

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

ФИЗИКА

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ЗАДАЧАХ

Методические указания к практическим занятиям
для направления подготовки
21.03.02 «Землеустройство и кадастры»

Пенза 2015

УДК 53(075)
ББК 22.3я7
Ф50

Рекомендовано Редсоветом университета

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

Физика. Физические явления в задачах: методические указания к практическим занятиям для направления подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры»/ Т.С. Шмарова, З.А. Сидякина. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 34 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 21.03.02 «Землеустройство и кадастры».

© 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 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» 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** методами экспериментального исследования в физике, современной научной аппаратурой, навыками ведения физического эксперимента; способностью использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций (ОК-9).

1. КИНЕМАТИКА

Способы описания движения материальной точки. Кинематика материальной точки. Кинематические характеристики и их взаимосвязь при криволинейном движении. Движение по прямой и по окружности.

1.1. Тело движется вдоль оси ОХ так, что зависимость координаты от времени задана уравнением $x = 6 - 3t + 2t^2$. Найдите среднюю скорость тела за промежуток времени от 1 до 4 с. (Отв. 7 м/с).

1.2. 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 м/с²).

1.3. Определите путь, пройденный телом, которое движется по прямой траектории в течение 10 с, если его скорость изменяется по закону $v = 30 + 2t$. (Отв. 400 м).

1.4. Движение тела по прямой задано уравнением $s = 6t^3 + 3t + 2$. Найдите зависимость ускорения от времени. (Отв. $a = 36t$).

1.5. Через блок, массой которого можно пренебречь, перекинута невесомая нерастяжимая нить, к концам нити подвешен грузы одинаковой массы (машина Атвуда). Если к правому грузу добавить перегрузок №2 (см. рис. 1.1), то путь 30 см он проходит за 1,35 с. С каким ускорением будут двигаться грузы на этом пути? Масса основных грузов 100 г. (Отв. 0,33 м/с²).

1.6. Через блок, массой которого можно пренебречь, перекинута невесомая нерастяжимая нить, к концам нити подвешен грузы одинаковой массы (машина Атвуда). Если к правому грузу добавить перегрузок №3 (см. рис. 1.1), то путь 30 см он проходит за 1,58 с. Каковую скорость будут иметь грузы в конце этого пути? Масса основных грузов 100 г. (Отв. 0,38 м/с).

1.7. Через блок, массой которого можно пренебречь, перекинута невесомая нерастяжимая нить, к концам нити подвешен грузы одинаковой массы (машина Атвуда). Если к правому грузу добавить перегрузок №1 (см. рис. 1.1), то путь 30 см он проходит за 2,07 с. Какова средняя скорость грузов на этом пути? Масса основных грузов 100 г. (Отв. 0,14 м/с).

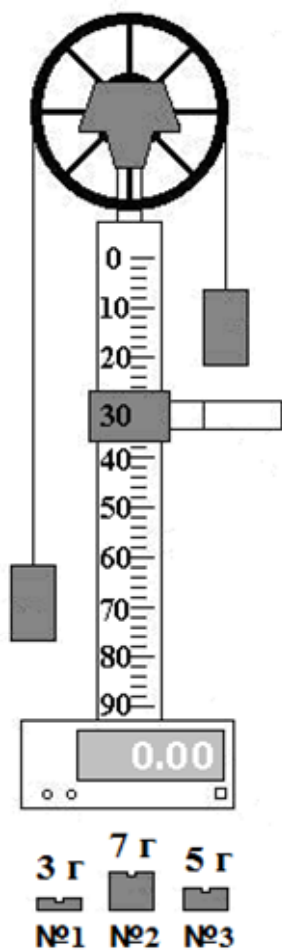


Рис. 1.1

1.8. 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 м/с).

1.9. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону $\varphi = 10 - 4t + t^2$. В какой момент времени угловая скорость вращения будет равна 8 рад/с? (Отв. 6 с).

1.10. 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. $0,25\pi$ рад, -8π м/с²).

1.11. Модуль вектора скорости точки $v = 3t + 2$. Модуль вектора полного ускорения 9 м/с². Определите тангенциальное и нормальное ускорения, а также радиус кривизны траектории в момент времени 2 с. (Отв. 3 м/с²; 8,49 м/с²; 7,54 м).

1.12. Точка движется по окружности так, что ее угловая скорость изменяется по закону $\omega = -8t$. Определите угловое перемещение точки за промежуток времени от 0 до 3 с. (Отв. -36 рад).

1.13. Точка начинает двигаться по окружности радиуса 12,5 см с постоянным тангенциальным ускорением 0,5 см/с². Определите момент времени, при котором вектор полного ускорения образует с вектором скорости угол 45°. (Отв. 5 с).

1.14. 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. 1.2. Запишите зависимость угловой скорости тела от времени и определите угловое ускорение тела. (Отв. $\omega = 10 + 5t$, 5 рад/с²).

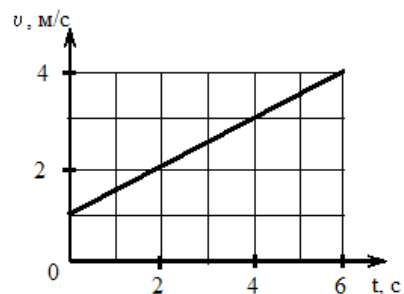


Рис. 1.2

1.15. Твердое тело начинает вращаться вокруг оси Z с угловой скоростью, проекция которой изменяется со временем, как показано на графике (рис. 1.3). Чему равно угловое перемещение (в радианах) в промежутке времени от 4 до 8 с? (Отв. 0).

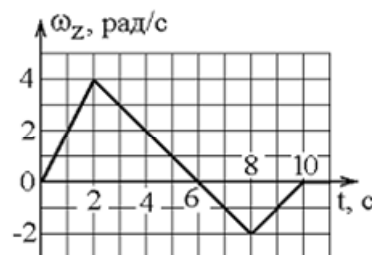


Рис. 1.3

1.16. Тело брошено с поверхности Земли со скоростью 10 м/с под углом 45° к горизонту. Найдите радиус кривизны траектории в верхней точке. Сопротивлением воздуха пренебречь, ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 . (Отв. 5 м).

2. ДИНАМИКА

Инерциальные системы отсчета. Законы Ньютона, решение основной задачи механики на основе законов Ньютона. Центр инерции механической системы и закон его движения. Динамика вращательного движения.

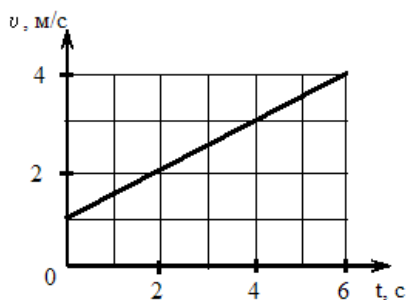


Рис. 2.1

2.1. Под действием постоянной силы 5 Н скорость тела изменялась с течением времени, как показано на графике (рис. 2.1). Найдите массу тела. (Отв. 10 кг).

2.2. Зависимость импульса материальной точки от времени описывается законом $\vec{p} = 2t\vec{i} + 3t^2\vec{j}$, где $\vec{i}$ и $\vec{j}$ – единичные векторы координатных осей X и Y соответственно. Запишите зависимость вектора силы, действующей на точку, от времени. (Отв. $\vec{F} = 2\vec{i} + 6t\vec{j}$).



Рис. 2.2

2.3. На рис. 2.2 приведена зависимость силы от времени. Насколько изменится импульс тела за первые 3 с? (Отв. $80 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$).

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

2.5. Сила, действующая на материальную точку в интервале времени от 0 до 0,003 с, описывается зависимостью $F(t) = F_0 - bt$, где $F_0 = 480$ Н, $b = 1,6 \cdot 10^5$ Н/с. Определите изменение импульса точки за время действия силы. (Отв. 0,72 кг·м/с).

