

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
08.03.01 «Строительство»

Пенза 2016

УДК 53(075)
ББК 22.3я7
Ф50

Рецензент – кандидат технических наук, доцент кафедры физики ПГУ С.В. Тертычная

Ф50 **Физика:** метод. указания к контрольным работам по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» / 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 подготовлены на кафедре «Физика и химия» и предназначены для использования студентами, обучающимися по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», при изучении дисциплины «Физика».

© 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 08.03.01 «Строительство» 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 и квантовой физике. 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 позволяет сформировать у обучающихся следующие компетенции:

• способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического и компьютерного моделирования, теоретического и экспериментального исследования

В результате освоения данной компетенции обучающийся должен:

знать:

- основные физические явления и основные физические законы в области механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики и атомной физики;
- границы их применимости;
- применение законов физики в важнейших практических приложениях;
- основные физические величины и физические константы, их определение, смысл, единицы их измерения;
- фундаментальные физические опыты и их роль в развитии науки;
- назначение и принципы действия важнейших физических приборов;

уметь:

- указывать, какие законы описывают данное явление или процесс;
- записывать уравнения для физических величин в системе СИ;
- истолковывать смысл физических величин и понятий;
- объяснить основные наблюдаемые природные и техногенные явления и эффекты с позиций фундаментальных физических взаимодействий;
- работать с приборами и оборудованием в современной физической лаборатории;

- интерпретировать результаты и делать выводы;
- использовать методы физического моделирования, применять методы физико-математического анализа к решению конкретных естественнонаучных и технических проблем;

владеть:

- навыками использования основных общезначимых законов и принципов в важнейших практических приложениях;
- основными методами физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач;
- приемами правильной эксплуатации основных приборов и оборудования современной физической лаборатории;
- методами обработки и интерпретирования результатов эксперимента;
- приемами использования методов физического моделирования в производственной практике.

• способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат

В результате освоения данной компетенции обучающийся должен:

знать:

- фундаментальные законы природы и основные физические законы в области механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики и атомной физики;
- современные тенденции развития информатики, вычислительной техники, компьютерных технологий;

уметь:

- применять математические методы для решения практических задач;
- применять физические законы для решения практических задач;
- применять вычислительную технику для моделирования физических процессов и явлений;

владеть:

- методами решения физических и прикладных задач.

• способность владеть эффективными правилами, методами и средствами сбора, обмена, хранения и обработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией

В результате освоения данной компетенции обучающийся должен:

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

Прежде, чем приступать 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. Далее следует разобрать приведенные в методических указаниях примеры решения типовых задач по рассматриваемому разделу. После этого можно приступать к выполнению контрольной работы.

Примерный алгоритм решения таков:

1. Внимательно прочитайте условие задачи и полностью перепишите его в свою тетрадь.
 2. Нарисуйте, если это возможно, пояснительный чертеж или схему к задаче.
 3. Запишите краткие данные, переведя их в систему СИ.
 4. Начните решение с указания необходимых физических законов и определений.
 5. Осуществите решение в общем виде до конца, давая необходимые пояснения.
 6. Полученные расчетные формулы проверьте на соответствие размерностей.
 7. Подставьте численные данные и рассчитайте искомые величины.
- Правильность решения можно проверить, подставив найденные значения в ряд формул, использованных в ходе решения; при верном решении получатся исходные данные.

Контрольная работа №1. КИНЕМАТИКА И ДИНАМИКА

Пример 1. Скорость движения точки изменяется с течением времени по закону: $v = At + Bt^2$, где $A = 2$ м/с, $B = 3$ м/с². Найдите среднее ускорение в интервале времени от 2 до 4 с.

Дано:

$$v = At + Bt^2$$

$$A = 2 \text{ м/с}$$

$$B = 3 \text{ м/с}^2$$

$$t_1 = 2 \text{ с}$$

$$t_2 = 4 \text{ с}$$

$$\langle a \rangle = ?$$

Решение.

Среднее ускорение определим по формуле:

$$\langle a \rangle = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}, \text{ где } v_1 = At_1 + Bt_1^2; v_2 = At_2 + Bt_2^2.$$

Получим:

$$\begin{aligned} \langle a \rangle &= \frac{(At_2 + Bt_2^2) - (At_1 + Bt_1^2)}{t_2 - t_1} = \frac{At_2 + Bt_2^2 - At_1 - Bt_1^2}{t_2 - t_1} = \\ &= \frac{(t_2 - t_1)[A + B(t_2 + t_1)]}{t_2 - t_1} = A + B(t_2 + t_1). \end{aligned}$$

Расчет: $\langle a \rangle = 2 + 3 \cdot (4 + 2) = 20 \text{ м/с}^2$.

Ответ: 20 м/с^2 .

Пример 2. На вращающемся с постоянной угловой скоростью горизонтальном диске на расстоянии 1 м от его центра покоится тело массой 10 кг. Найти минимальную угловую скорость вращения диска, при которой тело начинает скользить по диску. Коэффициент трения тела о диск 0,1.

Дано:

$R=1 \text{ м}$

$m=10 \text{ кг}$

$\mu=0,1$

$\omega_{\text{мин}} - ?$

Решение.

Так как система неинерциальная (вращающаяся платформа), то тело начинает скользить при условии, когда центробежная сила достигает по величине значения силы трения: $F_{\text{тр}} = F$.

