

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

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

**ФИЗИКА**  
**РЕШЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**  
**И ЗАДАЧ-РИСУНКОВ**

Методические указания к практическим занятиям  
для направления подготовки 08.03.01 «Строительство»  
(квалификация: бакалавр прикладной)

Пенза 2015

УДК 53(075)  
ББК 22.3я7  
Ф50

Рекомендовано Редсоветом университета

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

**Физика.** Решение графических задач и задач-рисунков: методические указания к практическим занятиям для направления подготовки 08.03.01 «Строительство» (квалификация: бакалавр прикладной) / Т.С. Шмарова, З.А. Сидякина. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 30 с.

Приведены графические задачи и задачи-рисунки по основным разделам курса общей физики («Физические основы механики», «Электричество и магнетизм», «Молекулярная физика и термодинамика», «Оптика и квантовая физика»).

Методические указания разработаны на кафедре «Физика и химия» с учетом компетентностного подхода к процессу обучения и предназначены для использования на практических занятиях направления подготовки 08.03.01 «Строительство» (квалификация: бакалавр прикладной).

© 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 08.03.01 «Строительство» (квалификация: бакалавр прикладной) 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 графические задачи и задачирисунки по основным разделам физики: механике, электричеству и магнетизму, молекулярной физике, термодинамике, оптике и квантовой физике.

Решение физических задач является необходимым условием успешного изучения явлений природы. Решение графических задач помогает развить навыки работы с графиками, умение работать с масштабом, способствует уяснению функциональной зависимости между физическими величинами.

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** способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-1); способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2); эффективными правилами, методами и средствами сбора, обмена, хранения и обработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией (ОПК-4).

# 1. ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Кинематика материальной точки. Кинематические характеристики и их взаимосвязь при криволинейном движении. Движение по прямой и по окружности. Законы Ньютона, решение основной задачи механики на основе законов Ньютона. Центр инерции механической системы и закон его движения. Динамика вращательного движения. Импульс системы частиц. Закон сохранения импульса механической системы. Центр инерции механической системы и закон его движения. Работа силы. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии. Работа и энергия при вращательном движении.

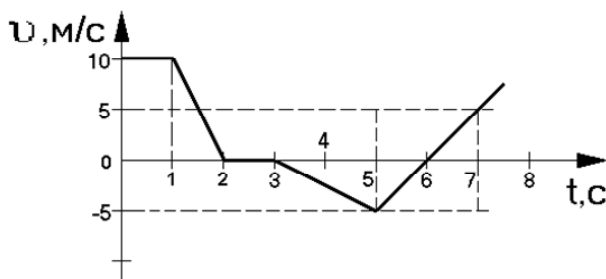


Рис. 1.1

**1.1.** На рис. 1.1 представлен график зависимости скорости материальной точки от времени. Запишите уравнение, характеризующее изменение скорости в интервале времени от 5 до 7 с. (Отв.  $v = -5 + 5t$ ).

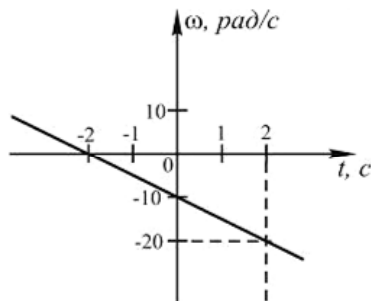


Рис. 1.2

**1.2.** Тело вращается вокруг неподвижной оси. Зависимость угловой скорости от времени приведена на рис. 1.2. Каково тангенциальное ускорение точки, находящейся на расстоянии 1 м от оси вращения? (Отв.  $-5 \text{ м/с}^2$ ).

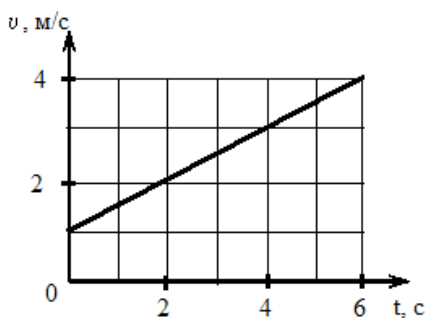


Рис. 1.3

**1.3.** Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси. Скорость точки, находящейся на расстоянии 10 см от оси, изменяется со временем в соответствии с графиком, представленным на рис. 1.3. Запишите зависимость угловой скорости тела от времени и определите угловое ускорение тела. (Отв.  $\omega = 10 + 5t$ ,  $5 \text{ рад/с}^2$ ).

**1.4.** Твердое тело начинает вращаться вокруг оси  $Z$  с угловой скоростью, проекция которой изменяется со временем, как показано на графике (рис. 1.4). Чему равно угловое перемещение (в радианах) в промежутке времени от 2 до 4 с? (Отв. 6 рад).

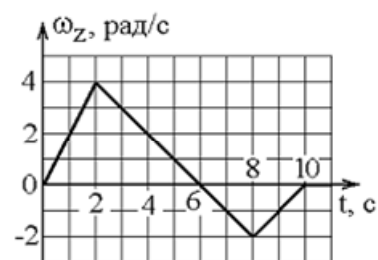


Рис. 1.4

**1.5.** Твердое тело начинает вращаться вокруг оси  $Z$  с угловой скоростью, проекция которой изменяется со временем, как показано на графике (рис. 1.4). Чему равно угловое перемещение (в радианах) в промежутке времени от 4 до 8 с? (Отв. 0).

**1.6.** Твердое тело начинает вращаться вокруг оси  $Z$  с угловой скоростью, проекция которой изменяется со временем, как показано на графике (рис. 1.5). На какой угол (в радианах) окажется повернутым тело относительно начального положения через 11 с? (Отв. 0).

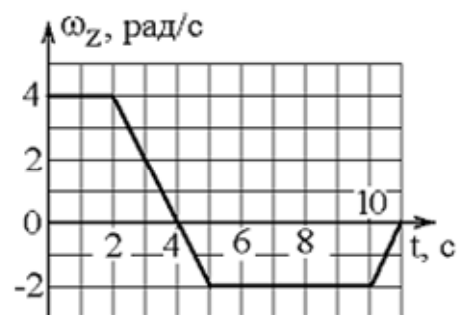


Рис. 1.5

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

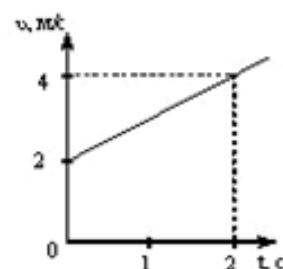


Рис. 1.6

**1.8.** Под действием постоянной силы 5 Н скорость тела изменялась с течением времени, как показано на графике (рис. 1.7). Найдите массу тела. (Отв. 10 кг).

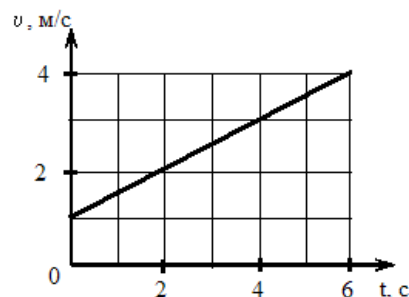


Рис. 1.7



Рис. 1.8

**1.9.** На рис. 1.8 приведена зависимость силы от времени. Насколько изменится импульс тела за первые 3 с? (Отв. 80 кг · м/с).

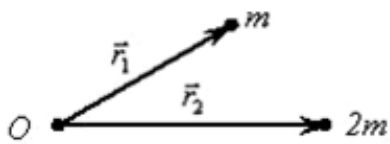


Рис. 1.9

**1.10.** Определите с помощью радиус-вектора положение центра масс системы двух частиц, изображенных на рис. 1.9, относительно точки O. (Отв.  $\vec{r} = \frac{(\vec{r}_1 + 2\vec{r}_2)}{3}$ ).

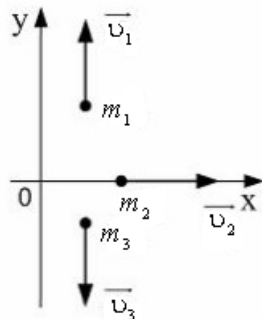


Рис. 1.10

**1.11.** Система состоит из трех шаров массами  $m_1 = 1$  кг,  $m_2 = 2$  кг,  $m_3 = 3$  кг, которые двигаются так, как показано на рис. 1.10. Скорости шаров равны  $v_1 = 3$  м/с,  $v_2 = 2$  м/с,  $v_3 = 1$  м/с. Найдите величину скорости центра масс этой системы. (Отв. 2/3).

**1.12.** Вдоль оси OX навстречу друг другу движутся две материальные точки массами  $m_1 = 2$  г и  $m_2 = 6$  г со скоростями  $v_1 = 9$  м/с и  $v_2 = 3$  м/с соответственно (рис. 1.11). Найдите проекцию скорости центра масс на ось X. (Отв. 0).