2.6. Тело массой 100 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 м/с. (Отв. 20 с).

2.7. Автомобиль массой 2 т движется со скоростью 90 км/ч. В начальный момент времени на него начинает действовать сила торможения, изменяющаяся по закону $F = 10t$. Через какое время автомобиль остановится и какой путь он пройдет до остановки? (Отв. 100 с; 1667 м).

2.8. Из бункера на ленту транспортера высыпается гравий со скоростью 75 кг/с. Какая сила необходима, чтобы обеспечить движение ленты с постоянной скоростью, равной 2,2 м/с? Трением пренебречь. (Отв. 165 Н).

2.9. Тело массой 2 кг движется прямолинейно так, что его длина пути изменяется по закону $s = 3 - 5t + 2t^2 - 0,4t^3$. Определите силу, действующую на тело в конце первой секунды движения. (Отв. 3,2 Н).

2.10. Материальная точка движется по криволинейной траектории под действием силы, тангенциальная составляющая которой $F_\tau = 0,2t^2$, а нормальная составляющая $F_n = 8$ Н. Определите массу точки, если в момент времени 10 с ее ускорение 0,7 м/с². (Отв. 30,8 кг).

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

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

2.13. Определите с помощью радиус-вектора положение центра масс системы двух частиц, изображенных на рис. 2.3, относительно точки О. (Отв. $\vec{r} = \frac{(\vec{r}_1 + 2\vec{r}_2)}{3}$).

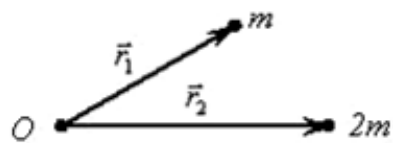


Рис. 2.3

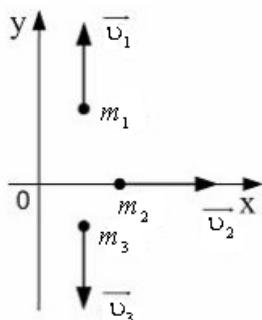


Рис. 2.4

2.14. Система состоит из трех шаров массами $m_1 = 1$ кг, $m_2 = 2$ кг, $m_3 = 3$ кг, которые движутся так, как показано на рис. 2.4. 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. $2/3$).

2.15. 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).

3. МЕХАНИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

Импульс системы частиц. Закон сохранения импульса механической системы. Центр инерции механической системы и закон его движения. Работа силы. Энергия как универсальная мера различных форм движения и взаимодействия. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии. Работа и энергия при вращательном движении.

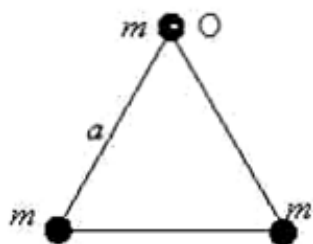


Рис. 3.1

3.1. На рис. 3.1 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. $2ma$).

3.2. Как изменится момент инерции тонкого обруча, если ось вращения перенести параллельно в точку на обруче? (Отв. увеличится в 2 раза).

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

3.4. Момент импульса вращающегося тела изменяется по закону $L(t) = \alpha t^2$, где α – некоторая положительная константа. Какова зависимость от времени момента сил, действующих на тело? (Отв. $M(t) = 2\alpha t$).

3.5. Как изменится момент импульса тела, если момент инерции тела и его скорость увеличить в 2 раза? (Отв. увеличится в 4 раза).

3.6. Вокруг неподвижной оси с угловой скоростью ω_1 свободно вращается система из невесомого стержня и массивной шайбы, которая удерживается нитью на расстоянии R_1 от оси вращения (рис 3.2). Отпустив нить, шайбу перевели в положение 2. Найдите угловую скорость шайбы при ее движении по окружности радиусом

$R_2 = \frac{3}{2} R_1$. (Отв. $\frac{4}{9} \omega_1$).

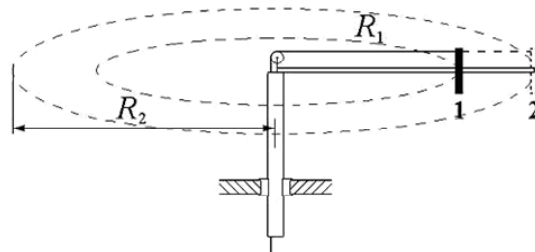


Рис. 3.2

3.7. При выстреле орудия снаряд вылетел из ствола с угловой скоростью 200 рад/с под углом 60° к горизонту. Момент инерции снаряда относительно его продольной оси $15 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, расстояние между колесами орудия 1,5 м, время движения снаряда в стволе 0,02 с. На сколько отличаются силы давления (в килоньютонах) земли, действующие на колеса во время выстрела? (Отв. 50 кН).

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

3.9. На барабан радиусом 0,5 м намотан шнур, к концу которого привязан груз массой 10 кг. Груз опускается с ускорением 2 м/с^2 . Чему равен момент инерции барабана? (Отв. $10 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$).

3.10. Мяч брошен вертикально вверх два раза. Второй раз ему сообщили скорость в 2 раза большую, чем в первый раз. Во сколько раз мяч поднимется выше при втором бросании? (Отв. 9).

3.11. Тело массой 2 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).

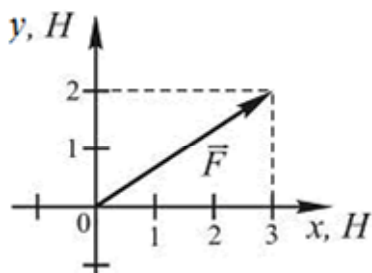


Рис. 3.3

3.12. На частицу, находящуюся в начале координат, действует сила, вектор которой определяется выражением $\vec{F} = 4\vec{i} + 3\vec{j}$. Найдите работу, совершенную при перемещении частицы в точку с координатами (4; 3). (Отв. 25 Дж).

3.13. На рис. 3.3 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).

3.14. Обруч скатывается без проскальзывания с горки высотой 2,5 м. Определите скорость обруча у основания горки. Трением пренебrecь. (Отв. 5 м/с).

3.15. Шар и полая сфера, имеющие одинаковые массы и радиусы, вкатываются без проскальзывания на горку с одинаковыми начальными скоростями. Какое из этих тел поднимется выше? (Отв. Полая сфера).

3.16. Сплошной и полый цилиндры, имеющие одинаковые массы и радиусы, скатываются без проскальзывания с горки с одной и той же высоты. Найдите отношение скоростей этих тел у основания горки. Трением и сопротивлением воздуха пренебrecь. (Отв. $\sqrt{\frac{4}{3}}$).

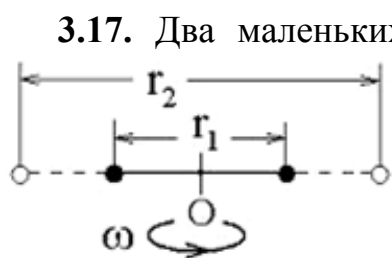


Рис. 3.4

3.17. Два маленьких массивных шарика закреплены на невесомом длинном стержне на расстоянии r_1 друг от друга (рис. 3.4). Стержень может вращаться без трения в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей посередине между шариками. Стержень раскрутили из состояния покоя до угловой скорости ω , 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. $A_2 = 4A_1$).

3.18. Обруч массой 0,3 кг и радиусом 0,5 м привели во вращение, сообщив ему энергию вращательного движения 1200 Дж, и опустили на пол так, что его ось вращения оказалась параллельной плоскости пола. Обруч начал двигаться без проскальзывания, имея кинетическую энергию поступательного движения 200 Дж. Определите работу силы трения. (Отв. 800 Дж).

