

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

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

**ФИЗИКА**  
**РЕШЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ**  
**И ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

Методические указания к практическим занятиям  
для направления подготовки  
20.03.01 «Техносферная безопасность»

Пенза 2015

УДК 53(075)  
ББК 22.3я7  
Ф50

Рекомендовано Редсоветом университета

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

**Физика.** Решение расчетных и графических задач: методические указания к практическим занятиям для направления подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность»/ Т.С. Шмарова, З.А. Сидякина. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 32 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 20.03.01 «Техносферная безопасность».

© 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 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 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** компетенциями самосовершенствования (сознание необходимости, потребность и способность учиться) (ОК-4); способностью организовать свою работу ради достижения поставленных целей; готовностью к использованию инновационных идей (ОК-6); способностью к абстрактному и критическому мышлению, исследованию окружающей среды для выявления ее возможностей и ресурсов, способность к принятию нестандартных решений и разрешению проблемных ситуаций (ОК-11); способностью использования основных программных средств, умением пользоваться глобальными информационными ресурсами, современными средствами телекоммуникаций, способностью использовать навыки работы с информацией из различных источников для решения профессиональных и социальных задач (ОК-12).

# 1. ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

Основные кинематические характеристики криволинейного движения: скорость и ускорение. Нормальное и тангенциальное ускорение. Угловая скорость и угловое ускорение, их связь с линейной скоростью и ускорением. Первый закон Ньютона. Масса, сила и импульс. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона. Закон сохранения импульса механической системы. Момент силы. Закон сохранения момента импульса механической системы. Энергия. Работа силы. Закон сохранения механической энергии. Теорема Штейнера. Вращающий момент. Уравнение движения твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Работа при вращательном движении. Условия равновесия тела. Постулаты специальной теории относительности (СТО) Эйнштейна. Относительность одновременности и преобразования Лоренца. Взаимосвязь массы и энергии в СТО.

**1.1.** Скорость движения точки изменяется с течением времени по закону  $v = 2t + 3t^2$ . Найдите среднее ускорение в интервале времени от 2 до 4 с. (Отв.  $20 \text{ м/с}^2$ ).

**1.2.** Радиус-вектор материальной точки изменяется со временем по закону  $\vec{r} = 4t^2\vec{i} + 3t\vec{j} + 2\vec{k}$ . Определите модуль скорости через 2 с от начала движения. (Отв.  $16,3 \text{ м/с}$ ).

**1.3.** Точка движется по окружности радиусом 1 м. Ее угловая координата изменяется с течением времени по закону  $\varphi = \pi(2t - 4t^2)$ . Определите угловую координату и тангенциальное ускорение точки в момент ее остановки. (Отв.  $0,25\pi \text{ рад}$ ,  $-8\pi \text{ м/с}^2$ ).

**1.4.** Точка движется по окружности так, что ее угловая скорость изменяется по закону  $\omega = 6t^2$ . Определите угловое перемещение точки за промежуток времени от 0 до 3 с. (Отв.  $54 \text{ рад}$ ).

**1.5.** Тело брошено с поверхности Земли со скоростью  $10 \text{ м/с}$  под углом  $45^\circ$  к горизонту. Найдите радиус кривизны траектории в верхней точке. Соппротивлением воздуха пренебречь, ускорение свободного падения принять равным  $10 \text{ м/с}^2$ . (Отв.  $5 \text{ м}$ ).

**1.6.** Импульс материальной точки изменяется по закону  $\vec{p} = 10t\vec{i} + 3t^2\vec{j}$ . Найдите модуль силы, действующей на точку в момент времени 4 с. (Отв.  $26 \text{ Н}$ ).

**1.7.** Тело массой  $100 \text{ кг}$  движется вдоль прямой под действием силы, изменяющейся с течением времени по закону  $F = 10t$ . Определите время, за которое скорость тела увеличится с  $5$  до  $25 \text{ м/с}$ . (Отв.  $20 \text{ с}$ ).

**1.8.** Материальная точка массой  $400 \text{ г}$  движется под действием силы  $\vec{F} = \vec{F}_0 \cos \omega t$ , где  $F_0 = 1 \text{ Н}$  и  $\omega = \frac{\pi}{2} \text{ рад}$ . Определите положение точки, т.е. выразите ее радиус-вектор  $\vec{r}$  как функцию времени, если в начальный мо-

мент времени  $\vec{r}(0) = 0$  и  $v(0) = 0$ . Каково положение тела в момент времени 6 с. (Отв.  $\vec{r}(t) = \frac{\vec{F}_0}{m\omega^2}(1 - \cos\omega t)$ ;  $|\vec{r}| = 2,03$  м).

**1.9.** Механическая система состоит из трех материальных точек, массы которых 0,1; 0,2 и 0,3 г. Первая точка имеет координаты (1, 2, 0); вторая – (0, 2, 1); третья – (1, 0, 1) (координаты даны в сантиметрах). Найдите координаты центра масс (в см). (Отв. 2/3 см; 1 см; 5/6 см).

**1.10.** Чему равен момент инерции тонкого однородного стержня массой  $m$  и длиной  $l$  относительно оси, проходящей через его конец перпендикулярно стержню? (Отв.  $\frac{1}{3}ml^2$ ).

**1.11.** Тонкостенная трубка и кольцо (рис. 1.1), имеющие одинаковые массы и радиусы, вращаются с одинаковой угловой скоростью. Чему равно отношение величины момента импульса трубки к величине момента импульса кольца? (Отв. 1).

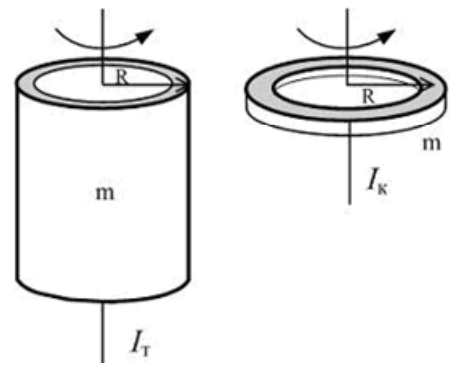


Рис. 1.1

**1.12.** Определите момент инерции Земли относительно оси вращения, приняв ее за шар радиусом  $6,4 \cdot 10^6$  м и массой  $6 \cdot 10^{24}$  кг. (Отв.  $24,6 \cdot 10^{37}$  кг  $\cdot$  м<sup>2</sup>).