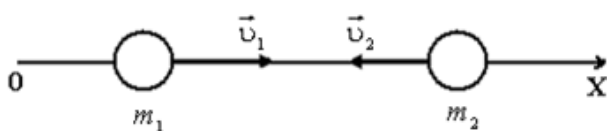


Рис. 1.11

**1.13.** Вдоль оси OX навстречу друг другу движутся две материальные точки массами  $m_1 = 4$  г и  $m_2 = 2$  г со скоростями  $v_1 = 5$  м/с и  $v_2 = 4$  м/с соответственно (рис. 1.11). Найдите проекцию скорости центра масс на ось X. (Отв. 2 м/с).

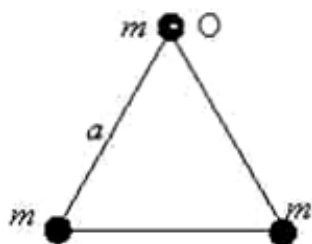


Рис. 1.12

**1.14.** На рис. 1.12 изображена система трех точечных масс, расположенных в вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a$ . Чему равен момент инерции системы относительно оси, проходящей через точку O перпендикулярно чертежу? (Отв.  $2ma$ ).

**1.15.** Вокруг неподвижной оси с угловой скоростью  $\omega_1$  свободно вращается система из невесомого стержня и массивной шайбы, которая удерживается нитью на расстоянии  $R_1$  от оси вращения (рис. 1.13). Отпустив нить, шайбу перевели в положение 2. Найдите угловую скорость

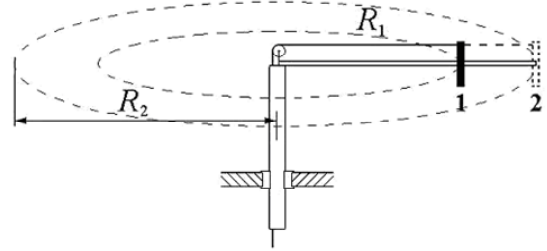


Рис. 1.13

шайбы при ее движении по окружности радиусом  $R_2 = \frac{3}{2}R_1$ . (Отв.  $\frac{4}{9}\omega_1$ ).

**1.16.** Вокруг неподвижной оси с угловой скоростью  $\omega_1$  свободно вращается система из невесомого стержня и массивной шайбы, которая удерживается нитью на расстоянии  $R_1$  от оси вращения (рис. 1.14). Отпустив нить, шайбу перевели в положение 2. Найдите угловую скорость

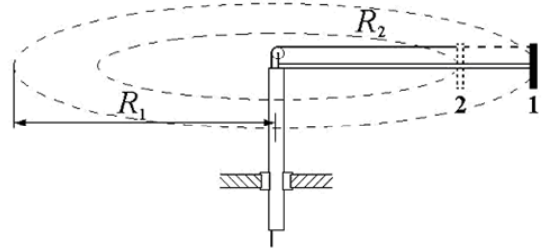


Рис. 1.14

шайбы при ее движении по окружности радиусом  $R_2 = \frac{1}{3}R_1$ . (Отв.  $9\omega_1$ ).

**1.17.** Два невесомых стержня длиной  $b$  каждый соединены под углом  $\alpha_1 = 120^\circ$  и вращаются без трения в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через точку  $O$ , с угловой скоростью  $\omega$  (рис. 1.15). На конце одного из стержней прикреплен очень маленький массивный шарик. В некоторый момент угол между стержнями самопроизвольно уменьшился до  $\alpha_2 = 90^\circ$ . Определите угловую скорость, с которой стала вращаться система. (Отв.  $\frac{3}{2}\omega$ ).

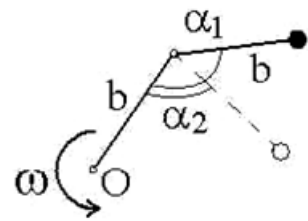


Рис. 1.15

рость, с которой стала вращаться система. (Отв.  $\frac{3}{2}\omega$ ).

**1.18.** Тонкий обруч (рис. 1.16) радиусом 1 м, способный свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку  $O$  перпендикулярно плоскости рисунка, отклонили от вертикали на угол  $\frac{\pi}{2}$  и отпустили. Определите угловое ускорение обруча в начальный момент времени. (Отв.  $5 \text{ рад/с}^2$ ).

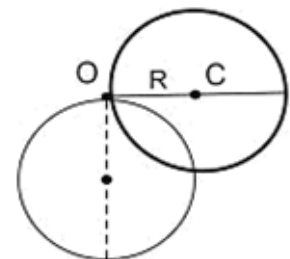


Рис. 1.16

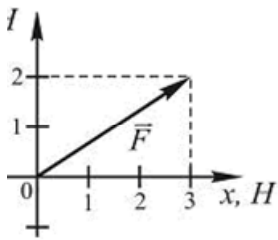


Рис. 1.17

**1.19.** На рис. 1.17 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).

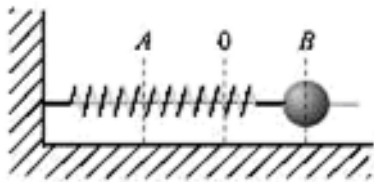


Рис. 1.18

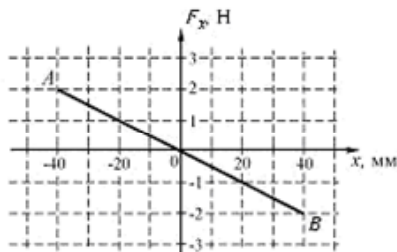


Рис. 1.19

**1.20.** Шарик, прикрепленный к пружине и насаженный на горизонтальную составляющую, совершает гармонические колебания (рис. 1.18). На графике (рис. 1.19) представлена зависимость проекции силы упругости пружины на положительное направление оси X от координаты шарика. Определите работу силы упругости на этапах  $B-O$ ,  $O-A$ ,  $B-A$ ,  $A-B-O$ . (Отв. 0,04 Дж;  $-0,04$  Дж; 0; 0,04 Дж).

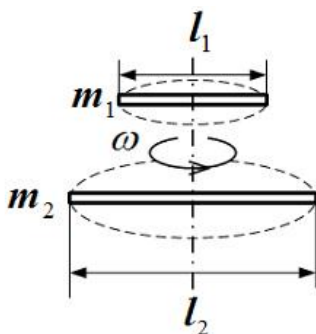


Рис. 1.20

**1.21.** Стержень массой  $m_1$  и длиной  $l_1$  раскрутили вокруг вертикальной оси, проходящей перпендикулярно стержню через его середину, до угловой скорости  $\omega$ , совершив при этом работу  $A_1$  (рис. 1.20). До той же угловой скорости раскрутили стержень массой  $m_2 = 2m_1$  и длиной  $l_2 = 2l_1$ , совершив работу  $A_2$ . Найдите отношение  $\frac{A_2}{A_1}$ . (Отв. 8).

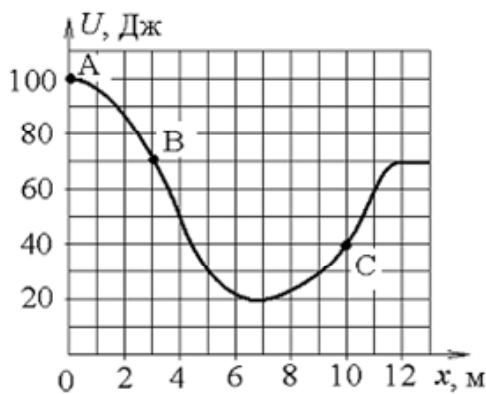


Рис. 1.21

**1.22.** Небольшая шайба начинает движение без начальной скорости по гладкой ледяной горке из точки А. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Зависимость потенциальной энергии шайбы от координаты  $x$  изображена на графике  $U(x)$  (рис. 1.21). Во сколько раз отличается кинетическая энергия шайбы в точке С от кинетической энергии в точке В? (Отв. в точке С в 2 раза больше, чем в точке В).



**1.23.** Тело движется под действием силы, зависимость проекции которой от координаты представлена на графике (рис. 1.22). Чему равна работа силы на пути 4 м? (Отв. 30 Дж).

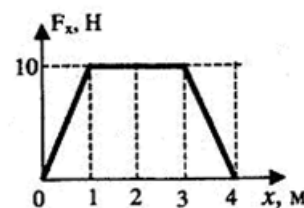


Рис. 1.22

## 2. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

Электрический заряд. Напряженность поля в вакууме и диэлектрике. Принцип суперпозиции. Работа электростатического поля. Потенциал поля. Связь потенциала и напряженности. Емкость. Сила тока. Закон Ома для однородного участка цепи. Закон Джоуля-Ленца. Электродвижущая сила. Закон Ома для замкнутой цепи. Магнитная индукция. Сила Ампера. Сила Лоренца. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея для электромагнитной индукции. Система уравнений Максвелла.

**2.1.** Каждый из четырех одинаковых по модулю точечных зарядов, расположенных в вершинах квадрата (рис. 2.1), создает в точке пересечения диагоналей электрическое поле, напряженность которого равна  $E$ . Найдите напряженность поля в этой точке. (Отв.  $2E\sqrt{2}$ ).