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

3.20. Потенциальная энергия частицы в некотором силовом поле задана функцией $U = -x^2 - y^2 + z^2$. Чему равна работа потенциальной силы по перемещению частицы из точки В(1, 1, 1) в точку С(2, 2, 2)? (Отв. 3 Дж).

3.21. На концах невесомого стержня длиной l закреплены два маленьких массивных шарика (рис. 3.5). Стержень может вращаться в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через середину стержня. Стержень раскрутили до угловой скорости ω_1 .

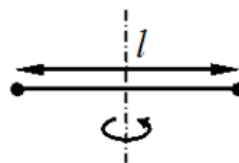


Рис. 3.5

Под действием трения стержень остановился, при этом выделилось 4 Дж теплоты. Какое количество теплоты выделится при остановке стержня, если его раскрутить до угловой скорости $\omega_2 = 0,5\omega_1$? (Отв. 1 Дж).

3.22. Тело движется под действием силы, зависимость проекции которой от координаты представлена на графике (рис. 3.6). Чему равна работа силы на пути 4 м? (Отв. 30 Дж).

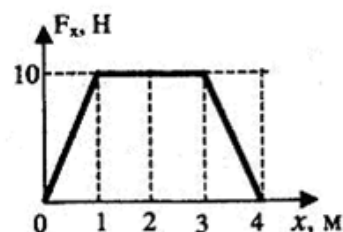


Рис. 3.6

4. ЭЛЕМЕНТЫ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ МЕХАНИКИ

Преобразования Галилея. Принцип относительности. Преобразования Лоренца. Основной закон релятивистской динамики материальной точки. Закон взаимосвязи массы и энергии.

4.1. Две частицы движутся навстречу друг другу со скоростями c и $0,75c$. Определите их относительную скорость. (Отв. c).

4.2. Ускоритель сообщил радиоактивному ядру скорость $0,4c$. В момент вылета из ускорителя ядро выбросило в направлении своего движения β -частицу, скорость которой $0,75c$ относительно ускорителя. Чему равна скорость β -частицы относительно ядра? (Отв. $0,5c$).

4.3. Стержень длиной 1 м движется мимо наблюдателя со скоростью $0,8c$. Какой покажется наблюдателю его длина? (Отв. 0,6 м).

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

4.5. Предмет движется со скоростью $0,6c$. На сколько изменится его длина по сравнению с собственной длиной? (Отв. Уменьшится на 20%).

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

4.7. Определите скорость движения релятивистской частицы, если ее масса в 2 раза больше массы покоя. (Отв. $0,866c$).

4.8. Тело начало двигаться со скоростью, при которой его масса возросла на 30%. Как при этом изменилась длина тела в направлении движения? (Отв. Уменьшилась в 1,3 раза).

4.9. Какая энергия эквивалентна массе 1,0 мг? (Отв. $9 \cdot 10^{10}$ Дж).

4.10. Найдите изменение энергии, соответствующее изменению массы на величину массы покоя электрона? Масса покоя электрона равна $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг. (Отв. $8,2 \cdot 10^{-14}$ Дж).

4.11. Скорость релятивистской частицы $\frac{\sqrt{3}}{2}c$. Чему равно отношение кинетической энергии частицы к ее энергии покоя? (Отв. 1).

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

4.13. Найдите импульс протона, движущегося со скоростью $0,8c$. Масса покоя протона равна $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг. (Отв. $6,68 \cdot 10^{-19}$ кг·м/с).

4.14. Какой полной энергией обладает ранее покоившееся тело, если в результате разгона его масса увеличилась на $2m_0$? (Отв. $3m_0c^2$).

4.15. Во сколько раз увеличивается продолжительность существования нестабильной частицы (по часам неподвижного наблюдателя), если она начинает двигаться со скоростью $0,99c$? (Отв. в 7,1 раза).

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

4.17. Мюоны, рождаясь в верхних слоях атмосферы при скорости $0,995c$, пролетают до распада путь 6 км в системе отсчета, связанной с Землей. Определите время жизни мюона для наблюдателя на Земле и собственное время жизни мюона. (Отв. 20,1 мкс; 2,01 мкс).

4.18. Самая близкая к Земле звезда Проксима Центавра – одна из звезд созвездия Альфа Центавра. Расстояние до нее составляет приблизительно 4,3 световых года. Определите длительность путешествия космического корабля от Земли к этой звезде со скоростью $0,95c$ по земным часам и по часам на корабле. (Отв. 4,5 года и 1,4 года).

4.19. Для наблюдателя, находящегося на Земле, линейные размеры космического корабля по направлению его движения сократились в 4 раза. Как идут часы на корабле относительно хода часов наблюдения? (Отв. Медленнее в 4 раза).

4.20. Координаты события в инерциальной системе отсчета K , принятой за неподвижную: $x = 3 \cdot 10^8$ м; $y = 0$; $z = 0$; $t = 1$ с. Система K' движется относительно K в сторону положительных значений x прямолинейно с постоянной скоростью $0,8c$. Ось X' совпадает с осью X , а оси Y' и Z' параллельны соответствующим осям системы K . В момент времени, равный нулю, начала координат O и O' систем совпадают. Определите координаты события в системе K' . (Отв. $x' = 10^8$ м; $y' = 0$; $z' = 0$; $t' = 0,33$ с).

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

5. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

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. Магнитное взаимодействие постоянных токов. Магнитная индукция. Поток вектора магнитной индукции. Сила Ампера. Сила Лоренца. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея для электромагнитной индукции. Правило Ленца. Система уравнений Максвелла.

5.1. Электрический заряд q на расстоянии R создает напряженность электростатического поля E . Какую напряженность создаст заряд $3q$ на расстоянии $3R$? (Отв. $E/3$).

5.2. Два точечных заряда 4 нКл и -2 нКл находятся друг от друга на расстоянии 60 см. Определите напряженность поля в точке, лежащей посередине между зарядами. (Отв. 0,6 кВ/м).

5.3. 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. $2F$).

5.4. В некоторой точке поля, созданного точечным зарядом, потенциал равен 4 В. Расстояние между точкой и зарядом уменьшили в два раза. Каким стал потенциал? (Отв. 8 В).

5.5. В некоторой области пространства создано электростатическое поле, потенциал которого описывается функцией $\varphi = 5 + 2y^2$. Какой функцией

ей описывается вектор напряженности электрического поля? (Отв. $\vec{E} = -4y\vec{j}$).

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

5.7. В центре сферы радиуса 1 м находится точечный заряд 2 нКл. Вычислите поток вектора напряженности электрического поля через шаровой сегмент, площадь которого 1 м². (Отв. 18 В·м).

5.8. Электростатическое поле создается бесконечной плоскостью, равномерно заряженной с поверхностной плотностью 1 $\frac{\text{нКл}}{\text{м}^2}$. Определите разность потенциалов между двумя точками этого поля, лежащими на расстоянии 20 см и 50 см от плоскости. (Отв. 16,9 В).

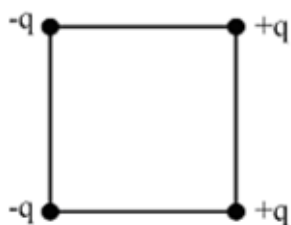


Рис. 5.1

5.9. Каждый из четырех одинаковых по модулю точечных зарядов, расположенных в вершинах квадрата, создает в точке пересечения диагоналей электрическое поле, напряженность которого равна $\vec{E}$ (рис. 5.1). Определите значение и направление градиента потенциала в этой точке. (Отв. $2\sqrt{2}E$, вправо).

5.10. Свинцовый шарик плотностью 11,3 г/см³ и диаметром 0,5 см помещен в глицерин плотностью 1,26 г/см³. Определите заряд шарика, если в однородном электрическом поле шарик оказался взвешенным. Электрическое поле направлено вверх, его напряженность 4 кВ/см. (Отв. $1,61 \cdot 10^{-8}$ Кл).

