

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 20.03.01
«Техносферная безопасность»

Пенза 2016

УДК 53(075)
ББК 22.3я7
Ф50

Рекомендовано Редсоветом университета
Рецензент – кандидат технических наук, доцент
кафедры физики и химии Н.А. Оч-
кина (ПГУАС)

Физика: метод. указания к контрольным работам по направле-
Ф50 нию подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» /
Т.С. Шмарова. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 32 с.

Приведены варианты контрольных работ по основным разделам курса общей физики («Физические основы механики», «Электричество и магнетизм», «Молекулярная физика и термодинамика», «Оптика и квантовая физика», «Строение атомного ядра»).

Методические указания разработаны на кафедре «Физика и химия» с учетом компетентностного подхода к процессу обучения и предназначены для контроля знаний студентов, обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность».

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

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие методические указания разработаны в соответствии с программой курса «Физика» ФГОС ВО для направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» 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 методические рекомендации по выполнению контрольных работ, примеры решения задач, а также варианты контрольных заданий по основным разделам физики: механике, электричеству и магнетизму, молекулярной физике, термодинамике, оптике, квантовой физике и физике атомного ядра. Систематическое проведение контрольных работ помогает определить знание формул и умение 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:

• **Владение компетенциями самосовершенствования (сознание необходимости, потребность и способность учиться).**

Показатели достижения заданного уровня освоения компетенции:

знать:

- волевые качества личности;
- современные достижения в области профессиональных интересов.

уметь:

- ставить целью получение информации и выбирать рациональный путь ее достижения;
- стремиться к саморазвитию, анализируя недостатки и исправляя ошибки в применении знаний;
- применять методы формирования волевых качеств;
- выстраивать перспективы профессионального саморазвития.

владеть:

- приемами развития памяти, мышления, анализа и обобщения информации;
- навыками профессионального мышления;
- методами развития личности.

• **Способность к познавательной деятельности.**

Показатели достижения заданного уровня освоения компетенции:

знать:

- основные познавательные процессы, понятия «мотивация» и «потребность»;
- основные методы и средства познания.

уметь:

- применять методы и средства познания для интеллектуального развития, повышения культурного уровня;
- диагностировать неполноту знаний.

владеть:

- методами и средствами научного познания.

• **Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.**

Показатели достижения заданного уровня освоения компетенции:

знать:

- назначение и принципы действия важнейших физических приборов;
- сущность работы с компьютером как средством управления информацией;
- сущность работы в Интернете и получение информации в глобальных сетях.

уметь:

- работать с приборами и оборудованием современной физической лаборатории;
- использовать, хранить и перерабатывать информацию с применением вычислительной техники;
- получать информацию из глобальных сетей, позволяющую расширить свой уровень знаний.

владеть:

- методами экспериментального исследования в физике;
- навыками ведения физического эксперимента с использованием современной научной аппаратуры;
- 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, необходимо изучить теоретический материал по данному разделу курса физики.

Методика решения задач по физике включает в себя несколько этапов.

1. Оформите задачу: кратко запишите условие, дополните задачу рисунком. Правильно поставьте к задаче вопрос.

2. Проверьте, находятся ли все заданные величины в одной системе единиц. В случае, когда величины находятся в разных системах, выразите их в единицах той системы, которая принята для решения задачи.

3. Обдумайте содержание задачи и определите раздел физики, к которому она относится, а также какие в ней нужно применить законы. После определения применяемых законов, запишите соответствующие этим законам формулы.

4. Выясните, все ли параметры, применяемые в формуле, известны. Если выяснится, что число неизвестных больше, чем число уравнений, то добавьте уравнения, которые следуют из рисунка и условия. Придерживайтесь такого принципа: сколько в задаче неизвестных, столько и должно быть формул.

5. Решите систему уравнений. Решайте задачу в общем виде, а именно – в буквенных обозначениях. После решения задачи в общем виде произведите проверку размерности полученной величины. С этой целью в формулы подставьте не числа, а размерности тех величин, которые в нее входят. Решение произведено правильно, если ответ соответствует размерности искомой величины.

6. Подставьте в формулу числовые значения и вычислите результат. Теперь проанализируйте, а затем сформулируйте ответ.

Контрольная работа №1. КИНЕМАТИКА И ДИНАМИКА

Пример 1. Задан радиус-вектор точки: $\vec{r} = At\vec{i} + Bt^2\vec{j} + C\vec{k}$, где $A=1$ м/с, $B=2$ м/с², $C=3$ м. Определите модуль скорости в момент времени 2 с.

Дано:

$$\vec{r} = At\vec{i} + Bt^2\vec{j} + C\vec{k}$$

$$A=1 \text{ м/с}$$

$$B=2 \text{ м/с}^2$$

$$C=3 \text{ м}$$

$$t=2 \text{ с}$$

$$v-?$$

Решение.

Так как $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$, то

$$x = At, \quad y = Bt^2, \quad z = C.$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} = A; \quad v_y = \frac{dy}{dt} = 2Bt; \quad v_z = \frac{dz}{dt} = 0;$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} = \sqrt{A^2 + 4B^2t^2}.$$

Расчет: $v = \sqrt{1^2 + 4 \cdot 2^2 \cdot 2^2} = \sqrt{65} \approx 8,1 \text{ м/с}.$

Ответ: 8,1 м/с.

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. Первую половину пути тело двигалось со скоростью 2 м/с, вторую – со скоростью 8 м/с. Определите среднюю путевую скорость.

2. Точка движется по кривой с постоянным тангенциальным ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$. Определите полное ускорение точки на участке кривой с радиусом кривизны 3 м , если точка движется на этом участке со скоростью 2 м/с .

