МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

ФИЗИКА
ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ В ЗАДАЧАХ

Методические указания к практическим занятиям
для направления подготовки
23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин
и комплексов»

Пенза 2015

УДК 53(075)
ББК 22.3я7
Ф50

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – кандидат физико-математических наук, доцент П.П. Мельниченко (ПГУАС)

Ф50 **Физика.** Основы общей физики в задачах: методические указания к практическим занятиям для направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»/ Т.С. Шмарова, З.А. Сидякина. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 20 с.

Приведены основные типы задач по курсу общей физики (разделы «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 использования на практических занятиях направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2015
© Шмарова Т.С., Сидякина З.А., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие методические указания разработаны в соответствии с программой курса «Физика» ФГОС ВПО третьего поколения для направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» 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 задачи по основным разделам физики: механике, электричеству и магнетизму, молекулярной физике, термодинамике, оптике, квантовой физике и физике атомного ядра.

Решение физических задач является необходимым условием успешного изучения явлений природы. Решение задач помогает уяснить физический смысл явлений, закрепляет в памяти основные физические законы, прививает навыки практического применения теоретических знаний, знакомит с характерными масштабами явлений и порядками физических величин, встречающихся на практике. Решение физических задач способствует формированию у студентов инженерного мышления, без которого невозможна успешная творческая трудовая деятельность.

Систематическая работа на практических занятиях способствует формированию у студентов:

знаний фундаментальных законов физики;

умений правильно применять законы физики для анализа и решения физических задач; работать с учебной, научной и справочной литературой; осуществлять самооценку и самоанализ на основе самопроверки в процессе выполнения заданий.

Работа в аудитории на практических занятиях под руководством преподавателя позволяет студентам ***овладеть*** готовностью применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов (ОПК-3).

1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

Кинематика динамика поступательного и вращательного движения твердых тел. Основные кинематические характеристики движения. Законы Ньютона. Центр масс механической системы и закон его движения. Импульс системы частиц. Момент силы. Энергия. Работа силы. Законы сохранения в механике. Теорема Штейнера. Кинетическая энергия вращающегося и катящегося тел. Относительность одновременности и преобразования Лоренца. Взаимосвязь массы и энергии в СТО.

1.1. Точка движется вдоль прямой, совпадающей с осью OX. Ее координата изменяется по закону $x = 27t - t^3$. Определите среднюю скорость точки на промежутке времени от 1 с до 3 с. (Отв. 14 м/с).

1.2. Скорость тела изменяется по закону $\upsilon = 2{,}5 + 0{,}2t$. Найдите перемещение тела через 20 с от начала движения. (Отв. 90 м).

1.3. Заданы уравнения движения точки: $x = 3t$, $y = 3t\left(1 + \frac{1}{12}t\right)$. Определите модуль вектора скорости в момент времени 2 с. (Отв. 5 м/с).

1.4. Модуль вектора скорости точки $\upsilon = 3t + 2$. Модуль вектора полного ускорения 9 м/с^2. Определите тангенциальное и нормальное ускорения, а также радиус кривизны траектории в момент времени 2 с. (Отв. 3 м/с^2; 8,49 м/с^2; 7,54 м).

1.5. Заданы проекции вектора ускорения точки: $a_x = 0{,}8t$, $a_y = 0{,}8$. Определите ее тангенциальное ускорение в момент времени 2 с, если в начальный момент времени точка находилась в покое. (Отв. 1,7 м/с^2).

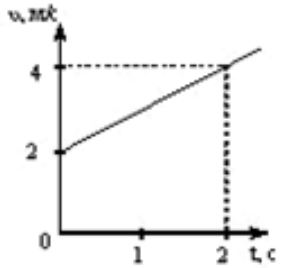

Рис. 1.1

1.6. На рис. 1.1 приведен график зависимости скорости тела от времени. Масса тела 10 кг. Чему равна сила, действующая на тело? (Отв. 10 Н).

1.7. На покоящееся тело массой 2 кг налетает с некоторой скоростью тело массой 5 кг. Сила, возникающая при взаимодействии тел, линейно зависящая от времени, растет от 0 до 4 Н за время 3 с, а затем равномерно убывает до нуля за то же время. Все движения происходят по одной прямой. Чему равна скорость тела массой 2 кг после взаимодействия? (Отв. 6 м/с).

1.8. На тело массой 100 кг, движущееся прямолинейно со скоростью 100 м/с, начинает действовать сила торможения, которая изменяется по закону $\vec{F} = -200\vec{\upsilon}$. Какова будет скорость тела в момент времени 2 с? (Отв. 1,8 м/с).

1.9. На экваторе на рельсах стоит пушка. Рельсы направлены с запада на восток и пушка может двигаться по ним без трения. Пушка стреляет вертикально вверх. Какую скорость будет иметь пушка после выстрела? Как будет направлена эта скорость? Масса пушки 2 т, масса снаряда 30 кг, длина ствола 5 м. Считать, что снаряд движется в стволе с постоянным ускорением. (Отв. 8,7 м/с; скорость пушки направлена на запад, т.е. против вращения Земли).

1.10. На рис. 1.2 изображена система трех точечных масс, расположенных в вершинах равностороннего треугольника со стороной a. Чему равен момент инерции системы относительно оси, проходящей через точку О перпендикулярно чертежу? (Отв. $2ma$).

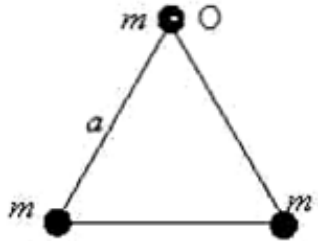

Рис. 1.2

1.11. Вычислите момент инерции тонкого однородного стержня длиной 3 м и массой 10 кг относительно оси, перпендикулярной оси стержня на расстоянии 1/3 длины от его конца. (Отв. 10 $\text{кг}\cdot\text{м}^2$).