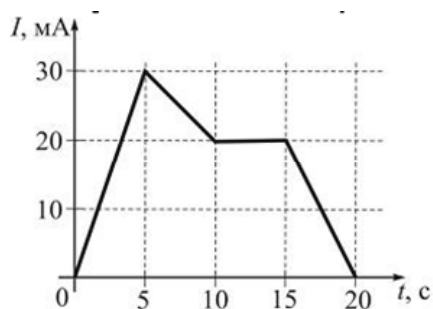


Рис. 5.2

5.11. На графике (рис. 5.2) представлена зависимость силы тока от времени. Какой заряд пройдет по проводнику в интервале времени от 5 с до 10 с; от 10 с до 15 с; от 15 с до 20 с? (Отв. 125 мКл; 100 мКл; 50 мКл).

5.12. Сила тока в проводнике в течение интервала времени t равномерно увеличивается от 0 до I , затем в течение такого же промежутка времени остается постоянной, а затем за тот же интервал времени равномерно уменьшается до нуля. Какой заряд прошел через поперечное сечение проводника за все время t ? (Отв. $2It$).

5.13. Сила тока за 10 с равномерно возрастает от 1 А до 3 А. Какой заряд переносится за это время через поперечное сечение проводника? (Отв. 20 Кл).

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

5.15. Вольтамперная характеристика резистора изображена на рис. 5.3. Определите его сопротивление. (Отв. 12,5 Ом).

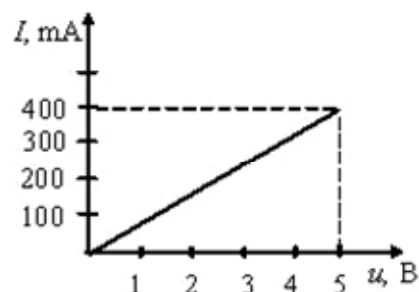


Рис. 5.3

5.16. На рис. 5.4 представлена зависимость плотности тока, протекающего в проводниках 1 и 2, от напряженности электрического поля. Чему равно отношение удельных сопротивлений ρ_1 / ρ_2 этих проводников? (Отв. 1/2).

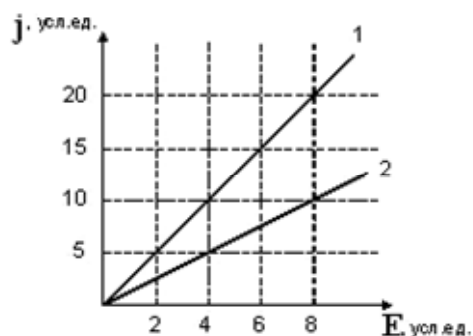


Рис. 5.4

5.17. На рис. 5.5 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).

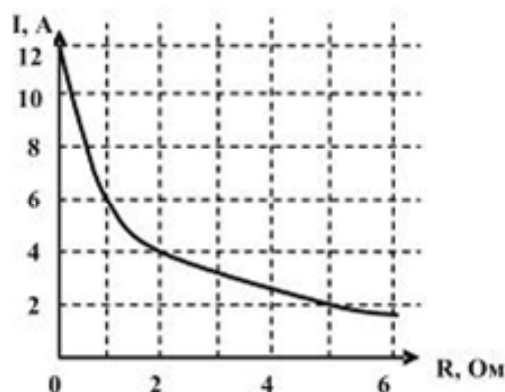


Рис. 5.5

5.18. 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).

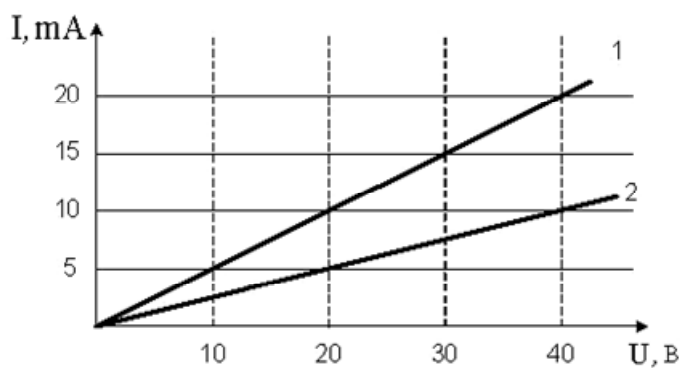


Рис. 5.6

5.19. Вольтамперная характеристика активных элементов цепи 1 и 2 представлена на рис. 5.6. Определите отношение мощностей P_1/P_2 а) при напряжении 20 В, б) при силе тока 10 мА. (Отв. а) 2, б) 1/2).

5.20. 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).

5.21. Удельное сопротивление проводника из стали $1,2 \cdot 10^{-7}$ Ом·м, концентрация электронов проводимости $5 \cdot 10^{22}$ см⁻³. Чему равна скорость упорядоченного движения (дрейфа) электронов в стальном проводнике при напряженности поля 0,96 В/м? (Отв. 1 мм/с).

5.22. Плоская прямоугольная катушка на 200 витков со сторонами 10 и 5 см находится в однородном магнитном поле индукцией 0,05 Тл. Какой максимальный вращающий момент может действовать на катушку в этом поле, если сила тока в катушке 2 А? (Отв. 0,1 Н·м).

5.23. Какой магнитный поток пронизывает плоскую поверхность площадью 50 см² при индукции поля 0,4 Тл, если эта поверхность перпендикулярна вектору индукции поля? (Отв. 2 мВб).

5.24. Сила тока в обмотке соленоида, содержащего 1500 витков, равна 5 А. Магнитный поток, создаваемый одним витком соленоида, равен 200 мкВб. Определите энергию магнитного поля. (Отв. 0,75 Дж).

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

5.26. В проводнике с длиной активной части 8 см сила тока равна 50 А. Он находится в однородном магнитном поле индукцией 20 мТл. Какую работу совершил источник тока, если проводник переместился на 10 см перпендикулярно линиям индукции? (Отв. 80 мДж).

5.27. В однородное магнитное поле индукцией 10 мТл перпендикулярно линиям индукции влетает электрон с кинетической энергией 30 кэВ. Каков радиус кривизны траектории движения электрона в поле? (Отв. 5,8 см).

5.28. Электрон движется в однородном магнитном поле индукцией 4 мТл. Найдите период обращения электрона. (Отв. 8,9 нс).

5.29. Ионы, имеющие одинаковые скорости, но разные удельные заряды, влетают в однородное магнитное поле. Их траектории показаны на рис. 5.7. Какой траектории соответствует величина наибольшего удельного заряда? (Отв. 1).

5.30. Однозарядные ионы, имеющие одинаковые скорости, влетают в однородное магнитное поле. Их траектории показаны на рис. 5.7. По какой траектории движется ион с наименьшей массой? (Отв. 1).

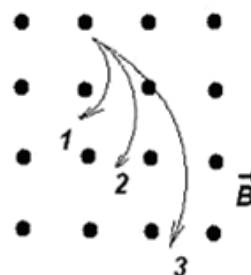


Рис. 5.7

5.31. Альфа-частица ($m = 6,64 \cdot 10^{-27}$ кг, $q = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл) с энергией $1,6 \cdot 10^{-16}$ Дж движется в однородном магнитном поле по окружности диаметром 2 м. Какова индукция магнитного поля и сила, действующая на частицу со стороны поля? (Отв. $4,6 \cdot 10^{-3}$ Тл; $3,2 \cdot 10^{-16}$ Н).

5.32. Электрон, прошедший разность потенциалов 3,5 В, влетел в однородное магнитное поле с индукцией 0,1 Тл и начал двигаться по окружности. Вычислите радиус окружности. Удельный заряд электрона $\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$. (Отв. $0,63 \cdot 10^{-4}$ м).