3. Определите линейную скорость и центростремительное ускорение точек земной поверхности, расположенных: 1) на экваторе; 2) на широте Москвы ($\varphi = 56^\circ$).

4. К пружинным весам подвешен блок. Через блок перекинут шнур, к концам которого привязали грузы массами $1,5 \text{ кг}$ и 3 кг . Каково будет показание весов во время движения грузов? Массой блока и шнура пренебречь.

5. Грузик, привязанный к шнуру длиной 50 см , описывает окружность в горизонтальной плоскости. Какой угол образует шнур с вертикалью, если частота вращения 1 с^{-1} ?

Вариант 2

1. Из одного и того же места начали равноускоренно двигаться в одном направлении две точки, причем вторая начала свое движение через 2 с после первой. Первая точка двигалась с начальной скоростью 1 м/с и ускорением 2 м/с^2 , вторая – с начальной скоростью 10 м/с и ускорением 1 м/с^2 . Через сколько времени и на каком расстоянии от исходного положения вторая точка догонит первую?

2. Точка движется по окружности радиусом 4 м . Начальная скорость точки равна 3 м/с , тангенциальное ускорение 1 м/с^2 . В момент времени 2 с определите пройденный путь, перемещение, среднюю путевую скорость.

3. Линейная скорость точек на окружности вращающегося диска равна 3 м/с . Точки, расположенные на 10 см ближе к оси, имеют линейную скорость 2 м/с . Определите частоту вращения диска.

4. Два бруска массами 1 кг и 4 кг , соединенные шнуром, лежат на столе. С каким ускорением будут двигаться бруски, если к одному из них приложить силу 10 Н , направленную горизонтально? Какова будет сила натяжения шнура, соединяющего бруски, если силу 10 Н приложить: 1) к первому бруску; 2) ко второму бруску? Трением пренебречь.

5. При насадке маховика на ось центр тяжести оказался на расстоянии $0,1 \text{ мм}$ от оси вращения. В каких пределах меняется сила давления оси на подшипники, если частота вращения маховика 10 с^{-1} ? Масса маховика равна 100 кг .

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

Пример 1. По заданному уравнению вращения $\varphi = At^3 - Bt^2$ ($A=1$ рад/с³, $B=5$ рад/с²) однородного цилиндра радиусом $\sqrt{2}$ м и массой 60 кг определите вращающий момент внешних сил, действующих на него в момент времени 2 с.

Дано:

$$\varphi = At^3 - Bt^2$$

$$A=1 \text{ рад/с}^3$$

$$B=5 \text{ рад/с}^2$$

$$R = \sqrt{2} \text{ м}$$

$$m=60 \text{ кг}$$

$$t=2 \text{ с}$$

$$M - ?$$

Решение.

Согласно основному уравнению динамики вращательного движения: $M = I\alpha$, где I – момент инерции цилиндра, α – его угловое ускорение.

$$I = \frac{mR^2}{2}; \quad \omega = \frac{d\varphi}{dt} = 3At^2 - 2Bt;$$

$$\alpha = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{d\omega}{dt} = 6At - 2B;$$

$$M = \frac{m}{2}R^2(6At - 2B).$$

Расчет: $M = \frac{60}{2}(\sqrt{2})^2(6 \cdot 1 \cdot 2 - 2 \cdot 5) = 120 \text{ Н}\cdot\text{м}.$

Ответ: 120 Н·м.

Пример 2. Из ствола орудия массой 5 т вылетает снаряд массой 100 кг. Кинетическая энергия снаряда на вылете 7,5 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: $E_{к2} = \frac{p_2^2}{2m_2};$

$$p_2^2 = 2m_2E_{к2}. \text{ Тогда } E_{к1} = \frac{2m_2E_{к2}}{2m_1} = \frac{m_2}{m_1}E_{к2}.$$

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.

Вариант 1

1. На железнодорожной платформе установлено орудие. Масса платформы с орудием 15 т. Орудие стреляет вверх под углом 60° к горизонту в направлении пути. С какой скоростью покатится платформа вследствие отдачи, если масса снаряда 20 кг и он вылетает со скоростью 600 м/с?

2. Найдите работу подъема груза по наклонной плоскости длиной 2 м, если масса груза равна 100 кг, угол наклона 30° , коэффициент трения 0,1 и груз движется с ускорением 1 м/с^2 .

3. Конькобежец, стоя на льду, бросил вперед гирию массой 5 кг и вследствие отдачи покатился назад со скоростью 1 м/с. Масса конькобежца 60 кг. Определите работу, совершенную конькобежцем при бросании гири.

4. Три маленьких шарика массой 10 г каждый расположены в вершинах равностороннего треугольника со стороной 20 см и скреплены между собой. Определите момент инерции системы относительно оси, перпендикулярной плоскости треугольника и проходящей через центр описанной окружности. Массой стержней, соединяющих шары, пренебречь.

5. На цилиндр намотана тонкая гибкая нерастяжимая лента, массой которой по сравнению с массой цилиндра можно пренебречь. Свободный конец ленты прикрепили к кронштейну и предоставили цилиндру опускаться под действием силы тяжести. Определите линейное ускорение оси цилиндра, если цилиндр: 1) сплошной; 2) полый тонкостенный.

Вариант 2

1. Снаряд массой 10 кг обладал скоростью 200 м/с в верхней точке траектории. В этой точке он разорвался на две части. Меньшая массой 3 кг получила скорость 400 м/с в прежнем направлении. Найдите скорость второй, большей части после разрыва.

2. Вычислите работу, совершаемую на пути 12 м равномерно возрастающей силой, если в начале пути сила равна 10 Н, в конце пути 46 Н.