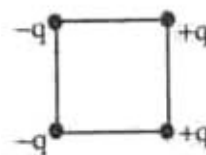


Рис. 2.1

**2.2.** Электростатическое поле создано двумя точечными зарядами  $-q$  и  $+4q$  (рис. 2.2). Чему равно отношение потенциала поля, созданного вторым зарядом в точке А, к потенциалу результирующего поля в этой точке? (Отв. 4).



Рис. 2.2

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

**2.4.** На графике (рис. 2.3) 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).

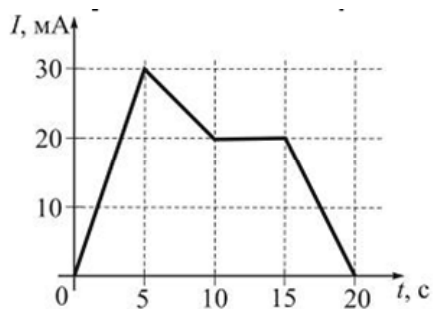


Рис. 2.3

**2.5.** На рис. 2.3 показана зависимость силы тока в электрической цепи от времени. Определите отношение заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника за двадцать секунд, к заряду, прошедшему за последние пять секунд. (Отв. 7).

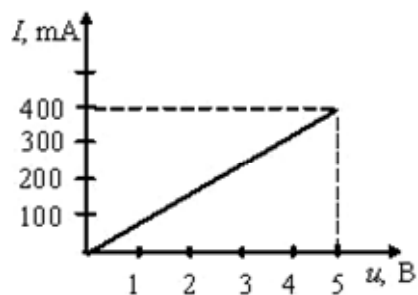


Рис. 2.4

**2.6.** Вольтамперная характеристика резистора изображена на рис. 2.4. Определите его сопротивление. (Отв. 12,5 Ом).

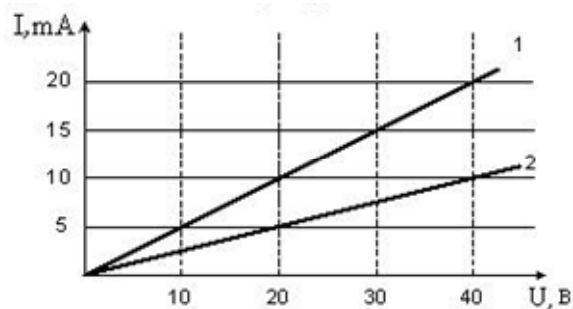


Рис. 2.5

**2.7.** Вольтамперная характеристика активных элементов 1 и 2 представлена на рис. 2.5. Найдите отношение сопротивлений  $R_1/R_2$  этих элементов. (Отв. 1/2).

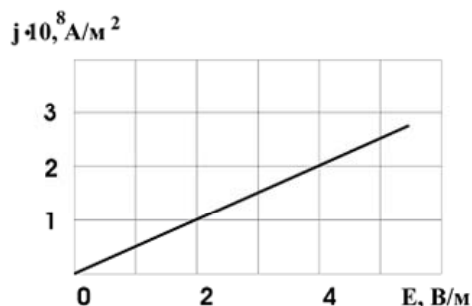


Рис. 2.6

**2.8.** На графике (рис. 2.6) представлена зависимость плотности тока в проводнике от напряженности электрического поля. Найдите удельное сопротивление проводника. (Отв.  $2 \cdot 10^{-8}$  Ом·м).

**2.9.** На рис. 2.7 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).

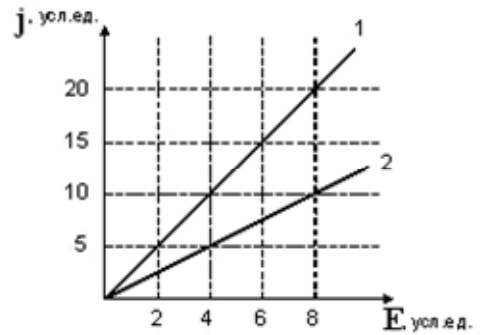


Рис. 2.7

**2.10.** На рис. 2.8 представлена вольтамперная характеристика резистора, подключенного к источнику тока с ЭДС 16 В. Через резистор протекает ток 2,5 А. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока? (Отв. 1,4 Ом).

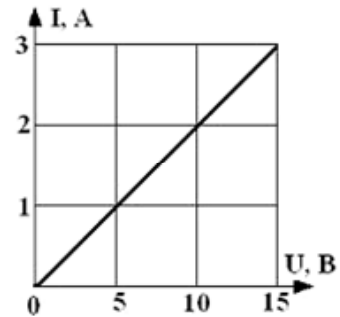


Рис. 2.8

**2.11.** На рис. 2.9 представлены результаты экспериментального исследования зависимости силы тока в цепи от значения сопротивления, подключенного к источнику постоянного тока. Определите ЭДС источника и его внутреннее сопротивление. (Отв. 12 В, 1 Ом).

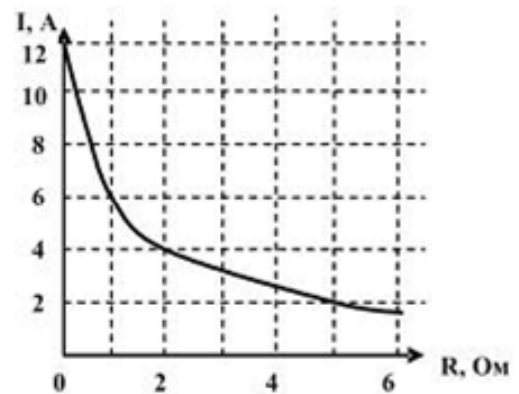


Рис. 2.9

**2.12.** На рис. 2.9 представлены результаты экспериментального исследования зависимости силы тока в цепи от значения сопротивления, подключенного к источнику постоянного тока. Определите КПД источника при сопротивлении 4 Ом. (Отв. 80%).

**2.13.** Через лампу, подключенную к источнику тока с ЭДС 8 В и внутренним сопротивлением 1 Ом протекает ток 2 А. На каком графике (рис. 2.10) правильно показана зависимость силы тока от приложенного к лампе напряжения? (Отв. 3).

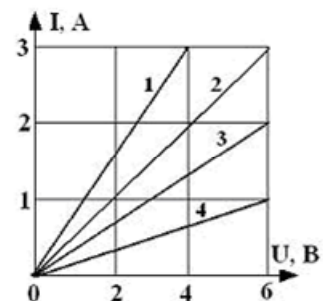


Рис. 2.10

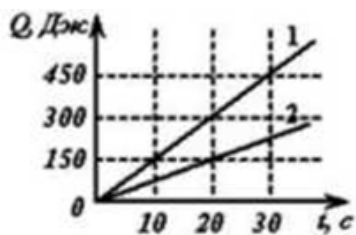


Рис. 2.11

**2.14.** На рис. 2.11 представлен график зависимости количества теплоты, выделяющейся в двух последовательно соединенных проводниках, от времени. Найдите отношение сопротивлений проводников  $R_1/R_2$ . (Отв. 2).

**2.15.** К источнику тока с внутренним сопротивлением 1 Ом подключили реостат. На рис. 2.9 показан график зависимости силы тока в реостате от его сопротивления. Определите максимальную мощность, которая выделяется в реостате. (Отв. 36 Вт).

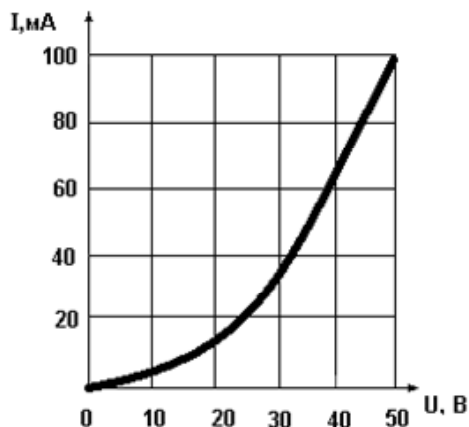


Рис. 2.12

**2.16.** На рис. 2.12 показана вольтамперная характеристика некоторой цепи. Чему примерно равна мощность, потребляемая цепью, при напряжении 45 В? (Отв. 3,6 Вт).

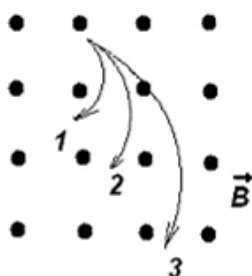


Рис. 2.13

**2.17.** Ионы, имеющие одинаковые скорости, но разные удельные заряды, влетают в однородное магнитное поле. Их траектории показаны на рис. 2.13. Какой траектории соответствует величина наибольшего удельного заряда? (Отв. 1).

**2.18.** Однозарядные ионы, имеющие одинаковые скорости, влетают в однородное магнитное поле. Их траектории показаны на рис. 2.13. По какой траектории движется ион с наименьшей массой? (Отв. 1).