По второму закону Ньютона: $a = \frac{F}{m}$, где $F = \mu mg$, следовательно:

$$ma = \mu mg ; a = \mu g .$$

Так как $a = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 R$, то $\omega \geq \sqrt{\frac{\mu g}{R}}$.

Расчет: $\omega_{\text{мин}} = \sqrt{\frac{0,1 \cdot 10}{1}} = 1 \text{ рад/с}$.

Ответ: 1 рад/с.

Вариант 1

1. Точка двигалась в течение 15 с со скоростью 5 м/с, в течение 10 с со скоростью 8 м/с и в течение 6 с со скоростью 20 м/с. Определите среднюю путевую скорость точки.

2. Уравнение прямолинейного движения имеет вид $x = At + Bt^2$, где $A=3 \text{ м/с}$, $B = -0,25 \text{ м/с}^2$. Постройте графики зависимости координаты и пути от времени для заданного движения.

3. Материальная точка движется по плоскости согласно уравнению $\vec{r}(t) = At^3 \vec{i} + Bt^2 \vec{j}$. Напишите зависимости скорости и ускорения от времени.

4. На гладком столе лежит брусок массой 4 кг. К бруску привязан шнур, ко второму концу которого приложена сила 10 Н, направленная параллельно поверхности стола. Найдите ускорение бруска.

5. Диск радиусом 40 см вращается вокруг вертикальной оси. На краю диска лежит кубик. Принимая коэффициент трения равным 0,4, найдите частоту вращения, при которой кубик соскользнет с диска.

Вариант 2

1. Три четверти своего пути автомобиль прошел со скоростью 60 км/ч, остальную часть пути со скоростью 80 км/ч. Какова средняя путевая скорость автомобиля?

2. Рядом с поездом на одной линии с передними буферами паровоза стоит человек. В тот момент, когда поезд начал двигаться с ускорением $0,1 \text{ м/с}^2$, человек начал идти в том же направлении со скоростью $1,5 \text{ м/с}$. Через какое время поезд догонит человека?

3. Движение материальной точки задано уравнением $\vec{r}(t) = A(\vec{i} \cos \omega t + \vec{j} \sin \omega t)$, где $A=0,5 \text{ м}$, $\omega=5 \text{ рад/с}$. Начертите траекторию точки. Определите модуль скорости и модуль нормального ускорения.

4. На столе стоит тележка массой 4 кг. К тележке привязан один конец шнура, перекинутого через блок. С каким ускорением будет двигаться тележка, если к другому концу шнура привязать гирию массой 1 кг?

5. Акробат на мотоцикле описывает «мертвую петлю» радиусом 4 м. С какой наименьшей скоростью должен проезжать акробат верхнюю точку петли, чтобы не сорваться?

Контрольная работа №2. МЕХАНИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

Пример 1. Из ствола орудия массой 5 т вылетает снаряд массой 100 кг. Кинетическая энергия снаряда на вылете $7,5 \text{ МДж}$. Какую кинетическую энергию получает орудие?

Дано:

$$m_1 = 5 \text{ т} = 5 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$m_2 = 100 \text{ кг}$$

$$E_{к2} = 7,5 \text{ МДж} =$$

$$= 7,5 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$E_{к1} = ?$$

Решение.

При выстреле орудие получает импульс отдачи. Согласно закону сохранения импульса:

$$p_1 = p_2.$$

Тогда кинетическая энергия орудия:

$$E_{к1} = \frac{p_1^2}{2m_1} = \frac{p_2^2}{2m_1}.$$

Выразим импульс снаряда из кинетической энергии снаряда:

$$E_{к2} = \frac{p_2^2}{2m_2}; \quad p_2^2 = 2m_2 E_{к2}. \quad \text{Тогда } E_{к1} = \frac{2m_2 E_{к2}}{2m_1} = \frac{m_2}{m_1} E_{к2}.$$

$$\text{Расчет: } E_{к1} = \frac{100 \cdot 7,5 \cdot 10^6}{5 \cdot 10^3} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Дж} = 150 \text{ кДж}.$$

Ответ: 150 кДж.

Пример 2. Тонкостенный цилиндр массой 2 кг и радиусом 0,3 м вращается вокруг своей оси с частотой 20 об/мин. Определить, с какой частотой он будет вращаться через 1 с после приложения вращающего момента внешних сил $M = At^2$ ($A=3 \text{ Н}\cdot\text{м}/\text{с}^2$).

Дано:

$$m=2 \text{ кг}$$

$$r=0,3 \text{ м}$$

$$v_0=20 \text{ об/мин} = 1/3 \text{ Гц}$$

$$t=1 \text{ с}$$

$$M = At^2$$

$$A=3 \text{ Н}\cdot\text{м}/\text{с}^2$$

$$v - ?$$

Следовательно:

$$v = \frac{1}{2\pi} \int_0^t \frac{Mdt}{mr^2} + v_0 = \frac{A}{2\pi mr^2} \frac{t^3}{3} + v_0 = \frac{At^3}{6\pi mr^2} + v_0.$$

$$\text{Расчет: } v = \frac{3 \cdot 1}{6 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 0,09} + \frac{1}{3} = 1,21 \text{ Гц.}$$

Ответ: 1,21 Гц.

Решение.

