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала.**

Показатели достижения заданного уровня освоения компетенции:

знать:

– основные познавательные процессы, понятия «мотивация» и «потребность»;

– волевые качества личности;

– современные достижения в области профессиональных интересов;

уметь:

– применять методы и средства познания для интеллектуального развития, повышения культурного уровня;

– ставить целью получение информации и выбирать рациональный путь ее достижения;

– анализировать и обобщать полученные результаты;

– самостоятельно расширять, углублять и приобретать знания по физике с использованием современных образовательных и информационных технологий;

– стремиться к саморазвитию, анализируя недостатки и исправляя ошибки в применении знаний;

– диагностировать неполноту знаний;

– применять методы формирования волевых качеств;

– осваивать самостоятельно новые разделы фундаментальных наук, используя достигнутый уровень знаний;

– выстраивать перспективы профессионального саморазвития;

владеть:

– приемами развития памяти, мышления, анализа и обобщения информации;

– навыками профессионального мышления;

- развитой мотивацией к саморазвитию с целью повышения квалификации и профессионального мастерства;
- методами развития личности.

- Способность к самоорганизации и самообразованию.

Показатели достижения заданного уровня освоения компетенции:

знать:

- основы культуры мышления, анализа и восприятия информации;
- способы организации работы;

уметь:

- воспринимать и обобщать информацию;
- организовывать учебную деятельность: ставить цель, планировать, определять оптимальное соотношение цели и средств;
- предвидеть возможные результаты своих действий;

владеть:

- методами научного познания;
- навыками планирования и организации работы;
- навыками контроля и оценки своей деятельности;
- способностью к использованию инновационных идей, формирующих новые подходы к изучению физических явлений.

- **Владение эффективными правилами, методами и средствами сбора, обмена, хранения и обработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией.**

Показатели достижения заданного уровня освоения компетенции:

знать:

- сущность работы с компьютером как средством управления информацией;
- сущность работы в Интернете и получение информации в глобальных сетях;

уметь:

- использовать различные источники информации для решения познавательных и коммуникативных задач;
- использовать, хранить и перерабатывать информацию с применением вычислительной техники;
- получать информацию из глобальных сетей, позволяющую расширить свой уровень знаний;

владеть:

- основными методами, способами и средствами получения, хранения и переработки информации;
- основами работы с компьютером как средством управления информацией на уровне, позволяющем использовать компьютерную технику и специализированные компьютерные программы в своей профессиональной деятельности.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

С целью углубления понимания физических процессов необходимо овладеть умением решать задачи по физике. Прежде, чем приступить к решению задач контрольной работы по определенному разделу курса физики, нужно ознакомиться с соответствующим теоретическим материалом, пользуясь конспектом лекций и рекомендованным преподавателем учебником. Особое внимание нужно уделить основным физическим законам и определениям.

Но для решения задач недостаточно теоретических знаний, необходимы специальные знания по методике решения задач. Эти специальные знания приобретаются в ходе самостоятельного решения большого числа задач. Поэтому, чтобы успешно написать в конце семестра контрольную работу, начинать подготовку следует заранее, с первых занятий по физике.

Методика решения задач по физике рекомендует придерживаться следующего алгоритма действий:

- 1) представление физической модели задачи, т.е. проникновение в физическую суть условий поставленной задачи;
- 2) поиск решения, т.е. исследование возможных вариантов решения данной задачи;
- 3) решение задачи, т.е. действия в соответствии с выбранным вариантом;
- 4) оценка полученных результатов, отказ от нефизических вариантов ответов.

Первый этап решения задачи является наиболее важным. Поможет в представлении физической сути задачи следующая последовательность действий:

- а) внимательно прочитайте условие задачи;
- б) запишите ее краткое условие, выполнив перевод внесистемных единиц в систему СИ;
- в) при необходимости сделайте чертеж.

На втором этапе следует применить известные алгоритмы решения аналогичных физических задач. При этом совсем необязательно, что первый же алгоритм приведет к правильному решению. Физические задачи очень разнообразны, для их решения могут использоваться разные алгоритмы. Вторым этапом называется этапом поиска решения, поэтому, столкнувшись с неудачей, надо искать другие варианты решений. Это нормальный процесс решения задач. При решении задачи необходимо проявить волю и усидчивость. Успешное выполнение второго этапа предполагает следующую последовательность действий:

- а) запишите физические формулы, отражающие законы, которые лежат в основе явлений, описанных в задаче;

б) установите зависимость между исходными данными задачи и искомыми величинами;

в) решите задачу в общем виде, получите буквенное выражение искомым величин;

г) проведите проверку размерности полученных выражений.

На третьем этапе проведите вычисления по полученным формулам.

Четвертый этап заключается в проведении анализа полученного решения.