1.12. Вокруг неподвижной оси с угловой скоростью ω_1 свободно вращается система из невесомого стержня и массивной шайбы, которая удерживается нитью на расстоянии R_1 от оси вращения (рис. 1.3). Отпустив нить, шайбу перевели в положение 2. Найдите угловую скорость шайбы при ее движении по окружности радиусом $R_2 = \frac{1}{3}R_1$. (Отв. $9\omega_1$).

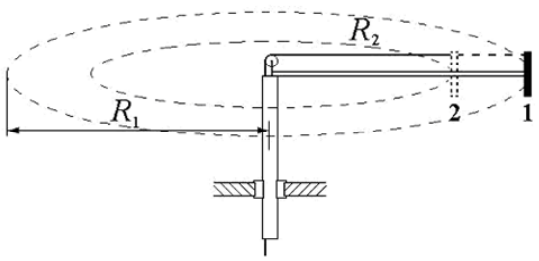

Рис. 1.3

1.13. Величина момента импульса тела изменяется с течением времени по закону $L = 2t^2 + 7t - 5$. Чему равен момент инерции тела, если в момент времени 2 с угловое ускорение составляет 3 рад/с^2? (Отв. 5 $\text{кг}\cdot\text{м}^2$).

1.14. Однородный цилиндр массой 5 кг вращается вокруг своей оси по закону $\varphi = 3t + \frac{1}{3}t^3$. Определите радиус цилиндра, если его вращение вызвано действием вращающего момента $M = 18t$. (Отв. 1,9 м).

1.15. Горизонтальная балка массой 150 кг лежит обоими концами на опорах. На балке на расстоянии в четверть ее длины от одного из концов

установлен груз массой 200 кг. Определите реакции опор. (Отв. 1250 Н, 2250 Н).

1.16. На частицу, находящуюся в начале координат, действует сила, вектор которой определяется выражением $\vec{F} = 2\vec{i} + 3\vec{j}$. Найдите работу, совершенную при перемещении частицы в точку с координатами (5; 0). (Отв. 10 Дж).

1.17. Сплошной и полый цилиндры, имеющие одинаковые массы и радиусы, скатываются без проскальзывания с горки высотой h. Скорость какого тела будет больше у основания горки? (Отв. сплошного цилиндра).

1.18. Потенциальная энергия частицы задается функцией $U = -3xy^2z$. Определите F_y – компоненту вектора силы, действующей на частицу в точке А(3, 1, 2). (Отв. 36 Н).

1.19. Найдите скорость сближения двух частиц, движущихся в одном направлении со скоростями $0{,}8c$ и $0{,}9c$ относительно неподвижной системы отсчета. (Отв. $0{,}36c$).

1.20. Определите собственную длину стержня, если в лабораторной системе его скорость $0{,}6c$, длина 1,5 м, а угол между ним и направлением движения $30°$. (Отв. 1,79 м).

1.21. Во сколько раз увеличивается масса частицы при движении со скоростью $0{,}6c$? (Отв. 1,25).

1.22. Как и на сколько изменилась полная энергия тела, если его масса возросла на 1 г? (Отв. Увеличилась на $90 \cdot 10^{12}$ Дж).

1.23. Определите кинетическую энергию электрона, если полная энергия движущегося электрона втрое больше его энергии покоя. (Отв. $2m_0c^2$).

1.24. Во сколько раз замедляется ход времени при скорости движения часов 240000 км/с? (Отв. в 1,66 раза).

1.25. В пунктах A и B на Земле, удаленных на расстоянии 10 км, произошли одновременно два события, например зажглись экраны телевизоров. Чему равно число микросекунд, разделяющих эти события с точки зрения наблюдателя на космическом корабле, удаляющемся от Земли вдоль прямой AB со скоростью $0{,}8c$? (Отв. 44 мкс).

2. ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Закон Кулона. Напряженность и потенциал электростатического поля. Связь потенциала с напряженностью электростатического поля. Принцип суперпозиции. Поток вектора напряженности. Теорема Гаусса и ее применение для расчета электрических полей. Работа электростатического поля. Конденсаторы. Энергия заряженного конденсатора и электростатического поля. Плотность энергии электростатического поля. Сила и плотность тока. Электродвижущая сила и напряжение. Закон Ома для однородного и неоднородного участков цепи и замкнутой цепи. Закон Джоуля-Ленца. Закон Ампера. Сила Лоренца. Объемная плотность энергии магнитного поля в веществе. Закон электромагнитной индукции. Индуктивность соленоида. Энергия магнитного поля.

2.1. Электрический заряд q на расстоянии R от точечного электрического заряда Q обладает потенциальной энергией W. Какой потенциальной энергией будет обладать электрический заряд $3q$ на расстоянии R от заряда Q? (Отв. $3W$).

2.2. Расстояние между обкладками плоского воздушного конденсатора, подключенного к источнику тока, увеличили в два раза. Как и во сколько раз изменится при этом энергия конденсатора? (Отв. Уменьшится в 2 раза).

2.3. К незаряженному конденсатору электроемкостью C параллельно присоединили второй конденсатор такой же емкости с зарядом Q. Определите энергию электрического поля полученной системы. (Отв. $\frac{Q^2}{2C}$).

2.4. Каждый из четырех одинаковых по модулю точечных зарядов, расположенных в вершинах квадрата, создает в точке пересечения диагоналей электрическое поле, напряженность которого равна $\vec{E}$ (рис. 2.1). Определите значение и направление градиента потенциала в этой точке. (Отв. $2\sqrt{2}E$, вправо).

