

Л. Э. Генденштейн
А. В. Кошкина
Г. И. Левиев

Физика

11

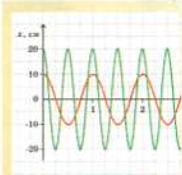
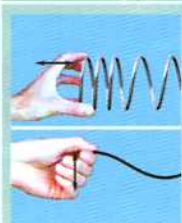
КЛАСС

ЧАСТЬ

2

ЗАДАЧНИК

БАЗОВЫЙ
И УГЛУБЛЁННЫЙ
УРОВНИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО

МНЕМОЗИНА

Л. Э. Генденштейн
А. В. Кошкина
Г. И. Левиев

Физика

11

КЛАСС

в двух частях

ЧАСТЬ

2

ЗАДАЧНИК

для учащихся
общеобразовательных организаций

**БАЗОВЫЙ
И УГЛУБЛЁННЫЙ
УРОВНИ**

*Рекомендовано
Министерством образования и науки
Российской Федерации*



Москва 2014

УДК 373.167.1:53
ББК 22.3я721
Г34

Генденштейн Л. Э.
Г34 **Физика. 11 класс. В 2 ч. Ч. 2 : задачник для учащихся
общеобразоват. организаций (базовый и углублённый уровни) /
Л. Э. Генденштейн, А. В. Кошкина, Г. И. Левиев. — М. :
Мнемозина, 2014. — 111 с. : ил.**

ISBN 978-5-346-03005-8

Задачник содержит качественные, расчётные и экспериментальные задачи по физике трёх уровней сложности по основам электродинамики, оптики, квантовой физики, атомной физики, астрофизики и теории относительности для 11-го класса в соответствии с учебником: Л. Э. Генденштейн, Ю. И. Дик. Физика. 11 класс. В двух частях. Ч. 1 : учебник для общеобразовательных организаций (базовый и углублённый уровни).

**УДК 373.167.1:53
ББК 22.3я721**

**ISBN 978-5-346-02877-5 (общ)
ISBN 978-5-346-03005-8 (ч. 2)**

© «Мнемозина», 2014
© Оформление. «Мнемозина», 2014
Все права защищены

Часть 2

ЗАДАЧНИК

Электродинамика

Глава 1 **Магнитное поле**

Глава 2 **Электромагнитная индукция**

Колебания и волны

Глава 3 **Колебания**

Глава 4 **Волны**

Оптика

Глава 5 **Геометрическая оптика**

Глава 6 **Волновая оптика**

Теория относительности

Глава 7 **Элементы теории относительности**

Квантовая физика

Глава 8 **Кванты и атомы**

Глава 9 **Атомное ядро и элементарные частицы**

Астрономия и астрофизика

Глава 10 **Солнечная система**

Глава 11 **Звёзды, галактики, Вселенная**



§ 1. МАГНИТНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. К магнитной стрелке, которая может поворачиваться вокруг вертикальной оси, перпендикулярной плоскости рисунка, поднесли полосовой магнит (рис. 1.1). Как при этом повернётся стрелка?



Рис. 1.1

2. По двум параллельным проводникам текут токи: в первом случае в одном направлении, а во втором — в противоположных направлениях. Как при этом взаимодействуют проводники?

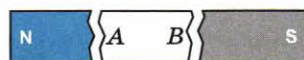


Рис. 1.2

3. Полосовой магнит разломали на три части (рис. 1.2). Каким магнитным полюсам соответствуют концы *A* и *B*?

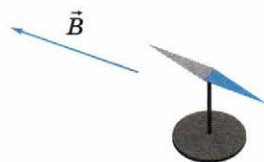


Рис. 1.3

4. Будет ли устойчивым положение равновесия магнитной стрелки, изображённое на рисунке 1.3?



a

5. На рисунках 1.4, *a*, *b* изображены магнитные линии двух полосовых магнитов. Перенесите рисунок в тетрадь и обозначьте полюса магнитов.



b

Рис. 1.4

6. На рисунке 1.5 изображены линии магнитной индукции полосового магнита. Перенесите рисунок в тетрадь.

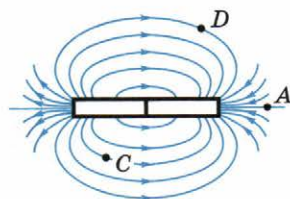


Рис. 1.5

а) Обозначьте полюса магнита.

б) Изобразите, какое положение примут магнитные стрелки, помещённые в точках *A*, *C*, *D*.

7. По рисункам 1.6, а—ж определите направление магнитных линий в каждом случае.