**1.13.** Однородный стержень длиной 1 м и массой 0,5 кг вращается в вертикальной плоскости вокруг горизонтальной оси, проходящей через середину стержня. С каким угловым ускорением вращается стержень, если вращающий момент равен 0,0981 Н  $\cdot$  м? (Отв. 2,35 рад/с<sup>2</sup>).

**1.14.** На блок радиусом 0,5 м намотан шнур, к концу которого привязан груз массой 10 кг. Найдите массу блока, если груз опускается с ускорением 2 м/с<sup>2</sup>. (Отв. 78 кг).

**1.15.** Тело массой 2 кг поднято над землей. Его потенциальная энергия 400 Дж. Определите скорость тела после прохождения 1/4 расстояния до земли. Сопротивлением воздуха пренебречь. (Отв. 10 м/с).

**1.16.** На рис. 1.2 показан вектор силы, действующей на частицу. Чему равна работа, совершенная этой силой при перемещении частицы из начала координат в точку с координатами (5; 2)? (Отв. 19 Дж).

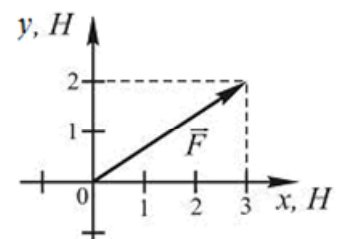


Рис. 1.2

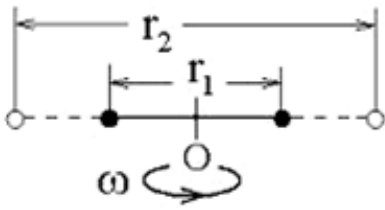


Рис. 1.3

**1.17.** Два маленьких массивных шарика закреплены на невесомом длинном стержне на расстоянии  $r_1$  друг от друга (рис. 1.3). Стержень может вращаться без трения в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей посередине между шариками. Стержень раскрутили из состояния покоя до угловой скорости  $\omega$ , при этом была совершена работа  $A_1$ . Шарика раздвинули симметрично на расстояние  $r_2 = 2r_1$  и раскрутили до той же угловой скорости. Определите совершенную при этом работу. (Отв.  $A_2 = 4A_1$ ).

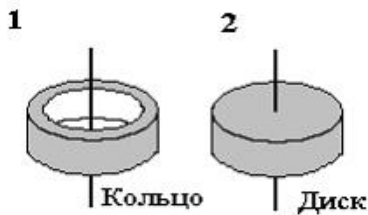


Рис. 1.4

**1.18.** На рис. 1.4 показаны тела одинаковой массы и размеров, вращающиеся вокруг вертикальной оси с одинаковой частотой. Момент импульса первого тела  $0,1 \text{ Дж} \cdot \text{с}$ . Определите кинетическую энергию второго тела, если масса каждого тела  $1 \text{ кг}$ , радиус  $- 10 \text{ см}$ . (Отв.  $250 \text{ мДж}$ )

**1.19.** Найдите скорость сближения двух частиц, движущихся навстречу друг другу со скоростями  $c/2$  относительно неподвижной системы отсчета. (Отв.  $0,8c$ ).

**1.20.** Космический корабль летит со скоростью  $0,8c$  в системе отсчета, связанной с некоторой планетой. Один из космонавтов медленно повернул метровый стержень из положения 1, перпендикулярного направлению движения корабля, в положение 2, параллельное направлению движения. Какой стала длина этого стержня с точки зрения наблюдателя, находящегося на планете? (Отв.  $0,6 \text{ м}$ ).

**1.21.** В неподвижной системе отсчета сторона равностороннего треугольника равна  $10 \text{ км}$ . Определите периметр фигуры в системе отсчета, движущейся со скоростью  $0,8c$  в направлении, перпендикулярном одной из ее сторон. (Отв.  $24,3 \text{ км}$ ).

**1.22.** Определите энергию покоя протона. Масса покоя протона равна  $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ . (Отв.  $1,5 \cdot 10^{-10} \text{ Дж}$ ).

**1.23.** Скорость частицы  $\frac{\sqrt{3}}{2}c \approx 0,87c$ . Чему равно отношение полной энергии частицы к ее энергии покоя? (Отв. 2).

**1.24.** Определите, во сколько раз увеличивается время жизни нестабильной частицы, если она движется со скоростью  $0,9c$  относительно неподвижного наблюдателя. (Отв. в 2,3 раза).

## 2. ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Закон Кулона. Напряженность и потенциал электростатического поля. Принцип суперпозиции. Теорема Гаусса. Работа электростатического поля. Емкость. Энергия заряженного конденсатора и электростатического поля. Плотность энергии электростатического поля. Электрический ток. Сила и плотность тока. Электродвижущая сила и напряжение. Закон Ома для однородного и неоднородного участков цепи и замкнутой цепи. Закон Ома и закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной формах. Напряженность магнитного поля. Магнитная проницаемость. Объемная плотность энергии магнитного поля в веществе. Теорема Гаусса для магнитного поля. Закон электромагнитной индукции. Энергия магнитного поля.

**2.1.** Два точечных заряда  $q$  и  $2q$  на расстоянии  $r$  друг от друга взаимодействуют с силой  $F$ . С какой силой будут взаимодействовать заряды  $2q$  и  $2q$  на расстоянии  $r$ ? (Отв.  $2F$ ).

**2.2.** В некоторой области пространства создано электростатическое поле, потенциал которого описывается функцией  $\varphi = 3x^2$ . Определите  $x$ -составляющую напряженности этого поля. (Отв.  $E_x = -6x$ ).

**2.3.** Определите поток вектора напряженности электростатического поля через сферическую поверхность, охватывающую точечные заряды  $5$  нКл и  $-2$  нКл. (Отв.  $339$  В·м).

**2.4.** Расстояние между зарядами  $22,5$  нКл и  $-44$  нКл равно  $5$  см. Найдите напряженность поля в точке, находящейся в  $4$  см от первого и в  $3$  см от второго заряда. (Отв.  $4,6 \cdot 10^5$  В/м).