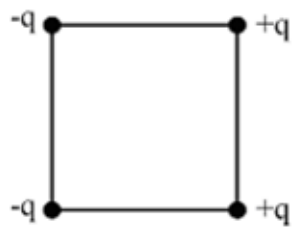

Рис. 2.1

2.5. Используя теорему Гаусса, определите поверхностную плотность заряда бесконечной равномерно заряженной плоскости, если напряженность поля, создаваемого плоскостью 8 В/м, а заряд плоскости положительный. (Отв. $1{,}4\cdot10^{-10}$ Кл/м^2).

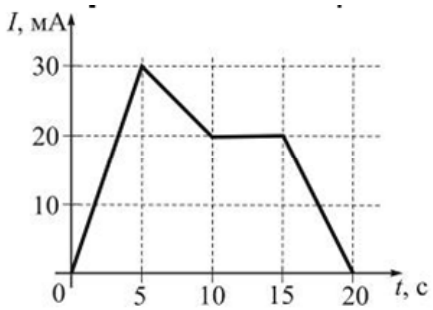

Рис. 2.2

2.6. На графике (рис. 2.2) представлена зависимость силы тока от времени. Какой заряд пройдет по проводнику в интервале времени от 5 с до 10 с; от 10 с до 15 с; от 15 с до 20 с? (Отв. 125 мКл; 100 мКл; 50 мКл).

2.7. При какой постоянной силе тока через поперечное сечение проводника пройдет заряд 50 Кл за промежуток времени от 2 до 10 с от момента включения тока? (Отв. 10 А).

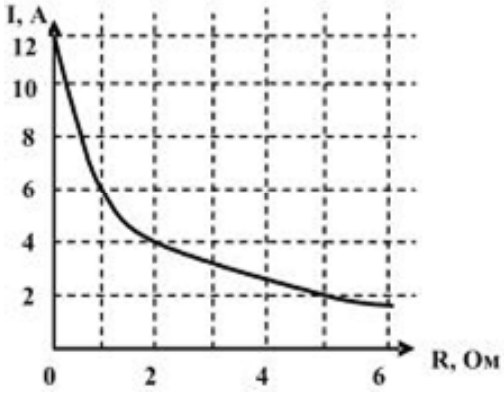

Рис. 2.3

2.8. К источнику тока с ЭДС 12 В подключили реостат. На рис. 2.3 показан график зависимости силы тока в реостате от его сопротивления. Чему равно внутреннее сопротивление этого источника тока? (Отв. 1 Ом).

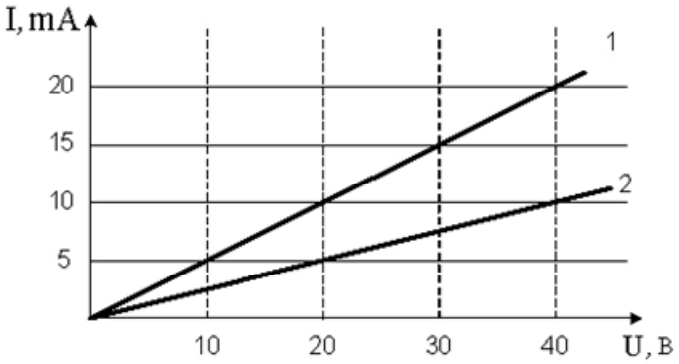

Рис. 2.4

2.9. Вольтамперная характеристика активных элементов цепи 1 и 2 представлена на рис. 2.4. Определите отношение мощностей P_1 / P_2 а) при напряжении 20 В, б) при силе тока 10 мА. (Отв. а) 2, б) $1/2$).

2.10. Два одинаковых источника тока соединены последовательно. Как изменится сила тока короткого замыкания, если источники соединить параллельно? (Отв. Увеличится в 2 раза).

2.11. Электрическая цепь состоит из двух последовательно соединенных проводников одинаковой длины, сделанных из одного металла, но различного диаметра 1 и 3 мм соответственно. Разность потенциалов на концах цепи 12 В. Определите падение напряжения на каждом проводнике. (Отв. 10,8 В; 1,2 В).

2.12. Электрическое сопротивление медной проволоки 8 Ом. Каким будет сопротивление, если проволоку сложить вдвое? (Отв. 2 Ом).

2.13. Сила тока в проводнике сопротивлением 120 Ом равномерно возрастает от 0 до 5 А за время 15 с. Определите количество теплоты, выделившееся в проводнике за это время. (Отв. 15 кДж).

2.14. На виток радиусом 18 см в зазоре между полюсами электромагнита действует максимальный вращающий момент 0,065 $Н \cdot м$. Какова индукция магнитного поля в зазоре, если сила тока, текущего по витку, 4 А? (Отв. 0,16 Тл).

2.15. Участок проводника с током находится в постоянном магнитном поле. Ток через проводник увеличивают так, что мощность тока на участке проводника увеличивается в 4 раза. Во сколько раз увеличилась действующая на этот участок сила со стороны магнитного поля? (Отв. в 2 раза).

2.16. Протон влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции и начинает двигаться по окружности. Как изменится радиус окружности при увеличении кинетической энергии протона в 4 раза? Считать, что скорость протона много меньше скорости света. (Отв. Увеличится в 2 раза).

2.17. По катушке, индуктивность которой 40 мГн, протекает ток, меняющийся во времени по закону $I = 8t^2$. Определите ЭДС самоиндукции, возникающую в катушке в момент времени 3 с. (Отв. –1,92 В).

2.18. Проводящий плоский контур площадью 100 $см^2$ расположен в магнитном поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Магнитная индукция изменяется по закону $B = (2 - 3t^2)10^{-3}$. Чему равна ЭДС индукции, возникающая в контуре в момент времени 2 с? (Отв. 0,12 мВ).