Согласно основному уравнению динамики вращательного движения: $M = I\alpha$,

где $I = mr^2$ – момент инерции тонкостенного цилиндра, $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$ – угловое ускорение.

$$\text{Тогда } \omega = \int_0^t \frac{Mdt}{I} + \omega_0, \text{ где } \omega = 2\pi v.$$

Вариант 1

1. Шар массой 10 кг, движущийся со скоростью 4 м/с, сталкивается с шаром массой 4 кг, скорость которого равна 12 м/с. Считая удар прямым, неупругим, найдите скорость шаров после удара в двух случаях: 1) маленький шар нагоняет большой шар, движущийся в том же направлении; 2) шары движутся навстречу друг другу.

2. Под действием постоянной силы вагонетка прошла путь 5 м и приобрела скорость 2 м/с. Определите работу силы, если масса вагонетки 400 кг и коэффициент трения 0,01.

3. При выстреле из орудия снаряд массой 10 кг получает кинетическую энергию 1,8 МДж. Определите кинетическую энергию ствола орудия вследствие отдачи, если масса ствола орудия равна 600 кг.

4. Определите момент инерции материальной точки массой 0,3 кг относительно оси, отстоящей от точки на расстояние 20 см.

5. Тонкий однородный стержень длиной 50 см и массой 400 г вращается с угловым ускорением 3 рад/с² около оси, проходящей перпендикулярно стержню через его середину. Определите вращающий момент.

Вариант 2

1. В лодке массой 240 кг стоит человек массой 60 кг. Лодка плывет со скоростью 2 м/с. Человек прыгает с лодки в горизонтальном направлении со скоростью 4 м/с относительно лодки. Найдите скорость движения лодки после прыжка человека в двух случаях: 1) человек прыгает вперед по движению лодки и 2) в сторону, противоположную движению лодки.

2. Вычислите работу, совершаемую при равноускоренном подъеме груза массой 100 кг на высоту 4 м за время 2 с.

3. Пуля массой 10 г, летевшая со скоростью 600 м/с, попала в баллистический маятник массой 5 кг и застряла в нем. На какую высоту, отскочившись после удара, поднялся маятник?

4. Два маленьких шарика массой 10 г каждый скреплены тонким невесомым стержнем длиной 20 см. Определите момент инерции системы относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через центр масс.

5. На горизонтальную ось насажены маховик и легкий шкив радиусом 5 см. На шкив намотан шнур, к которому привязан груз массой 0,4 кг. Опускаясь равноускоренно, груз прошел путь 1,8 м за 3 с. Определите момент инерции маховика. Массу шкива считать пренебрежимо малой.

Контрольная работа №3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

Пример 1. Определите напряженность электрического поля, создаваемого тонкой нитью длиной 10 см, в точке А, расположенной на линии, проходящей вдоль нити, на расстоянии 20 см от ее конца. Линейная плотность заряда нити $\tau = -10^{-12}$ Кл/м.

Дано:

$$l = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$L = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$$

$$\tau = -10^{-12} \text{ Кл/м}$$

$$E_A = ?$$

Решение.

Разобьем нить на бесконечно малые участки длиной dl с зарядом dq . Каждый такой участок можно принять за точечный заряд, создающий поле напряженностью $dE = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 r^2}$, где r – расстояние от элемента dl до точки А.

В соответствии с принципом суперпозиции напряженность поля, создаваемого нитью, можно получить, просуммировав вклады всех ее участников, т.е., взяв интеграл: $E_A = \int_{(q)} dE$, где (q) показывает, что интеграл берется по всему заряду q , создающему поле.

Поскольку требуется найти напряженность в точке, лежащей на оси нити, введем ось OX . Тогда

(рис. 1) длина участка $dl = dx$, его заряд $dq = \tau dx$, положение участка определяется его координатой x , а расстояние от этого участка до т. А:

$$r = L + x.$$

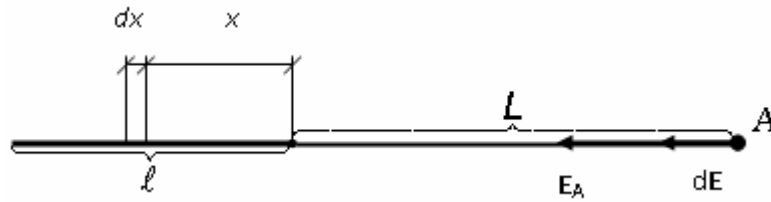


Рис. 1

Вследствие симметрии очевидно, что в точках, лежащих на оси OX , векторы напряженности полей каждого из участков нити направлены вдоль этой оси, поэтому интегрирование можно заменить арифметической суммой и записать в виде:

$$E_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r^2} = \frac{\tau}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dx}{(L+x)^2} = \frac{\tau}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{d(L+x)}{(L+x)^2} =$$

$$= \frac{\tau}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{L} - \frac{1}{L+l} \right) = \frac{\tau l}{4\pi\epsilon_0 L(L+l)}.$$

Расчет: $E_A = \frac{-10^{-12} \cdot 0,1}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,2 \cdot 0,3} = -0,015 \text{ В/м.}$

Ответ: $-0,015 \text{ В/м.}$

Пример 2. В электронной лампе ток 3 мА идет от металлического цилиндра к раскаленной нити, расположенной на его оси. Определить плотность тока вблизи поверхности нити и цилиндра, если длина нити и цилиндра 2,5 см, а их диаметры соответственно равны 0,002 мм и 1 см.