**2.5.** Принимая Землю как шар радиусом  $6400$  км, определите заряд Земли, если напряженность электрического поля у ее поверхности составляет  $130$  В/м. Определите потенциал поверхности Земли. (Отв.  $5,9 \cdot 10^5$  Кл;  $8,3 \cdot 10^8$  В).

**2.6.** В течение  $20$  с сила тока равномерно возрастала от  $0$  до  $5$  А. Какой заряд был перенесен? (Отв.  $50$  Кл).

**2.7.** На рис. 2.1 представлена зависимость плотности тока, протекающего в проводниках 1 и 2, от напряженности электрического поля. Чему равно отношение удельных сопротивлений  $\rho_1/\rho_2$  этих проводников? (Отв.  $1/2$ ).

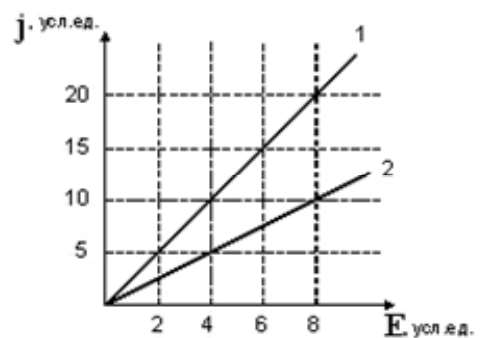


Рис. 2.1

**2.8.** Напряжение на концах медного провода диаметром  $d$  и длиной  $l$  равно  $U$ . Как изменится средняя скорость направленного движения электронов вдоль проводника при увеличении напряжения в 4 раза? (Отв. Увеличится в 4 раза).

**2.9.** Птица сидит на проводе линии электропередачи, сопротивление которого  $2,5 \cdot 10^{-5}$  Ом на каждый метр длины. Под каким напряжением находится птица, если по проводу течет ток силой 2 кА, а расстояние между лапами птицы составляет 5 см? (Отв. 2,5 мВ).

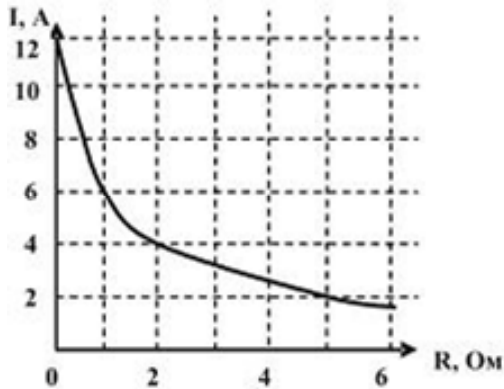


Рис. 2.2

**2.10.** К источнику тока с внутренним сопротивлением 1 Ом подключили реостат. На рис. 2.2 показан график зависимости силы тока в реостате от его сопротивления. Определите максимальную мощность, которая выделяется в реостате. (Отв. 36 Вт).

**2.11.** Сила тока в проводнике сопротивлением 20 Ом нарастает от нуля по закону  $I = 3t$ . Определите количество теплоты, выделившееся в проводнике за первые 2 и последующие 2 секунды. (Отв. 480 Дж, 3360 Дж).

**2.12.** Движение ионов под действием сил электрического поля Земли, градиент которого равен 130 В/м, создает в атмосфере вертикальный ток. Если не учитывать противотоков в районах, охваченных грозой, то получится для всей земной поверхности сила тока, равная 1500 А. Определите среднюю проводимость земной атмосферы у поверхности Земли. Радиус Земли 6370 км. (Отв.  $2,26 \cdot 10^{-14}$  А/(В·м)).

**2.13.** Какой магнитный поток пронизывает плоскую поверхность площадью 50 см<sup>2</sup> при индукции поля 0,4 Тл, если эта поверхность расположена под углом 45° к вектору индукции? (Отв. 1,4 мВб).

**2.14.** Найдите силу, действующую на участок прямолинейного проводника длиной 20 см с током 50 А. Проводник находится в однородном магнитном поле с индукцией 1,26 мТл. Угол между проводником и вектором индукции магнитного поля равен 30°. (Отв. 6,3 мН).

**2.15.** Однозарядные ионы, имеющие одинаковые скорости, влетают в однородное магнитное поле. Их траектории показаны на рис. 2.3. По какой траектории движется ион с наименьшей массой? (Отв. 1).



**2.16.** На рис. 2.4 показана зависимость силы тока от времени в электрической цепи с индуктивностью 1 мГн. Определите модуль среднего значения ЭДС самоиндукции на интервале а) от 5 до 10 с; б) от 15 до 20 с. (Отв. а) 2 мкВ; б) 4 мкВ).

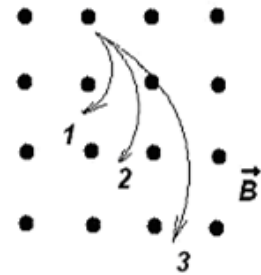


Рис. 2.3

**2.17.** Контур площадью 0,01 м<sup>2</sup> расположен перпендикулярно к линиям магнитной индукции. Магнитная индукция изменяется по закону  $B = (2 + 5t^2)10^{-2}$ . По какому закону изменяется магнитный поток, пронизывающий контур? (Отв.  $\Phi = (2 + 5t^2)10^{-4}$ ).

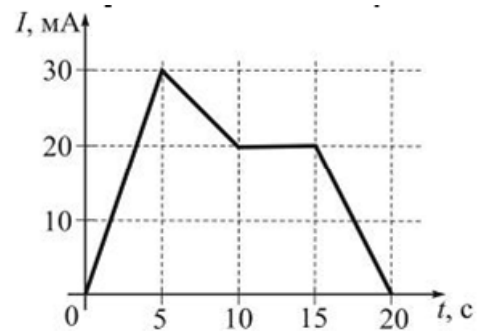


Рис. 2.4

**2.18.** Проволочная рамка вращается с постоянной угловой скоростью в однородном магнитном поле вокруг оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярной вектору индукции (рис. 2.5). На рисунке также представлен график зависимости от времени потока вектора магнитной индукции, пронизывающего рамку. Как зависит от времени сила индукционного тока, если максимальное значение магнитного потока 4 мВб, а сопротивление рамки 314 Ом? (Отв.  $I_i = 2 \cdot 10^{-5} \sin 0,5\pi t$ ).