2.19. По графику (рис. 2.5) определите, во сколько раз изменится магнитный поток, если чугунный сердечник в соленоиде заменить стальным таких же размеров. Индукция B_0 намагничивающего поля 2,2 мТл. (Отв. Увеличится в 1,75 раза).

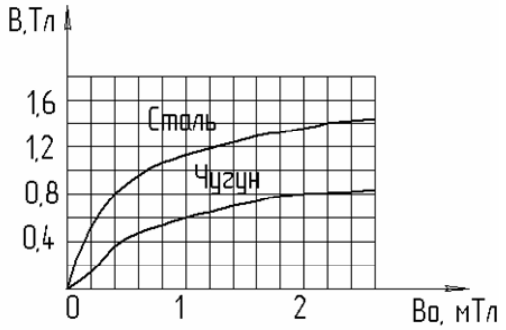

Рис. 2.5

2.20. Прямоугольная рамка площадью 500 $см^2$, содержащая 200 витков провода, равномерно вращается в однородном магнитном поле вокруг оси, лежащей в плоскости рамки, перпендикулярной вектору $\vec{B}$, с частотой 10 Гц. В рамке индуцируется ЭДС индукции, максимальное значение которой 150 В. Найдите индукцию магнитного поля. (Отв. 0,24 Тл).

3. ФИЗИКА КОЛЕБАНИЙ И ВОЛН.

Амплитуда, частота и фаза гармонических и затухающих колебаний. Коэффициент затухания. Время затухания. Декремент и логарифмический декремент колебаний. Добротность. Вынужденные колебания. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний. Резонанс. Волны. Волновая поверхность и фронт волны. Волновое число, фазовая скорость. Фаза и длина волны. Энергия волны. Плоские и сферические электромагнитные волны. Волновое уравнение для электромагнитного поля. Энергетические характеристики электромагнитных волн. Световые волны и их свойства. Скорость распространения световых волн в веществе. Показатель преломления. Интерференция света. Дифракция света. Дифракционная решетка. Поляризация световых волн.

3.1. Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми периодами и равными амплитудами A_0. Найдите амплитуду результирующего колебания при разности фаз а) $3\pi/2$; б) π; в) $\pi/3$. (Отв. а) $A_0\sqrt{2}$; б) 0; в) $A_0\sqrt{3}$).

3.2. Звуковые колебания с частотой 500 Гц распространяются в упругой среде. Длина волны равна 0,5 м. Определите скорость распространения волны. (Отв. 250 м/с).

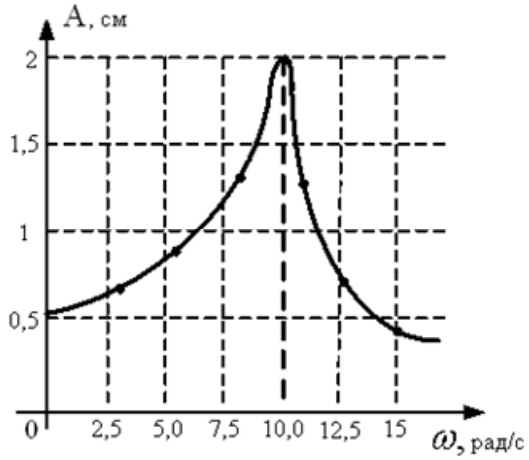

Рис. 3.1

3.3. На рис. 3.1 представлена зависимость амплитуды колебаний математического маятника от частоты внешней силы. Чему равна длина нити маятника? (Отв. 0,1 м).

3.4. Запишите уравнение гармонических колебаний частицы, если ее максимальное ускорение 0,5 м/с^2, период колебаний 2 с, а смещение от положения равновесия в начальный момент времени 0,025 м. (Отв. $x = 0{,}05\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$).

3.5. На доске лежит груз массой 1 кг. Доска совершает колебания в вертикальной плоскости с периодом 0,5 с и амплитудой 2 см. Колебания про-

исходят по косинусоидальному закону с нулевой начальной фазой. Определите силу давления груза на доску в момент времени 3,2 с. (Отв. 12,4 Н).

3.6. Пружинный маятник с жесткостью пружины 90 Н/м совершает вынужденные колебания со слабым коэффициентом затухания, которые подчиняются дифференциальному уравнению $\frac{d^2x}{dt^2} + 0{,}5\frac{dx}{dt} + 900x = 0{,}1\cos 10t$. Во сколько раз нужно увеличить массу груза, чтобы амплитуда колебаний стала максимальной? (Отв. в 9 раз).

3.7. Затухающие колебания частицы описываются уравнением $x(t) = 0{,}7e^{-0{,}4t}\cos(1{,}5t + 0{,}6)$. Определите период свободных колебаний частицы в том случае, когда силы сопротивления отсутствуют. (Отв. 4 с).

3.8. На сколько резонансная частота отличается от частоты собственных колебаний осциллятора, равной 1 кГц, если коэффициент затухания 400 $с^{-1}$?(Отв. 4 Гц).

3.9. Уравнение плоской волны, распространяющейся вдоль оси OX, имеет вид $\xi = 0{,}01\sin 10^3\left(t - \frac{x}{500}\right)$. Найдите длину волны. (Отв. 3,14 м).

3.10. Уравнение волны имеет вид $\xi = 0{,}01\cos(12{,}6\cdot 10^3 t - 37x)$. Чему равна скорость распространения волны? (Отв. 341 м/с).

3.11. Уравнение бегущей волны имеет вид $\xi = 6\cdot 10^{-3}\cos(1570t - 4{,}6x)$. Чему равно отношение амплитудного значения скорости частиц среды к скорости распространения волны? (Отв. 0,028).