3. На рельсах стоит платформа, на которой в горизонтальном положении закреплено орудие без противооткатного устройства. Из орудия производят выстрел вдоль железнодорожного пути. Масса снаряда равна 10 кг и его скорость 1 км/с. Масса платформы с орудием и прочим грузом равна 20 т. На какое расстояние откатится платформа после выстрела, если коэффициент сопротивления 0,002?

4. Три маленьких шарика массой 10 г каждый расположены в вершинах равностороннего треугольника со стороной 20 см и скреплены между собой. Определите момент инерции системы относительно оси, лежащей в плоскости треугольника и проходящей через центр описанной окружности и одну из вершин треугольника. Массой стержней, соединяющих шары, пренебречь.

5. Через блок, имеющий форму диска, перекинут шнур. К концам шнура привязали грузики массами 100 г и 110 г. С каким ускорением будут двигаться грузики, если масса блока равна 400 г? Трение при вращении блока ничтожно мало.

Контрольная работа №3. ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

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

$$\text{напряженностью } dE = \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 r^2},$$

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:

$$r = L + x.$$

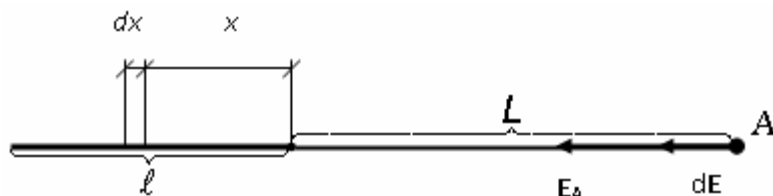


Рис. 1

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:

$$E_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_0^l \frac{dq}{r^2} = \frac{\tau}{4\pi\epsilon_0} \int_0^l \frac{dx}{(L+x)^2} = \frac{\tau}{4\pi\epsilon_0} \int_0^l \frac{d(L+x)}{(L+x)^2} =$$

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

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 В/м.

Пример 2. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону $I = C + Bt$, где $C=4 \text{ А}$; $B=2 \text{ А/с}$. Какой заряд проходит через сечение проводника в интервале времени от $t_1=1 \text{ с}$ до $t_2=3 \text{ с}$?

Дано:

$$I = C + Bt$$

$$C = 4 \text{ А}$$

$$B = 2 \text{ А/с}$$

$$t_1 = 1 \text{ с}$$

$$t_2 = 3 \text{ с}$$

$$q = ?$$

Решение.

В случае непостоянного тока сила тока $I = \frac{dq}{dt}$, поэтому за бесконечно малый промежуток времени dt через поперечное сечение проводника проходит заряд: $dq = Idt$.

За промежуток времени от t_1 до t_2 заряд равен:

$$q = \int_{t_1}^{t_2} Idt = \int_{t_1}^{t_2} (C + Bt) dt = \int_{t_1}^{t_2} C dt + \int_{t_1}^{t_2} Bt dt = C(t_2 - t_1) + \frac{B(t_2^2 - t_1^2)}{2}.$$

Расчет: $q = 4 \cdot (3 - 1) + \frac{2 \cdot (3^2 - 1^2)}{2} = 16 \text{ Кл.}$

Ответ: 16 Кл.

Вариант 1

1. Два одинаковых заряженных шарика подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины. При этом нити разошлись на угол α . Шарики погружаются в масло плотностью 800 кг/м^3 . Определите диэлектрическую проницаемость масла, если угол расхождения нитей при погружении шариков в масло остается неизменным. Плотность материала шариков 1600 кг/м^3 .

2. Тонкая бесконечная нить согнута под углом 90° . Нить несет заряд, равномерно распределенный с линейной плотностью 1 мкКл/м . Определите силу, действующую на точечный заряд $0,1 \text{ мкКл}$, расположенный на продолжении одной из сторон и удаленный от вершины угла на 50 см .

3. К источнику тока с ЭДС $1,5 \text{ В}$ присоединили катушку с сопротивлением $0,1 \text{ Ом}$. Амперметр показал силу тока $0,5 \text{ А}$. Когда к источнику тока

присоединили последовательно еще один источник тока с такой же ЭДС, то сила тока в той же катушке оказалась равной 0,4 А. Определите внутренние сопротивления первого и второго источников тока.

4. Напряженность магнитного поля в центре кругового витка радиусом 8 см равна 30 А/м. Определите напряженность поля витка в точке, расположенной на расстоянии 6 см от центра витка.

5. По тонкому проводу в виде кольца радиусом 20 см течет ток 100 А. Перпендикулярно плоскости кольца возбуждено однородное магнитное поле с индукцией 20 мТл. Найдите силу, растягивающую кольцо.

Вариант 2

1. Даны два шарика массой 1 г каждый. Какой заряд нужно сообщить каждому шару, чтобы сила взаимного отталкивания зарядов уравновесила силу взаимного притяжения шариков по закону тяготения? Рассматривать шарики как материальные точки.

2. Тонкое кольцо радиусом 10 см несет равномерно распределенный заряд 10^2 нКл. На перпендикуляре к плоскости кольца, восставленном из его середины, находится точечный заряд 10 нКл. Определите силу, действующую на точечный заряд со стороны заряженного кольца, если он удален от центра кольца на 20 см.

3. Две группы из трех последовательно соединенных элементов включены параллельно. ЭДС каждого элемента равна 1,2 В, внутреннее сопротивление 0,2 Ом. Полученная батарея замкнута на внешнее сопротивление 1,5 Ом. Найдите силу тока во внешней цепи.

4. При какой силе тока, текущему по тонкому проводящему кольцу радиусом 0,2 м, магнитная индукция в точке, равноудаленной от всех точек кольца на расстояние 0,3 м, станет равной 20 мкТл?