Контрольная работа №1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

Пример 1. Модуль вектора скорости точки $v = At + B$, где $A = 3 \text{ м/с}^2$, $B = 2 \text{ м/с}$. Модуль вектора полного ускорения $a = 3A$. Определите тангенциальное и нормальное ускорения, а также радиус кривизны траектории в момент времени 2 с.

Дано:

$$v = At + B$$

$$A = 3 \text{ м/с}^2$$

$$B = 2 \text{ м/с}$$

$$a = 3A$$

$$t = 2 \text{ с}$$

$$a_\tau - ?$$

$$a_n - ?$$

$$R - ?$$

Решение.

Тангенциальное ускорение найдем как производную линейной скорости по времени:

$$a_\tau = \frac{dv}{dt} = \frac{d(At + B)}{dt} = A.$$

Полное, тангенциальное и нормальное ускорения связаны между собой соотношением:

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}.$$

Отсюда выразим нормальное ускорение:

$$a_n = \sqrt{a^2 - a_\tau^2} = \sqrt{9A^2 - A^2} = \sqrt{8A^2}.$$

Учитывая, что $a_n = \frac{v^2}{R}$, получим: $R = \frac{v^2}{a_n} = \frac{(At + B)^2}{\sqrt{8A^2}}.$

Расчет: $a_\tau = 3 \text{ м/с}^2$; $a_n = \sqrt{8 \cdot 3^2} = 8,49 \text{ м/с}^2$; $R = \frac{(3 \cdot 2 + 2)^2}{\sqrt{8 \cdot 3^2}} = 7,54 \text{ м}.$

Ответ : 3 м/с^2 ; $8,49 \text{ м/с}^2$; $7,54 \text{ м}.$

Пример 2. Маховик в виде сплошного диска массой 80 кг и радиусом 30 см находится в состоянии покоя. Какую работу нужно совершить, чтобы заставить маховик вращаться с частотой 600 об/мин.

Дано:

$$m = 80 \text{ кг}$$

$$R = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}$$

$$v_0 = 0$$

$$\nu = 600 \text{ об/мин} = 10 \text{ с}^{-1}$$

$$A - ?$$

Решение.

В соответствии с теоремой о кинетической энергии: $A = T_2 - T_1$. $T_1 = 0$, т.к. в начальный момент времени маховик покоился.

Поэтому

$$A = T_2 = \frac{I\omega^2}{2},$$

где $\omega = 2\pi\nu$ – угловая скорость; $I = \frac{mR^2}{2}$ – момент инерции маховика.

Тогда

$$A = \frac{I\omega^2}{2} = \frac{mR^2 (2\pi\nu)^2}{2} = \frac{4\pi^2\nu^2 mR^2}{4} = \pi^2\nu^2 mR^2.$$

Расчет: $A = 3,14^2 \cdot 10^2 \cdot 80 \cdot 0,3^2 = 7,1$ кДж.

Ответ: 7,1 кДж.

Пример 3. Определите линейную плотность бесконечно длинной заряженной нити, если работа сил поля, создаваемого этой нитью, по перемещению заряда $q=1$ нКл с расстояния $r_1=10$ см; до расстояния $r_2=5$ см в направлении, перпендикулярном нити, равна 0,1 мДж.

Дано:

$$A = 0,1 \text{ мДж} = 10^{-4} \text{ Дж}$$

$$q = 1 \text{ нКл} = 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$r_1 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$r_2 = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$$

$\tau = ?$

Решение.

Работа электростатического поля по перемещению заряда равна: $A = \int_{r_1}^{r_2} \vec{F} d\vec{r} = q \int_{r_1}^{r_2} \vec{E} d\vec{r}$.

Учитывая, что направление вектора напряженности \vec{E} противоположно направлению вектора перемещения \vec{r} , получим:

$$A = -q \int_{r_1}^{r_2} E dr.$$

Напряженность поля бесконечной равномерно заряженной нити определяется выражением: $E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 r}$. Следовательно, работа равна:

$$A = -\frac{q\tau}{2\pi\epsilon_0} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = -\frac{q\tau}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{q\tau}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_1}{r_2}.$$

Выразим отсюда линейную плотность: $\tau = \frac{2\pi\epsilon_0 A}{q \ln \frac{r_1}{r_2}}$.

Расчет: $\tau = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{-4}}{10^{-9} \cdot \ln 2} = 8 \cdot 10^{-6}$ Кл/м.

Ответ: $8 \cdot 10^{-6}$ Кл/м.

Пример 4. Определите магнитный поток, создаваемый одним витком катушки, имеющей 8 витков на каждый сантиметр длины, если радиус катушки 2 см, сила тока 2 А.

Дано:

$$\frac{N}{l} = 8 \text{ см}^{-1} = 800 \text{ м}^{-1}$$

$$I = 2 \text{ А}$$

$$r = 2 \text{ см} = 0,02 \text{ м}$$

$$\mu_0 = 12,57 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$$

$$\mu = 1$$

Ф - ?

Решение.