3.12. Скорость звука в воде 1450 м/с . Частота колебаний 725 Гц. Определите, на каком расстоянии находятся ближайшие точки, совершающие колебания: а) синфазно; б) в противофазе; в) при разности фаз $\pi/4$. (Отв. 2 м; 1 м; 0,25 м).

3.13. Звуковые колебания с частотой 450 Гц и амплитудой 0,3 мм распространяются в упругой среде. Длина волны 80 см. Определите скорость распространения волны и максимальную скорость частиц среды. (Отв. 360 м/с ; 0,8 м/с).

3.14. Резистор, катушка индуктивности и конденсатор соединены последовательно и включены в цепь переменного тока, изменяющегося по закону $I = 0{,}1\cos\pi t$. На рис. 3.2 представлена фазовая диаграмма падений напряжений на указанных элементах. Определите активное, реактивное и полное сопротивление цепи, если амплитудные значения напряжений U_R=4 В, U_L=5 В, U_C=2 В. (Отв. 40 Ом; 30 Ом; 50 Ом).

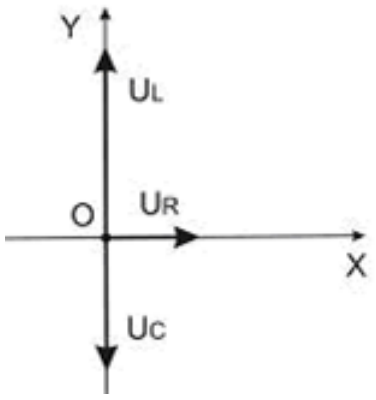

Рис. 3.2

3.15. Резистор сопротивлением 25 Ом, катушка индуктивностью 30 мГн и конденсатор емкостью 12 мкФ соединены последовательно и подключены к источнику переменного напряжения, изменяющегося по закону $U = 127\cos(3140t)$. Определите эффективное значение напряжения на резисторе, катушке и конденсаторе. (Отв. 31 В; 118 В; 33 В).

3.16. Как изменится плотность потока энергии при увеличении в два раза амплитуды колебаний векторов напряженности электрического и магнитного полей? (Отв. Увеличится в 4 раза).

3.17. В электромагнитной волне, распространяющейся в вакууме, значение напряженности электрического поля 600 В/м, объемная плотность энергии 10^{-5} Дж/м^3. Определите напряженность магнитного поля. (Отв. 5 А/м).

3.18. Как изменится длина волны, на которую настроен радиоприемник, если в приемном колебательном контуре емкость конденсатора увеличить в 9 раз? (Отв. Увеличится в 3 раза).

3.19. Разность хода двух интерферирующих лучей равна $\frac{\lambda}{4}$. Чему равна разность фаз колебаний? (Отв. $90°$).

3.20. Разность фаз колебаний в данной точке 8π. Каков результат интерференции в этой точке? (Отв. Максимум интенсивности).

3.21. Свет от проекционного фонаря, пройдя через синее стекло, падал на картон с двумя маленькими отверстиями и далее направлялся на экран. Расстояние между интерференционными полосами на экране 0,8 мм, расстояние между отверстиями 1 мм, расстояние от отверстий до экрана 1,7 м. Найдите длину световой волны. (Отв. 0,47 мкм).

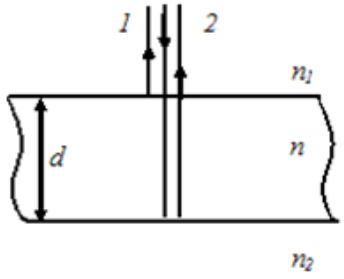

Рис. 3.3

3.22. Тонкая стеклянная пластинка с показателем преломления $n = 1{,}5$ и толщиной $d = 2$ мкм помещена между двумя средами с показателями преломления $n_1 = 1{,}2$ и $n_2 = 1{,}3$ (рис. 3.3). На пластинку по нормали падает свет с длиной волны $\lambda = 600$ нм. Найдите разность хода (в нм) интерферирующих отраженных лучей. (Отв. 6300 нм).

3.23. Плосковыпуклая линза выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке (установка для наблюдения колец Ньютона). На плоскую поверхность линзы нормально падает свет с длиной волны 0,6 мкм. Какова толщина воздушного зазора (в нм) в том месте, где в отраженном свете видно первое светлое кольцо? (Отв. 150 нм).

3.24. Два полупрозрачных зеркала расположены параллельно друг другу. На них перпендикулярно плоскостям этих зеркал падает световая волна. Длина волны равна 600 нм. При каком минимальном расстоянии между зеркалами

может наблюдаться первый интерференционный максимум в отраженном свете? (Отв. 0,6 мкм).

3.25. При дифракции на дифракционной решетке наблюдается зависимость интенсивности излучения с длиной волны 400 нм от синуса угла дифракции, представленная на рис. 3.4 (изображены только главные максимумы). Чему равно количество штрихов на 1 мм длины решетки? (Отв. 500).

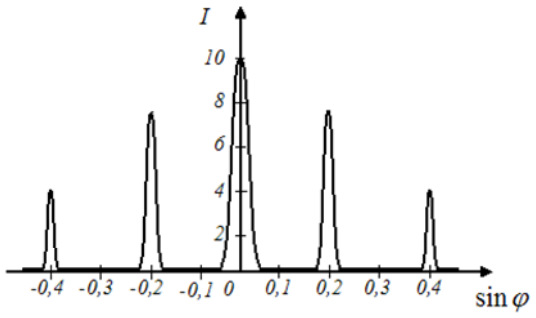

Рис. 3.4

3.26. На диафрагму с круглым отверстием радиусом 1 мм падает нормально параллельный пучок света длиной волны 0,5 мкм (рис. 3.5). На пути лучей, прошедших через отверстие, на расстоянии 1 м помещают экран. Сколько зон Френеля укладывается в отверстии диафрагмы для т. М? Что будет наблюдаться в центре экрана в т. М? (Отв. 2, темное пятно).