5. Двухпроводная линия состоит из длинных параллельных прямых проводов, находящихся на расстоянии 4 мм друг от друга. По проводам текут одинаковые токи 50 А. Определите силу взаимодействия токов, приходящуюся на единицу длины провода.

Контрольная работа №4. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Пример 1. Материальная точка совершает гармонические колебания вдоль оси X . По прошествии времени $t_1=0,1$ с от начала движения смещение точки от положения равновесия $x_1=0,05$ м, скорость $v_{1x}=0,62$ м/с, ускорение $a_{1x}=-5,4$ м/с². Определите: 1) амплитуду, циклическую частоту и начальную фазу колебаний; 2) смещение, скорость и ускорение в начальный момент времени.

Дано:
 $t_1 = 0,1$ с
 $x_1 = 0,05$ м
 $v_{1x} = 0,62$ м/с
 $a_{1x} = -5,4$ м/с²

A – ?
 ω_0 – ?
 φ_0 – ?
 $x(0)$ – ?
 $v_x(0)$ – ?
 $a_x(0)$ – ?

Решение.

Закон колебаний материальной точки:

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0).$$

Законы изменения скорости и ускорения со временем:

$$v_x = \frac{dx}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0);$$

$$a_x = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0).$$

Подставим данные из условия:

$$x_1 = A \sin(\omega t_1 + \varphi_0); \quad (1)$$

$$v_{x1} = A\omega \cos(\omega t_1 + \varphi_0); \quad (2)$$

$$a_{x1} = -A\omega^2 \sin(\omega t_1 + \varphi_0). \quad (3)$$

Из уравнений (1) и (3) получим: $a_{x1} = -x_1\omega^2$; $\omega = \sqrt{\frac{-a_{1x}}{x_1}}$.

Возведя в квадрат уравнения (1) и (2) (предварительно следует второе уравнение разделить на ω) и почленно сложив их, получаем $x_1^2 + \frac{v_{1x}^2}{\omega^2} = A^2$,

откуда амплитуда колебаний $A = \sqrt{x_1^2 + \frac{v_{1x}^2}{\omega^2}}$.

Начальную фазу найдем из уравнения (1): $\varphi_0 = \arcsin \frac{x_1}{A} - \omega t_1$.

По найденным значениям амплитуды, циклической частоты и начальной фазы найдем координату, скорость и ускорение точки в начальный момент времени.

$$\text{Расчет: } \omega = \sqrt{\frac{5,4}{0,05}} = 10,4 \text{ с}^{-1}; \quad A = \sqrt{25 \cdot 10^{-4} + \frac{0,62^2}{10,4^2}} = 0,078 \text{ м};$$

$$\varphi_0 = \arcsin \frac{0,05}{0,078} - 10,4 \cdot 0,1 = -0,35 \text{ рад} = -\frac{\pi}{9} \text{ рад};$$

$$x(0) = 0,078 \sin\left(-\frac{\pi}{9}\right) = -0,027 \text{ м}; \quad v_x(0) = 0,078 \cdot 10,4 \cos\left(-\frac{\pi}{9}\right) = 0,76 \text{ м/с};$$

$$a_x(0) = -0,078 \cdot 10,4^2 \sin\left(-\frac{\pi}{9}\right) = 2,89 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: 0,078 м; 10,4 с⁻¹; $-\frac{\pi}{9}$ рад; -0,027 м; 0,76 м/с; 2,89 м/с².

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,

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

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. Определите максимальные значения скорости и ускорения точки, совершающей гармонические колебания с амплитудой 3 см и циклической частотой $\pi/2 \text{ с}^{-1}$.

2. Точка участвует в двух одинаково направленных колебаниях: $x_1 = A_1 \sin \omega t$ и $x_2 = A_2 \cos \omega t$, где $A_1 = 1$ см; $A_2 = 2$ см; $\omega = 1$ с⁻¹. Определите амплитуду результирующего колебания, его частоту и начальную фазу. Найдите уравнение этого движения.

3. Найдите возвращающую силу в момент времени 1 с и полную энергию материальной точки, совершающей колебания по закону $x = A \cos \omega t$, где $A = 20$ см; $\omega = 2\pi / 3$ с⁻¹. Масса материальной точки равна 10 г.

4. За 8 мин амплитуда затухающих колебаний маятника уменьшилась в 3 раза. Определите коэффициент затухания.

5. Плоская звуковая волна имеет период 3 мс, амплитуду 0,2 мм и длину волны 1,2 м. Для точек среды, удаленных от источника колебаний на расстояние 2 м, найдите смещение, скорость и ускорение в момент времени 7 мс. Начальную фазу колебаний принять равной нулю.

Вариант 2

1. Точка совершает колебания по закону $x = A \cos \omega t$, где $A = 5$ см; $\omega = 2$ с⁻¹. Определите ускорение точки в момент времени, когда ее скорость равна 8 см/с.

2. Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми периодами 1,5 с и амплитудами 2 см. Начальные фазы колебаний $\pi / 2$ и $\pi / 3$. Определите амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Найдите его уравнение.

3. Колебания материальной точки происходят согласно уравнению $x = A \cos \omega t$, где $A = 8$ см; $\omega = \pi / 6$ с⁻¹. В момент времени, когда возвращающая сила в первый раз достигла значения -5 мН, потенциальная энергия точки стала равной 100 мкДж. Найдите этот момент времени и соответствующую ему фазу.

4. Амплитуда колебаний маятника длиной 1 м за 10 мин уменьшилась в 2 раза. Определите логарифмический декремент затухания.

5. От источника колебаний распространяется волна вдоль прямой линии. Амплитуда колебаний равна 10 см. Как велико смещение точки, удаленной от источника на расстояние, равное $3\lambda / 4$, в момент времени $0,9T$ от начала колебаний?