Дано:

$$I = 3 \text{ мА} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$$l = 2,5 \text{ см} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$d_1 = 0,002 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$d_2 = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}$$

$$j_1 - ?$$

$$j_2 - ?$$

Решение.

Плотность тока $j = \frac{I}{S}$, где S – площадь поверхности, расположенной перпендикулярно направлению тока. В случае коаксиально расположенных катода (нити) и анода (цилиндра) этой поверхностью является боковая поверхность цилиндра, ось которого совпадает с общей осью катода и анода.

Поэтому в данном случае $j = \frac{I}{S_{\text{бок}}} = \frac{I}{\pi dl}$.

Таким образом, вблизи нити плотность тока $j_1 = \frac{I}{\pi d_1 l}$, а вблизи цилиндра

плотность тока $j_2 = \frac{I}{\pi d_2 l}$.

$$\text{Расчет: } j_1 = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 2,5 \cdot 10^{-2}} = 1,9 \cdot 10^4 \text{ А/м}^2;$$

$$j_2 = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 10^{-2} \cdot 2,5 \cdot 10^{-2}} = 3,8 \text{ А/м}^2.$$

Ответ: $1,9 \cdot 10^4 \text{ А/м}^2$; $3,8 \text{ А/м}^2$.

Вариант 1

1. Определите силу взаимодействия двух точечных зарядов по 1 Кл каждый, находящихся в вакууме на расстоянии 1 м друг от друга.

2. Тонкий стержень длиной 10 см равномерно заряжен. Линейная плотность заряда равна 10^3 нКл/м. На продолжении оси стержня на расстоянии 20 см от ближайшего его конца находится точечный заряд 100 нКл. Определите силу взаимодействия заряженного стержня и точечного заряда.

3. Напряжение на шинах электростанции равно 6,6 кВ. Потребитель находится на расстоянии 10 км. Определите площадь сечения медного провода, который следует взять для устройства двухпроводной линии передачи, если сила тока в линии равна 20 А и потери напряжения в проводах не должны превышать 3%.

4. Сила тока в цепи, состоящей из термопары с сопротивлением 4 Ом и гальванометра с сопротивлением 80 Ом, равна 26 мкА при разности температур спаев, равной 50 °С. Определите постоянную термопары.

5. Найдите магнитную индукцию в центре тонкого кольца, по которому идет ток 10 А. Радиус кольца равен 5 см.

Вариант 2

1. Два шарика массой 0,1 г каждый подвешены в одной точке на нитях длиной 20 см каждая. Получив одинаковый заряд, шарики разошлись так, что нити образовали между собой угол 60°. Найдите заряд каждого шарика.

2. Тонкое кольцо радиусом 8 см несет заряд, равномерно распределенный с линейной плотностью 10 нКл/м. Какова напряженность электрического поля в точке, равноудаленной от всех точек кольца на расстояние 10 см?

3. Вычислите сопротивление графитового проводника, изготовленного в виде прямого кругового усеченного конуса высотой 20 см и радиусами оснований 12 мм и 8 мм. Температура проводника равна 20 °С.

4. Напряженность магнитного поля равна 79,6 кА/м. Определите магнитную индукцию этого поля в вакууме.

5. Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и проводу текут одинаковые токи 1 кА. Определите силу, действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии, равном ее длине.

Контрольная работа №4. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Пример 1. Частица участвует в двух однонаправленных колебаниях: $x_1 = A_1 \sin \omega t$ и $x_2 = A_2 \cos \omega t$, где $\omega = 1 \text{ с}^{-1}$, $A_1 = 0,001 \text{ м}$, $A_2 = 0,002 \text{ м}$. Определите амплитуду результирующего колебания, его частоту и начальную фазу. Запишите уравнение результирующего колебания.

Дано:

$$x_1 = A_1 \sin \omega t$$

$$x_2 = A_2 \cos \omega t$$

$$\omega = 1 \text{ с}^{-1}$$

$$A_1 = 0,001 \text{ м}$$

$$A_2 = 0,002 \text{ м}$$

Решение.

При сложении двух синхронных ($\omega_1 = \omega_2$) однонаправленных колебаний частица совершает колебания с той же частотой. Поэтому уравнение результирующих колебаний будем искать в виде:

$$x = x_1 + x_2 = A \cos(\omega t + \varphi_0).$$

Раскроем скобки и учтем, что

$$x_1 = A_1 \sin \omega t \text{ и } x_2 = A_2 \cos \omega t. \text{ Получим:}$$

$$A \cos \omega t \cos \varphi_0 - A \sin \omega t \sin \varphi_0 = A_1 \sin \omega t + A_2 \cos \omega t.$$

Это уравнение выполняется для любого момента времени, если $A \cos \varphi_0 = A_2$ и $A \sin \varphi_0 = -A_1$.

Отсюда получим: $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2}$; $\varphi_0 = -\arctg \frac{A_1}{A_2}$.

Уравнение результирующего колебания запишем в виде:

$$x = \sqrt{A_1^2 + A_2^2} \cos \left[\omega t - \arctg \frac{A_1}{A_2} \right].$$

Расчет: $A = \sqrt{0,001^2 + 0,002^2} = 0,00224 \text{ м}$; $\omega = 1 \text{ с}^{-1}$;

$$\varphi_0 = -\arctg \frac{0,001}{0,002} = -0,46 \text{ рад}; \quad x = 0,00224 \cos(t - 0,46).$$

Ответ: $0,0024 \text{ м}$; 1 с^{-1} ; $-0,46 \text{ рад}$; $x = 0,00224 \cos(t - 0,46)$.