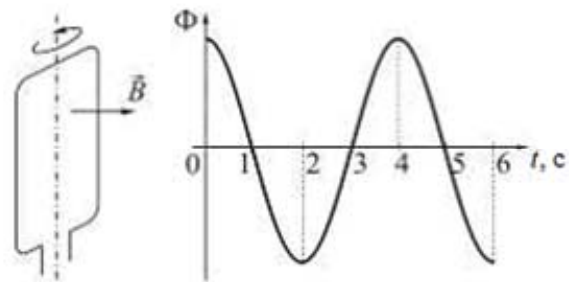


Рис. 2.5

**2.19.** По двум проводящим шинам, находящимся в горизонтальной плоскости, может скользить без трения проводящая перемычка длиной  $l$ , расположенная перпендикулярно шинам (рис. 2.6). Внешнее магнитное поле направлено вертикально, его индукция равна  $B$ . ЭДС источника  $\varepsilon$ , сопротивление резистора  $R$ . Какую силу и в каком направлении надо приложить к перемычке, чтобы она не скользила? Внутренним сопротивлением источника, сопротивлением шин и перемычки пренебречь. (Отв.  $F = \frac{B\varepsilon l}{R}$ ; вправо).

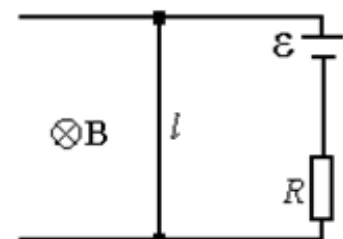


Рис. 2.6

**2.20.** Контур площадью  $0,01 \text{ м}^2$  расположен перпендикулярно к линиям магнитной индукции. Магнитная индукция изменяется по закону  $B = (2 + 5t^2)10^{-2}$ . Запишите закон изменения ЭДС индукции, возникающей в контуре. (Отв.  $\varepsilon_i = -10^{-3} t$ ).

### 3. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ.

Дифференциальные уравнения идеального осциллятора и его решение. Амплитуда, частота и фаза колебания. Сложение колебаний. Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний и его решение. Коэффициент затухания. Добротность. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний. Резонанс. Волновое число, фазовая скорость. Бегущие волны. Дифференциальное уравнение одномерной бегущей волны и его решение. Фаза и длина волны. Энергия волны. Волновое уравнение для электромагнитного поля. Энергетические характеристики электромагнитных волн. Вектор Пойнтинга.

**3.1.** Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми частотам и амплитудами, равными  $A_1 = A_0$  и  $A_2 = 2A_0$ . Найдите разность фаз, если амплитуда результирующего колебания равна а)  $A_0\sqrt{5}$ ; б)  $A_0\sqrt{3}$ . (Отв. а)  $\pi/2$ ; б)  $2\pi/3$ ).

**3.2.** Амплитуда колебаний груза, скрепленного с горизонтальной пружиной, жесткость которой  $1200 \text{ Н/м}$ , равна  $0,1 \text{ м}$ . Определите полную механическую энергию системы. (Отв.  $6 \text{ Дж}$ ).

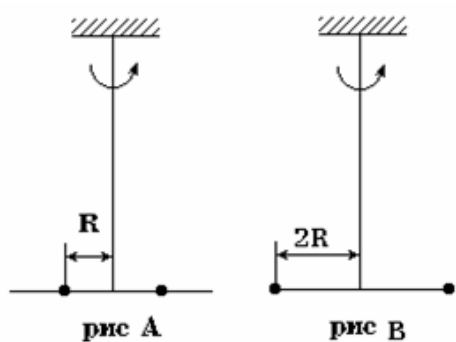


Рис. 3.1

**3.3.** Крутильный маятник представляет собой вертикальную проволоку, на нижнем конце которой закреплен очень легкий горизонтальный стержень с двумя грузами небольших размеров (рис. 3.1А). Во сколько раз изменится период колебаний маятника, если расстояние от оси вращения до грузов увеличить в 2 раза (рис. 3.1В)? (Отв. Увеличится в 4 раза).

**3.4.** Обруч диаметром  $1,2 \text{ м}$  висит на гвозде, вбитом в вертикальную стену. Найдите период колебаний обруча при его качаниях вокруг гвоздя. (Отв.  $2,2 \text{ с}$ ).

**3.5.** Как изменится время релаксации, если при неизменном коэффициенте трения среды увеличить массу груза на пружине в 2 раза? (Отв. Увеличится в 2 раза).

**3.6.** Маятник совершает колебания, которые подчиняются дифференциальному уравнению  $\frac{d^2x}{dt^2} + 0,5\frac{dx}{dt} + 900x = 0$ . Чему равно время релаксации?

(Отв. 4 с).

**3.7.** Определите амплитуду вынужденных колебаний частицы, если дифференциальное уравнение ее движения имеет вид  $\frac{d^2x}{dt^2} + 6\frac{dx}{dt} + 30x = 4 \cos 2t$ . (Отв. 0,14 м).

**3.8.** Смещение частиц среды в плоской бегущей звуковой волне выражается соотношением  $\xi(x, t) = A_0 \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x\right)$ . Каким соотношением выражается ускорение частиц среды в этой волне? (Отв.  $a = -A_0\omega^2 \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x\right)$ ).

**3.9.** Уравнение плоской синусоидальной волны, распространяющейся вдоль оси ОХ со скоростью 500 м/с, имеет вид  $\xi = 0,01 \sin(\omega t - 2x)$ . Определите циклическую частоту колебаний волны. (Отв. 1000 рад/с).

**3.10.** На рис. 3.2 представлен профиль поперечной бегущей волны, которая распространяется со скоростью 200 м/с. Запишите уравнение данной волны. (Отв.  $y(x, t) = 0,05 \cos(125,6t - 0,628x)$ ).