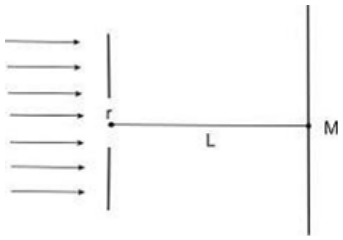

Рис. 3.5

3.27. Угол между плоскостями пропускания двух поляризаторов равен $45°$. Как изменится интенсивность света, прошедшего через оба поляризатора, если угол увеличить в 2 раза? (Отв. Станет равной нулю).

3.28. Анализатор в 2 раза уменьшает интенсивность линейно поляризованного света, приходящего к нему от поляризатора. Если между поляризатором и анализатором поместить кварцевую пластинку, то свет через такую систему проходить не будет. На какой угол при этом кварцевая пластинка поворачивает плоскость поляризации? (Отв. $45°$).

4. ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ И ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Тепловое излучение и его основные характеристики. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана и Вина. Фотоэффект и эффект Комптона. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Световое давление. Корпускулярно-волновой дуализм света. Ядерная модель атома. Формула Бальмера. Постулаты Бора. Гипотеза де Бройля. Принцип неопределенности Гейзенберга. Состав атомного ядра. Характеристики ядра: заряд, масса, энергия связи нуклонов. Виды и законы радиоактивного излучения. Ядерные реакции.

4.1. Максимум спектральной плотности излучения Солнца приходится на видимый свет с длиной волны 0,47 мкм. Чему равна абсолютная температура поверхности Солнца? (Отв. 6166 К).

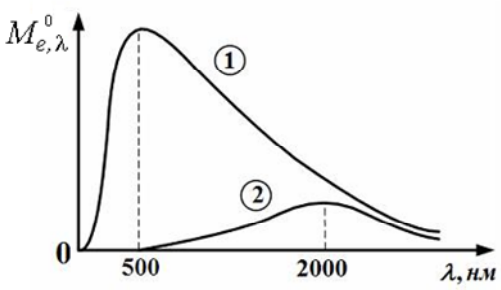

Рис. 4.1

4.2. На рис. 4.1 показаны кривые зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от длины волны при разных температурах. Как изменилась температура абсолютно черного тела, если длина волны, соответствующая максимуму излучения, увеличилась в 4 раза? (Отв. Уменьшилась в 4 раза).

4.3. Температура первого тела в 3 раза выше, чем у второго тела. Чему равно отношение энергетической светимости первого тела к энергетической светимости второго тела? (Отв. 81).

4.4. Черное тело нагрели от температуры 500 К до температуры 2000 К. Как изменилась длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности энергетической светимости? (Отв. Уменьшилась в 4 раза).

4.5. Определите постоянную Планка, если известно, что для прекращения фотоэффекта, вызванного облучением некоторого металла светом с частотой $2{,}2\cdot10^{15}$ $с^{-1}$, необходимо приложить задерживающее напряжение 6,6 В, а светом с частотой $4{,}6\cdot10^{15}$ $с^{-1}$ – задерживающее напряжение 16,5 В. (Отв. $6{,}6\cdot10^{-34}$ Дж $\cdot$ с).

4.6. При облучении металлического фотокатода светом длиной волны 400 нм максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна 1,0 эВ. Найдите красную границу фотоэффекта для металла фотокатода. (Отв. $5{,}1\cdot10^{14}$ Гц).

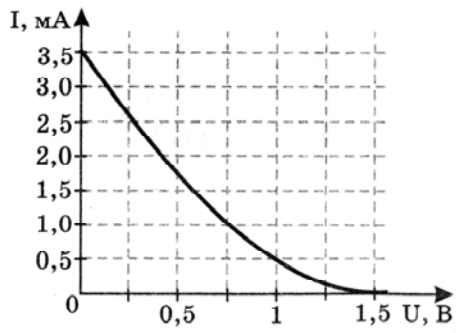

Рис. 4.2

4.7. На графике (рис. 4.2) приведена зависимость фототока от приложенного обратного напряжения при освещении металлической пластины (фотокатода) излучением энергией 4 эВ. Чему равна работа выхода для этого металла? (Отв. 2,5 эВ).

4.8. Изолированный шар из вольфрама радиусом 10 мм, покрытый тонким слоем цезия, освещают аргоновым лазером, дающим излучение с длиной волны 800 нм. Какой заряд может приобрести шар, если красная граница фотоэффекта для цезия на вольфраме равна 900 нм? (Отв. $1{,}9\cdot10^{-14}$ Кл).

4.9. При облучении графита рентгеновскими лучами длина волны излучения, рассеянного под углом 45°, оказалась равной 10,7 пм. Какова длина волны падающих лучей? (Отв. 10 пм).

4.10. Длина волны гамма-лучей при комптоновском рассеянии на свободных электронах увеличилась на $\frac{h}{2mc}$. Чему равен угол рассеяния в градусах? (Отв. $60°$).

4.11. Давление света на поверхность, имеющую коэффициент отражения 0,25, составило 0,25 мкПа. Чему равна энергетическая освещенность этой поверхности? (Отв. 60 $Вт/м^2$).

4.12. Солнечный свет падает на зеркальную поверхность по нормали к ней. Интенсивность солнечного излучения равна 1,37 $\frac{кВт}{м^2}$. Чему равно давление света на поверхность? Ответ выразите в мкПа и округлите до целых. (Отв. 9 мкПа).