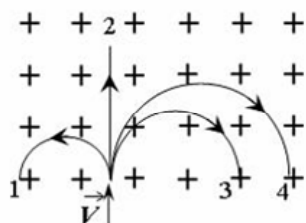


Рис. 2.14

**2.19.** На рис. 2.14 показаны траектории заряженных частиц, с одинаковой скоростью влетающих в однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости рисунка. Определите знаки зарядов частиц и сравните их удельные заряды. (Отв.  $q_1 > 0$ ,

$$q_2 = 0, q_3 < 0, q_4 < 0, \left(\frac{q}{m}\right)_1 > \left(\frac{q}{m}\right)_3 > \left(\frac{q}{m}\right)_4$$

**2.20.** На рис. 2.15 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).

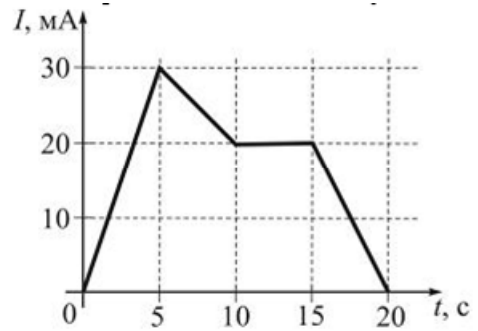


Рис. 2.15

**2.21.** Проволочная рамка площадью 100 см<sup>2</sup> находится в однородном магнитном поле, зависимость индукции которого от времени показана на рис. 2.16. Плоскость рамки перпендикулярна направлению магнитного поля. Определите модуль максимального значения ЭДС индукции, возникающей в рамке. (Отв. 4 мВ).

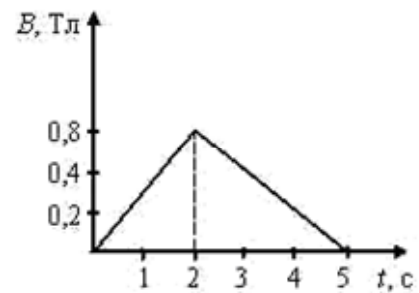


Рис. 2.16

**2.22.** По параллельным металлическим проводникам, расположенным в однородном магнитном поле, с постоянной скоростью перемещается проводящая перемычка длиной  $l$  (рис. 2.17). Какова зависимость индукционного тока от времени? Сопротивлением перемычки и направляющих можно пренебречь. (Отв.  $I = const$ ).

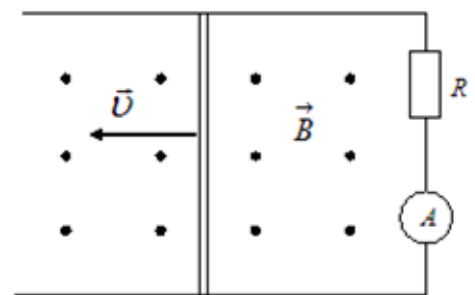


Рис. 2.17

**2.23.** По параллельным металлическим проводникам, расположенным в однородном магнитном поле с индукцией  $B$ , со скоростью  $v = at$  ( $a = const, a > 0$ ) перемещается проводящая перемычка длиной  $l$  (рис. 2.17). Какова зависимость индукционного тока от времени? Сопротивлением перемычки и направляющих можно пренебречь. (Отв.  $I = \frac{Bla}{R}t$ ).

**2.24.** Проволочная рамка вращается с постоянной угловой скоростью в однородном магнитном поле вокруг оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярной вектору индукции (рис. 2.18). На рисунке также представлен график зависимости от времени потока вектора магнитной индукции, про-

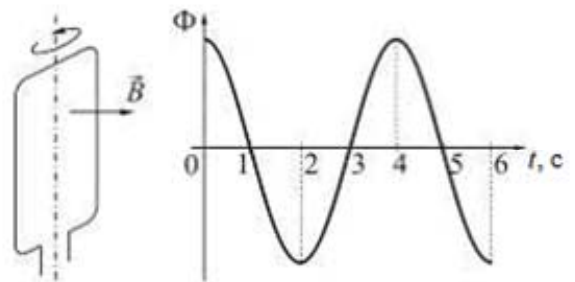


Рис. 2.18

низывающего рамку. Как зависит от времени ЭДС индукции, если максимальное значение магнитного потока 2 мВб? (Отв.  $\varepsilon_i = -10^{-3} \pi \sin 0,5\pi t$ ).

**2.25.** Проволочная рамка вращается с постоянной угловой скоростью в однородном магнитном поле вокруг оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярной вектору индукции (рис. 2.18). 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.  $I_i = 2 \cdot 10^{-5} \sin 0,5\pi t$ ).

**2.26.** На рис. 2.19 представлена зависимость магнитного потока, пронизывающего некоторый контур, от времени. Постройте график зависимости ЭДС индукции в контуре от времени. (Отв. Рис. 2.20)

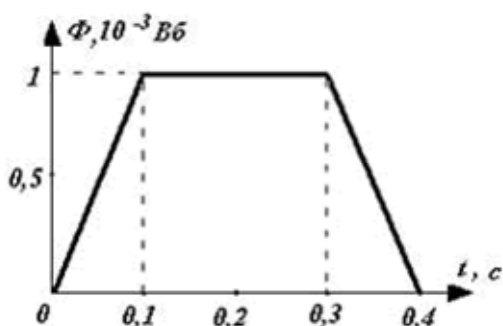


Рис. 2.19

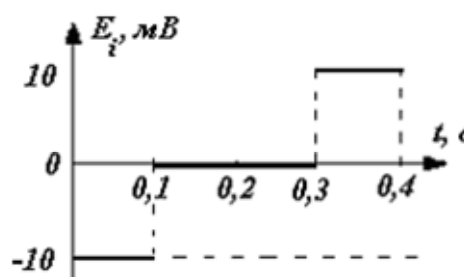


Рис. 2.20

**2.27.** На рис. 2.21 показана зависимость силы тока, протекающего в катушке индуктивности, от времени. Начертите график зависимости возникающей в катушке ЭДС самоиндукции от времени. (Отв. Рис. 2.22)

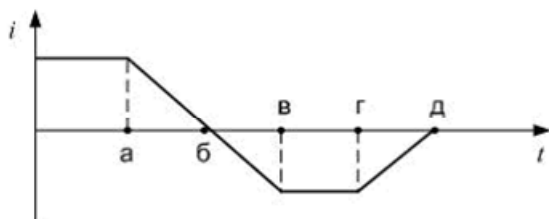


Рис. 2.21

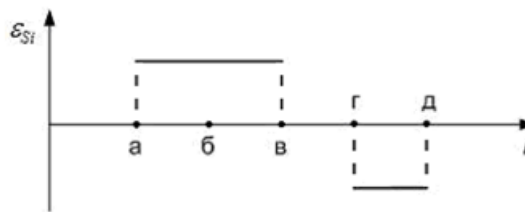


Рис. 2.22

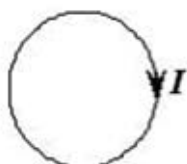


Рис. 2.23

**2.28.** Сила тока в проводящем круговом контуре (рис. 2.23) индуктивностью 100 мГн изменяется с течением времени по закону  $I = (2 + 0,3t)$ . Найдите абсолютную величину ЭДС самоиндукции. Как при этом направлен индукционный ток? (Отв. 30 мВ; индукционный ток направлен против часовой стрелки).

**2.29.** На рис. 2.24 показаны сечения трех длинных параллельных проводников с токами и замкнутый контур  $L$ , для которого указано направление обхода. Чему равна циркуляция вектора напряженности магнитного поля по контуру  $L$ , если  $I_1 = I_2 = I_3 = 1$  А? (Отв. 3 А).

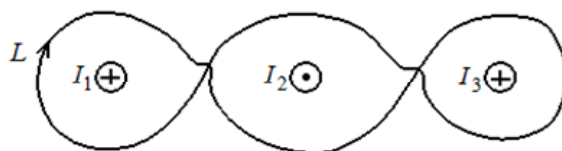


Рис. 2.24

**2.30.** По графику (рис. 2.25) определите магнитную проницаемость стали при индукции  $B_0$  намагничивающего поля 0,4 мТл. (Отв. 2000).

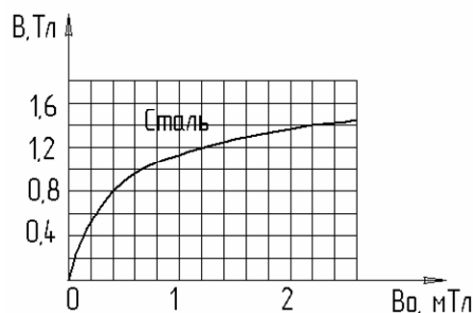


Рис. 2.25

**2.31.** По графику (рис. 2.26) 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).

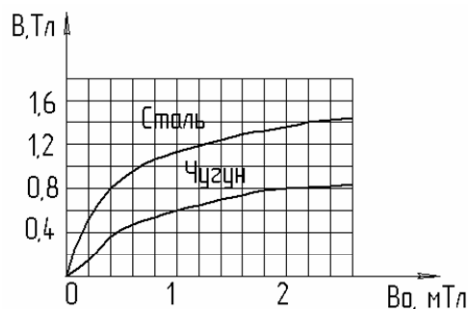


Рис. 2.26

**2.32.** На рис. 2.27 представлена зависимость ЭДС индукции в контуре от времени. Укажите интервал, на котором магнитный поток сквозь площадку, ограниченную контуром, увеличивается со временем по закону  $\Phi = at^2 + bt + c$  ( $a, b, c$  – постоянные). (Отв. В).