5.33. В магнитное поле, изменяющееся по закону $B = 0,1 \cos 4\pi t$, помещена квадратная рамка со стороной 10 см. Нормаль к рамке совпадает с направлением индукции поля. Чему равна ЭДС индукции, возникающая в рамке в момент времени 0,25 с? (Отв. 0).

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

5.35. За 0,5 с на концах катушки наводится ЭДС самоиндукции 25 В. Чему равна индуктивность катушки, если при этом сила тока в цепи изменилась от 10 А до 5 А? (Отв. 2,5 Гн).

5.36. По параллельным металлическим проводникам, расположенным в однородном магнитном поле с индукцией B , со скоростью $v = at$ ($a = \text{const}$, $a > 0$) перемещается проводящая перемычка длиной l (рис. 5.8). Какова зависимость индукционного тока от времени? Сопротивлением перемычки и направляющих можно пренебречь. (Отв. $I = \frac{Bla}{R} t$).

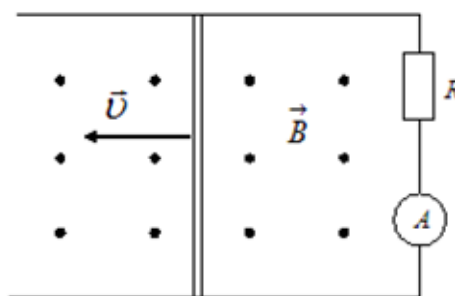


Рис. 5.8

5.37. Проволочная рамка вращается с постоянной угловой скоростью в

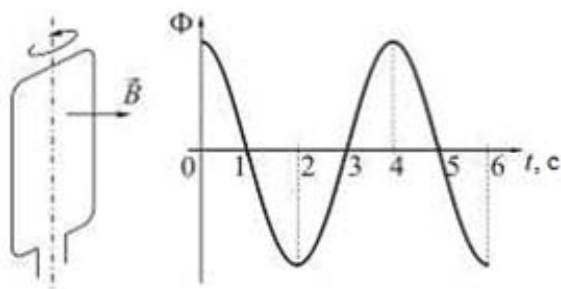


Рис. 5.9

однородном магнитном поле вокруг оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярной вектору индукции (рис. 5.9). На рисунке также представлен график зависимости от времени потока вектора магнитной индукции, пронизывающего рамку. Как зависит от времени ЭДС индукции, если максимальное значение магнитного

потока 2 мВб? (Отв. $\varepsilon_i = -10^{-3} \pi \sin 0,5\pi t$).

6. 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.

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

6.2. Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми периодами. При какой разности фаз результирующее колебание имеет а) максимальную амплитуду; б) минимальную амплитуду? (Отв. а) 0; б) π).

6.3. 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) $2\pi/3$).

6.4. На графиках изображены зависимости от времени координаты (рис. 6.1) и ускорения (рис. 6.2) материальной точки, колеблющейся по гармоническому закону. Определите циклическую частоту колебаний точки. (Отв. 2 рад/с).

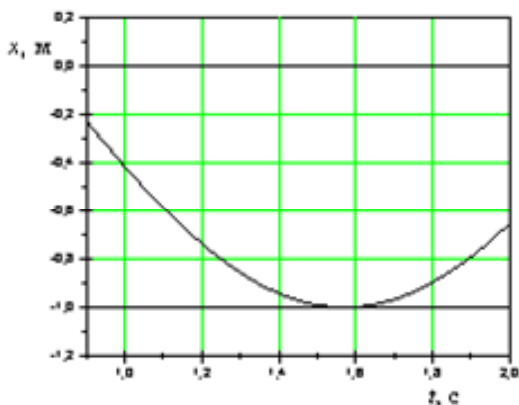


Рис. 6.1



Рис. 6.2

6.5. Частица может колебаться вдоль оси ОХ под действием результирующей силы $\vec{F} = -k\vec{x}$ с амплитудой A и циклической частотой ω , где k – положительная константа. Определите скорость частицы в момент времени, когда $x = A/2$. (Отв. $\sqrt{3}\omega A/2$).

6.6. Маятник настенных механических часов представляет собой легкий стержень с грузиком. Для регулировки точности хода часов грузик можно перемещать по стержню. Как изменится период колебаний маятника, если грузик переместить с конца стержня на середину? (Отв. Уменьшится в $\sqrt{2}$ раз).

6.7. Амплитуда колебаний груза массой 1,5 кг, скрепленного с горизонтальной пружиной, жесткость которой 1200 Н/м, равна 0,1 м. Определите полную механическую энергию системы и ее период колебаний, а также потенциальную и кинетическую энергию системы при фазе 50° . Колебания происходят по косинусоидальному закону с нулевой начальной фазой. (Отв. 6 Дж; 0,22 с; 2,48 Дж; 3,52 Дж).

6.8. Два математических маятника, длины которых отличаются на 16 см, за одно и то же время совершают 10 и 6 полных колебаний. Определите длины маятников. (Отв. 25 см; 9 см).

6.9. Диск радиусом 20 см подвешен на веревке длиной 30 см, прикрепленной к его ободу. Найдите период качаний диска вокруг точки подвеса. (Отв. 1,5 с).

6.10. Частица участвует в двух однонаправленных колебаниях: $x_1 = A_1 \sin \omega t$ и $x_2 = A_2 \cos \omega t$, где $\omega = 1 \text{ с}^{-1}$, $A_1 = 0,001 \text{ м}$, $A_2 = 0,002 \text{ м}$. Определите амплитуду результирующего колебания, его частоту и начальную фазу. Запишите уравнение результирующего колебания. (Отв. $x = 0,00224 \cos(t - 0,46)$).

6.11. Пружинный маятник с жесткостью пружины 90 Н/м совершает вынужденные колебания со слабым коэффициентом затухания, которые подчиняются дифференциальному уравнению

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 0,5 \frac{dx}{dt} + 900x = 0,1 \cos 10t.$$

Во сколько раз нужно увеличить массу груза, чтобы амплитуда колебаний стала максимальной? (Отв. в 9 раз).

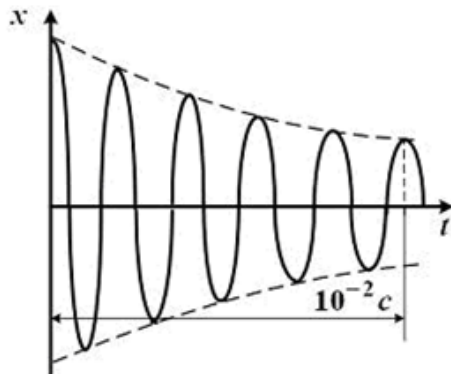


Рис. 6.3

6.12. График зависимости координаты материальной точки от времени для затухающих колебаний имеет вид, показанный на рис. 6.3. Определите циклическую частоту колебаний. (Отв. $10^3 \pi$ рад/с).

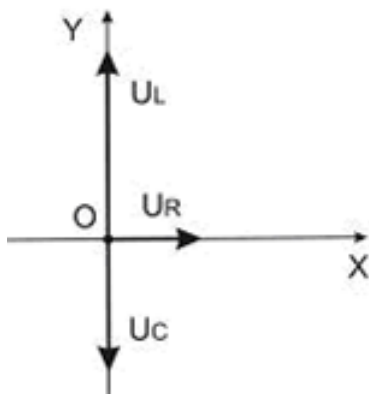


Рис. 6.4

6.13. Резистор, катушка индуктивности и конденсатор соединены последовательно и включены в цепь переменного тока, изменяющегося по закону $I = 0,05 \cos 628t$. На рис. 6.4 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).

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

6.15. В идеальном электрическом колебательном контуре емкость конденсатора 2 мкФ, а амплитуда напряжения на нем 10 В. Чему равна максимальная энергия магнитного поля в катушке такого контура? (Отв. 10^{-4} Дж).