4.13. Два источника излучают свет с длиной волны 375 нм и 750 нм. Чему равно отношение импульсов фотонов, излучаемых первым и вторым источником? (Отв. 2).

4.14. Пучок электронов, пройдя через узкую щель, создает такую же дифракционную картину, как и монохроматическое излучение с $\lambda = 55$ нм. Чему равна скорость электронов в пучке? (Отв. 13 км/с).

4.15. В опыте Дэвиссона и Джермера исследовалась дифракция прошедших ускоряющее напряжение электронов на монокристалле никеля. Как изменится длина волны де Бройля электрона, если ускоряющее напряжение уменьшить в 2 раза? (Отв. Увеличится в $\sqrt{2}$ раз).

4.16. Положение бусинки массой 1 г и электрона ($m \approx 10^{-30}$ кг) определены с одинаковой погрешностью 10^{-7} м. Квантовомеханическая неопределенность $x-$компоненты скорости бусинки составляет примерно 10^{-24} м/с. Какова неопределенность $x-$компоненты скорости электрона? (Отв. 1000 м/с).

4.17. На рис. 4.3 дана схема энергетических уровней атома водорода, а также условно изображены переходы электрона с одного уровня на другой, сопровождающиеся излучением кванта энергии. Чему равно отношение минимальной частоты линии серии Лаймана к максимальной частоте линии серии Бальмера? (Отв. 3).

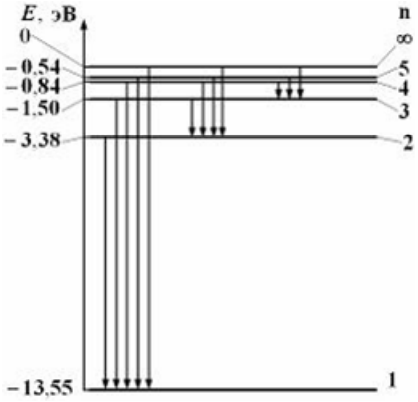

Рис. 4.3

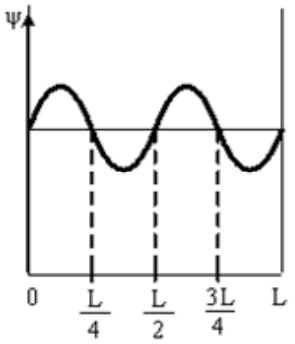

Рис. 4.4

4.18. ψ – функция имеет вид, указанный на рис. 4.4. Какова вероятность обнаружить электрон на участке $\frac{3L}{8} < x < L$? (Отв. $5/8$).

4.19. Вычислите массу ядра изотопа ${}^{16}_{8}O$. (Отв. $2{,}65 \cdot 10^{-26}$ кг).

4.20. Определите, какое из ядер ${}^{9}_{4}Be$ или ${}^{27}_{13}Al$ является наиболее устойчивым? (Отв. Ядро ${}^{27}_{13}Al$).

4.21. Ядро атома распалось на две альфа-частицы. При этом возникла бета-частица. Что представляло собой первоначальное ядро? (Отв. ${}^{8}_{3}Li$)

4.22. Сколько альфа-распадов и бета-распадов должно произойти, чтобы америций ${}^{241}_{95}Am$ превратился в стабильный изотоп висмута ${}^{209}_{83}Bi$? (Отв. 8 альфа-распадов, 4 бета-распада).

4.23. Постоянная распада изотопа радия ${}^{219}_{88}Ra$ равна 700 c^{-1}. За какое время число радиоактивных ядер уменьшится в e^2 ($e \approx 2{,}7$) раз? (Отв. 0,0028 с).

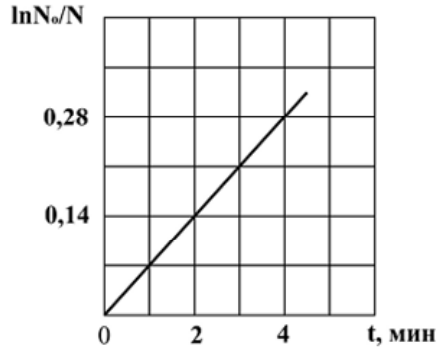

Рис. 4.5

4.24. На графике (рис. 4.5) в полулогарифмическом масштабе показана зависимость изменения числа радиоактивных ядер изотопа ${}^{27}_{12}Mg$ от времени. Найдите постоянную радиоактивного распада. Ответ выразите в *час*$^{-1}$ и округлите до целого числа. (Отв. 4,2 *час*$^{-1}$).

4.25. Период полураспада изотопа ${}^{190}_{80}Hg$ 20 мин. Если изначально было 40 г этого изотопа, то сколько примерно его будет через 1 ч? (Отв. 5 г).

4.26. Период полураспада изотопа составляет 24 ч. За какой промежуток времени распадается 75% радиоактивных атомов? (Отв. 48 ч).

4.27. Масса покоя ядра дейтерия ${}^{2}_{1}H$ на $3{,}9 \cdot 10^{-30}$ кг меньше суммы масс покоя нейтрона и протона. Какая энергия выделяется в ядерной реакции ${}^{1}_{1}p + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{2}_{1}H$? (Отв. $3{,}5 \cdot 10^{-13}$ Дж).

4.28. Найти, какая энергия выделяется при синтезе 0,4 г дейтерия ${}^{2}_{1}H$ и 0,6 г трития ${}^{3}_{1}H$. (Отв. 340 ГДж).

4.29. Какое количество урана $^{235}_{92}U$ расходуется в год на атомной электростанции мощностью $P = 5 \cdot 10^4$ кВт? При распаде одного ядра $^{235}_{92}U$ выделяется энергия $W = 200$ МэВ. КПД электростанции $\eta = 19\%$. (Отв. 101 кг).