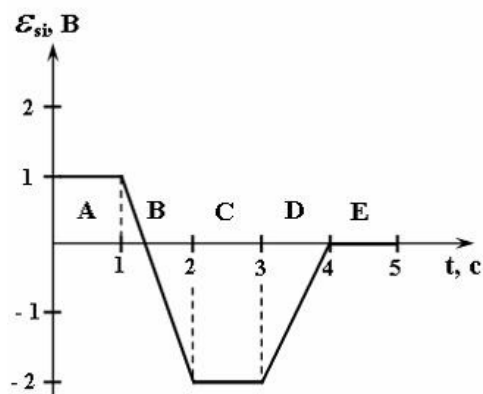


Рис. 2.27



### 3. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Гармонические колебания и их характеристики. Гармонические осцилляторы: пружинный и физический маятники, электрический колебательный контур. Затухающие и вынужденные колебания. Резонанс. Волны и их классификация: упругие и электромагнитные волны; продольные и поперечные волны. Волновая поверхность и волновой фронт. Фазовая скорость. Математическое описание бегущей волны.

**3.1.** На рисунках изображены зависимости от времени координаты (рис. 3.1) и ускорения (рис. 3.2) материальной точки, колеблющейся по гармоническому закону. Определите циклическую частоту колебаний точки. (Отв. 2 рад/с).

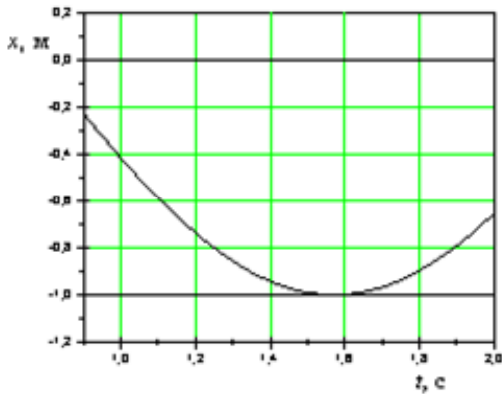


Рис. 3.1

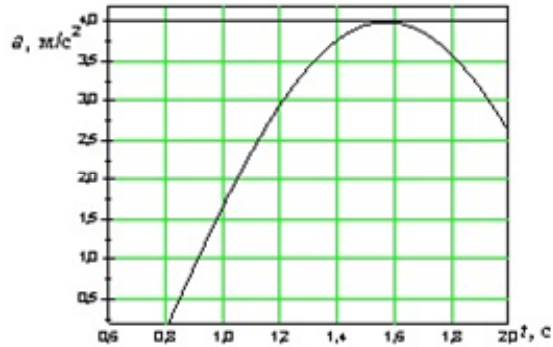


Рис. 3.2

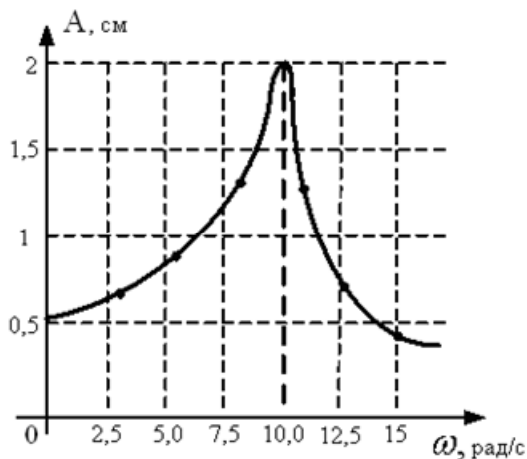


Рис. 3.3

**3.2.** На рис. 3.3 представлена зависимость амплитуды колебаний груза массой 0,1 кг на пружине от частоты внешней силы. Определите коэффициент жесткости пружины. Колебания считать незатухающими. (Отв. 10 Н/м).



**3.3.** Свободные гармонические колебания маятника описываются графиком, представленным на рис. 3.4. На маятник начинает действовать периодически изменяющаяся вынуждающая сила. При какой частоте вынуждающей силы колебания войдут в резонанс? (Отв. 1,25 Гц).

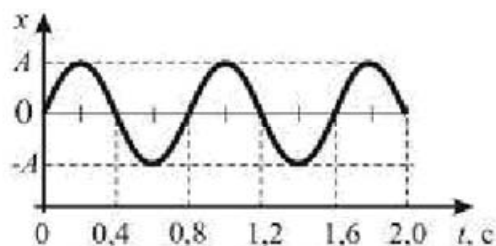


Рис. 3.4

**3.4.** Крутильный маятник представляет собой вертикальную проволоку, на нижнем конце которой закреплен очень легкий горизонтальный стержень с двумя грузами небольших размеров (рис. 3.5А). Во сколько раз изменится период колебаний маятника, если расстояние от оси вращения до грузов увеличить в 2 раза (рис. 3.5В)? (Отв. Увеличится в 4 раза).

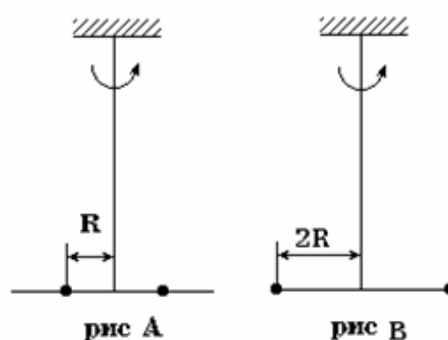


Рис. 3.5

**3.5.** График зависимости координаты материальной точки от времени для затухающих колебаний имеет вид, показанный на рис. 3.6. Определите циклическую частоту колебаний. (Отв.  $10^3 \pi$  рад/с).

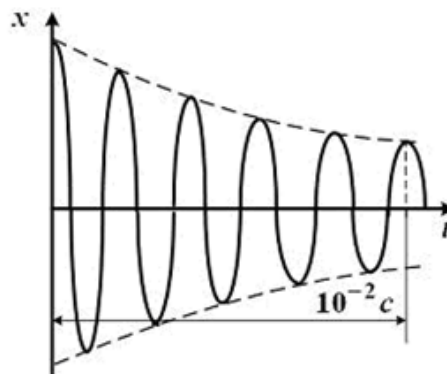


Рис. 3.6

**3.6.** На рис. 3.7 представлен профиль поперечной бегущей волны. Чему равно значение волнового числа? (Отв.  $0,628 \text{ м}^{-1}$ ).

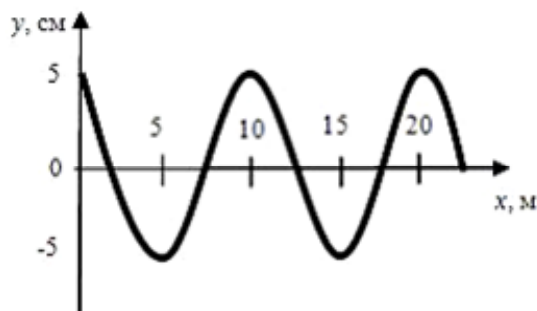


Рис. 3.7

**3.7.** На рис. 3.7 представлен профиль поперечной бегущей волны, которая распространяется со скоростью 200 м/с. Запишите уравнение данной волны. (Отв.  $y(x, t) = 0,05 \cos(125,6t - 0,628x)$ ).

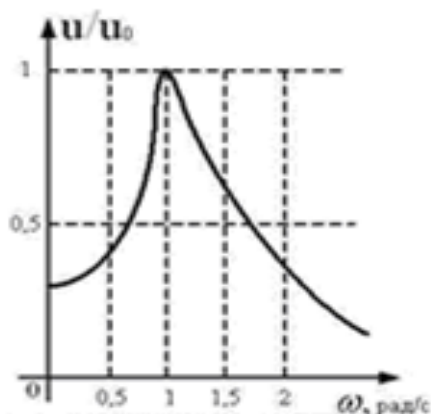


Рис. 3.8

**3.8.** На рис. 3.8 представлена зависимость амплитуды колебаний напряжения на конденсаторе емкостью 1 мФ, включенного в колебательный контур, от частоты внешней силы. Определите индуктивность катушки этого контура. (Отв. 1000 Гн).

**3.9.** Резистор, катушка индуктивности и конденсатор соединены последовательно и подключены к источнику переменного напряжения, изменяющегося по закону  $U = U_0 \cos \omega t$ . На рис. 3.9

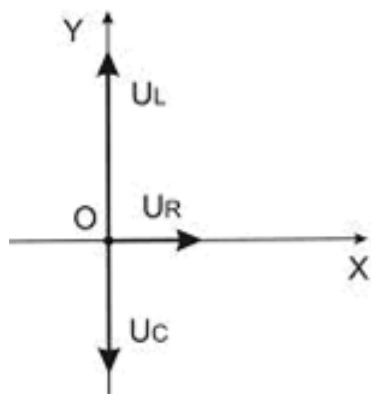


Рис. 3.9

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).