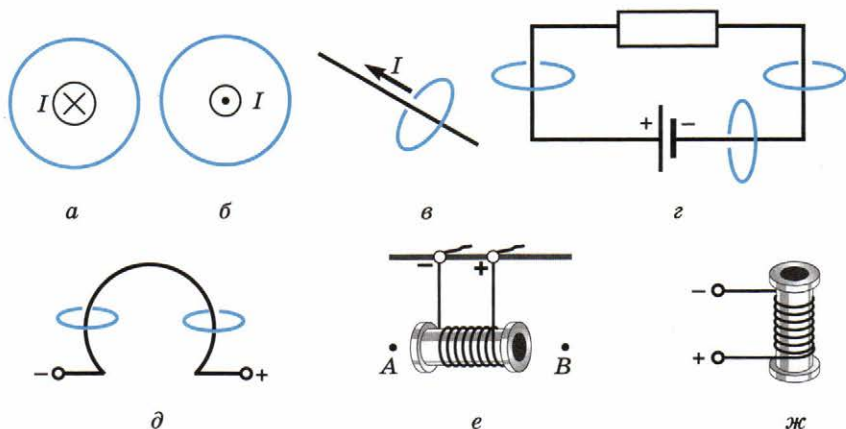


Рис. 1.6

8. Магнитное поле $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$ создано двумя параллельными длинными проводниками с токами I_1 и I_2 , перпендикулярными плоскости чертежа (рис. 1.7).



Рис. 1.7

а) Как направлены векторы \vec{B}_1 и \vec{B}_2 в точке А?

б) Как направлен в точке А вектор \vec{B}_1 , если $I_1 > I_2$?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

9. По проводнику (рис. 1.8) течёт электрический ток. Потенциал точки А выше потенциала точки D. Как направлен вектор магнитной индукции в точке С?

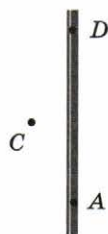


Рис. 1.8

10. На рисунке 1.9 изображены постоянный магнит и катушка с током. Как будут взаимодействовать катушка и постоянный магнит при включении тока?

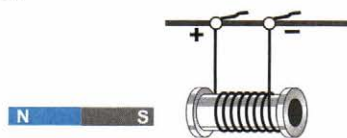


Рис. 1.9

11. На рисунке 1.10 изображено взаимодействие между постоянным магнитом и катушкой с током. Определите полюса магнита.



Рис. 1.10

12. По двум горизонтальным параллельным проводникам, перпендикулярным плоскости чертежа, текут одинаковые токи I_1 и I_2 (рис. 1.11). Модуль вектора магнитной индукции, создаваемой каждым током в точке M , расположенной посередине между проводниками, равен B .

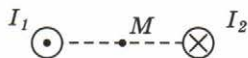


Рис. 1.11

а) Как направлен вектор индукции результирующего магнитного поля в точке M ?

б) Чему равен модуль вектора индукции результирующего магнитного поля в точке M ?

в) Чему будет равен модуль вектора индукции результирующего магнитного поля в точке M , если направление тока I_2 изменить на противоположное?

13. По двум параллельным расположенным в вакууме проводникам текут токи в направлениях, показанных на рисунке 1.12, a — $в$. Определите направление вектора магнитной индукции в точке A .

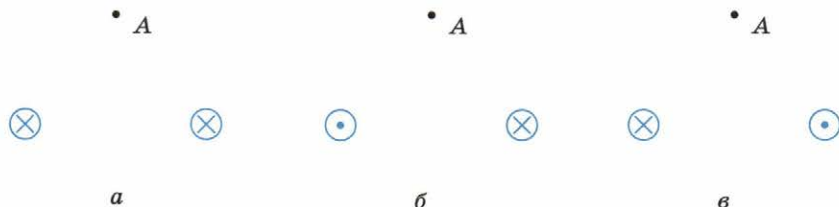


Рис. 1.12

§ 2. ЗАКОН АМПЕРА

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Прямолинейный проводник с током помещён в однородное магнитное поле с индукцией 30 мТл. Длина проводника 20 см, сила тока в проводнике 2 А. Проводник расположен пер-

пендикулярно вектору магнитной индукции. Чему равна сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля?

2. В однородном магнитном поле на прямолинейный проводник длиной 2 м действует сила 0,4 Н. Сила тока в проводнике 5 А, угол между проводником и вектором магнитной индукции 30° . Чему равен модуль магнитной индукции?

3. В однородное магнитное поле с индукцией 10 мТл помещают прямолинейный проводник длиной 20 см. Сила тока в проводнике 2,3 А, на проводник действует сила 4 мН. Чему равен угол между проводником и вектором магнитной индукции?

4. Прямолинейный проводник расположен в однородном магнитном поле с индукцией 0,8 Тл под углом 45° к вектору магнитной индукции. Сила тока в проводнике 0,5 А, на проводник действует сила Ампера, равная 71 мН. Какова длина проводника?

5. Прямолинейный проводник с током расположен перпендикулярно вектору магнитной индукции однородного магнитного поля. Длина проводника 40 см, модуль магнитной индукции 0,05 Тл. На проводник действует сила 5 мН. Чему равна сила тока в проводнике?

6. Проводник с током расположен под углом 30° к вектору магнитной индукции. Как изменится действующая на проводник сила Ампера, если его расположить под углом 60° к вектору магнитной индукции?