6.16. Изменение заряда конденсатора в идеальном колебательном контуре происходит по закону $q = 10^{-4} \cos 10\pi t$. Емкость конденсатора равна 1 мкФ. Найдите максимальную энергию магнитного поля в контуре. (Отв. 5 мДж).

6.17. На рис. 6.5 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).

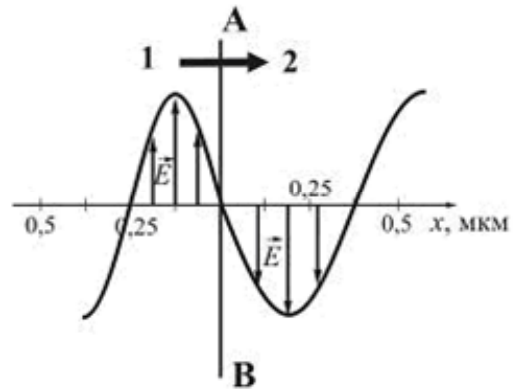


Рис. 6.5

6.18. В электромагнитной волне, распространяющейся в вакууме, значение напряженности магнитного поля 10 А/м , объемная плотность энергии 10^{-5} Дж/м^3 . Определите напряженность электрического поля. (Отв. 300 В/м).

6.19. В электромагнитной волне, распространяющейся в среде с показателем преломления $n = 2$, значения напряженностей электрического и магнитного полей соответственно равны 750 В/м и 2 А/м . Определите объемную плотность энергии. (Отв. 10 мкДж/м^3).

7. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Волновая оптика: интерференция, дифракция и поляризация света.

7.1. При какой разности хода возникает максимум второго порядка при интерференции когерентных лучей с длиной волны 400 нм ? (Отв. 800 нм).

7.2. Тонкая стеклянная пластинка (рис. 7.1) с показателем преломления n и толщиной d помещена между двумя средами с показателями преломления n_1 и n_2 , причем $n_1 < n < n_2$. На пластинку нормально падает свет с длиной волны λ . Чему равна разность хода интерферирующих отраженных лучей?

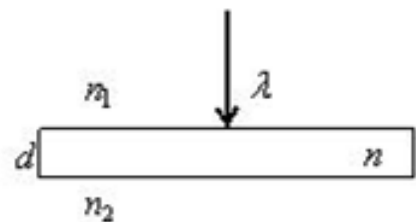


Рис. 7.1

(Отв. $2dn + \frac{\lambda}{2}$).

7.3. Тонкая стеклянная пластинка (рис. 7.2) с показателем преломления $n = 1,5$ и толщиной $d = 2$ мкм помещена между двумя средами с показателями преломления $n_1 = 1,2$ и $n_2 = 1,6$. На пластинку по нормали падает свет с длиной волны $\lambda = 600$ нм. Найдите разность хода (в нм) интерферирующих отраженных лучей. (Отв. 6000 нм).

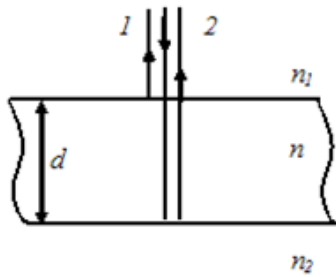


Рис. 7.2

7.4. Тонкая стеклянная пластинка (рис. 7.2) с показателем преломления $n = 1,5$ и толщиной $d = 2$ мкм помещена между двумя средами с показателями преломления $n_1 = 1,2$ и $n_2 = 1,3$. На пластинку по нормали падает свет с длиной волны $\lambda = 600$ нм. Найдите разность хода (в нм) интерферирующих отраженных лучей. (Отв. 6300 нм).

7.5. Когерентные источники света S_1 и S_2 находятся в среде с показателем преломления, равным 2, и испускают свет с частотой $4 \cdot 10^{14}$ Гц. Каков порядок интерференционного максимума в точке, в которой геометрическая разность хода лучей равна 1,5 мкм? (Отв. 4).

7.6. В опыте Юнга щели, расположенные на расстоянии 0,3 мм, освещались монохроматическим светом с длиной волны 0,6 мкм. Определите расстояние от щелей до экрана, если ширина интерференционных полос равна 1 мм. (Отв. 0,5 м).

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

7.8. Расстояние между соседними темными интерференционными полосами на экране 1,6 мм. Когерентные источники света лежат в плоскости, параллельной экрану, на расстоянии 8 м от него. Длина световой волны 600 нм. Чему равно расстояние (в мм) между источниками? (Отв. 3 мм).

7.9. Как изменится ширина полосы при интерференции, если расстояние между источниками уменьшить в 2 раза? (Отв. Увеличится в 2 раза).

7.10. Установка для получения колец Ньютона освещается нормально падающим монохроматическим светом. Радиус четвертого темного кольца, наблюдаемого в отраженном свете, равен 4 мм. Найдите длину волны падающего света, если радиус кривизны линзы 8 м. (Отв. 0,5 мкм).

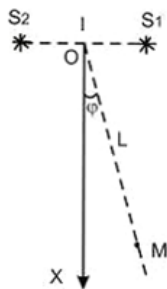


Рис. 7.3

7.11. Два гармонических осциллятора (рис. 7.3), колеблющихся с одинаковыми частотами и начальными фазами, находятся на расстоянии $l = 2\lambda$ друг от друга, где λ – длина волны излучения. Расстояние L до точки наблюдения М много больше расстояния l между осцилляторами. При каком угле излучения φ амплитуда результирующей волны максимальна? (Отв. 30°).

7.12. Два полупрозрачных зеркала расположены параллельно друг другу. На них перпендикулярно плоскости зеркал падает световая волна, частота которой $0,5 \cdot 10^{15}$ Гц. При каком минимальном расстоянии между зеркалами может наблюдаться первый интерференционный минимум в отраженном свете? (Отв. 0,15 мкм).

7.13. Два полупрозрачных зеркала расположены параллельно друг другу. На них перпендикулярно плоскостям этих зеркал падает световая волна. Длина волны равна 600 нм. При каком минимальном расстоянии между зеркалами может наблюдаться первый интерференционный максимум в отраженном свете? (Отв. 0,6 мкм).

7.14. Определите число штрихов на 1 мм дифракционной решетки, если углу $\frac{\pi}{2}$ соответствует максимум пятого порядка для монохроматического света с длиной волны 0,5 мкм. (Отв. 400).

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

7.16. На диафрагму с круглым отверстием радиусом 1 мм падает нормально параллельный пучок света длиной волны 0,5 мкм (рис. 7.4). На пути лучей, прошедших через отверстие, на расстоянии 1 м помещают экран. Сколько зон Френеля укладывается в отверстие диафрагмы для т. М? Что будет наблюдаться в центре экрана в т. М? (Отв. 2, темное пятно).

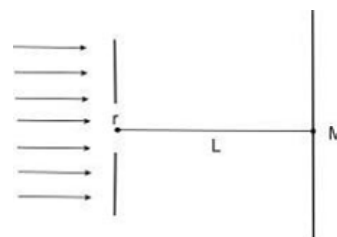


Рис. 7.4

7.17. На узкую щель шириной b падает нормально плоская световая волна длиной λ . На рис. 7.5 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)? (Учесь, что $\sin \varphi \approx \tan \varphi$). (Отв. 20 см).

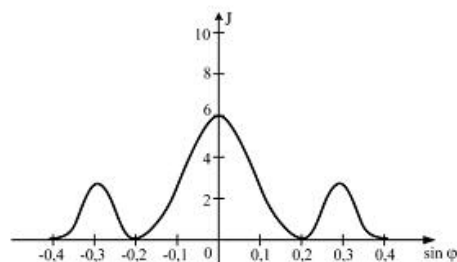


Рис. 7.5

7.18. Естественный свет проходит через два поляризатора, угол между главными плоскостями которых 30° . Во сколько раз изменится интенсивность света, прошедшего через эту систему, если угол между плоскостями поляризаторов увеличить в два раза? (Отв. Уменьшится в 3 раза).