Потокосцепление, создаваемое катушкой с током:

$$\Psi = LI,$$

где $L = \frac{\mu\mu_0 N^2 S}{l}$ – индуктивность катушки;

$S = \pi r^2$ – площадь витка.

Потокосцепление пропорционально числу витков: $\Psi = N\Phi$.

$$\text{Отсюда } \Phi = \frac{\Psi}{N} = \frac{\mu\mu_0 N S I}{l} = \frac{\mu\mu_0 N \pi r^2 I}{l}.$$

Расчет: $\Phi = 1 \cdot 12,57 \cdot 10^{-7} \cdot 800 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 2 = 2,53 \cdot 10^{-6} \text{ Вб}$.

Ответ: $2,53 \cdot 10^{-6} \text{ Вб}$.

Вариант 1

1. Две материальные точки движутся согласно уравнениям $x_1 = A_1 t + B_1 t^2 + C_1 t^3$, $x_2 = A_2 t + B_2 t^2 + C_2 t^3$, где $A_1 = 4 \text{ м/с}$, $B_1 = 8 \text{ м/с}^2$, $C_1 = -16 \text{ м/с}^3$, $A_2 = 2 \text{ м/с}$, $B_2 = -4 \text{ м/с}^2$, $C_2 = 1 \text{ м/с}^3$. В какой момент времени ускорения этих точек будут одинаковы? Найдите скорости точек в этот момент.

2. Движение точки по окружности радиусом 4 м задано уравнением $\xi = A + Bt + Ct^2$, где $A = 10 \text{ м}$, $B = -2 \text{ м/с}$, $C = 1 \text{ м/с}^2$. Найдите тангенциальное, нормальное и полное ускорения точки в момент времени 2 с.

3. Наклонная плоскость, образующая угол 25° с плоскостью горизонта, имеет длину 2 м. Тело, двигаясь равноускоренно, соскользнуло с этой плоскости за 2 с. Определите коэффициент трения тела о плоскость.

4. Тело массой 1 кг, брошенное с вышки в горизонтальном направлении со скоростью 20 м/с, через 3 с упало на землю. Определите кинетическую энергию, которую имело тело в момент удара о землю. Сопротивлением воздуха пренебречь.

5. Определите момент инерции тонкого однородного стержня длиной 60 см и массой 100 г относительно оси, перпендикулярной ему и проходящей через точку стержня, удаленную на 20 см от одного из его концов.

6. В вершинах правильного шестиугольника со стороной 10 см расположены точечные заряды Q , $2Q$, $3Q$, $4Q$, $5Q$, $6Q$ ($Q = 0,1 \text{ мкКл}$). Найдите силу, действующую на точечный заряд Q , лежащий в плоскости шестиугольника и равноудаленный от его вершин.

7. Очень длинная тонкая прямая проволока несет заряд, равномерно распределенный по всей ее длине. Вычислите линейную плотность заряда,

если напряженность поля на расстоянии 0,5 м от проволоки против ее середины равна 200 В/м.

8. Заряды $Q_1=1$ мкКл и $Q_2=-1$ мкКл находятся на расстоянии 10 см. Определите напряженность и потенциал поля в точке, удаленной на расстояние 10 см от первого заряда и лежащей на линии, проходящей через первый заряд перпендикулярно направлению от Q_1 к Q_2 .

9. Два элемента ($\varepsilon_1=1,2$ В, $r_1=0,1$ Ом, $\varepsilon_2=0,9$ В, $r_2=0,3$ Ом) соединены одноименными полюсами. Сопротивление соединительных проводов равно 0,2 Ом. Определите силу тока в цепи.

10. Катушка длиной 20 см содержит 100 витков. По обмотке катушки идет ток 5 А. Диаметр катушки равен 20 см. Определите магнитную индукцию в точке, лежащей на оси катушки на расстоянии 10 см от ее конца.

Вариант 2

1. С какой высоты упало тело, если последний метр своего пути оно прошло за 0,1 с?

2. По дуге окружности радиусом 10 м движется точка. В некоторый момент времени нормальное ускорение точки $4,9$ м/с²; в этот момент векторы полного и нормального ускорений образуют угол 60° . Найдите скорость и тангенциальное ускорение точки.

3. Автомобиль массой 5 т движется со скоростью 10 м/с по выпуклому мосту. Определите силу давления автомобиля на мост в его верхней части, если радиус кривизны моста равен 50 м.

4. Два груза массами 10 кг и 15 кг подвешены на нитях длиной 2 м так, что грузы соприкасаются между собой. Меньший груз был отклонен на угол 60° и пущен. Определите высоту, на которую поднимутся оба груза после удара. Удар грузов считать неупругим.

5. Шар массой 10 кг и радиусом 20 см вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Уравнение вращения шара имеет вид $\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$, где $B=4$ рад/с², $C=-1$ рад/с³. Найдите закон изменения момента сил в момент времени 2 с.