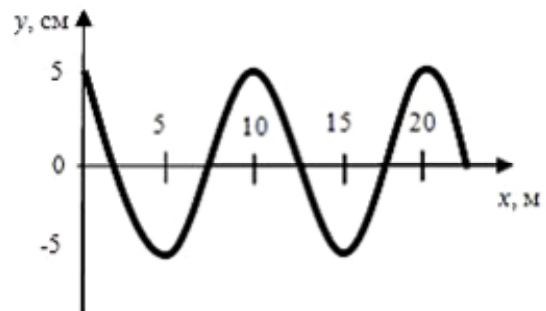


Рис. 3.2

**3.11.** В упругой среде плотностью  $\rho$  распространяется плоская синусоидальная волна. Во сколько раз увеличится плотность потока энергии, если амплитуда волны увеличится в 4 раза, а частота в 2 раза? (Отв. Увеличится в 64 раза).

**3.12.** Плоская косинусоидальная волна имеет нулевую начальную фазу и распространяется вдоль прямой, совпадающей с положительным направлением оси ОХ со скоростью 10 м/с. Две точки, находящиеся на этой прямой на расстояниях 7 и 10 м от источника волны, колеблются с разностью фаз  $3\pi/5$ . Амплитуда волны 5 см. Запишите уравнение волны и определите ее длину. (Отв.  $\xi = 0,05 \cos(2\pi t - 0,2\pi x)$ ; 10 м).

**3.13.** Определите длину бегущей волны, если в стоячей волне расстояние между первым и четвертым узлами равно 15 см. (Отв. 0,1 м).

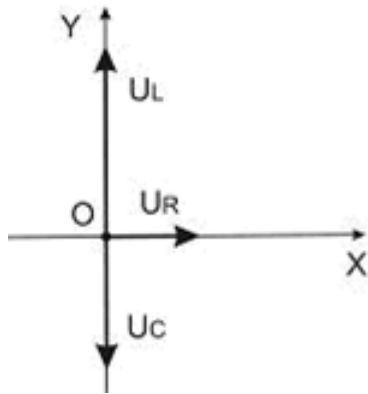


Рис. 3.3

**3.14.** Резистор, катушка индуктивности и конденсатор соединены последовательно и подключены к источнику переменного напряжения, изменяющегося по закону  $U = U_0 \cos \omega t$ . На рис. 3.3 представлена фазовая диаграмма падений напряжений на указанных элементах. Определите амплитудное значение напряжения источника, если амплитудные значения напряжений а)  $U_R = 4$  В,  $U_L = 5$  В,  $U_C = 2$  В; б)  $U_R = 2$  В,  $U_L = 1$  В,  $U_C = 2$  В. (Отв. а) 5 В; б)  $\sqrt{5}$  В).

**3.15.** Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 10 Гн, конденсатора емкостью 10 мкФ и резистора сопротивлением 5 Ом. Чему равно время релаксации? (Отв. 4 с).

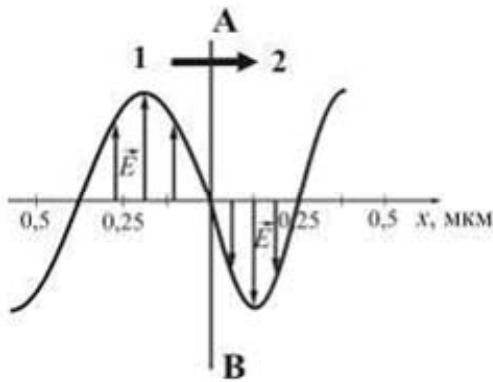


Рис. 3.4

**3.16.** На рис. 3.4 представлена мгновенная "фотография" электрической составляющей электромагнитной волны, переходящей из среды 1 в среду 2 перпендикулярно границе раздела  $AB$ . Определите скорость света во второй среде, если первая среда вакуум. (Отв.  $2 \cdot 10^8$  м/с).

**3.17.** Чему равен показатель преломления среды, в которой распространяется электромагнитная волна с напряженностями электрического и магнитного полей соответственно 750 В/м и 2 А/м. Объемная плотность энергии 10 мкДж/м<sup>3</sup>. (Отв. 2).

## 4. ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Скорость распространения световых волн в веществе. Показатель преломления. Законы Брюстера и Малюса. Интерференция света. Интерференция в тонких пленках. Дифракция света. Дифракционная решетка. Поляризация света. Тепловое излучение и его основные характеристики. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана и Вина. Абсолютно черное тело. Фотоэффект и эффект Комптона. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Световое давление. Корпускулярно-волновой дуализм света.

4.1. Для т. А оптическая разность хода лучей от двух когерентных источников  $S_1$  и  $S_2$  равна 1,2 мкм (рис. 4.1). Каков результат интерференции в т. А, если длина волны в вакууме 480 нм? (Отв. Минимум, так как в разности хода укладывается нечетное число длин полуволн).

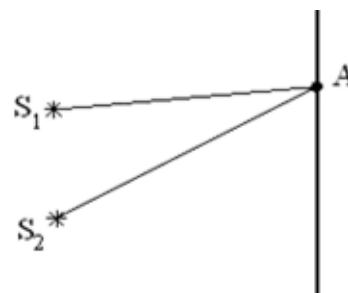


Рис. 4.1

4.2. Расстояние между источниками в опыте Юнга увеличили в 2 раза. Как изменится расстояние от первого максимума интерференционной картины до центральной линии экрана? (Отв. Уменьшится в 2 раза).

4.3. Расстояние от источников до экрана уменьшили в 4 раза. Как изменится ширина интерференционной полосы при прочих равных условиях? (Отв. Уменьшится в 4 раза).

4.4. На пути плоской световой волны, распространяющейся в воздухе, поместили стеклянную пластинку толщиной 1 см. Показатель преломления стекла 1,5. Пластинка расположена перпендикулярно направлению распространения света. Насколько увеличилась оптическая длина пути (в мм)? (Отв. 5 мм).

4.5. Два гармонических осциллятора (рис. 4.2), колеблющихся с одинаковыми частотами и начальными фазами, находятся на расстоянии  $l = 2\lambda$  друг от друга, где  $\lambda$  – длина волны излучения. Расстояние  $L$  до точки наблюдения М много больше расстояния  $l$  между осцилляторами. При каком угле излучения  $\varphi$  амплитуда результирующей волны максимальна? (Отв.  $30^\circ$ ).



Рис. 4.2

4.6. На дифракционную решетку по нормали к ее поверхности падает плоская световая волна с длиной волны  $\lambda$ . Каков наибольший порядок максимума, наблюдаемого в фокальной плоскости собирающей линзы, если постоянная решетки  $d = 4,5\lambda$ ? (Отв. 4).