7. Сформулируйте и решите задачи по рисунку 2.1, а—з.

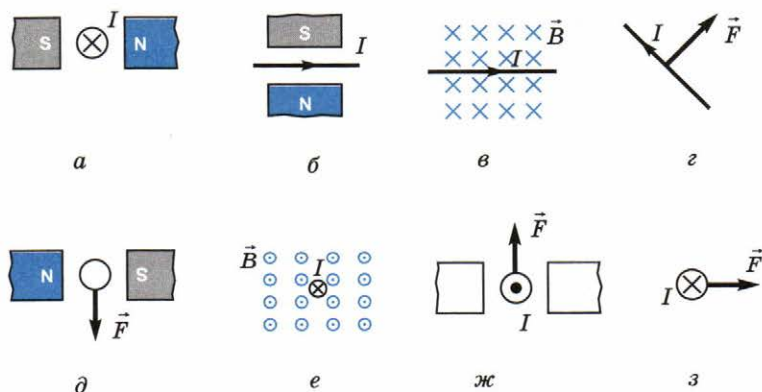


Рис. 2.1

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

8. Используя правило буравчика и правило левой руки, объясните, почему два параллельных провода, по которым текут токи в одном направлении, притягиваются, а два провода, по которым текут противоположно направленные токи, отталкиваются.

9. Объясните, почему равнодействующая сил Ампера, действующих на стороны прямоугольного контура с током в однородном магнитном поле, при любом положении контура равна нулю.

10. Прямолинейный проводник расположен в однородном магнитном поле перпендикулярно вектору магнитной индукции. Сила тока в проводнике $0,2\text{ А}$. Силу тока увеличили до $0,4\text{ А}$ и повернули проводник так, чтобы сила, действующая на него со стороны магнитного поля, не изменилась. Чему равен угол между проводником и вектором магнитной индукции после поворота проводника?

11. Прямолинейный проводник с током расположен под углом 60° к магнитным линиям однородного поля. Проводник равномерно перемещают на 2 м в направлении, противоположном направлению действующей на проводник силы Ампера, совершая при этом работу $0,32\text{ Дж}$. Сила тока в проводнике 5 А , магнитная индукция 80 мТл . Сделайте пояснительный чертёж и найдите, чему равна длина проводника.

12. К прямолинейному стальному проводнику с площадью поперечного сечения 2 мм^2 приложено напряжение 6 В . Проводник расположен в однородном магнитном поле с индукцией 10 мТл . Чему равна максимальная сила, которая может действовать на проводник со стороны магнитного поля?

13. Проводящий стержень массой 200 г удерживают в однородном магнитном поле на гладких горизонтальных рельсах, расстояние между которыми 20 см . Магнитные линии направлены вертикально, модуль магнитной индукции $0,1\text{ Тл}$, сила тока в стержне 10 А . Какой путь пройдёт этот стержень за $0,5\text{ с}$ после того, как его отпустят?

14. В однородном поле, магнитная индукция которого равна 2 Тл и направлена под углом 60° к вертикали, по гладким вертикальным проводящим направляющим может двигаться горизонтальный прямолинейный проводник массой 200 г .

Вектор магнитной индукции перпендикулярен проводнику. В начальный момент проводник удерживают в покое. Сила тока в проводнике 5 А. Через 3 с после того, как проводник отпустили, он движется вверх со скоростью 12 м/с. Сделайте пояснительный чертёж и найдите, чему равна длина проводника.

15. На столе лежит стержень длиной 20 см и массой 100 г. Сила тока в стержне 8 А. При каком значении магнитной индукции однородного вертикального магнитного поля стержень начнёт скользить по столу? Имеет ли значение, направлен вектор магнитной индукции вверх или вниз? Коэффициент трения между стержнем и столом равен 0,4.

16. Сила тока в горизонтальном проводнике длиной 20 см и массой 20 г равна 4 А. Чему равна минимальная индукция магнитного поля, в котором действующая на проводник сила Ампера уравнивает силу тяжести? Как должен быть направлен при этом вектор магнитной индукции? Сделайте пояснительный чертёж.

17. В однородном магнитном поле с индукцией 0,05 Тл на двух нитях, выдерживающих предельную нагрузку 0,1 Н каждая, подвешен проводник массой 10 г и длиной 20 см. Вектор магнитной индукции направлен горизонтально перпендикулярно проводнику. При какой силе тока в проводнике нити оборвутся?

18. В однородном магнитном поле находится длинный горизонтальный провод, перпендикулярный направленному горизонтально вектору магнитной индукции. При каком значении силы тока в проводе действующая на него сила Ампера уравнивает силу тяжести? Магнитная индукция равна 5 мТл, масса 1 см провода равна 0,1 г.

19. В однородном магнитном поле с индукцией 80 мТл горизонтально подвешен на двух тонких проводах металлический стержень. Магнитные линии горизонтальны и перпендикулярны стержню. Когда в проводнике включили ток силой 10 А, сила натяжения каждого провода изменилась на 0,2 Н. Чему равна длина стержня?