Пример 2. Плоская косинусоидальная волна с периодом колебаний 1,2 с, амплитудой 2 см и нулевой начальной фазой распространяется в упругой среде со скоростью 15 м/с. Определить: а) длину волны; б) фазу, смещение, скорость и ускорение точки, отстоящей на расстоянии 45 м от источника волн через 4 с от начала излучения волн; в) разность фаз двух

точек, лежащих на луче и отстоящих от источника волн на расстояниях 20 м и 30 м.

Дано:

$$T=1,2 \text{ с}$$

$$A=2 \text{ см}=0,02 \text{ м}$$

$$\varphi_0=0$$

$$v=15 \text{ м/с}$$

$$x=45 \text{ м}$$

$$t=4 \text{ с}$$

$$x_1=20 \text{ м}$$

$$x_2=30 \text{ м}$$

$$\lambda - ?$$

$$\varphi - ?$$

$$\Psi - ?$$

$$u - ?$$

$$a - ?$$

$$\Delta\varphi - ?$$

Решение.

$$\text{Длина волны: } \lambda = vt.$$

Уравнение плоской косинусоидальной волны, имеющей нулевую начальную фазу и бегущей вдоль оси ОХ:

$$\Psi(x, t) = A \cos(\omega t - kx) = A \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right),$$

где в случае упругой волны Ψ – смещение колеблющейся точки от положения равновесия,

$$\varphi = \omega t - kx = 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) - \text{фаза волны.}$$

Найдем скорость и ускорение колеблющейся точки:

$$u = \frac{\partial \Psi}{\partial t} = -A \frac{2\pi}{T} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right);$$

$$a = \frac{\partial u}{\partial t} = -A \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right).$$

Разность фаз двух точек, отстоящих друг от друга на расстояние Δx :

$$\Delta\varphi = k\Delta x = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x.$$

$$\text{Расчет: } \lambda = 15 \cdot 1,2 = 18 \text{ м; } \varphi = 2\pi \left(\frac{4}{1,2} - \frac{45}{18} \right) = \frac{5\pi}{3} = 1,67\pi \text{ рад;}$$

$$\Psi = 0,02 \cos \left(\frac{5\pi}{3} \right) = 0,01 \text{ м; } u = -0,02 \cdot \left(\frac{2 \cdot 3,14}{1,2} \right) \sin \frac{5\pi}{3} = 0,09 \text{ м/с;}$$

$$a = -0,02 \cdot \left(\frac{2 \cdot 3,14}{1,2} \right)^2 \cos \frac{5\pi}{3} = -0,27 \text{ м/с}^2; \Delta\varphi = \frac{2\pi}{18} (30 - 20) = 1,11\pi \text{ рад.}$$

Ответ: 18 м; 1,67π рад; 0,01 м; 0,09 м/с; -0,27 м/с²; 1,11π рад.

Вариант 1

1. Уравнение колебаний точки имеет вид $x = A \cos \omega(t + \tau)$, где $\omega = \pi \text{ с}^{-1}$, $\tau = 0,2 \text{ с}$. Определите период и начальную фазу колебаний.

2. Точка совершает колебания по закону $x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$, где $A = 2 \text{ см}$; $\omega = \pi \text{ с}^{-1}$, $\varphi_0 = \pi/4 \text{ рад}$. Постройте графики зависимости смещения, скорости и ускорения от времени.

3. Два одинаково направленных гармонических колебания одного периода с амплитудами 10 см и 6 см складываются в одно колебание с амплитудой 14 см. Найдите разность фаз складываемых колебаний.

4. Материальная точка массой 50 г совершает колебания, уравнения которых имеет вид $x = A \cos \omega t$, где $A=10$ см, $\omega=5$ с⁻¹. Найдите силу, действующую на точку, в двух случаях: 1) в момент, когда фаза $\omega t = \pi/3$; 2) в положении наибольшего смещения точки.

5. Задано уравнение плоской волны $\xi(x,t) = A \cos(\omega t - kx)$, где $A=0,5$ см, $\omega=628$ с⁻¹, $k=2$ м⁻¹. Определите частоту колебаний, длину волны, фазовую скорость, максимальные значения скорости и ускорения колебаний частиц среды.

Вариант 2

1. Определите период, частоту и начальную фазу колебаний, заданных уравнением $x = A \sin \omega(t + \tau)$, где $\omega = 2,5\pi$ с⁻¹, $\tau=0,4$ с.

2. Точка совершает колебания с амплитудой 4 см и периодом 2 с. Напишите уравнения этих колебаний, считая, что в начальный момент времени смещение $x_0 = 0$ и $v_0 < 0$. Определите фазу для двух моментов времени: 1) когда смещение равно 1 см и $v > 0$; 2) когда скорость равна -6 см/с и $x < 0$.

3. Два гармонических колебания, направленных по одной прямой и имеющих одинаковые амплитуды и периоды, складываются в одно колебание той же амплитуды. Найдите разность фаз складываемых колебаний.

4. Колебания материальной точки массой 0,1 г происходят согласно уравнению $x = A \cos \omega t$, где $A=5$ см, $\omega=20$ с⁻¹. Определите максимальное значение возвращающей силы и максимальное значение кинетической энергии.