Контрольная работа №5. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Пример 1. В опыте Юнга (рис. 2) отверстия освещались монохроматическим светом с длиной волны 600 нм. Расстояние между отверстиями 1 мм, расстояние от отверстий до экрана 3 м. Найти положение первых трех светлых полос.

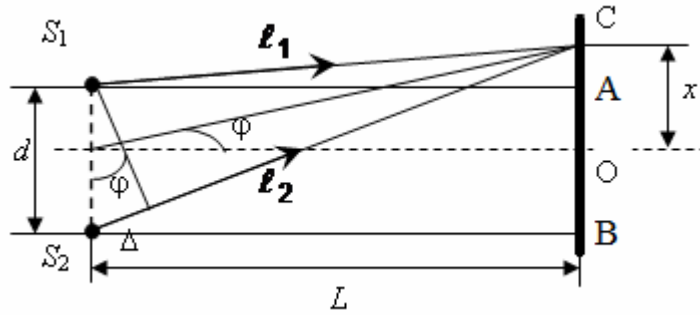


Рис. 2

Дано:

$$\lambda = 600 \text{ нм} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$d = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$$

$$L = 3 \text{ м}$$

$$m_1 = 1$$

$$m_2 = 2$$

$$m_3 = 3$$

$$x_1 = ?$$

$$x_2 = ?$$

$$x_3 = ?$$

Решение.

На рис. 2 треугольники AS_1C и BS_2C прямоугольные. Для них запишем выражения:

$$l_1^2 = L^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2; \quad l_2^2 = L^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2.$$

Вычтем из второго уравнения первое:

$$(l_2 - l_1)(l_2 + l_1) = \left(x + \frac{d}{2}\right)^2 - \left(x - \frac{d}{2}\right)^2.$$

Учтем, что $l_2 + l_1 \approx 2L$, $(l_2 - l_1) = \Delta$ и преобразуем правую часть равенства:

$$2\Delta L = 2xd + \frac{d^2}{2}.$$

Так как расстояние между источниками много меньше расстояния от источников до экрана, то $\frac{d^2}{2} \approx 0$.

Условие максимума интерференции: $\Delta = m\lambda$.

$$\text{Получим: } 2m\lambda L = 2xd; \quad x = \frac{m\lambda L}{d}.$$

$$\text{Расчет: } x_1 = \frac{1 \cdot 3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}}{10^{-3}} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 1,8 \text{ мм}$$

$$x_2 = \frac{2 \cdot 3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}}{10^{-3}} = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3,6 \text{ мм};$$

$$x_3 = \frac{3 \cdot 3 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}}{10^{-3}} = 5,4 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 5,4 \text{ мм}.$$

Ответ: 1,8 мм; 3,6 мм; 5,4 мм.

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 $m = \pm 1; \pm 2; \dots$

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

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

$$\text{Ответ: } \frac{\pi}{6}.$$

Вариант 1

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

2. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга равно 1 мм, расстояние от щелей до экрана равно 3 м. Определите длину волны, испускаемой источником монохроматического света, если ширина полос интерференции на экране равна 1,5 мм.

3. Плоская световая волна ($\lambda = 0,5$ мкм) падает нормально на диафрагму с круглым отверстием диаметром 1 см. На каком расстоянии от отверстия должна находиться точка наблюдения, чтобы отверстие открывало: 1) одну зону Френеля; 2) две зоны Френеля?

4. На щель шириной 0,1 мм падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,5$ мкм). За щелью помещена собирающая линза, в фокальной плоскости которой находится экран. Что будет наблюдаться на экране, если угол дифракции равен 1) $17'$; 2) $43'$?

5. Угол Брюстера при падении света из воздуха на кристалл каменной соли равен 57° . Определите скорость света в этом кристалле.

Вариант 2

1. На пути световой волны, идущей в воздухе, поставили стеклянную пластину толщиной 1 мм. На сколько изменится оптическая длина пути, если волна падает на пластину: 1) нормально; 2) под углом 30° ?

2. В опыте Юнга расстояние между щелями равно 0,8 мм, длина волны 640 нм. На каком расстоянии от щелей следует расположить экран, чтобы ширина интерференционной полосы оказалась равной 2 мм?

3. Плоская световая волна ($\lambda=0,7$ мкм) падает нормально на диафрагму с круглым отверстием радиусом 1,4 мм. Определите расстояние от диафрагмы до трех наиболее удаленных от нее точек, в которых наблюдаются минимумы интенсивности.

4. Сколько штрихов на каждый миллиметр содержит дифракционная решетка, если при наблюдении в монохроматическом свете ($\lambda=0,6$ мкм) максимум пятого порядка отклонен на угол 18° ?

5. Предельный угол полного отражения пучка света на границе жидкости с воздухом равен 43° . Определите угол Брюстера для падения луча из воздуха на поверхность этой жидкости.

Контрольная работа №6. ФОТОЭФФЕКТ. ЭФФЕКТ КОМПТОНА. СВЕТОВОЕ ДАВЛЕНИЕ. ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Пример 1. Давление света, производимое на зеркальную поверхность, равно 5 мПа. Определите концентрацию фотонов вблизи поверхности, если длина волны света, падающего на поверхность, равна 0,5 мкм.

Дано:

$$\lambda=0,5 \text{ мкм}=5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$p=5 \text{ мПа}=5 \cdot 10^{-3} \text{ Па}$$

$$c=3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$$

$$n - ?$$

Решение.

Давление монохроматического света, падающего перпендикулярно поверхности, определяется по формуле:

$$p = \frac{h\nu}{c} N(\rho + 1),$$

где N – число фотонов, падающих в единицу времени на единицу площади поверхности; $\nu = \frac{c}{\lambda}$ – частота монохроматического излучения; ρ –

коэффициент отражения поверхности.