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

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

7.21. При падении света из воздуха на диэлектрик отраженный луч полностью поляризован. Угол преломления равен 30° . Чему равен показатель преломления диэлектрика? (Отв. 1,73).

7.22. Естественный свет падает на кристалл алмаза под углом полной поляризации. Найдите угол преломления света. (Отв. $22,5^\circ$).

7.23. Определите угол полной поляризации при отражении света от диэлектрика, показатель преломления которого равен $\sqrt{3}$. (Отв. 60°).

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

8. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Тепловое излучение и его основные характеристики. Законы теплового излучения: Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина. Формула Планка. Законы внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна. Корпускулярно-волновой дуализм природы света. Ядерная модель строения атома. Излучение и поглощение энергии атомами. Постулаты Бора. Гипотеза де Бройля. Волновая функция, ее статистический смысл. Квантовые числа. Принцип Паули.

8.1. Черное тело нагрели до температуры 500 К. Найдите длину волны, на которую приходится максимум спектральной плотности излучения. (Отв. 5,8 мкм).

8.2. На рис. 8.1 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 1450 К. Какой температуре (в К) соответствует кривая 1? (Отв. 5800 К).

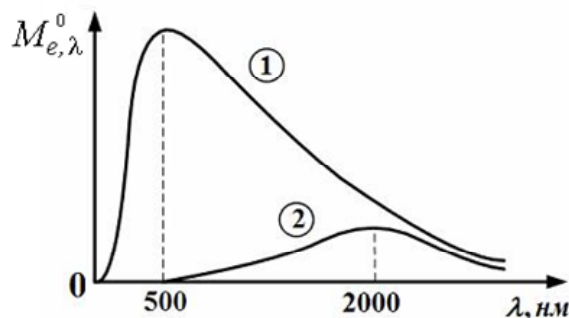


Рис. 8.1

8.3. При освещении металла излучением с длиной волны λ_0 фототок прекращается при задерживающем напряжении U_0 . Если изменить длину волны излучения в 1,5 раза, то задерживающее напряжение увеличится в 2 раза. Работа выхода электронов из металла 4 эВ. Чему равно задерживающее напряжение U_0 в вольтах для излучения с длиной волны λ_0 ? (Отв. 4 В).

8.4. Определите постоянную Планка, если известно, что для прекращения фотоэффекта, вызванного облучением некоторого металла светом с частотой $2,2 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$, необходимо приложить задерживающее напряжение 6,6 В, а светом с частотой $4,6 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ – задерживающее напряжение 16,5 В. (Отв. $6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$).

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

8.6. Длина волны рентгеновских лучей после комптоновского рассеяния увеличилась с 2 до 2,4 пм. Найдите энергию электронов отдачи. (Отв. $9,8 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$).

8.7. Угол рассеяния рентгеновских лучей с длиной волны 5 пм равен 30° , а электроны отдачи движутся под углом 60° к направлению падающих лучей. Найдите импульс электронов отдачи и импульс фотонов рассеянных лучей.

8.8. На черную пластинку падает поток света. Как изменится световое давление, если число фотонов, падающих на единицу площади поверхности в единицу времени, увеличить в 4 раза, а черную пластинку заменить зеркальной? (Отв. Увеличится в 8 раз).

8.9. Один и тот же световой поток падает нормально на зеркальную и абсолютно черную поверхность. Чему равно отношение давления света на первую и вторую поверхности? (Отв. 2).

8.10. Модуль импульса фотона в первом пучке света в 2 раза больше, чем во втором пучке. Найдите отношение периода колебаний электрического поля в первом пучке света к периоду колебаний этого поля во втором пучке.

8.11. Чему равен импульс, полученный атомом при поглощении фотона из светового пучка с частотой $1,5 \cdot 10^{14}$ Гц?

8.12. Как изменилась длина волны де Бройля при возрастании и массы, и скорости нерелятивистской частицы в 2 раза?

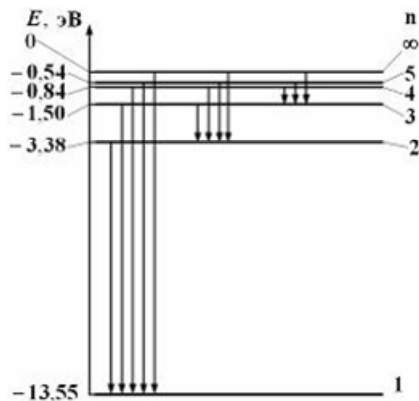


Рис. 8.2

8.13. На рис. 8.2 дана схема энергетических уровней атома водорода, а также условно изображены переходы электрона с одного уровня на другой, сопровождающиеся излучением кванта энергии. Чему равно отношение минимальной частоты линии серии Лаймана к максимальной частоте линии серии Бальмера? (Отв. 3).

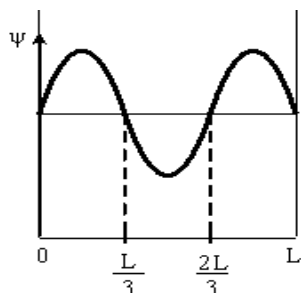


Рис. 8.3

8.14. ψ – функция имеет вид, указанный на рис. 8.3. Какова вероятность обнаружить электрон на участке $\frac{L}{6} < x < \frac{5L}{6}$? (Отв. 2/3).

8.15. 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 ψ_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).

9. 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.

9.1. Чему равна кинетическая энергия всех молекул в 2 г неона при температуре 300 К? Молярная масса неона $20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. (Отв. 374 Дж).

9.2. Определите отношение кинетической энергии вращательного движения к полной кинетической энергии линейной молекулы углекислого газа (рис. 9.1). Колебательное движение атомов в молекуле не учитывать. (Отв. 2/5).

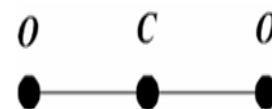


Рис. 9.1

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

9.4. Водород находится при температуре 300 К. Найдите среднюю кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы, а также суммарную кинетическую энергию всех молекул этого газа. Количество вещества водорода 0,5 моль. (Отв. $4,14 \cdot 10^{-21}$ Дж; 1242 Дж).

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

9.6. При изохорном процессе давление идеального газа возросло в 4 раза. Во сколько раз изменилась длина свободного пробега и средняя частота столкновений молекул? (Отв. Длина свободного пробега не изменилась; средняя частота столкновений молекул увеличилась в 2 раза).

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

9.8. Двухатомному идеальному газу в результате изобарного процесса подведено количество теплоты ΔQ . Какая часть теплоты $\frac{\Delta U}{\Delta Q}$ расходуется на увеличение внутренней энергии газа? (Отв. 0,71).

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

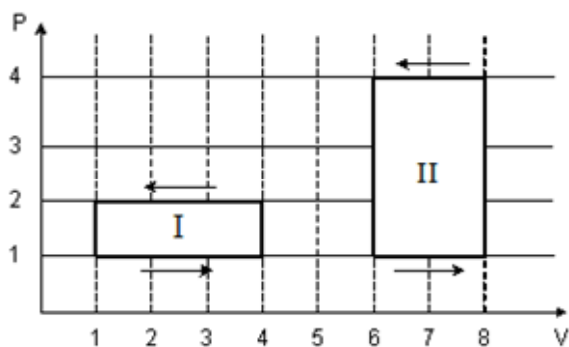


Рис. 9.2

9.10. На (p, V) -диаграмме (рис. 9.2) изображены два циклических процесса. Чему равно отношение работ A_I / A_{II} , совершенных в этих циклах? (Отв. $1/2$).