20. Горизонтальный стержень длиной 50 см подвешен в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл на тонких проводах одинаковой длины. Магнитные линии направлены вертикально. Чему равна масса проводника, если при силе тока в проводнике, равной 2 А, провода отклоняются на 45° ?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

21. Лежащий на столе замкнутый проволочный контур с током имеет форму прямоугольного треугольника с катетами 3 см и 4 см и находится в вертикальном магнитном поле с индукцией 0,4 Тл. Сила тока равна 2 А. Чему равна сила, действующая на каждую сторону треугольника? Чему равна равнодействующая этих сил? Сделайте пояснительный чертёж.

22. На гладком столе лежит длинный кусок гибкого провода, подключённый в точках A и C к электрической цепи (рис. 2.2). Система находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого направлен вертикально вниз. Какую форму примет провод после замыкания ключа K ? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.

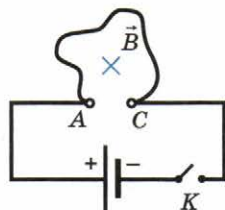


Рис. 2.2

23. Рамка с током, которая может вращаться вокруг оси MO , удерживается вблизи полосового магнита в положении, показанном на рисунке 2.3. Объясните на качественном уровне, как будет двигаться рамка, если её отпустить. Укажите, какие физические закономерности вы использовали. Учтите сопротивление воздуха.

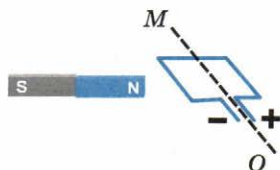


Рис. 2.3

24. Прямой горизонтальный проводник длиной l и площадью поперечного сечения S подвешен на двух одинаковых лёгких пружинах жёсткостью k каждая. Сила тока в проводнике равна I (рис. 2.4). При включении однородного магнитного поля с направленной вертикально вниз индукцией \vec{B} пружины отклоняются от вертикали и удлинение каждой пружины становится равным Δl .

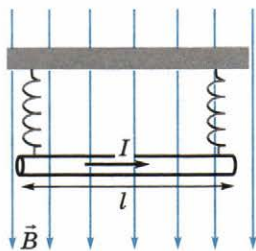


Рис. 2.4

- а) Чему равна плотность материала проводника ρ ?
- б) Какой угол составляют пружины с вертикалью?

§ 3. СИЛА ЛОРЕНЦА

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Заряженная частица влетела в однородное магнитное поле со скоростью \vec{v} . При этом на неё начала действовать сила \vec{F} . Какая сила будет действовать на ту же частицу, если она влетит в то же поле со скоростью $2\vec{v}$?

2. Электрон и протон влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями \vec{v} и $3\vec{v}$ соответственно. Чему равно отношение модуля силы Лоренца, действующей на электрон, к модулю силы Лоренца, действующей на протон?

3. В однородном магнитном поле с индукцией 2 Тл движется электрон со скоростью 10^7 м/с, направленной перпендикулярно линиям магнитной индукции.

а) Чему равен модуль силы F , действующей на электрон со стороны магнитного поля?

б) С каким по модулю ускорением будет двигаться электрон в магнитном поле?

в) Будет ли изменяться модуль скорости электрона?

4. Протон влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно магнитным линиям со скоростью $3 \cdot 10^6$ м/с. При этом на протон действует сила $3 \cdot 10^{-14}$ Н. Чему равна индукция магнитного поля?

5. На пылинку, влетевшую в однородное магнитное поле под углом 45° к линиям магнитной индукции со скоростью 10 м/с, действует сила $8 \cdot 10^{-7}$ Н. Индукция магнитного поля 4 мТл. Чему равен заряд пылинки?

6. Сформулируйте и решите задачи по рисунку 3.1, а—з.

7. Электрон влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно магнитным линиям со скоростью $7 \cdot 10^6$ м/с. Индукция магнитного поля 3 мТл.

а) Чему равен радиус окружности, по которой движется электрон?

б) Чему равно центростремительное ускорение электрона?

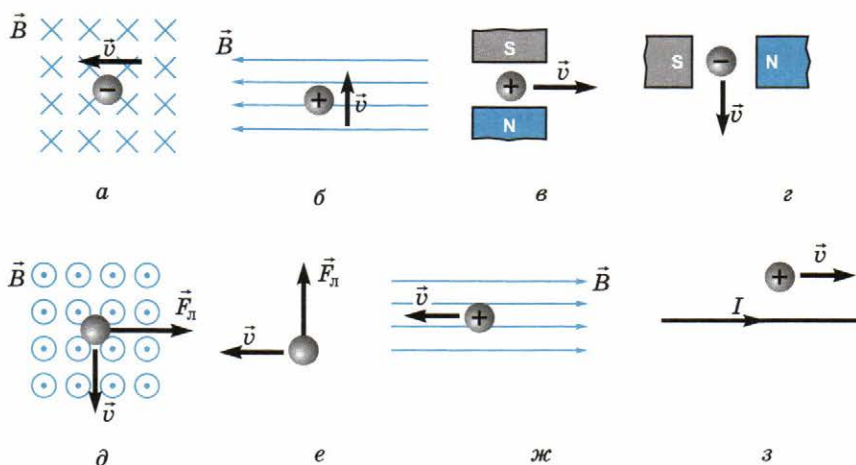


Рис. 3.1

8. Протон движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом 5 см. Индукция магнитного поля 60 мТл. Чему равна скорость протона?