4.7. Дифракционная решетка содержит 500 штрихов на 1 мм. Длина волны падающего света равна 760 нм. Под каким углом наблюдается первый дифракционный максимум? (Отв.  $22,3^\circ$ ).

4.8. На пути естественного света помещены две пластинки турмалина (рис. 4.3). После прохождения пластинки 1 свет полностью поляризован.  $J_2 = J_1$ , где  $J_1$  и  $J_2$  – интенсивности света, прошедшего пластинки 1 и 2 соответственно. Чему равен угол между направлениями  $OO$  и  $O'O'$ ? (Отв.  $0^\circ$ ).

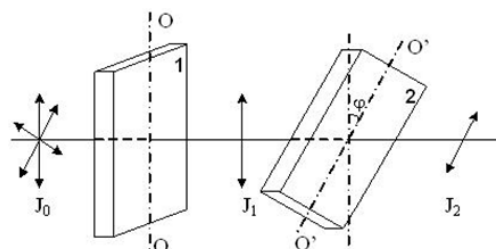


Рис. 4.3

**4.9.** Естественный свет падает на систему из 5 последовательно расположенных поляроидов, причем плоскость пропускания каждого последующего поляроида образует угол  $30^\circ$  с плоскостью пропускания предыдущего. Каким соотношением связана интенсивность света на выходе из системы с интенсивностью света на входе? Поглощением света в поляроидах пренебречь. (Отв.  $J = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{3}{4}\right)^4 J_0$ ).

**4.10.** При падении света из воздуха на диэлектрик отраженный луч полностью поляризован. Угол преломления равен  $30^\circ$ . Чему равен показатель преломления диэлектрика? (Отв. 1,73).

**4.11.** Угол Брюстера при падении света из воздуха на диэлектрик равен  $60^\circ$ . Чему равна скорость света в диэлектрике? (Отв.  $1,73 \cdot 10^8$  м/с).

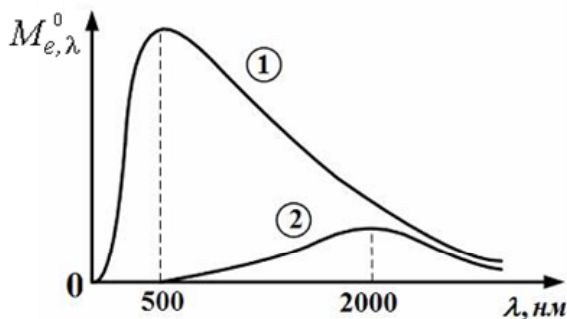


Рис. 4.4

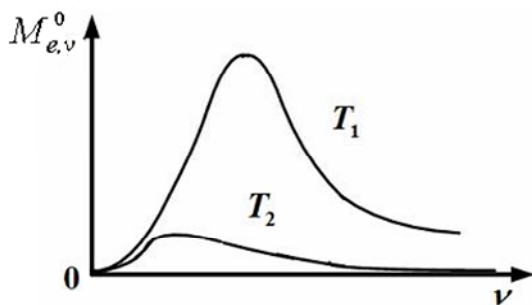


Рис. 4.5

**4.12.** На рис. 4.4 показаны кривые зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от длины волны при разных температурах. Кривая 2 соответствует спектру излучения абсолютно черного тела при температуре 1450 К. Какой температуре (в К) соответствует кривая 1? (Отв. 5800 К).

**4.13.** При уменьшении температуры площадь фигуры под графиком спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела  $M_{e,\nu}^0$  уменьшилась в 16 раз (рис. 4.5). Чему равно отношение температур  $\frac{T_1}{T_2}$ ? (Отв. 2).

**4.14.** При изменении температуры серого тела максимум спектральной плотности энергетической светимости сместился с длины волны 1800 нм на длину волны 600 нм. Как при этом изменилась энергетическая светимость? (Отв. Увеличилась в 81 раз).

**4.15.** Катод вакуумного фотоэлемента освещается светом с энергией квантов 10 эВ. Фототок прекращается при подаче на фотоэлемент задерживающего напряжения 4 В. Чему равна работа выхода электронов из катода (в эВ)? (Отв. 6 эВ).

**4.16.** Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вылетающих из металлической пластинки под действием света, равна 2 эВ. Длина

волны падающего света составляет  $\frac{2}{3}$  длины волны, соответствующей красной границе фотоэффекта для этого металла. Какова работа выхода электронов? (Отв. 4 эВ).

**4.17.** При освещении металла светом с длинами волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  обнаружено, что максимальные скорости фотоэлектронов отличаются в 2 раза. Чему равна работа выхода электронов из металла? (Отв.  $A = \frac{hc(4\lambda_1 - \lambda_2)}{3\lambda_1\lambda_2}$ ).

**4.18.** Для измерения постоянной Планка катод вакуумного фотоэлемента освещают монохроматическим светом. При длине волны 628 нм ток фотоэлектронов прекращается, если в цепь между катодом и анодом включить источник задерживающего напряжения не меньше определенной величины. При увеличении длины волны света на 25% задерживающее напряжение меньше на 0,4 В. Определите постоянную Планка. (Отв.  $6,7 \cdot 10^{-34}$  Дж · с).

**4.19.** Насколько изменяется длина волны рентгеновских лучей при комптоновском рассеянии под углом  $60^\circ$ ? Комптоновская длина волны равна  $2,4363 \cdot 10^{-12}$  м. (Отв. 1,22 пм).

**4.20.** При рассеянии фотона на свободном электроне кинетическая энергия отдачи электрона максимальна. Чему при этом равен угол рассеяния в градусах? (Отв.  $180^\circ$ ).

**4.21.** Длина волны гамма-лучей при комптоновском рассеянии на свободных электронах увеличилась на  $\frac{h}{mc}$ . Чему равен угол рассеяния в градусах? (Отв.  $90^\circ$ ).

**4.22.** На зеркальную пластинку падает поток света. Как изменится световое давление, если число фотонов, падающих на единицу поверхности в единицу времени, увеличить в 2 раза, а зеркальную пластинку заменить черной? (Отв. Не изменится).