5. Плоская звуковая волна возбуждается источником колебаний частоты 200 Гц. Амплитуда колебаний источника равна 4 мм. Напишите уравнение колебаний источника, если в начальный момент смещение точек максимально. Найдите смещение точек среды, находящихся на расстоянии 100 см от источника, в момент времени 0,1 с. Скорость звуковой волны принять равной 300 м/с. Затуханием пренебречь.

Контрольная работа №5. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Пример 1. Какой длины путь пройдет фронт волны монохроматического света в вакууме за то же время, за какое он проходит путь длиной 1 м в воде? Показатель преломления воды 1,33.

Дано:

$$n=1,33$$

$$l_2=1 \text{ м}$$

$$t_1 = t_2 = t$$

$$l_1 - ?$$

Решение.

Скорость распространения света в среде: $v = \frac{c}{n}$,

где c – скорость света в вакууме, n – абсолютный показатель преломления среды.

Т.к. свет распространяется в однородной среде с постоянной скоростью, то $v = \frac{l_2}{t}$; $c = \frac{l_1}{t}$. Получим: $\frac{l_2}{t} = \frac{l_1}{tn}$; $l_1 = l_2 n$.

Расчет: $l_1 = 1 \cdot 1,33 = 1,33 \text{ м}$.

Ответ: 1,33 м.

Пример 2. На щель шириной $d = 6\lambda$ падает нормально параллельный пучок монохроматического света с длиной волны λ . Под каким углом будет наблюдаться третий дифракционный минимум света?

Дано:

$$d = 6\lambda$$

$$m = 3$$

$$\varphi - ?$$

Решение.

Минимумы наблюдаются под углами, которым соответствует четное число зон Френеля в пределах ширины щели, или, которые обеспечивают

кратность разности хода лучей от краев щели до точки наблюдения длине освещающей волны: $d \sin \varphi = m\lambda$, где $m = \pm 1; \pm 2; \dots$

$$\text{Получим: } \sin \varphi = \frac{m\lambda}{d}; \varphi = \arcsin \frac{m\lambda}{d}.$$

$$\text{Расчет: } \varphi = \arcsin \frac{3\lambda}{6\lambda} = \frac{\pi}{6}.$$

$$\text{Ответ: } \frac{\pi}{6}.$$

Вариант 1

1. Сколько длин волн монохроматического света с частотой колебаний $5 \cdot 10^{14}$ Гц уложится на пути длиной 1,2 мм: 1) в вакууме; 2) в стекле?

2. Оптическая разность хода двух интерферирующих волн монохроматического света равна $0,3\lambda$. Определите разность фаз.

3. Вычислите радиус пятой зоны Френеля для плоского волнового фронта ($\lambda = 0,5 \text{ мкм}$), если построение делается для точки наблюдения, находящейся на расстоянии 1 м от фронта волны.

4. Пучок света, идущий в воздухе, падает на поверхность жидкости под углом 54° . Определите угол преломления пучка, если отраженный пучок полностью поляризован.

5. На узкую щель падает нормально монохроматический свет. Угол отклонения пучков света, соответствующих второй светлой дифракционной

полосе, равен 1° . Скольким длинам волн падающего света равна ширина щели?

Вариант 2

1. Определите длину отрезка, на котором укладывается столько же длин волн в вакууме, сколько их укладывается на отрезке длиной 3 мм в воде.

2. Найдите все длины волн видимого света (от 0,76 мкм до 0,38 мкм), которые будут: 1) максимально усилены; 2) максимально ослаблены при оптической разности хода интерферирующих волн, равной 1,8 мкм.

3. Радиус четвертой зоны Френеля для плоского волнового фронта равен 3 мм. Определите радиус шестой зоны Френеля.

4. Пучок естественного света, идущий в воде, отражается от грани алмаза, погруженного в воду. При каком угле падения отраженный свет полностью поляризован?

5. На щель шириной 0,05 мм падает нормально монохроматический свет ($\lambda=0,6$ мкм). Определите угол между первоначальным направлением пучка и направлением на четвертую темную дифракционную полосу.

Контрольная работа №6. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Пример 1. На поверхность металла падает монохроматический свет с длиной волны 0,1 мкм. Красная граница фотоэффекта для данного металла 0,3 мкм. Какая доля энергии фотона расходуется на сообщение электрону кинетической энергии?

Дано:
$\lambda=0,1$ мкм= 10^{-7} м
$\lambda_0=0,3$ мкм= $3 \cdot 10^{-7}$ м
$\frac{\epsilon_e}{\epsilon_\gamma}$ -?

Решение.
Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта имеет вид:

$$h\nu = A + \frac{m\nu_{\max}^2}{2}, \text{ или } \epsilon_\gamma = A + \epsilon_e,$$

где $\epsilon_\gamma = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ – энергия падающего фотона; $\epsilon_e = \frac{m\nu_{\max}^2}{2}$ – максимальная кинетическая энергия вылетевшего фотоэлектрона.

При некоторой, достаточно малой энергии падающего фотона фотоэффект прекращается: $h\nu_0 = A$, или $\frac{hc}{\lambda_0} = A$.

Максимальная кинетическая энергия электрона: $\epsilon_e = \epsilon_\gamma - A$.

Подставляя полученное выражение для работы и энергии фотона, получим: $\frac{\varepsilon_e}{\varepsilon_\gamma} = 1 - \frac{A}{\varepsilon_\gamma} = 1 - \frac{hc\lambda}{\lambda_0 hc} = 1 - \frac{\lambda}{\lambda_0}$.