9. Электрон влетает в однородное магнитное поле с индукцией 2 мТл перпендикулярно магнитным линиям.

- Чему равен период обращения электрона?
- Чему равна частота обращения электрона?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

10. В однородное магнитное поле перпендикулярно магнитным линиям влетают протон и α -частица (её заряд в 2 раза больше заряда протона, а масса в 4 раза больше массы протона). Чему равно отношение скорости α -частицы к скорости протона, если на α -частицу действует в 12 раз бóльшая сила Лоренца, чем на протон?

11. Заряженная частица движется в однородных электрическом и магнитном полях. Напряжённость электрического поля 4 кВ/м, индукция магнитного поля 0,5 Тл. Чему равно отношение силы, действующей на частицу со стороны электрического поля, к силе Лоренца в момент, когда скорость частицы равна 800 м/с и направлена под углом 30° к вектору магнитной индукции?

12. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл по окружности радиусом 5 мм.

- Чему равен период обращения электрона?
- Чему равна кинетическая энергия электрона?
- Чему равна действующая на электрон сила Лоренца?
- Чему равно ускорение электрона?

13. На рисунке 3.2 показаны пять различных траекторий движения частиц в однородном магнитном поле.

а) Какая траектория принадлежит протону с наибольшей кинетической энергией? Ответ обоснуйте.

б) Какая траектория принадлежит электрону с наименьшей кинетической энергией? Ответ обоснуйте.

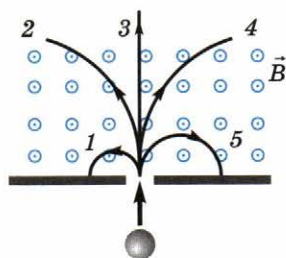


Рис. 3.2

14. Электрон влетает со скоростью \vec{v} в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции и движется по окружности радиуса R . По окружности какого радиуса будет двигаться протон, влетевший в это магнитное поле с той же скоростью?

15. Электрон влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью, равной по модулю v , и движется по окружности с периодом обращения T . Каким будет период обращения электрона, если его скорость будет равна по модулю $3v$?

16. Две частицы, отношение зарядов которых $\frac{q_1}{q_2} = 2$, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Кинетические энергии частиц одинаковы, а отношение радиусов траекторий $\frac{R_2}{R_1} = 0,5$.

- Чему равно отношение масс частиц $\frac{m_1}{m_2}$?
- Чему равно отношение модулей импульсов частиц $\frac{p_1}{p_2}$?

17. Электрон влетает в однородное магнитное поле с индукцией 0,25 мТл перпендикулярно магнитным линиям. За какой промежуток времени вектор скорости электрона повернется на 90° ?

18. Пройдя ускоряющую разность потенциалов 4 кВ, электрон влетает в однородное магнитное поле с индукцией 40 мТл. Скорость электрона перпендикулярна вектору магнитной индукции. По окружности какого радиуса движется электрон?

19. Частица массой $6 \cdot 10^{-15}$ кг и зарядом 15 нКл движется в однородном магнитном поле с индукцией 0,2 Тл. Вектор индукции магнитного поля перпендикулярен скорости частицы. Кинетическая энергия частицы 2 мкДж. Какой путь пройдёт частица за промежуток времени, в течение которого вектор её скорости повернётся на 270° ?

20. Электрон и протон, ускоренные одинаковой разностью потенциалов, влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Сколько оборотов сделает в магнитном поле электрон за то время, пока протон совершит 400 оборотов?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

21. Два иона с одинаковыми зарядами, но различными массами прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов и влетели в однородное магнитное поле. Первый ион начал двигаться по окружности радиусом 10 см, а второй — по окружности радиусом 5 см. Чему равно отношение масс ионов $\frac{m_1}{m_2}$?

22. Протон, ускоренный разностью потенциалов 500 кВ, пролетает сквозь область пространства шириной $l = 10$ см, в которой создано однородное магнитное поле с индукцией 0,51 Тл (рис. 3.3). Вектор индукции магнитного поля перпендикулярен скорости протона. На какой угол повернётся скорость протона от её первоначального направления?

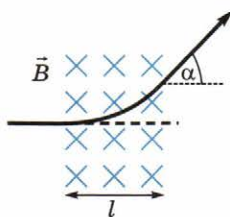


Рис. 3.3

23. Протон влетает в однородное магнитное поле с индукцией 0,3 Тл и движется по дуге окружности радиусом 5 см. Затем протон влетает в однородное электрическое поле и движется против вектора напряжённости поля. Какую разность потенциалов должен пройти протон, чтобы его скорость уменьшилась в 2 раза?