$\rho = 1$ для зеркальной поверхности.

Концентрация фотонов вблизи поверхности $n = \frac{N}{c}$.

Выразим число фотонов из формулы для давления и подставим в формулу для концентрации: $n = \frac{p\lambda}{2hc}$.

$$\text{Расчет: } n = \frac{5 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} = 6,3 \cdot 10^{15} \text{ м}^{-3}.$$

$$\text{Ответ: } 6,3 \cdot 10^{15} \text{ м}^{-3}.$$

Пример 2. 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:
 $\lambda = 0,1 \text{ мкм} = 10^{-7} \text{ м}$
 $\lambda_0 = 0,3 \text{ мкм} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$
 $\frac{\varepsilon_e}{\varepsilon_\gamma} - ?$

Решение.
 Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта имеет вид:

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

где $\varepsilon_\gamma = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ – энергия падающего фотона; $\varepsilon_e = \frac{m\nu_{\max}^2}{2}$ – 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: $\varepsilon_e = \varepsilon_\gamma - A$.

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.

Вариант 1

1. Определите энергию, излучаемую за 1 мин из смотрового окошка площадью 8 см² плавильной печи, если ее температура 1200 К.

2. Определите температуру абсолютно черного тела, при которой максимум спектральной плотности энергетической светимости приходится на красную ($\lambda_1 = 750 \text{ нм}$) и на фиолетовую ($\lambda_2 = 380 \text{ нм}$) границу видимого спектра.

3. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта 307 нм и максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона равна 1 эВ?

4. На зеркальце с идеальной отражающей поверхностью площадью 1,5 см² падает нормально свет от электрической дуги. Определите импульс, полученный зеркальцем, если поверхностная плотность потока излучения, падающего на зеркальце, равна 0,1 МВт/м². Продолжительность облучения 1 с.

5. Определите угол рассеяния фотона, испытавшего соударение со свободным электроном, если изменение длины волны при рассеянии равно 3,62 пм.

Вариант 2

1. Температура верхних слоев звезды Сириус равна 10^4 К. Определите поток энергии, излучаемый с поверхности площадью 1 км^2 этой звезды.

2. Вследствие изменения температуры черного тела максимум спектральной плотности энергетической светимости сместился с $2,4 \text{ мкм}$ на $0,8 \text{ мкм}$. Как и во сколько раз изменились энергетическая светимость тела и максимальная спектральная плотность энергетической светимости?

3. На поверхность лития падает монохроматический свет ($\lambda = 310 \text{ нм}$). Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов не менее $1,7 \text{ В}$. Определите работу выхода.

4. Определите энергию, массу и импульс фотона, которому соответствует длина волны 380 нм (фиолетовая граница видимого спектра).

5. Фотон с энергией $0,4 \text{ МэВ}$ рассеялся под углом 90° на свободном электроны. Определите энергию рассеянного фотона и кинетическую энергию электрона отдачи.

Контрольная работа №7. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Пример 1. Вычислите длину волны света, излучаемого атомом водорода при переходе электрона с пятого энергетического уровня на третий. Определите энергию, массу и количество движения испускаемого фотона.

Дано:

$$n = 3$$

$$m = 5$$

$$\lambda - ?$$

$$\varepsilon - ?$$

$$m - ?$$

$$p - ?$$

Решение.

Длину волны испускаемого излучения можно найти, воспользовавшись серийной формулой для водорода:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right),$$

где R – постоянная Ридберга; m и n – главные квантовые числа.

Выразим длину волны:

$$\lambda = \frac{n^2 m^2}{R(m^2 - n^2)}.$$

Энергия фотона $\varepsilon = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$; масса фотона $m = \frac{\varepsilon}{c^2}$; количество движения (импульс) $p = mc$.

$$\text{Расчет: } \lambda = \frac{3^2 \cdot 5^2}{1,10 \cdot 10^7 \cdot (5^2 - 3^2)} = 1,28 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon = 6,63 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{1,28 \cdot 10^{-6}} = 1,55 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}; m = \frac{1,55 \cdot 10^{-19}}{(3 \cdot 10^8)^2} = 1,72 \cdot 10^{-35} \text{ кг};$$

$$p = 1,72 \cdot 10^{-35} \cdot 3 \cdot 10^8 = 5,15 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

Ответ: 1,28 мкм; $1,55 \cdot 10^{-19}$ Дж; $1,76 \cdot 10^{-35}$ кг; $5,15 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с.

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

Дано:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

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

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

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

$$n = 1$$

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:

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

$$K - ?$$

$$П - ?$$

$$E - ?$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ответ: 13,6 эВ; -27,2 эВ; -13,6 эВ.

Вариант 1

1. Определите частоту обращения электрона на второй орбите атома водорода.

2. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,1 нм?

3. Определите неопределенность в определении координаты электрона, движущегося в атоме водорода со скоростью 1,5 Мм/с, если допускаемая неопределенность в определении скорости составляет 10 % от ее величины.

4. Частица в потенциальном ящике находится в основном состоянии. Какова вероятность нахождения частицы: 1) в средней трети ящика; 2) в крайней трети ящика?

5. Найдите вероятность прохождения электрона через прямоугольный потенциальный барьер при разности энергий $U_0 - E = 1$ эВ, если ширина барьера 0,1 нм.

Вариант 2

1. Определите потенциальную, кинетическую и полную энергии электрона, находящегося на первой орбите атома водорода.

2. Определите длину волны де Бройля электрона, если его кинетическая энергия 1 кэВ.

3. Электрон с кинетической энергией 15 эВ находится в металлической пылинке диаметром 1 мкм. Оцените относительную неопределенность, с которой может быть определена скорость электрона.