**3.10.** Резистор, катушка индуктивности и конденсатор соединены последовательно и подключены к источнику переменного напряжения, изменяющегося по закону  $U = \sqrt{2} \cos \pi t$ . На рис. 3.9 представлена фазовая диаграмма падений напряжений на указанных элементах. Амплитудные значения напряжений  $U_R = 1$  В,  $U_L = 3$  В. Найдите амплитудное значение напряжения на конденсаторе  $U_C$ . (Отв. 2 В).

**3.11.** Резистор, катушка индуктивности и конденсатор соединены последовательно и включены в цепь переменного тока, изменяющегося по закону  $I = 0,1 \cos \pi t$ . На рис. 3.9 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).

**3.12.** Резистор, катушка индуктивности и конденсатор соединены последовательно и включены в цепь переменного тока, изменяющегося по закону  $I = 0,05 \cos 628t$ . На рис. 3.9 представлена фазовая диаграмма падений напряжений на указанных элементах. Определите активное, реактивное и полное сопротивление цепи, если амплитудные значения напряжений  $U_R = 4$  В,  $U_L = 7$  В,  $U_C = 4$  В. (Отв. 80 Ом; 60 Ом; 100 Ом).

**3.13.** На рис. 3.10 представлена мгновенная "фотография" электрической составляющей электромагнитной волны, переходящей из среды 1 в среду 2 перпендикулярно границе раздела  $AB$ . Напряженность электрического поля в первой и второй среде изменяется согласно уравнениям:  $E_1 = E_0 \sin(\omega t - 5 \cdot 10^6 \pi x)$  и  $E_2 = E_0 \sin(\omega t - 8 \cdot 10^6 \pi x)$ . Чему равен относительный показатель преломления двух сред? (Отв. 1,6).

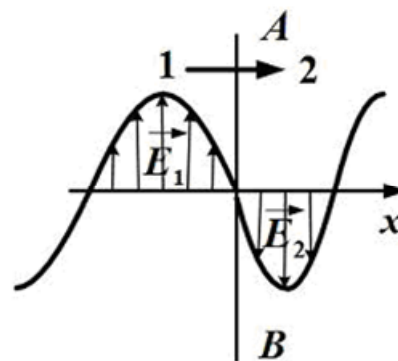


Рис. 3.10

**3.14.** На рис. 3.11 представлена мгновенная "фотография" электрической составляющей электромагнитной волны, переходящей из среды 1 в среду 2 перпендикулярно границе раздела  $AB$ . Чему равен относительный показатель преломления двух сред? (Отв. 1,5).

**3.15.** На рис. 3.11 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).

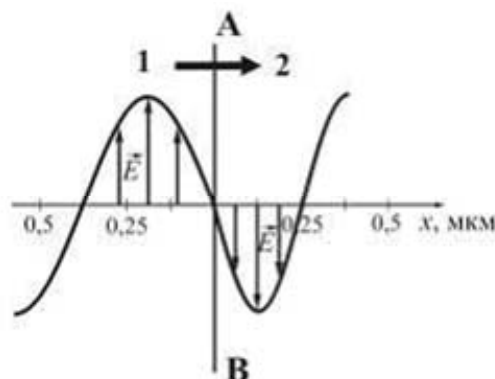


Рис. 3.11

**3.16.** На рис. 3.12 представлена мгновенная "фотография" электрической составляющей электромагнитной волны, переходящей из среды 1 в среду 2 перпендикулярно границе раздела  $AB$ . Чему равно отношение скорости света в среде 2 к его скорости в среде 1? (Отв. 1,5).

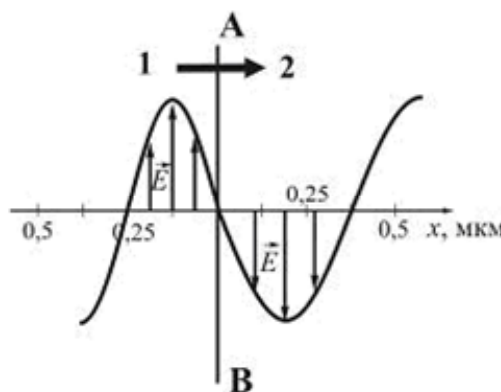


Рис. 3.12

## 4. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Интерференция, дифракция и поляризация света.

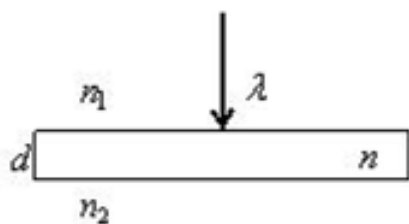


Рис. 4.1

**4.1.** Тонкая стеклянная пластинка с показателем преломления  $n$  и толщиной  $d$  помещена между двумя средами с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$ , причем  $n_1 < n < n_2$  (рис. 4.1). На пластинку нормально падает свет с длиной волны  $\lambda$ . Чему равна разность хода интерферирующих отраженных лучей?

(Отв.  $2dn + \frac{\lambda}{2}$ ).

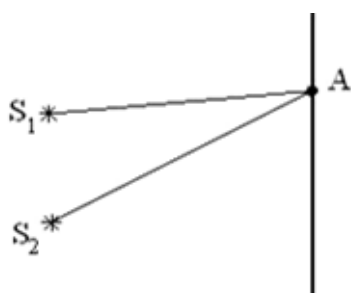


Рис. 4.2

**4.2.** Для т. А оптическая разность хода лучей от двух когерентных источников  $S_1$  и  $S_2$  равна 1,2 мкм (рис. 4.2). 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).

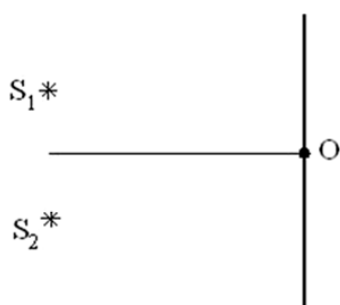


Рис. 4.3

**4.3.** Чему равна разность фаз колебаний, возбуждаемых волнами от двух когерентных источников  $S_1$  и  $S_2$  в т. О (центральный максимум) (рис. 4.3)? (Отв.  $0^\circ$ ).

**4.4.** 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  $n_2 = 1,6$  (рис. 4.4). На пластинку по нормали падает свет с длиной волны  $\lambda = 600$  нм. Найдите разность хода (в нм) интерферирующих отраженных лучей. (Отв. 6000 нм).

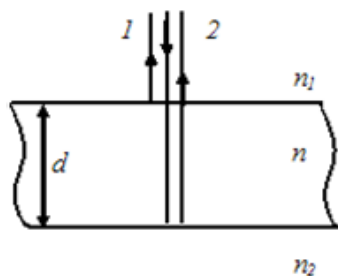


Рис. 4.4

**4.5.** 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. 4.4). На пластинку по нормали падает свет с длиной волны  $\lambda = 600$  нм. Найдите разность хода (в нм) интерферирующих отраженных лучей. (Отв. 6300 нм).

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



Рис. 4.5

4.7. При дифракции на дифракционной решетке с периодом, равным  $0,004$  мм, наблюдается зависимость интенсивности монохроматического излучения от синуса угла дифракции, представленная на рис. 4.6 (изображены только главные максимумы). Чему равна длина волны монохроматического излучения? (Отв.  $0,6$  мкм).

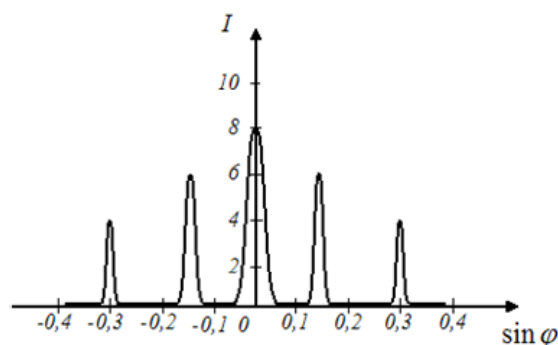


Рис. 4.6

4.8. При дифракции на дифракционной решетке наблюдается зависимость интенсивности излучения с длиной волны  $400$  нм от синуса угла дифракции, представленная на рис. 4.7 (изображены только главные максимумы). Чему равно количество штрихов на  $1$  мм длины решетки? (Отв.  $500$ ).

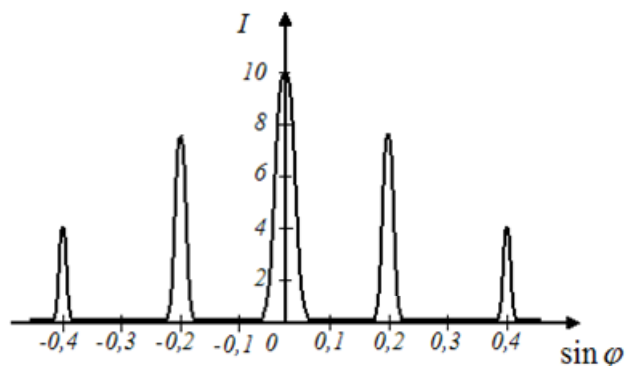


Рис. 4.7

4.9. При наблюдении дифракции на щели получена зависимость интенсивности монохроматического излучения длиной волны  $500$  нм от синуса угла дифракции (рис. 4.8). Найдите ширину щели. (Отв.  $5$  мкм).