§ 4. ПРОВОДНИКИ И ЗАРЯЖЕННЫЕ ЧАСТИЦЫ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. Металлический стержень длиной 0,2 м и массой 30 г горизонтально подвешен на двух проводящих нитях длиной 1 м каждая в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл, как показано на рисунке 4.1.

Вектор магнитной индукции направлен вертикально вниз. На какой максимальный угол от вертикали отклонятся нити подвеса, если по стержню пропустить ток силой 15 А в течение 0,1 с? Углом отклонения нитей от вертикали за время протекания тока можно пренебречь.

2. Металлический стержень массой m и длиной L подвешен горизонтально на двух лёгких проводах длиной l каждый (рис. 4.2). Стержень находится в однородном магнитном поле, индукция \vec{B} которого направлена вертикально вниз. По стержню пропускают кратковременный импульс тока длительностью t . При каком минимальном значении силы тока I стержень совершит полный оборот вокруг оси OO_1 , проходящей через точки подвеса? Смещением стержня за время протекания тока можно пренебречь.

3. По гладким металлическим направляющим, лежащим на наклонной плоскости в вертикальном однородном магнитном поле, движется горизонтальный проводящий стержень прямоугольного сечения массой 100 г (рис. 4.3). Ускорение стержня направлено вдоль наклонной плоскости вверх. По стержню течёт ток силой 8 А. Угол наклона плоскости 30° , расстояние между направляющими 50 см, модуль магнитной индукции 0,4 Тл.

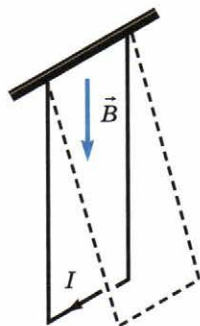


Рис. 4.1

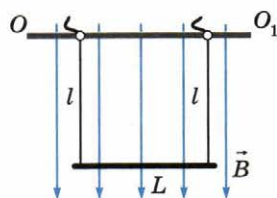


Рис. 4.2

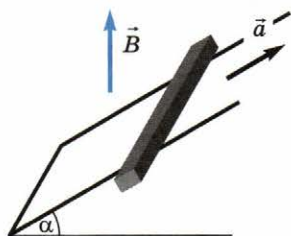


Рис. 4.3

а) Как должен быть направлен ток в стержне, чтобы стержень двигался согласно условию?

б) Чему равно ускорение стержня?

4. В однородном вертикальном магнитном поле проложены наклонно рельсы с углом наклона 30° (рис. 4.4). Расстояние между рельсами 50 см. Вверх по рельсам равномерно движется металлический стержень массой 40 г. Сила тока в стержне 15 А, коэффициент трения между стержнем и рельсами 0,15. Чему равен модуль магнитной индукции?

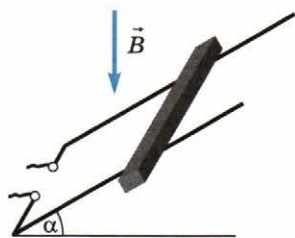


Рис. 4.4

5. По двум металлическим рельсам, расположенным в горизонтальной плоскости на расстоянии 20 см друг от друга, может скользить без трения металлическая перемычка AC массой 400 г (рис. 4.5). Вектор магнитной индукции направлен вертикально, модуль магнитной индукции 2 Тл. Чему равна сила тока в перемычке, если она, пройдя путь 2 м, приобрела скорость 2 м/с? Начальная скорость перемычки равна нулю.

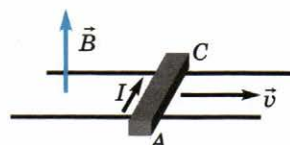


Рис. 4.5

6. Шарик, подвешенный на нити длиной l и имеющий заряд, равный по модулю q , равномерно вращается в горизонтальной плоскости против часовой стрелки (если смотреть сверху). Угол отклонения нити от вертикали α , модуль скорости шарика v , масса шарика m (рис. 4.6). Система находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого направлен вертикально вниз. Чему равен модуль магнитной индукции, если:

а) $q > 0$?

б) $q < 0$?

7. Подвешенный на лёгкой нити грузик массой 4 г и зарядом 8 мКл равномерно движется по окружности в горизонтальной плоскости в вертикальном магнитном поле с индукцией 2 Тл (см. рис. 4.6). Чему равна разность угловых скоростей для случаев, когда грузик движется по окружности одного и того же радиуса, но в противоположных направлениях?

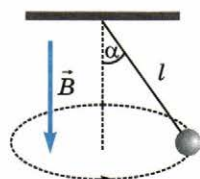


Рис. 4.6

8. Заряженный шарик, подвешенный на нити длиной 2 м, совершает колебания в вертикальной плоскости. Максимальный угол отклонения нити от положения равновесия 60° . Вектор магнитной индукции перпендикулярен плоскости, в которой движется шарик, магнитная индукция равна 2 Тл. Чему равен модуль заряда шарика, если разность сил натяжения нити при прохождении шариком нижней точки, когда он движется в одну и в другую сторону, составляет 0,2 мН?