4. В одномерном потенциальном ящике шириной l находится электрон. Вычислите вероятность нахождения электрона на первом энергетическом уровне в интервале $1/4$, равноудаленном от стенок ящика.

5. Электрон проходит через прямоугольный потенциальный барьер шириной 0,5 нм. Высота барьера больше энергии электрона на 1 %. Вычислите коэффициент прозрачности, если энергия электрона 10 эВ.

Контрольная работа №8. ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА И ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Пример 1. Вычислить энергетический выход ядерной реакции ${}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^7_3\text{Li}$. Выделяется или поглощается энергия при этой реакции?

Дано:

$$m({}^4_2\text{He}) = 4,00260 \text{ а.е.м.}$$

$$m({}^1_1\text{H}) = 1,00783 \text{ а.е.м.}$$

$$m({}^7_3\text{Li}) = 7,01601 \text{ а.е.м.}$$

$$c^2 = 931,5 \text{ МэВ/а.е.м.}$$

$$Q = ?$$

Решение.

Энергия ядерной реакции определяется по формуле: $Q = c^2(m_1 - m_2)$, где m_1 – масса ядер и частиц до реакции, m_2 – масса ядер и частиц после реакции.

Масса ядер и частиц до реакции равна: $m_1 = 2m({}^4_2\text{He})$. Масса ядер и частиц после реакции равна: $m_2 = m({}^1_1\text{H}) + m({}^7_3\text{Li})$.

Таким образом, формула для нахождения энергетического выхода ядерной реакции примет вид: $Q = c^2 [2m({}^4_2\text{He}) - m({}^1_1\text{H}) - m({}^7_3\text{Li})]$. Поскольку $Q < 0$, энергия в результате реакции поглощается.

$$\text{Расчет: } Q = 931,5 \cdot [2 \cdot 4,00260 - 1,00783 - 7,01601] = -17,4 \text{ (МэВ)}.$$

Ответ: -17,4 МэВ; поглощается.

Пример 2. Сколько атомов распадается в 1 г трития ${}^3_1\text{H}$ за среднее время жизни этого изотопа?

Дано:

$$m = 1 \text{ г} = 10^{-3} \text{ кг}$$

$$t = \tau$$

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

$$N' = ?$$

Решение.

Согласно закону радиоактивного распада,

$$N = N_0 e^{-\lambda t},$$

где N_0 – начальное число радиоактивных ядер, N – оставшееся число радиоактивных ядер в момент времени t , λ – постоянная радиоактивного распада. Среднее время жизни τ радиоактивного изотопа – величина, обратная постоянной распада:

$$\tau = \frac{1}{\lambda}.$$

По условию $t = \tau$. Подставив это время в закон радиоактивного распада, получим:

$$N = \frac{N_0}{e}.$$

Число атомов, распавшихся за время $t = \tau$, равно

$$N' = N_0 - N = N_0 \left(1 - \frac{1}{e} \right).$$

Найдем число атомов N_0 , содержащихся в массе 1 г изотопа ${}^3_1\text{H}$:

$$N_0 = \frac{m}{M} N_A,$$

где M – молярная масса изотопа ${}^3_1\text{H}$, N_A – постоянная Авогадро.

Получим окончательную формулу для N' :

$$N' = \frac{m}{M} N_A \left(1 - \frac{1}{e} \right).$$

$$\text{Расчет: } N' = \frac{10^{-3} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{3 \cdot 10^{-3}} \left(1 - \frac{1}{2,72} \right) = 1,27 \cdot 10^{23}.$$

Ответ: $1,27 \cdot 10^{23}$.

Вариант 1

1. Хлор представляет собой смесь двух изотопов с относительными атомными массами 34,969 и 36,966. Вычислите относительную атомную массу хлора, если массовые доли первого и второго изотопов соответственно равны 0,754 и 0,246.

2. Оцените, какую часть от объема атома кобальта составляет объем его ядра. Плотность кобальта равна 4500 кг/м^3 .

3. Ядро радия ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ выбросило альфа-частицу. Найдите массовое число и зарядовое число вновь образовавшегося ядра. Какому элементу это ядро соответствует?

4. Какова вероятность того, что данный атом в изотопе радиоактивного йода ${}^{131}\text{I}$ распадается в течение ближайшей секунды?

5. Определите число слоев половинного ослабления, уменьшающих интенсивность узкого пучка гамма-излучения в 100 раз.

Вариант 2

1. Бор представляет собой смесь двух изотопов с относительными атомными массами 10,013 и 11,009. Определите массовые доли первого и второго изотопов в естественном боре. Относительная атомная масса бора равна 10,811.

2. Два ядра ${}^{10}_2\text{B}$ сблизилась до расстояния, равного диаметру ядра. Считая, что масса и заряд равномерно распределены по объему ядра, определите силу гравитационного притяжения, силу кулоновского отталкивания и соотношение этих сил.

3. Ядро азота ${}^{14}_7\text{N}$ захватило альфа-частицу и испустило протон. Определите массовое число и зарядовое число образовавшегося в результате этого процесса ядра. Укажите, какому элементу это ядро соответствует.
4. Определите постоянные распада изотопов радия ${}^{219}_{88}\text{Ra}$ и ${}^{226}_{88}\text{Ra}$.
5. Определите для бетона толщину слоя половинного ослабления узкого пучка гамма-излучения с энергией фотонов 0,6 МэВ.

Контрольная работа №9. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Пример 1. В баллоне объемом $V=10$ л находится гелий под давлением $p_1=1$ МПа при температуре $T_1=300$ К. После того как из баллона было израсходовано $m=10$ г гелия температура в нём понизилась до $T_2=290$ К. Определите давление p_2 гелия, оставшегося в баллоне.