6. Два одинаковых проводящих заряженных шара находятся на расстоянии 60 см. Сила отталкивания шаров равна $70 \cdot 10^{-6}$ Н. После того как шары привели в соприкосновение и удалили друг от друга на прежнее расстояние, сила отталкивания возросла и стала равной $1,6 \cdot 10^{-4}$ Н. Вычислите заряды, которые были на шарах до их соприкосновения. Диаметр шаров считать много меньшим расстояния между ними.

7. Расстояние между двумя длинными тонкими проволоками, расположенными параллельно друг другу, равно 16 см. Проволоки равномерно заряжены разноименными зарядами с линейной плотностью 150 мкКл/м. Ка-

кова напряженность поля в точке, удаленной на 10 см как от первой, так и от второй проволоки?

8. Напряженность однородного электрического поля в некоторой точке равна 600 В/м. Вычислите разность потенциалов между этой точкой и другой, лежащей на прямой, составляющей угол 60° с направлением вектора напряженности. Расстояние между точками равно 2 мм.

9. Металлический стержень движется вдоль своей оси со скоростью 200 м/с. Определите заряд, который протечет через гальванометр, подключаемый к концам стержня, при резком его торможении, если длина стержня равна 10 м, а сопротивление всей цепи (включая цепь гальванометра) равно 10 мОм.

10. По двум параллельным проводам длиной 1 м каждый текут одинаковые токи. Расстояние между проводами равно 1 см. Токи взаимодействуют с силой 1 мН. Найдите силу тока в проводах.

Контрольная работа №2. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Пример 1. Дифференциальное уравнение колебательного движения частиц имеет вид $\frac{d^2x}{dt^2} + 6\frac{dx}{dt} + 50x = 0$. Определите условный период затухающих колебаний.

Дано:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 6\frac{dx}{dt} + 50x = 0$$

$T' - ?$

Решение.

Свободные затухающие колебания частицы описываются дифференциальным уравнением вида:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta\frac{dx}{dt} + \omega^2x = 0,$$

где β – коэффициент затухания; ω – циклическая частота незатухающих колебаний.

Сравнивая данное в условии уравнение с уравнением затухающих колебаний в общем виде, получим: $\beta = 3 \text{ с}^{-1}$; $\omega = \sqrt{50} \text{ с}^{-1}$.

Условная циклическая частота ω' связана с циклической частотой незатухающих колебаний соотношением: $\omega' = \sqrt{\omega^2 - \beta^2}$.

Найдем условный период затухающих колебаний: $T' = \frac{2\pi}{\omega'} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega^2 - \beta^2}}$.

Расчет: $T' = \frac{2 \cdot 3,14}{\sqrt{50 - 3^2}} = 1 \text{ с}$.

Ответ: 1 с.

Пример 2. Скорость звука в воде 1450 м/с. Частота колебаний 725 Гц. Определите на каком расстоянии находятся ближайшие точки, совершающие колебания: а) синфазно; б) в противофазе; в) при разности фаз $\pi/4$.

Дано:
 $v=1450$ м/с
 $\nu=725$ Гц
 $\Delta\varphi_1 = 2\pi$
 $\Delta\varphi_2 = \pi$
 $\Delta\varphi_3 = \frac{\pi}{4}$

$\Delta x_1 - ?$
 $\Delta x_2 - ?$
 $\Delta x_3 - ?$

Решение.

При распространении упругой волны вдоль оси ОХ фаза колебаний произвольной точки среды, до которой дошла волна, определяется выражением:
 $\varphi = \omega t - kx + \varphi_0$.

Следовательно, две точки среды, находящиеся на расстоянии Δx друг от друга, колеблются с разностью фаз:

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = (\omega t - kx_1 + \varphi_0) - (\omega t - kx_2 + \varphi_0) = k\Delta x.$$

Выразим отсюда Δx : $\Delta x = \frac{\Delta\varphi}{k}$.

Учтем, что волновое число равно: $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{vT} = \frac{2\pi\nu}{v}$. Получим:

$$\Delta x = \frac{v\Delta\varphi}{2\pi\nu}.$$

Расчет: $\Delta x_1 = \frac{1450 \cdot 2 \cdot 3,14}{2 \cdot 3,14 \cdot 725} = 2$ м; $\Delta x_2 = \frac{1450 \cdot 3,14}{2 \cdot 3,14 \cdot 725} = 1$ м;

$$\Delta x_3 = \frac{1450 \cdot 3,14}{2 \cdot 3,14 \cdot 725 \cdot 4} = 0,25$$
 м.

Ответ: 2 м; 1 м; 0,25 м.

Пример 3. Найдите длину волны де Бройля для электрона, движущегося по первой боровской орбите в атоме водорода.

Дано:
 $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
 $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$ кг
 $\varepsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
 $h=6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
 $n=1$
 $\lambda - ?$

Решение.