9. Электрон влетает в однородное магнитное поле со скоростью $5 \cdot 10^6$ м/с. На электрон действует сила Лоренца, равная $4,16 \cdot 10^{-15}$ Н. Индукция магнитного поля 6 мТл.

- Какую форму будет иметь траектория электрона?
- Чему равен угол между вектором магнитной индукции поля и скоростью электрона?
- Чему равны радиус r и шаг h винтовой линии?
- Какой путь пройдёт электрон за 0,5 мкс?

10. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией 5 мТл по винтовой линии радиусом 1 см и шагом 7,8 см.

- Под каким углом к вектору магнитной индукции направлена скорость электрона?
- С какой скоростью движется электрон?
- Чему равен период обращения электрона?

11. Могут ли уравновешивать друг друга силы, действующие на движущуюся заряженную частицу со стороны однородных электрического и магнитного полей, если напряжённость электрического поля не перпендикулярна вектору магнитной индукции? Сделайте пояснительный чертёж.

12. Заряженная частица массой m с зарядом q движется в однородных электрическом и магнитном полях, причём напряжённость \vec{E} электрического поля перпендикулярна вектору магнитной индукции \vec{B} . Скорость частицы перпендикулярна \vec{E} , а угол между \vec{v} и \vec{B} равен α .

- Чему равна скорость частицы, если она движется прямолинейно?
- Может ли частица двигаться прямолинейно и равноускоренно?
- Чему равен радиус винтовой линии, по которой будет двигаться частица, если выключить электрическое поле?

г) Чему равен шаг винтовой линии, по которой будет двигаться частица, если выключить электрическое поле?

13. Пройдя ускоряющую разность потенциалов 1,0 кВ, электрон влетел в однородное магнитное поле с индукцией 29 мТл под углом 30° к вектору магнитной индукции. Чему равны радиус r и шаг h винтовой линии электрона?

14. Электрон влетает в однородное магнитное поле с индукцией 10^2 Тл под углом 60° к линиям индукции и движется по винтовой линии с шагом 2 см. Чему равен импульс электрона?

15. В однородном магнитном поле заряженная частица движется по окружности. Когда индукцию магнитного поля стали медленно увеличивать, оказалось, что скорость частицы изменяется так, что кинетическая энергия частицы оказывается пропорциональной частоте её обращения. Найдите радиус орбиты частицы в поле с индукцией B , если в поле с индукцией B_0 он равен R_0 .

16. Напряжённость однородного электрического поля равна по модулю $5 \cdot 10^6$ В/м и направлена перпендикулярно вектору магнитной индукции однородного магнитного поля с индукцией 2 Тл. В некоторый момент времени скорость электрона направлена вдоль вектора напряжённости электрического поля и равна $2 \cdot 10^6$ м/с. Чему равен модуль суммарной силы, действующей на электрон в этот момент?

17. Вектор магнитной индукции однородного магнитного поля перпендикулярен вектору напряжённости однородного электрического поля напряжённостью 200 кВ/м. Заряженная частица движется перпендикулярно обоим этим векторам с постоянной скоростью 200 км/с. Чему равна индукция магнитного поля?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

18. Заряженная частица движется в однородных электрическом и магнитном полях, причём напряжённость электрического поля перпендикулярна вектору магнитной индукции. Могут ли уравнивать друг друга силы, действующие на эту частицу, если её скорость не перпендикулярна напряжённости электрического поля? Сделайте пояснительный чертёж.

19. Вектор магнитной индукции однородного магнитного поля перпендикулярен вектору напряжённости однородного электрического поля. Напряжённость электрического поля 600 В/м , а индукция магнитного поля 4 мТл . Скорость электрона перпендикулярна вектору напряжённости электрического поля и составляет угол 30° с направлением вектора магнитной индукции. Чему равна скорость электрона, если он движется равномерно и прямолинейно? Сделайте пояснительный рисунок.

20. Заряженная частица движется по окружности радиусом 1 см в однородном магнитном поле с индукцией $0,1 \text{ Тл}$. В некоторый момент включают однородное электрическое поле напряжённостью 100 В/м , вектор напряжённости которого направлен параллельно вектору магнитной индукции. Через какой промежуток времени кинетическая энергия частицы увеличится в 2 раза?

21. Напряжённость электрического поля в фильтре скоростей (см. § 4 учебника) равна 500 В/м , а индукция магнитного поля 2 Тл . После прохождения фильтра скоростей два иона попадают в отклоняющее однородное магнитное поле, совершают пол-оборота и попадают в точки A_1 и A_2 (рис. 4.7). Магнитная индукция отклоняющего поля 90 мТл , вектор магнитной индукции перпендикулярен скорости вылетевших ионов. Заряды ионов равны заряду электрона, а их относительные атомные массы равны 20 и 22 . Чему равно расстояние между точками A_1 и A_2 ?