9.11. На (p, V) -диаграмме (рис. 9.2) изображены два циклических процесса. Чему равно отношение работ A_{II} / A_I , совершенных в этих циклах? (Отв. 2).

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

9.13. Двухатомный идеальный газ, занимавший при давлении 200 кПа объем 6 л, расширяется до объема вдвое большего, чем начальный. Процесс происходит так, что $pV^2 = \text{const}$. Найдите изменение внутренней энергии газа. (Отв. 1,5 кДж).

9.14. Найдите изменение энтропии при изобарном расширении 8 г гелия от объема 10 л до объема 25 л. (Отв. 38,1 Дж/К).

9.15. Дана смесь газов – неона массой 4 г и водорода массой 1 г. Газы считаются идеальными. Определите удельные теплоемкости газов при изохорном и изобарном процессах. (Отв. $2,6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$; $3,7 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{K}}$).

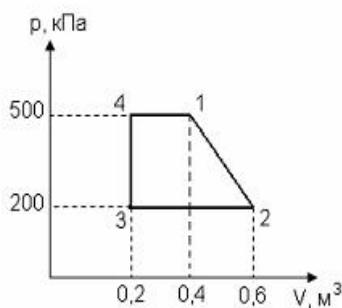


Рис. 9.3

9.16. Диаграмма циклического процесса идеального одноатомного газа представлена на рис. 9.3. Определите работу газа за цикл. (Отв. 90 кДж).

10. ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА

Диффузия, теплопроводность, внутреннее трение. Число столкновений и длина свободного пробега молекул идеального газа. Уравнения переноса: Фика, Фурье и Ньютона.

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

10.2. Определите, за какое время растают 20 кг льда при 0°C, помещенные в ящик из пенопласта размерами 30×20×50 см и толщиной стенок 1,5 см. Температура в комнате 20°C. Коэффициент теплопроводности пенопласта 0,023 Вт/(м·К); удельная теплота плавления льда 344 кДж/кг. (Отв. 97,6 ч).

10.3. Определите тепловой поток в единицу времени через стеклянное окно площадью 3 м² и толщиной 3,2 мм, если температура внутренней поверхности окна равна 15°C, а внешней 14°C. Коэффициент теплопроводности стекла 0,84 Вт/(м·К). (Отв. 788 Вт/м²).

10.4. Здание имеет стены толщиной 50 см. Температура внутри здания 18°C, снаружи минус 30°C. Коэффициент теплопроводности стен 0,2 Вт/(м·К). Определите потери тепла с 1 м² стены в течение суток. (Отв. 1,66 МДж).

10.5. Вода в пруду имеет температуру 0°C. Температура окружающего воздуха минус 10°C. Какой слой льда образуется за сутки, считая с момента замерзания воды? Коэффициент теплопроводности льда 2,23 Вт/(м·К); плотность льда 900 кг/м³; удельная теплота плавления 344 кДж/кг. (Отв. 0,113 м).

10.6. В результате некоторого процесса коэффициент вязкости идеального газа увеличился в 3 раза, а коэффициент диффузии – в 4 раза. Как и во сколько раз изменилось давление газа? (Отв. Увеличилось в 6,75 раза).

10.7. 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).

10.8. Гелий находится между двумя пластинами, отстоящими друг от друга на 5 мм. Температуры пластин равны 17°C и 37°C. Эффективный диаметр молекулы гелия 0,2 мм. Найдите плотность потока тепла. (Отв. 196 Вт/м²).

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

10.10. Коэффициент теплопроводности азота при температуре 0°C равен $1,3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{К}}$. Определите газокинетический диаметр молекул при этой температуре. (Отв. $3,0 \cdot 10^{-10}$ м).

11. ЯДРО. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

Строение атомных ядер. Радиоактивные превращения ядер. Реакция ядерного деления. Цепная реакция деления ядер. Закон радиоактивного полураспада.

11.1. Найдите энергию связи для ядра ${}^6_3\text{Li}$. (Отв. 30,45 МэВ).

11.2. Определите, какое из ядер ${}^9_4\text{Be}$ или ${}^{27}_{13}\text{Al}$ является наиболее устойчивым? (Отв. Ядро ${}^{27}_{13}\text{Al}$).

11.3. Сколько протонов и нейтронов содержит ядро, образовавшееся в результате альфа-распада ${}^{226}_{88}\text{Ra}$? (Отв. 88 протонов, 138 нейтронов).

11.4. 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).

11.5. Сколько альфа-распадов и бета-распадов должно произойти при радиоактивном распаде ядра урана ${}^{238}_{92}\text{U}$ и конечном превращении его в стабильное ядро свинца ${}^{198}_{82}\text{Pb}$? (Отв. 10 альфа-распадов, 10 бета-распадов).

11.6. Какая часть исходных радиоактивных ядер распадается за время, равное двум периодам полураспада? (Отв. 75%).

11.7. Начальное число ядер радиоактивного изотопа 10^{10} , его период полураспада равен 20 мин. Сколько ядер останется нераспавшимися через 40 минут? (Отв. $2,5 \cdot 10^9$).

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

11.9. Постоянная распада изотопа радия ${}^{219}_{88}\text{Ra}$ равна 700 с^{-1} . За какое время число радиоактивных ядер уменьшится в e^3 ($e \approx 2,7$) раз? (Отв. 0,0043 с).

11.10. На графике (рис. 11.1) в полулогарифмическом масштабе показана зависимость изменения числа радиоактивных ядер изотопа $^{27}_{12}\text{Mg}$ от времени. Найдите среднее время жизни данного изотопа. Ответ выразите в минутах и округлите до целого числа. (Отв. 14 мин).

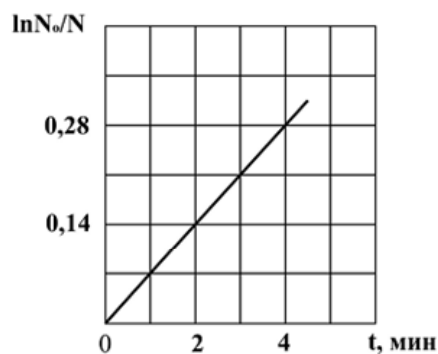


Рис. 11.1

11.11. На графике (рис. 11.1) в полулогарифмическом масштабе показана зависимость изменения числа радиоактивных ядер изотопа $^{27}_{12}\text{Mg}$ от времени. Найдите постоянную радиоактивного распада. Ответ выразите в час^{-1} и округлите до целого числа. (Отв. $4,2 \text{ час}^{-1}$).

11.12. Нейтральный пион распадается на два гамма-кванта: $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$. Принимая массу пиона равной $264,1 \cdot m_e$, определите энергию каждого из возникших квантов. (Отв. 67,5 МэВ).

11.13. 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).

11.14. Ядро ^7_3Li , захватывая протон, распадается на две альфа-частицы. Определите энергетический выход этой ядерной реакции. (Отв. 3 пДж).

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. КИНЕМАТИКА	4
2. ДИНАМИКА	6
3. МЕХАНИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ.....	8
4. ЭЛЕМЕНТЫ РЕЛЯТИВИСТСКОЙ МЕХАНИКИ	11
5. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ	13
6. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ.....	18
7. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА.....	21
8. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	24
9. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА.....	27
10. ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА	29
11. ЯДРО. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ.....	30
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	32

Учебное издание

Шмарова Татьяна Сергеевна
Сидякина Зоя Александровна

ФИЗИКА. ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ЗАДАЧАХ

Методические указания к практическим занятиям
для направления подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры»

В авторской редакции
Верстка Т.Ю. Симутина

Подписано в печать 16.06.15. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 1,97. Уч.-изд.л. 2,12. Тираж 80 экз.
Заказ № 227.

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