Согласно теории де Бройля, движущейся частице соответствует длина волны:

$$\lambda = \frac{h}{p},$$

где $p = m v$ – импульс частицы.

Зависимость скорости электрона от порядкового номера орбиты:

$$v = \frac{e^2}{2n\varepsilon_0 h}.$$

Подставив скорость и импульс, получим формулу для длины волны:

$$\lambda = \frac{2n\varepsilon_0 h^2}{m_e e^2}.$$

$$\text{Расчет: } \lambda = \frac{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 6,62^2 \cdot 10^{-68}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1,6^2 \cdot 10^{-38}} = 3,3 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

Ответ: $3,3 \cdot 10^{-10}$ м.

Пример 4. Зачерненный шарик остывает от температуры 300 К до температуры 293 К. На сколько изменилась длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности энергетической светимости?

Дано:

$$T_1 = 300 \text{ К}$$

$$T_2 = 293 \text{ К}$$

$$b_1 = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$$

$\Delta\lambda$ - ?

Решение.

По закону смещения Вина: $\lambda_{\max} = \frac{b_1}{T}$.

Найдем длину волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости для каждой температуры:

$$\lambda_{\max 1} = \frac{b_1}{T_1} \text{ и } \lambda_{\max 2} = \frac{b_1}{T_2}.$$

Изменение длины волны: $\Delta\lambda = \frac{b_1}{T_2} - \frac{b_1}{T_1} = b_1 \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$.

Расчет: $\Delta\lambda = 2,9 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{1}{293} - \frac{1}{300} \right) = 2,3 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$

Ответ: $2,3 \cdot 10^{-7}$ м.

Вариант 1

1. Максимальная скорость точки, совершающей гармонические колебания, равна 10 см/с, максимальное ускорение 100 см/с^2 . Найдите угловую частоту колебаний, их период и амплитуду. Напишите уравнение колебаний, приняв начальную фазу равной нулю.

2. Две точки находятся на расстоянии 50 см друг от друга на прямой, вдоль которой распространяется волна со скоростью 50 м/с. Период колебаний равен 0,05 с. Найдите разность фаз колебаний в этих точках.

3. В опыте с зеркалами Френеля расстояние между мнимыми изображениями источника света равно 0,5 мм, расстояние от них до экрана равно 3 м. Длина волны 0,6 мкм. Определите ширину полос интерференции на экране.

4. Угол между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора равен 45° . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить до 60° ?

5. Во сколько раз надо увеличить термодинамическую температуру абсолютно черного тела, чтобы его энергетическая светимость возросла в два раза?

6. Какая доля энергии фотона при эффекте Комптона приходится на электрон отдачи, если фотон претерпел рассеяние на угол 180° ? Энергия фотона до рассеяния равна $0,255$ МэВ.

7. Найдите длину волны де Бройля для электрона, движущегося по круговой орбите атома водорода, находящегося в основном состоянии.

8. Предполагая, что неопределенность координаты движущейся частицы равна дебройлевской длине волны, определите относительную неопределенность импульса этой частицы.

9. При какой ширине прямоугольного потенциального барьера коэффициент прозрачности для электронов равен $0,01$? Разность энергий $U_0 - E = 10$ эВ.

10. Момент импульса орбитального движения электрона в атоме водорода равен $1,83 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Определите магнитный момент, обусловленный орбитальным движением электрона.

Вариант 2

1. Логарифмический декремент колебаний маятника равен $0,003$. Определите число полных колебаний, которые должен сделать маятник, чтобы амплитуда уменьшилась в два раза.

2. Имеются два источника, совершающие колебания в одинаковой фазе и возбуждающие в окружающей среде плоские волны одинаковой частоты и амплитуды ($A_1 = A_2 = 1$ мм). Найдите амплитуду колебаний точки среды, отстоящей от одного источника колебаний на расстоянии $3,5$ м и от другого – на $5,4$ м. Направления колебаний в рассматриваемой точке совпадают. Длина волны $0,6$ м.

3. Дифракционная решетка освещена нормально падающим монохроматическим светом. В дифракционной картине максимум второго порядка отклонен на угол 14° . На какой угол отклонен максимум третьего порядка?

4. Определите обусловленное эффектом Доплера уширение спектральных линий излучения атомарного водорода, находящегося при температуре 300 К.

5. Определите длину волны фотона, импульс которого равен импульсу электрона, обладающего скоростью 10^7 м/с.

6. Найдите наибольшую и наименьшую длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода (серии Пашена).

7. Определите длину волны де Бройля электрона, находящегося на второй орбите атома водорода.

8. Вычислите отношение вероятностей нахождения электрона на первом и втором энергетическом уровнях в интервале $1/4$, равноудаленном от стенок одномерной потенциальной ямы шириной l .

9. Электрон с энергией E движется в положительном направлении оси x . При каком значении $U_0 - E$, выраженном в электрон-вольтах, коэффициент прозрачности равен 10^{-3} , если ширина барьера $0,1$ нм?