Расчет: $\frac{\varepsilon_e}{\varepsilon_\gamma} = 1 - \frac{1}{3} = 0,67$.

Ответ: 0,67.

Пример 2. Найдите значение кинетической, потенциальной и полной энергии электрона на первой боровской орбите в атоме водорода.

Дано:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/М}$$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$$

$$n = 1$$

$$K - ?$$

$$\Pi - ?$$

$$E - ?$$

Решение.

Рассмотрим движение электрона по круговым орбитам в атоме водорода, состоящем из ядра с зарядом $+e$ и электрона с зарядом $-e$.

Стационарная электронная орбита представляет собой устойчивое состояние и определяется условием квантования Бора:

$$m_e v r = \frac{nh}{2\pi},$$

а также тем, что центростремительная сила равна силе электростатического притяжения между электроном и ядром:

$$\frac{m_e v^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}.$$

Решив совместно эти два уравнения, получим: $v = \frac{e^2}{2n\varepsilon_0 h}$;

$$r = \frac{nh}{2\pi m_e v} = \frac{nh^2 \varepsilon_0}{\pi m_e e^2} = \frac{h^2 \varepsilon_0 n^2}{\pi m_e e^2}.$$

Зная зависимости скорости электрона и радиуса орбиты от главного квантового числа, получим выражения для кинетической, потенциальной и полной энергии электрона в атоме водорода:

$$K = \frac{m_e v^2}{2} = \frac{m_e e^4}{8n^2 \varepsilon_0^2 h^2}; \quad \Pi = -\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r} = -\frac{m_e e^4}{4n^2 \varepsilon_0^2 h^2};$$

$$E = \Pi + K = -\frac{m_e e^4}{8n^2 \varepsilon_0^2 h^2}.$$

Знак « \leftarrow » означает, что электрон находится в связанном состоянии.

Расчет: $K = \frac{1,6^4 \cdot 10^{-76} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}{8 \cdot 8,85^2 \cdot 10^{-24} \cdot 6,62^2 \cdot 10^{-68}} = 2,17 \cdot 10^{-18} \text{ Дж} = 13,6 \text{ эВ};$

$$\Pi = -\frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1,6^4 \cdot 10^{-76}}{4 \cdot 8,85^2 \cdot 10^{-24} \cdot 6,62^2 \cdot 10^{-68}} = -4,34 \cdot 10^{-18} \text{ Дж} = -27,2 \text{ эВ};$$

$$E = K + \Pi = -2,17 \cdot 10^{-18} \text{ Дж} = -13,6 \text{ эВ.}$$

Ответ: 13,6 эВ; -27,2 эВ; -13,6 эВ.

Вариант 1

1. Определите температуру, при которой энергетическая светимость абсолютно черного тела равна 10 кВт/м^2 .

2. Определите поверхностную плотность потока энергии излучения, падающего на зеркальную поверхность, если световое давление при перпендикулярном падении лучей равно 10 мкПа .

3. Вычислите радиусы второй и третьей орбит в атоме водорода.

4. Найдите неопределенность в определении координаты электрона, движущегося в атоме водорода со скоростью $1,5 \cdot 10^6 \text{ м/с}$, если допускаемая неопределенность в определении скорости составляет 10 % от ее величины.

5. Температура верхних слоев Солнца равна 5300 К . Считая Солнце абсолютно черным телом, определите длину волны, которой соответствует максимальная спектральная плотность энергетической светимости Солнца.

Вариант 2

1. Будет ли наблюдаться фотоэффект, если на поверхность серебра направить ультрафиолетовое излучение с длиной волны 300 нм ?

2. Рентгеновское излучение с длиной волны $55,8 \text{ пм}$ рассеивается плиткой графита. Определите длину волны света, рассеянного под углом 60° к направлению падающего пучка света.

3. Определите длину волны де Бройля, характеризующую волновые свойства электрона, если его скорость 10^6 м/с . Сделайте такой же подсчет для протона.

4. На какую длину волны приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела при температуре 0°C ?

5. Поток энергии, излучаемый электрической лампой, равен 600 Вт . На расстоянии 1 м от лампы перпендикулярно падающим лучам расположено круглое плоское зеркальце диаметром 2 см . Принимая, что излучение лампы одинаково во всех направлениях и что зеркальце полностью отражает падающий на него свет, определите силу светового давления на зеркальце.

Контрольная работа №7.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Пример 1. Азот массой 7 г находится под давлением $0,1 \text{ МПа}$ при температуре 290 К . Вследствие изобарного нагревания газ занял объем 10 л . Определите температуру газа после расширения, объем газа до расширения, плотность газа до и после расширения.

Дано:
 $m = 7 \text{ г} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$
 $M = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
 $p = 0,1 \text{ МПа} = 10^5 \text{ Па}$
 $T_1 = 290 \text{ К}$
 $V_2 = 10 \text{ л} = 10^{-2} \text{ м}^3$
 $p = \text{const}$
 $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$

$T_2 - ?$
 $V_1 - ?$
 $\rho_1 - ?$
 $\rho_2 - ?$

Решение.

Из уравнения Менделеева-Клапейрона

$$pV = \frac{m}{M}RT \text{ с учетом постоянства давления и}$$

массы следует, что после расширения азот будет иметь температуру: $T_2 = \frac{pV_2M}{mR}$.

Учтем, что плотность газа $\rho = \frac{m}{V}$.