4.30. При бомбардировке протонами ядер лития $^{7}_{3}Li$ образуется альфа-частица. Что является вторым продуктом реакции? (Отв. Альфа-частица).

5. ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕРМОДИНАМИКИ

Термодинамические параметры. Равновесные состояния и процессы. Давление газа с точки зрения МКТ. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории и уравнение состояния идеальных газов. Наиболее вероятная, средняя и среднеквадратичная скорости. Элементы термодинамики. Внутренняя энергия. Теплоемкость. Уравнение Майера. Работа в термодинамике. Первое начало термодинамики. Работа и теплоемкость при различных газовых процессах. Цикл Карно и его КПД. Энтропия. Второе начало термодинамики. Расчет изменения энтропии в процессах идеального газа. Неравенство Клаузиуса. Явления переноса. Диффузия, теплопроводность, внутреннее трение.

5.1. Определите число степеней свободы для молекул гелия, азота, водяного пара при условии, что имеет место только поступательное и вращательное движение молекулы как целого. (Отв. 3; 5; 6).

5.2. Газ занимает объем 5 л под давлением 2 МПа. Определите кинетическую энергию поступательного движения всех его молекул. (Отв. 15 кДж).

5.3. Баллон содержал идеальный газ при температуре 27°С и давлении 4 МПа. Каким будет давление в баллоне, если из него выпустить половину массы газа, а температуру снизить до 12°С? (Отв. 1,9 МПа).

5.4. В результате изотермического процесса давление идеального газа возросло в 2 раза. Как и во сколько раз изменились а) длина свободного пробега молекул, б) средняя частота столкновений? (Отв. а) уменьшилась в 2 раза; б) увеличилась в 2 раза).

5.5. Одноатомному идеальному газу в результате изобарного процесса подведено количество теплоты ΔQ. Какая часть теплоты $\dfrac{\Delta U}{\Delta Q}$ расходуется на увеличение внутренней энергии газа? (Отв. 60%).

5.6. При адиабатном расширении 2 молей одноатомного газа совершена работа, равная 2493 Дж. Определите изменение температуры. (Отв. 100 К).

5.7. Как изменится КПД тепловой машины, если количество теплоты, получаемое рабочим телом от нагревателя, увеличится в 2 раза? (Отв. Увеличится на $\frac{Q_2}{2Q_1}$).

5.8. На (p,V)–диаграмме (рис. 5.1) изображены два циклических процесса. Чему равно отношение работ A_{II}/A_I, совершенных в этих циклах? (Отв. 2).

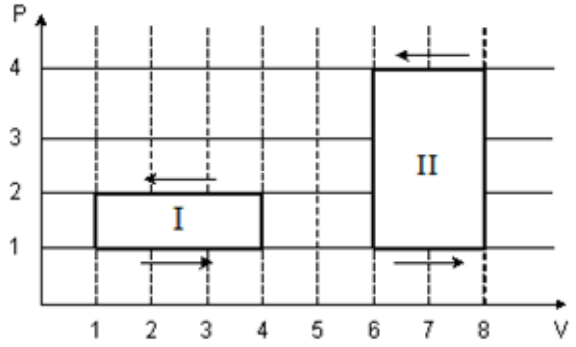

Рис. 5.1

5.9. Трехатомный газ массой 2 кг под давлением 240 кПа и температуре $20°C$ занимает объем 10 л. Определите удельную теплоемкость этого газа при постоянном давлении. (Отв. 16,62 $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$).

5.10. Определите удельные теплоемкости некоторого двухатомного газа, если его плотность при нормальных условиях равна 1,43 кг/м^3. (Отв. 897 $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$; 640 $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$).

5.11. Определите тепловой поток в единицу времени через стеклянное окно площадью 3 м^2 и толщиной 3,2 мм, если температура внутренней поверхности окна равна $15°C$, а внешней $14°C$. Коэффициент теплопроводности стекла 0,84 $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. (Отв. 788 Вт/м^2).

5.12. Как изменятся коэффициенты диффузии и вязкости идеального газа, если его объем увеличится в 2 раза а) изобарно, б) изотермически? (Отв. а) увеличится в 2,83 раза; увеличится в 1,41 раза; б) увеличится в 2 раза; не изменится).

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. Калашников, Н.П. Графические методы решения задач по молекулярно-кинетической теории и термодинамике идеальных газов [Текст] / Н.П. Калашников, В.П. Красин. – СПб.: Лань, 2011. – 192 с.

6. Миронова, Г.А. Молекулярная физика в вопросах и задачах [Текст] / Г.А. Миронова, Н.Н. Брандт, А.М. Салецкий. – СПб.: Лань, 2012. – 352 с.

7. Брандт, Н.Н. Электростатика в вопросах и задачах [Текст] / Н.Н. Брандт, Г.А. Миронова, А.М. Салецкий. – СПб.: Лань, 2011. – 288 с.

8. Крамм, М.Н. Сборник задач по основам электродинамики [Текст] / М.Н. Крамм. – СПб.: Лань, 2011. – 256 с.

9. 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
1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ 4
2. ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ .. 7
3. ФИЗИКА КОЛЕБАНИЙ И ВОЛН. 10
4. ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ И ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ 13
5. ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕРМОДИНАМИКИ 17
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 19

Учебное издание

Шмарова Татьяна Сергеевна
Сидякина Зоя Александровна

ФИЗИКА
ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ В ЗАДАЧАХ

Методические указания к практическим занятиям
для направления подготовки
23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин
и комплексов»

В а в т о р с к о й р е д а к ц и и
В е р с т к а Т.Ю. Симутина

Подписано в печать 19.06.15. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 1,16. Уч.-изд.л. 1,25. Тираж 80 экз.
Заказ № 221.