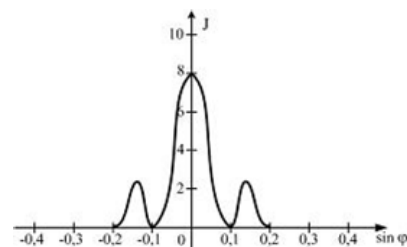


Рис. 4.8

**4.10.** На узкую щель шириной  $b$  падает нормально плоская световая волна длиной  $\lambda$ . На рис. 4.9 схематически представлена зависимость интенсивности света от синуса угла дифракции.

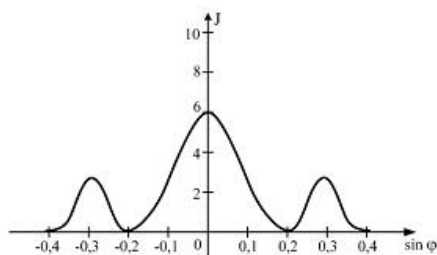


Рис. 4.9

Чему равно отношение  $\frac{b}{\lambda}$ ? (Отв. 5).

**4.11.** На узкую щель шириной  $b$  падает нормально плоская световая волна длиной  $\lambda$ . На рис. 4.9 схематически представлена зависимость интенсивности света от синуса угла дифракции. Расстояние от щели до экрана составляет 0,5 м. Чему равна ширина центрального максимума (в см)? (Учтите, что  $\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi$ ). (Отв. 20 см).

**4.12.** На пути естественного света помещены две пластины турмалина (рис. 4.10). После прохождения пластины 1 свет полностью поляризован.  $J_1$  и  $J_2$  – интенсивности света, прошедшего через пластинки 1 и 2 соответственно. Угол между направлениями  $OO$  и  $O'O'$   $\varphi = 60^\circ$ . Каким соотношением связаны  $J_1$  и  $J_2$ ? (Отв.  $J_1 = 4J_2$ ).

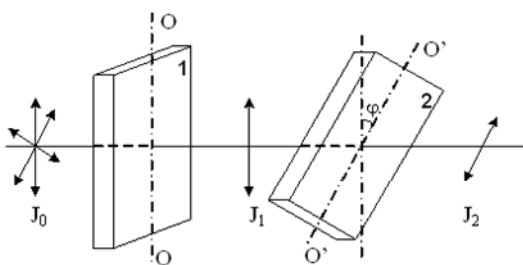


Рис. 4.10

**4.13.** На пути естественного света помещены две пластины турмалина (рис. 4.10). После прохождения пластины 1 свет полностью поляризован.  $J_2 = \frac{3}{4}J_1$ , где  $J_1$  и  $J_2$  – интенсивности света, прошедшего через пластинки 1 и 2 соответственно. Чему равен угол между направлениями  $OO$  и  $O'O'$ ? (Отв.  $30^\circ$ ).

**4.14.** На пути естественного света помещены две пластины турмалина (рис. 4.10). После прохождения пластины 1 свет полностью поляризован.  $J_0$  – интенсивность естественного света,  $J_1$  и  $J_2$  – интенсивности света, прошедшего через пластинки 1 и 2 соответственно. Угол между направлениями  $OO$  и  $O'O'$   $\varphi = 30^\circ$ . Каким соотношением связаны  $J_2$  и  $J_0$ ? (Отв.  $J_2 = \frac{3J_0}{8}$ ).

## 5. КВАНТОВАЯ ОПТИКА

Тепловое излучение и его основные характеристики. Законы теплового излучения: Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина. Формула Планка. Законы внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна. Эффект Комптона.

**5.1.** На рис. 5.1 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 300 К. Какой температуре (в К) соответствует кривая 1? (1200 К).

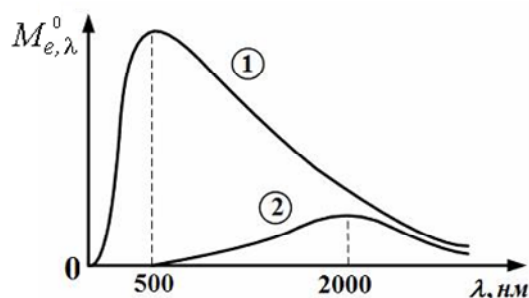


Рис. 5.1

**5.2.** На рис. 5.2 представлено распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела в зависимости от длины волны для температуры 6000 К. Чему будет равна длина волны (в нм), соответствующая максимуму излучения при увеличении температуры в 2 раза? (Отв. 250 нм).

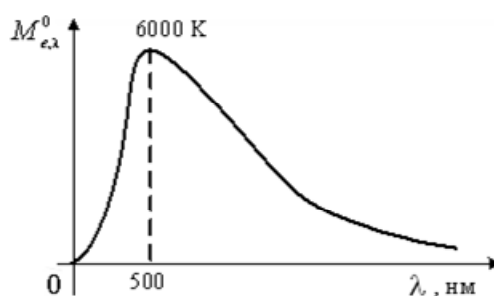


Рис. 5.2

**5.3.** На рис. 5.3 представлены графики зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от частоты при различных температурах. Какой график соответствует наименьшей температуре? (Отв. 1).

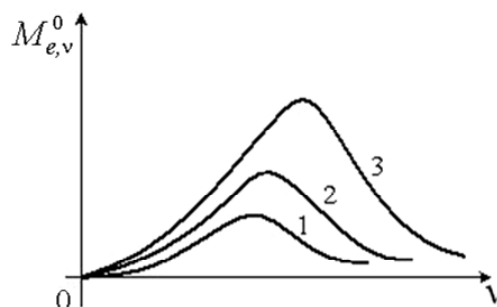


Рис. 5.3

**5.4.** При уменьшении температуры площадь фигуры под графиком спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела  $M_{e,\nu}^0$  уменьшилась в 16 раз (рис. 5.4). Чему равно отношение температур  $\frac{T_1}{T_2}$ ? (Отв. 2).

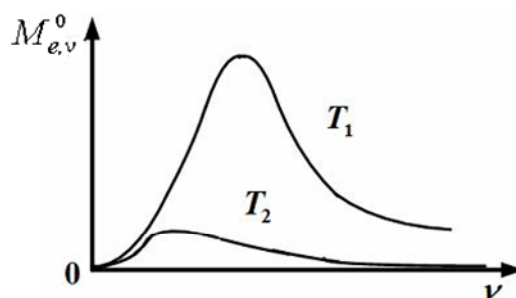


Рис. 5.4

5.5. На рис. 5.1 представлены кривые зависимости спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела от длины волны при различных температурах. Чему равно отношение энергетических светимостей  $\frac{M_{e1}^0}{M_{e2}^0}$  при этих температурах? (Отв. 256).

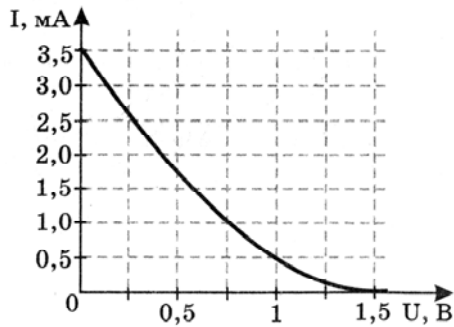


Рис. 5.5

5.6. На графике (рис. 5.5) приведена зависимость фототока от приложенного обратного напряжения при освещении металлической пластины (фото катода) излучением энергией 4 эВ. Чему равна работа выхода для этого металла? (Отв. 2,5 эВ).

5.7. На рис. 5.6 показаны направления падающего фотона  $\gamma$ , рассеянного фотона  $\gamma'$  и электрона отдачи  $e$ . Угол рассеяния  $90^\circ$ . направление движения электрона отдачи составляет с направлением падающего фотона угол  $\varphi = 30^\circ$ . Импульс падающего фотона  $p_\phi$ . Чему равен импульс электрона отдачи? (Отв.  $\frac{2p_\phi}{\sqrt{3}}$ ).

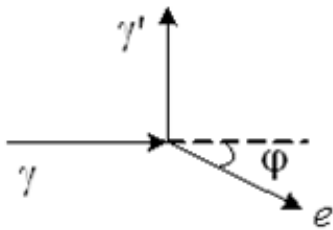


Рис. 5.6

5.8. При наблюдении эффекта Комптона угол рассеяния фотона на покоившемся свободном электроном равен  $90^\circ$ , направление движения электрона отдачи составляет с направлением падающего фотона угол  $30^\circ$  (рис. 5.6). Импульс рассеянного фотона  $2 \frac{\text{МэВ} \cdot \text{с}}{\text{м}}$ . Чему равен импульс электрона отдачи в тех же единицах? (Отв.  $4 \frac{\text{МэВ} \cdot \text{с}}{\text{м}}$ ).