10. Протон с энергией 1 МэВ изменил при прохождении потенциальной ступени дебройлевскую длину волны на 1% . Определите высоту потенциального барьера.

Контрольная работа №3. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Пример 1. В баллоне емкостью 110 л находится 0,8 кг водорода и 1,8 кг азота при температуре 12°C. Определите давление смеси и концентрацию молекул водорода и азота.

Дано:

$$V_1 = 110 \text{ л} = 11 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$$

$$m_1 = 0,8 \text{ кг}$$

$$m_2 = 1,8 \text{ кг}$$

$$t = 12^\circ\text{C}; T = 285 \text{ К}$$

$$M_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$M_2 = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$p_1 = 4 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

$$p - ?$$

$$n_1 - ?$$

$$n_2 - ?$$

Решение.

В соответствии с законом Дальтона давление смеси идеальных газов равно сумме парциальных давлений входящих в нее газов: $p = p_1 + p_2$.

Парциальное давление для кислорода и азота находим из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$p_1 = \frac{m_1 RT}{M_1 V}; p_2 = \frac{m_2 RT}{M_2 V}.$$

Подставим парциальные давления в закон Дальтона: $p = \frac{RT}{V} \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right)$.

Число молекул газа можно записать в виде произведения: $N = N_A \nu$, где $\nu = \frac{m}{M}$ – количество вещества.

Концентрация молекул определяется отношением общего числа молекул к объему: $n = \frac{N}{V} = \frac{N_A \nu}{V} = \frac{N_A m}{VM}$.

Тогда концентрации молекул водорода и азота можно записать соответственно: $n = \frac{N_A m_1}{VM_1}; n = \frac{N_A m_2}{VM_2}$.

$$\text{Расчет: } p = \frac{8,31 \cdot 285}{11 \cdot 10^{-2}} \left(\frac{0,8}{2 \cdot 10^{-3}} + \frac{1,8}{28 \cdot 10^{-3}} \right) = 99,9 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$n_1 = \frac{6,022 \cdot 10^{23} \cdot 0,8}{11 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 2,14 \cdot 10^{27} \text{ м}^{-3}; n_2 = \frac{6,022 \cdot 10^{23} \cdot 1,8}{11 \cdot 10^{-2} \cdot 28 \cdot 10^{-3}} = 3,52 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}.$$

$$\text{Ответ: } 99,9 \cdot 10^5 \text{ Па}; 2,14 \cdot 10^{27} \text{ м}^{-3}; 3,52 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}.$$

Пример 2. Идеальный газ совершил изохорный процесс, и при этом его давление возросло в 4 раза. Во сколько раз изменилась длина свободного пробега и средняя частота столкновений молекул?

Дано:
 $p_2 = 4p_1$
 $V = \text{const}$

$\frac{\langle l_2 \rangle}{\langle l_1 \rangle} - ?$
 $\frac{\langle z_2 \rangle}{\langle z_1 \rangle} - ?$

Решение.

Длина свободного пробега молекул определяется формулой: $\langle l \rangle = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n}$.

Отношение длины свободного пробега молекул до и после совершения процесса обратно пропорционально их концентрациям:

$$\frac{\langle l_2 \rangle}{\langle l_1 \rangle} = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n_2} \frac{\sqrt{2}\pi d^2 n_1}{1} = \frac{n_1}{n_2}.$$

В ходе процесса объем не изменяется и, следовательно, не изменяется концентрация молекул: $n_1 = n_2 = \frac{N}{V}$. Поэтому $\frac{\langle l_2 \rangle}{\langle l_1 \rangle} = \frac{n_1}{n_2} = 1$, т.е. длина свободного пробега молекул не изменяется.

Число столкновений определяется формулой: $\langle z \rangle = \sqrt{2}\pi d^2 n \langle v \rangle$.

Отношение числа столкновений молекул до и после процесса прямо пропорционально отношению средних скоростей:

$$\frac{\langle z_2 \rangle}{\langle z_1 \rangle} = \frac{\sqrt{2}\pi d^2 n_2 \langle v_2 \rangle}{\sqrt{2}\pi d^2 n_1 \langle v_1 \rangle} = \frac{\langle v_2 \rangle}{\langle v_1 \rangle}.$$

Средняя скорость определяется по формуле: $\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$.

Для отношения числа столкновений молекул получим: $\frac{\langle z_2 \rangle}{\langle z_1 \rangle} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}$.

По закону Шарля для изохорного процесса: $\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}$.

Следовательно, $\frac{\langle z_2 \rangle}{\langle z_1 \rangle} = \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} = \sqrt{\frac{4p_1}{p_1}} = 2$.

Ответ: длина свободного пробега не изменится; средняя частота столкновения молекул увеличится в 2 раза.