Для состояния газа до расширения получим:

$$\rho_1 = \frac{pM}{RT_1}; \text{ после расширения } - \rho_2 = \frac{pM}{RT_2}.$$

В соответствии с законом Гей-Люссака для изобарного расширения

найдем: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}; V_1 = \frac{T_1V_2}{T_2}$.

Расчет: $T_2 = \frac{10^5 \cdot 10^{-2} \cdot 28 \cdot 10^{-3}}{7 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31} = 481 \text{ К}; V_1 = \frac{290 \cdot 10^{-2}}{481} = 6,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 6 \text{ л};$

$$\rho_1 = \frac{10^5 \cdot 28 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 290} = 1,16 \text{ кг/м}^3; \rho_2 = \frac{10^5 \cdot 28 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 481} = 0,7 \text{ кг/м}^3.$$

Ответ: 481 К; 6 л; 1,16 кг/м³; 0,7 кг/м³.

Пример 2. Кислород нагревается при постоянном давлении 80 кПа. При этом его объем увеличивается от 1 м³ до 3 м³. Определите изменение внутренней энергии, совершаемую газом работу, сообщенное газу количество теплоты.

Дано:
 $i = 5$
 $M = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
 $p = 80 \text{ кПа} = 80 \cdot 10^3 \text{ Па}$
 $p = \text{const}$
 $m = \text{const}$
 $V_1 = 1 \text{ м}^3$
 $V_2 = 3 \text{ м}^3$
 $R = 8,31$

$\text{Дж/(моль} \cdot \text{К)}$
 $\Delta U - ?$
 $A - ?$
 $Q - ?$

Решение.

Изменение внутренней энергии газа найдем

по формуле $\Delta U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} R(T_2 - T_1),$

где $\nu = \frac{m}{M}$ – количество вещества;

i – число степеней свободы газовой молекулы;

R – универсальная газовая постоянная;

$(T_1 - T_2)$ – разность температур первого и второго состояний газа.

T_1 и T_2 выразим из уравнения Менделеева-

Клапейрона: $pV_1 = \frac{m}{M}RT_1; T_1 = \frac{pV_1M}{mR}; T_2 = \frac{pV_2M}{mR}.$

Таким образом для изменения внутренней энергии получим:

$$\Delta U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} R \left(\frac{pV_2 M}{mR} - \frac{pV_1 M}{mR} \right) = \frac{i}{2} p(V_2 - V_1).$$

Выражение $p(V_2 - V_1)$ описывает работу, совершаемую газом:

$$A = p(V_2 - V_1). \text{ Следовательно: } \Delta U = \frac{i}{2} A.$$

Количество теплоты, сообщенное газу, определим из уравнения первого начала термодинамики: $Q = \Delta U + A$.

$$\text{Расчет: } A = 80 \cdot 10^3 \cdot (3 - 1) = 160 \cdot 10^3 = 160 \text{ кДж};$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} \cdot 160 \cdot 10^3 = 400 \cdot 10^3 = 400 \text{ кДж};$$

$$Q = 160 + 400 = 560 \text{ кДж}.$$

Ответ: 160 кДж; 400 кДж; 560 кДж.

Вариант 1

1. В сосуде вместимостью 2 л находится кислород, количество вещества которого равно 0,2 моль. Определите плотность газа.
2. Найдите среднюю квадратичную, среднюю арифметическую и наиболее вероятную скорости молекул водорода. Вычисления выполнить для температуры 300 К.
3. Пылинки, взвешенные в воздухе, имеют массу 10^{-18} г. Во сколько раз уменьшится их концентрация при увеличении высоты на 10 м? Температура воздуха 300 К.
4. Водород массой 4 г был нагрет на 10 К при постоянном давлении. Определите работу расширения газа.
5. Смешали воду массой 5 кг при температуре 280 К с водой массой 8 кг при температуре 350 К. Найдите температуру смеси и изменение энтропии, происходящее при смешивании.

Вариант 2

1. В баллоне содержится газ при температуре 100 °С. До какой температуры нужно нагреть газ, чтобы его давление увеличилось в два раза?
2. При какой температуре средняя квадратичная скорость атомов гелия станет равной второй космической скорости 11,2 км/с?
3. Вычислите удельные теплоемкости при постоянном давлении и постоянном объеме для углекислого газа.
4. Азот массой 5 кг, нагретый на 150 К, сохранил неизменный объем. Найдите количество теплоты, сообщенное газу; изменение внутренней энергии; совершенную газом работу.
5. В результате изохорного нагревания водорода массой 1 г давление газа увеличилось в 2 раза. Определите изменение энтропии газа.

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]: 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.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ	6
Контрольная работа №1. КИНЕМАТИКА И ДИНАМИКА	6
Контрольная работа №2. МЕХАНИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ	8
Контрольная работа №3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ	10
Контрольная работа №4. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	13
Контрольная работа №5. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА	15
Контрольная работа №6. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	17
Контрольная работа №7. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА	19
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	22
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	23

Учебное издание

Шмарова Татьяна Сергеевна

ФИЗИКА

Методические указания к контрольным работам
направления подготовки 08.03.01 «Строительство»

В авторской редакции

Верстка Т.А. Лильп

Подписано в печать 9.06.16. Формат 60×84/16.

Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.

Усл.печ.л.1,4. Уч.-изд.л. 1,5. Тираж 80 экз.

Заказ №396.

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