## 6. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

Корпускулярно-волновой дуализм природы света. Ядерная модель строения атома. Излучение и поглощение энергии атомами. Постулаты Бора. Волновая функция, ее статистический смысл. Квантовые числа. Принцип Паули.

**6.1.** На рис. 6.1 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).

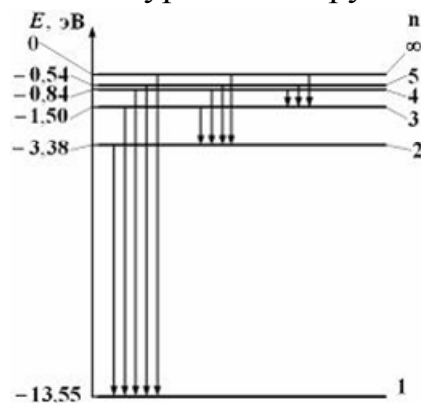


Рис. 6.1

**6.2.** На рис. 6.1 дана схема энергетических уровней атома водорода, а также условно изображены переходы электрона с одного уровня на другой, сопровождающиеся излучением кванта энергии. Чему равна наибольшая длина волны спектральной линии (в нм) серии Лаймана? (Отв. 122 нм).

**6.3.**  $\psi$  – функция имеет вид, указанный на рис. 6.2. Какова вероятность обнаружить электрон на участке  $\frac{L}{6} < x < \frac{5L}{6}$ ? (Отв. 2/3).

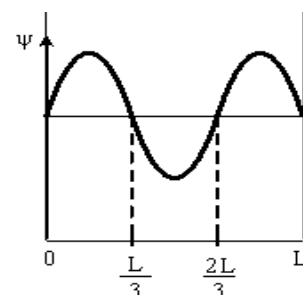


Рис. 6.2

**6.4.**  $\psi$  – функция имеет вид, указанный на рис. 6.3. Какова вероятность обнаружить электрон на участке  $\frac{3L}{8} < x < L$ ? (Отв. 5/8).

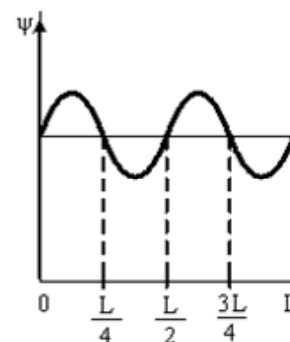


Рис. 6.3

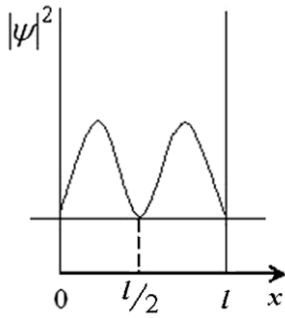


Рис. 6.4

**6.5.** На рис. 6.4 изображена плотность вероятности обнаружения микрочастицы на различных расстояниях от «стенок» ямы. Какова вероятность ее обнаружить на участке  $\frac{L}{4} < x < \frac{3L}{4}$ ? (Отв. 1/2).

**6.6.** Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками в состоянии с квантовым числом  $n = 4$ .  $\psi$  – функция электрона в этом состоянии имеет вид, указанный на рис. 6.3. Какова вероятность обнаружить электрон на участке  $\frac{L}{8} < x < \frac{L}{2}$ ? (Отв. 3/8).

**6.7.** На рис. 6.5 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 равно отношение вероятности обнаружить электрон на первом энергетическом уровне в левой половине ящика к вероятности обнаружить электрон на четвертом энергетическом уровне в интервале от  $\frac{L}{4}$  до  $\frac{L}{2}$ ? (Отв. 2).

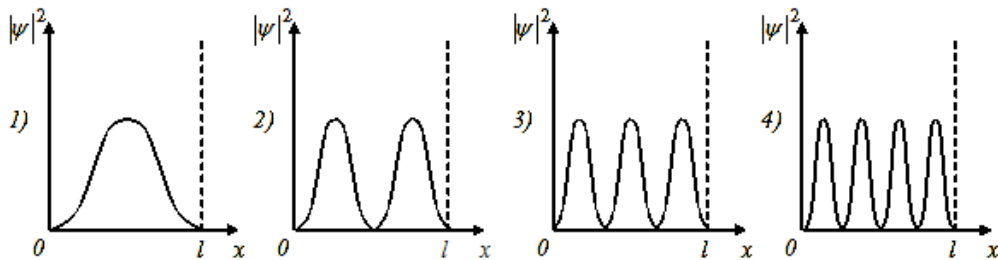


Рис. 6.5

## 7. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Основное уравнение МКТ и уравнение состояния идеальных газов. Внутренняя энергия. Распределение кинетической энергии теплового движения по степеням свободы. Теплоемкость. Первое начало термодинамики. Работа и теплоемкость при различных газовых процессах. Цикл Карно и его КПД. Второе начало термодинамики.

**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.  $2/5$ ).

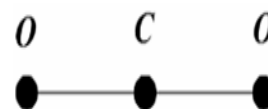


Рис. 7.1

**7.2.** На  $(p, V)$ -диаграмме изображены два циклических процесса (рис. 7.2). Чему равно отношение работ  $A_I / A_{II}$ , совершенных в этих циклах? (Отв.  $1/2$ ).

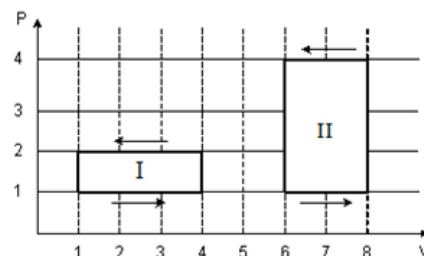


Рис. 7.2

**7.3.** На  $(p, V)$ -диаграмме изображены два циклических процесса (рис. 7.2). Чему равно отношение работ  $A_{II} / A_I$ , совершенных в этих циклах? (Отв. 2).

**7.4.** Диаграмма циклического процесса идеального одноатомного газа представлена на рис. 7.3. Определите численное значение отношения работы газа за цикл к работе при охлаждении. (Отв. 1).

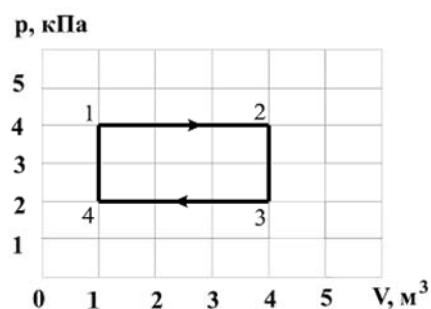


Рис. 7.3

**7.5.** Диаграмма циклического процесса идеального одноатомного газа представлена на рис. 7.3. Определите численное значение отношения работы газа при нагревании к работе за весь цикл. (Отв. 1).

**7.6.** На  $(p, V)$ -диаграмме изображен цикл Карно для идеального газа (рис. 7.4). Сравните величины работ адиабатического расширения газа  $A_{2-3}$  и адиабатического сжатия  $A_{4-1}$  (Отв.  $A_{2-3} = |A_{4-1}|$ ).

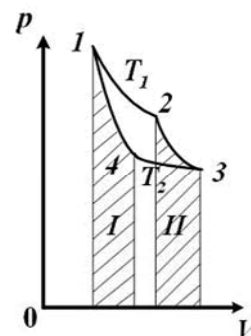


Рис. 7.4

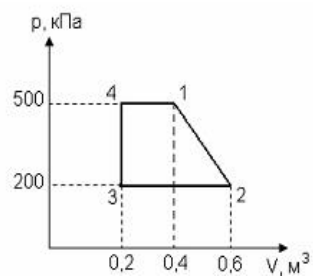


Рис. 7.5

**7.7.** Диаграмма циклического процесса идеального одноатомного газа представлена на рис. 7.5. Определите работу газа за цикл. (Отв. 90 кДж).

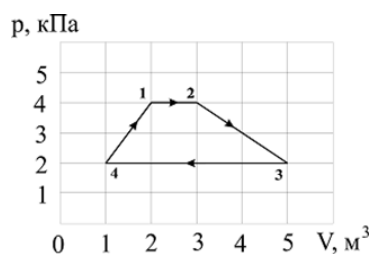


Рис. 7.6

**7.8.** Диаграмма циклического процесса идеального одноатомного газа представлена на рис. 7.6. Определите работу газа за цикл. (Отв. 5 кДж).

## 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. ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ.....	4
2. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ.....	9
3. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ.....	16
4. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА.....	20
5. КВАНТОВАЯ ОПТИКА.....	23
6. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА.....	25
7. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА.....	27
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	29

Учебное издание

Шмарова Татьяна Сергеевна  
Сидякина Зоя Александровна

ФИЗИКА.  
РЕШЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАЧ И ЗАДАЧ–РИСУНКОВ

Методические указания к практическим занятиям  
для направления подготовки  
08.03.01 «Строительство» (квалификация: бакалавр прикладной)

В авторской редакции  
Верстка Т.Ю. Симутина

---

Подписано в печать 15.06.15. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 1,74. Уч.-изд.л. 1,87. Тираж 80 экз.  
Заказ № 228.

---

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