**4.23.** Плотность потока энергии в импульсе излучения лазера может достигать значения  $10^{20}$  Вт/м<sup>2</sup>. Определите давление такого излучения, нормально падающего на черную поверхность. (Отв.  $3,3 \cdot 10^{11}$  Па).

## 5. ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ И ФИЗИКИ АТОМА

Модель атома Томсона. Ядерная модель атома. Эмпирические закономерности в атомных спектрах. Формула Бальмера. Линейчатые спектры атомов. Постулаты Бора. Дифракция микрочастиц. Принцип неопределенности Гейзенберга. Волновая функция. Уравнение Шредингера. Квантовая частица в одномерной потенциальной яме. Стационарное уравнение Шредингера для атома водорода. Волновые функции и квантовые числа.

**5.1.** Чему равен импульс, который передает фотон излучения с длиной волны  $6,6 \cdot 10^{-7}$  м телу, полностью поглощающему свет? (Отв.  $10^{-27}$  кг·м/с).

**5.2.** Позитрон, протон, нейтрон и альфа-частица имеют одинаковую длину волны де Бройля. Какая частица обладает наибольшей скоростью? (Отв. Позитрон).

**5.3.** Положение пылинки массой  $m = 10^{-9}$  кг можно установить с неопределенностью  $\Delta x = 0,1$  мкм. Учитывая, что постоянная Планка  $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-34}$  Дж·с, найдите наименьшее значение неопределенности скорости  $\Delta v_x$ . (Отв.  $1,05 \cdot 10^{-18}$  м/с).

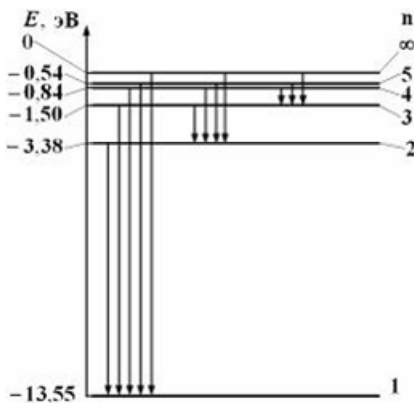


Рис. 5.1

**5.4.** На рис. 5.1 дана схема энергетических уровней атома водорода, а также условно изображены переходы электрона с одного уровня на другой, сопровождающиеся излучением кванта энергии. Чему равно отношение максимальной частоты линии серии Пашена к минимальной частоте линии серии Бальмера? (Отв. 4/5).

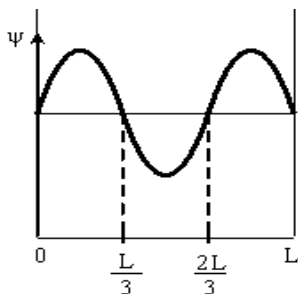


Рис. 5.2

**5.5.**  $\psi$  – функция имеет вид, указанный на рис. 5.2. Какова вероятность обнаружить электрон на участке  $\frac{L}{6} < x < \frac{5L}{6}$ ? (Отв. 2/3).

**5.6.** На рис. 5.3 схематически представлены графики распределения плотности вероятности обнаружения электрона по ширине одномерного потенциального ящика с бесконечно высокими стенками для состояний с различными значениями главного квантового числа  $n$ . Чему равна вероят-



ность обнаружить электрон в интервале от  $\frac{3L}{8}$  до  $L$  в состоянии с  $n = 4$ ? (Отв. 5/8).

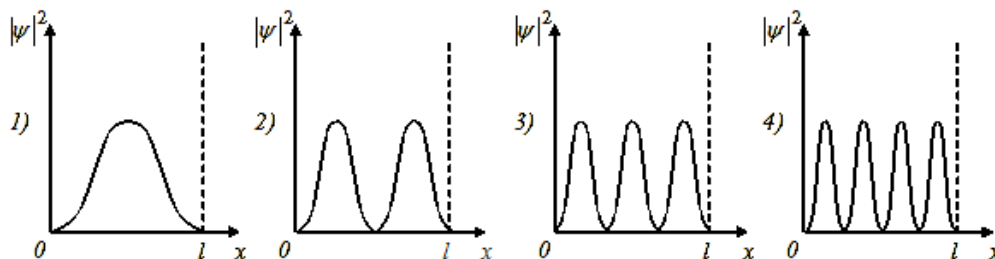


Рис. 5.3

**5.7.** Собственные функции электрона в одномерном потенциальном ящике с бесконечно высокими стенками имеют вид  $\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin \frac{n\pi}{L} x$ , где  $L$  – ширина ящика,  $n$  – квантовое число, имеющее смысл номера энергетического уровня.  $N$  – число узлов  $\psi_n$  – функции на отрезке  $0 \leq x \leq L$  и  $\frac{N_{n+1}}{N_{n-1}} = 1,5$ . Чему равно число  $n$ ? (Отв. 4).

## 6. ЭЛЕМЕНТЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Состав атомного ядра. Характеристики ядра: заряд, масса, энергия связи нуклонов. Радиоактивность. Виды и законы радиоактивного излучения. Ядерные реакции. Деление ядер. Синтез ядер. Фундаментальные взаимодействия и основные классы элементарных частиц. Частицы и античастицы. Лептоны и адроны. Кварки.

**6.1.** Найдите энергию связи нуклонов в ядре дейтерия. (Отв. 2,7 МэВ).

**6.2.** Ядро состоит из 92 протонов и 144 нейтронов. Сколько протонов и нейтронов будет содержать ядро после испускания двух альфа-частиц и одной бета-частицы? (Отв. 89 протонов, 139 нейтронов).

**6.3.** Сколько альфа-распадов и бета-распадов должно произойти, чтобы торий  ${}^{232}_{90}\text{Th}$  превратился в стабильный изотоп свинца  ${}^{208}_{82}\text{Pb}$ ? (Отв. 6 альфа-распадов, 4 бета-распада).

**6.4.** Начальное число ядер радиоактивного изотопа  $10^{10}$ , его период полураспада равен 20 мин. Сколько ядер распадется через 40 минут? (Отв.  $7,5 \cdot 10^9$ ).

**6.5.** Сколько атомов  ${}^{222}_{86}\text{Rn}$  распадается за сутки в 1 г этого изотопа? (Отв.  $4,5 \cdot 10^{20}$ ).