Дано:

$$V=10 \text{ л}$$

$$p_1=1 \text{ МПа}$$

$$T_1=300 \text{ К}$$

$$m=10 \text{ г}$$

$$T_2=290 \text{ К}$$

$$M=4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$p_2 - ?$$

Решение.

Для решения задачи воспользуемся уравнением Клапейрона – Менделеева, применив его дважды к начальному и конечному состояниям газа. Для начального состояния уравнение имеет вид:

$$p_1 V = \left(\frac{m_1}{M} \right) R T_1,$$

а для конечного состояния:

$$p_2 V = \left(\frac{m_2}{M} \right) R T_2.$$

Выразим массы m_1 и m_2 гелия: $m_1 = \frac{M p_1 V}{R T_1}$; $m_2 = \frac{M p_2 V}{R T_2}$.

Израсходованная масса гелия равна: $m = m_1 - m_2 = \frac{M p_1 V}{R T_1} - \frac{M p_2 V}{R T_2}$. От-

сюда найдем искомое давление: $p_2 = \frac{R T_2}{M V} \left(\frac{M p_1 V}{R T_1} - m \right) = \frac{T_2}{T_1} p_1 - \frac{m}{M} \frac{R T_2}{V}$.

Расчет: $p_2 = \frac{290}{300} 10^6 - \frac{10^{-2}}{4 \cdot 10^{-3}} \frac{8,31 \cdot 300}{10^{-2}} = 3,64 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Ответ: $3,64 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

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

Дано:
 $i=5$
 $M=32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
 $p=80$ кПа= $80 \cdot 10^3$ Па
 $p = \text{const}$
 $m = \text{const}$
 $V_1=1$ м³
 $V_2=3$ м³
 $R=8,31$ Дж/(моль·К)

ΔU – ?
 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: $pV_1 = \frac{m}{M} RT_1$; $T_1 = \frac{pV_1 M}{mR}$; $T_2 = \frac{pV_2 M}{mR}$.

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:

$$A = p(V_2 - V_1).$$

Следовательно: $\Delta U = \frac{i}{2} A$.

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

Расчет: $A = 80 \cdot 10^3 \cdot (3 - 1) = 160 \cdot 10^3 = 160$ 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. При нагревании идеального газа на 1 К при постоянном давлении его объем увеличился на 1/350 первоначального объема. Найдите начальную температуру газа.

2. В баллонах вместимостью 20 л и 44 л содержится газ. Давление в первом баллоне 2,4 МПа, во втором – 1,6 МПа. Определите общее давление и парциальные давления после соединения баллонов, если температура газа осталась прежней.

3. На сколько уменьшится атмосферное давление 100 кПа при подъеме наблюдателя над поверхностью Земли на высоту 100 м? Считать, что температура воздуха равна 290 К и не изменяется с высотой.

4. Каковы удельные теплоемкости при постоянном давлении и постоянном объеме смеси газов, содержащей кислород массой 10 г и азот массой 20 г?

5. Кусок льда массой 200 г, взятый при температуре -10°C , был нагрет до температуры 0°C и расплавлен, после чего образовавшаяся вода была нагрета до температуры 10°C . Определите изменение энтропии в ходе указанных процессов.

Вариант 2

1. Польный шар вместимостью 10 см^3 , заполненный воздухом при температуре 573 К , соединили трубкой с чашкой, заполненной ртутью. Определите массу ртути, вошедшей в шар при остывании воздуха в нем до температуры 293 К . Изменением вместимости шара пренебречь.

2. В сосуде вместимостью $0,01\text{ м}^3$ содержится смесь газов – азота массой 7 г и водорода массой 1 г при температуре 280 К . Определите давление смеси газов.

3. Определите силу, действующую на частицу, находящуюся во внешнем однородном поле силы тяжести, если отношение концентраций частиц на двух уровнях, отстоящих друг от друга на расстояние 1 м, равно e (e – основание натурального логарифма). Температуру считать везде одинаковой и равной 300 К .

4. Определите удельную теплоемкость при постоянном объеме смеси газов, содержащей 5 л водорода и 3 л гелия. Газы находятся при одинаковых условиях.

5. Водород занимает объем 10 м^3 при давлении 100 кПа . Газ нагрели при постоянном объеме до давления 300 кПа . Определите изменение внутренней энергии газа, совершенную работу и количество теплоты, сообщенное газу.

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: 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. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике [Текст] / И.Е. Иродов – СПб.: Лань, 2016.

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.
3. Ливенцев, Н.М. Курс физики [Текст] / Н.М. Ливенцев. – СПб.: Лань, 2012.
4. Тополов, В.Ю. Анализ ответов при решении задач по общей физике [Текст] / В.Ю. Тополов, А.С. Богатин. – СПб.: Лань, 2012.
5. Миронова, Г.А. Молекулярная физика в вопросах и задачах [Текст] / Г.А. Миронова, Н.Н. Брандт, А.М. Салецкий. – СПб.: Лань, 2012.
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. КИНЕМАТИКА И ДИНАМИКА	6
Контрольная работа №2. МЕХАНИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ	8
Контрольная работа №3. ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ.....	10
Контрольная работа №4. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	12
Контрольная работа №5. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА	15
Контрольная работа №6. ФОТОЭФФЕКТ. ЭФФЕКТ КОМПТОНА. СВЕТОВОЕ ДАВЛЕНИЕ. ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ	18
Контрольная работа №7. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА.....	20
Контрольная работа №8. ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА И ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ	23
Контрольная работа №9. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА	25
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	28
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	29

Учебное издание

Шмарова Татьяна Сергеевна

ФИЗИКА

Методические указания к контрольным работам
по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность»

В авторской редакции
Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 17.08.16. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 2,0. Тираж 80 экз.
Заказ №478.

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