Пример 3. Какой толщины необходимо сделать деревянную стену здания, чтобы она давала такую же потерю тепла, что и кирпичная стена толщиной 40 см при одинаковой температуре внутри и снаружи здания? Коэффициенты теплопроводности кирпича и дерева равны соответственно 0,7 и 0,175 Вт/(м·К).

Дано:
 $\Delta x_k = 40 \text{ см} = 0,4 \text{ м}$
 $j_{Ek} = j_{Ed}$
 $\lambda_k = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
 $\lambda_d = 0,175 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$

$\Delta x_d = ?$

Решение.
 Потеря тепла характеризуется плотностью теплового потока. В соответствии с уравнением Фурье тепловой поток определяется по формуле:

$$j_E = -\lambda \frac{dT}{dx}.$$

Считая, что температура в стене изменяется по линейному закону, можно произвести замену:

$$\frac{dT}{dx} = \frac{\Delta T}{\Delta x}, \text{ тогда } j_E = -\lambda \frac{\Delta T}{\Delta x}.$$

Для кирпичной стены $j_{Ek} = -\lambda_k \frac{\Delta T}{\Delta x_k}$; для деревянной стены

$j_{Ed} = -\lambda_d \frac{\Delta T}{\Delta x_d}$. По условию задачи $j_{Ek} = j_{Ed}$. Тогда $\lambda_k \frac{\Delta T}{\Delta x_k} = \lambda_d \frac{\Delta T}{\Delta x_d}$;

$$\Delta x_d = \frac{\lambda_d \Delta x_k}{\lambda_k}.$$

Расчет: $\Delta x_d = \frac{0,175 \cdot 0,4}{0,7} = 0,1 \text{ м}.$

Ответ: 0,1 м.

Пример 4. Кусок льда массой 500 г при температуре минус 10°C помещен в воду массой 3 кг при температуре 20°C. Определите температуру смеси. Удельная теплота плавления льда 334 кДж/кг, удельные теплоемкости льда и воды равны соответственно 2,1 кДж/(кг·К) и 4,2 кДж/(кг·К).

Дано:
 $m_1 = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$
 $t_1 = -10^\circ\text{C}; T_1 = 263 \text{ К}$
 $m_2 = 3 \text{ кг}$
 $t_2 = 20^\circ\text{C}; T_2 = 293 \text{ К}$
 $c_1 = 2,1 \cdot 10^3 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
 $c_2 = 4,2 \cdot 10^3 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
 $\lambda = 334 \cdot 10^3 \text{ Дж}/\text{кг}$

$T = ?$

Решение.
 По уравнению теплового баланса количество теплоты, полученное льдом, равно количеству теплоты, отданному водой: $Q_1 = Q_2$.

Найдем Q_1 и Q_2 :

$$Q_1 = \lambda m_1 + c_1 m_1 (T - T_1); Q_2 = c_2 m_2 (T_2 - T).$$

Подставим Q_1 и Q_2 в уравнение теплового баланса: $\lambda m_1 + c_1 m_1 (T - T_1) = c_2 m_2 (T_2 - T)$.

Выполнив преобразования, получим:

$$T = \frac{c_2 m_2 T_2 - \lambda m_1 + c_1 m_1 T_1}{c_1 m_1 + c_2 m_2}.$$

Расчет: $T = \frac{4,2 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 293 - 334 \cdot 10^3 \cdot 0,5 + 2,1 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 263}{4,2 \cdot 10^3 \cdot 3 + 2,1 \cdot 10^3 \cdot 0,5} = 278,3 \text{ К}.$

Ответ: 278,3 К.

Вариант 1

1. Определите количество вещества и число молекул азота массой 0,2 кг.

2. Колба вместимостью 300 см³, закрытая пробкой с краном, содержит разреженный воздух. Для измерения давления в колбе горлышко колбы погрузили в воду на незначительную глубину и открыли кран, в результате чего в колбу вошла вода массой 292 г. Определите первоначальное давление в колбе, если атмосферное давление 100 кПа.

3. Газовая смесь, состоящая из кислорода и азота, находится в баллоне под давлением 1 МПа. Определите парциальные давления кислорода и азота, если массовая доля кислорода в смеси равна 0,2.

4. Колба вместимостью 4 л содержит некоторый газ массой 0,6 г под давлением 200 кПа. Определите среднюю квадратичную скорость молекул газа.

5. Барометр в кабине летящего вертолета показывает давление 90 кПа. На какой высоте летит вертолет, если на взлетной площадке барометр показывал давление 100 кПа? Считать, что температура воздуха равна 290 К и не изменяется с высотой.

6. Найдите среднюю длину свободного пробега молекул водорода при давлении 0,1 Па и температуре 100 К.

7. Найдите динамическую вязкость гелия при нормальных условиях, если коэффициент диффузии при тех же условиях равен $1,06 \cdot 10^{-4}$ м²/с.

8. В баллоне находятся аргон и азот. Определите удельную теплоемкость смеси этих газов, если массовые доли аргона и азота одинаковы и равны 0,5.