**6.6.** Период полураспада изотопа натрия  ${}^{22}_{11}\text{Na}$  равен 2,6 года. Если изначально было 104 г этого изотопа, то, сколько примерно его будет через 5,2 года? (Отв. 26 г).

**6.7.** Чему равен период полураспада изотопа, если за одни сутки распалось в среднем 750 атомов из 1000? (Отв. 12 ч).

**6.8.** Две элементарные частицы – протон и антипротон, имеющие массу по  $1,67 \cdot 10^{-27}$  кг каждый, соединяясь, превращаются в 2 гамма-кванта. Сколько при этом освобождается энергии (в эВ)? (Отв.  $1,88 \cdot 10^9$  эВ).

**6.9.** Определите энергетический выход ядерной реакции:  ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}$ . (Отв. 4,4 МэВ).

**6.10.** При делении одного ядра  ${}^{235}_{92}\text{U}$  на два осколка выделяется около 200 МэВ энергии. Какое количество энергии освобождается при «сжигании» в ядерном реакторе 1 г этого изотопа? Какое количество каменного угля нужно сжечь для получения такого же количества энергии? Удельная теплота сгорания каменного угля  $2,7 \cdot 10^7$  Дж/кг. (Отв.  $3,2 \cdot 10^{11}$  Дж; 3,5 т).

**6.11.** В реакции термоядерного синтеза два ядра изотопов водорода  ${}^2_1\text{H}$  и  ${}^3_1\text{H}$  соединяются в одно ядро  ${}^4_2\text{He}$ . Какая частица при этом испускается? (Отв. Нейтрон).

## 7. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Средние значения, флуктуации. Термодинамические параметры. Давление газа с точки зрения МКТ. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории и уравнение состояния идеальных газов. Распределение Максвелла для модуля и проекций скорости молекул идеального газа. Распределение Больцмана и барометрическая формула. Наиболее вероятная, средняя и среднеквадратичная скорости. 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. Третье начало термодинамики. Явления переноса. Диффузия, теплопроводность, внутреннее трение. Число столкновений и длина свободного пробега молекул идеального газа. Эмпирические уравнения переноса: Фика, Фурье и Ньютона.

7.1. Определите отношение кинетической энергии вращательного движения к полной кинетической энергии линейной молекулы углекислого газа (рис. 7.1). Колебательное движение атомов в молекуле не учитывать. (Отв. 2/5).

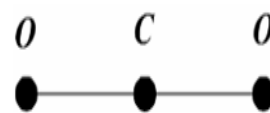


Рис. 7.1

7.2. Азот массой 7 г находится под давлением 0,1 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. (Отв. 481 К; 6 л; 1,16 кг/м<sup>3</sup>; 0,7 кг/м<sup>3</sup>).

7.3. Определите среднюю длину свободного пробега молекул углекислого газа при температуре 100°C и давлении 100 мм ртутного столба. Диаметр молекул  $3,2 \cdot 10^{-8}$  см. (Отв.  $8,51 \cdot 10^{-7}$  м).

7.4. Чему равно число вращательных степеней свободы молекулы идеального газа, если молярная теплоемкость при постоянном давлении равна  $\frac{7}{2}R$ , где  $R$  – универсальная газовая постоянная. (Отв. 2).

7.5. Один моль идеального одноатомного газа в ходе некоторого процесса получил 2507 Дж теплоты. При этом его температура понизилась на 200 К. Определите работу, совершенную газом. (Отв. 5000 Дж).

7.6. КПД цикла Карно равен 60%. Каким станет КПД, если на 20% уменьшить температуру нагревателя и на 20% увеличить температуру холодильника? (Отв. 40%).

7.7. Идеальный газ, совершающий цикл Карно, 70% теплоты, полученной от нагревателя, отдает холодильнику. За цикл газ получает 5 кДж теплоты. Определите КПД цикла и работу газа за цикл. (Отв. 30%; 1,5 кДж).

7.8. Диаграмма циклического процесса идеального одноатомного газа представлена на рис. 7.2. Определите работу газа за цикл. (Отв. 90 кДж).

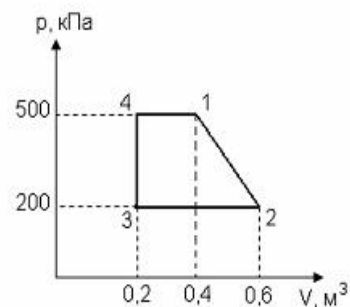


Рис. 7.2

7.9. Азот массой 20 г при температуре 37°C находится под поршнем. Сначала газ расширяют адиабатически от объема  $V$  до объема  $3V$ , затем сжимают изотермически до первоначального объема. Определите температуру в конце процесса и полную работу. (Отв. 200 К; 328 Дж).

7.10. Какой толщины необходимо сделать деревянную стену здания, чтобы она давала такую же потерю тепла, что и кирпичная стена толщиной 40 см при одинаковой температуре внутри и снаружи здания? Коэффици-

енты теплопроводности кирпича и дерева равны соответственно 0,7 и 0,175 Вт/(м·К). (Отв. 10 см).

**7.11.** Коэффициент теплопроводности кислорода при 100°C равен  $3,25 \cdot 10^{-2}$  Вт/(м·К). Вычислите коэффициент вязкости при этой температуре. Молярная масса кислорода 0,032 кг/моль. (Отв.  $5 \cdot 10^{-5}$  Па·с).

## 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. ОСНОВЫ МЕХАНИКИ.....	4
2. ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ.....	7
3. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ. ....	10
4. ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА.....	12
5. ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ И ФИЗИКИ АТОМА.....	16
6. ЭЛЕМЕНТЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ.....	17
7. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА.....	18
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	21

Учебное издание

Шмарова Татьяна Сергеевна  
Сидякина Зоя Александровна

ФИЗИКА  
РЕШЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ И ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Методические указания к практическим занятиям  
для направления подготовки  
20.03.01 «Техносферная безопасность»

В авторской редакции  
Верстка Т.Ю. Симутина

---

Подписано в печать 19.06.15. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 1,27. Уч.-изд.л. 1,37. Тираж 80 экз.  
Заказ № 222.

---

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