9. Газ, занимавший объем 12 л под давлением 100 кПа, был изобарно нагрет от температуры 300 К до температуры 400 К. Определите работу расширения газа.

10. Лед массой 2 кг при температуре 0°C был превращен в воду той же температуры с помощью пара, имеющего температуру 100°C. Определите массу израсходованного пара. Каково изменение энтропии системы лед-пар?

Вариант 2

1. В баллоне вместимостью 3 л находится кислород массой 4 г. Определите количество вещества и число молекул газа.

2. В U-образный манометр налита ртуть. Открытое колено манометра соединено с окружающим пространством при нормальном атмосферном давлении, и ртуть в открытом колене стоит выше, чем в закрытом, на 10 см. При этом свободная от ртути часть трубки закрытого колена имеет длину 20 см. Когда открытое колено присоединили к баллону с воздухом,

разность уровней ртути увеличилась и достигла значения 26 см. Найдите давление воздуха в баллоне.

3. Сухой воздух состоит в основном из кислорода и азота. Если пренебречь остальными составными частями воздуха, то можно считать, что массовые доли кислорода и азота соответственно 0,232 и 0,768. Определите относительную молекулярную массу воздуха.

4. Смесь гелия и аргона находится при температуре 1,2 кК. Определите среднюю квадратичную скорость и среднюю кинетическую энергию атомов гелия и аргона.

5. Найдите изменение высоты, соответствующее изменению давления на 100 Па, в двух случаях: 1) вблизи поверхности Земли, где температура 290 К, давление 100 кПа; 2) на некоторой высоте, где температура 220 К, давление 25 кПа.

6. При каком давлении средняя длина свободного пробега молекул азота равна 1 м, если температура газа равна 300 К?

7. Пространство между двумя большими параллельными пластинами, расстояние между которыми 5 мм, заполнено гелием. Температура одной пластины поддерживается равной 290 К, другой – 310 К. Вычислите плотность теплового потока, если давление гелия равно 0,1 МПа.

8. Смесь газов состоит из хлора и криптона, взятых при одинаковых условиях и в равных объемах. Определите удельную теплоемкость смеси.

9. Баллон вместимостью 20 л содержит водород при температуре 300 К под давлением 0,4 МПа. Каковы будут температура и давление, если газу сообщить количество теплоты 6 кДж?

10. Кислород массой 2 кг увеличил свой объем в 5 раз один раз изотермически, другой – адиабатно. Найдите изменение энтропии в каждом из указанных процессов.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Трофимова, Т.И. Курс физики [Текст] / Т.И. Трофимова. – М.: Издательский центр «Академия», 2014.
2. Савельев, И.В. Курс общей физики [Текст]: в 3 т. / И.В. Савельев. – М.: КноРус, 2012.
3. Касаткина, И.Л. Физика. Справочник по основным формулам общей физики [Текст] / И.Л. Касаткина. – Ростов н/Д: Феникс, 2016. – 288 с.

Дополнительная литература

1. Трофимова, Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями [Текст] / Т.И. Трофимова, З.Г. Павлова. – М.: Абрис, 2012.
2. Никеров, В.А. Механика и молекулярная физика [Текст] / В.А. Никеров. – М.: Дашков и К, 2012.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трофимова, Т.И. Курс физики [Текст] / Т.И. Трофимова. – М.: Издательский центр «Академия», 2014.
2. Трофимова, Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями [Текст] / Т.И. Трофимова, З.Г. Павлова. – М.: Абрис, 2012. – 312 с.
3. Ливенцев, Н.М. Курс физики [Текст] / Н.М. Ливенцев. – СПб.: Лань, 2012. – 672 с.
4. Тополов, В.Ю. Анализ ответов при решении задач по общей физике [Текст] / В.Ю. Тополов, А.С. Богатин. – СПб.: Лань, 2012. – 80 с.
5. Миронова, Г.А. Молекулярная физика в вопросах и задачах [Текст] / Г.А. Миронова, Н.Н. Брандт, А.М. Салецкий. – СПб.: Лань, 2012. – 352 с.
6. Аплеснин, С.С. Задачи и тесты по оптике и квантовой механике [Текст] / С.С. Аплеснин, Л.И. Чернышева, Н.В. Филенкова. – СПб.: Лань, 2012. – 336 с.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ	5
Контрольная работа №1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ	7
Контрольная работа №2. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	11
Контрольная работа №3. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА	16
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	21
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	22

Учебное издание

Шмарова Татьяна Сергеевна

ФИЗИКА

Методические указания к контрольным работам
по направлению подготовки 08.05.01 «Строительство уникальных зданий
и сооружений»

В авторской редакции

Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 22.09.16. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 1,4. Уч.-изд. л. 1,5. Тираж 80 экз.
Заказ № 644.

Издательство ПГУАС.
440028, г.Пенза, ул. Г.Титова, 28