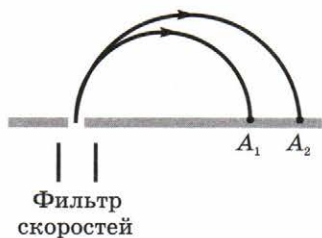


Рис. 4.7

22. Пучок протонов влетает в однородное магнитное поле с индукцией $0,2 \text{ Тл}$ перпендикулярно магнитным линиям. Протоны движутся по дуге окружности радиусом 10 см , после чего поглощаются металлической пластиной. Найдите тепловую мощность, выделяющуюся в пластине, если сила тока в пучке $0,2 \text{ мА}$.

§ 5. ЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ. ПРАВИЛО ЛЕНЦА

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Около проводника с током находится прямоугольная рамка $ACDM$, лежащая в одной плоскости с проводником (рис. 5.1). Возникнет ли индукционный ток в рамке, если:

а) поворачивать рамку вокруг оси, проходящей через сторону AC ?

б) поворачивать рамку вокруг оси, проходящей через сторону CD ?

в) перемещать рамку поступательно перпендикулярно плоскости рисунка?

г) перемещать рамку поступательно параллельно проводнику?

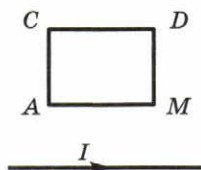


Рис. 5.1

2. На рисунке 5.2, $a-g$ представлены различные способы вращения рамки в однородном магнитном поле. В каких случаях в рамке возникает индукционный ток?

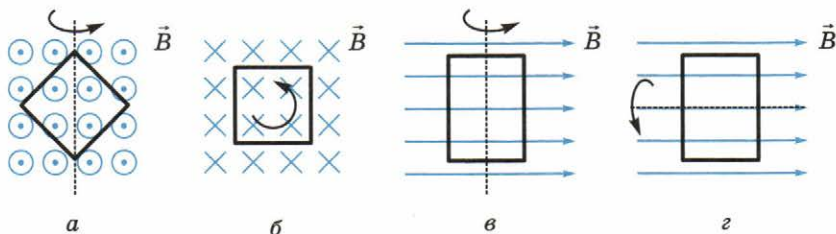


Рис. 5.2

3. В металлическое кольцо в течение первых трёх секунд вдвигают магнит, в течение следующих двух секунд магнит оставляют неподвижным внутри кольца, в течение последующих трёх секунд его выдвигают из кольца. В какие промежутки времени в катушке течёт ток?

4. Квадратная рамка со стороной 20 см расположена в однородном магнитном поле \vec{B} с индукцией 0,1 Тл так, что нор-

маль к её поверхности образует угол 60° с вектором индукции. Чему равен магнитный поток через плоскость рамки?

5. Однородное магнитное поле пронизывает плоский контур площадью 300 см^2 . Индукция магнитного поля $0,2 \text{ Тл}$. Чему равен магнитный поток через контур, если его плоскость:

- перпендикулярна вектору магнитной индукции?
- параллельна вектору магнитной индукции?
- расположена под углом 45° к вектору магнитной индукции?
- расположена под углом 30° к вектору магнитной индукции?

6. Плоский контур площадью 50 см^2 находится в однородном магнитном поле с индукцией $0,05 \text{ Тл}$. Магнитный поток через контур равен 125 мкВб . Чему равен угол между вектором магнитной индукции и перпендикуляром к плоскости контура?

7. Определите направление индукционного тока в кольце (рис. 5.3) и опишите поведение кольца, если:

- вдвигать полосовой магнит северным полюсом вперёд;
 - выдвигать северный полюс полосового магнита из кольца;
 - вдвигать полосовой магнит южным полюсом вперёд;
 - выдвигать южный полюс полосового магнита из кольца.
- Что произойдёт при внесении магнита, если кольцо сделано из диэлектрика?

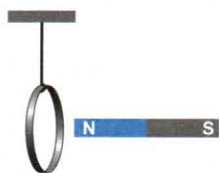


Рис. 5.3

8. Проводник, согнутый в виде прямоугольной рамки, помещён в однородное магнитное поле (рис. 5.4). Индукция магнитного поля уменьшается со временем.

- Как направлен индукционный ток в проводнике?
- Как будет направлен ток, если магнитное поле будет направлено от нас?
- Как будет направлен индукционный ток в случаях *a—б*, если магнитная индукция будет увеличиваться со временем?

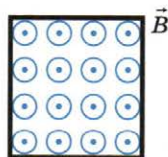
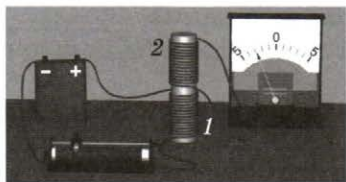


Рис. 5.4

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

9. В катушке 1 силу тока можно изменять с помощью реостата (рис. 5.5, а). На рисунке 5.5, б показан график зависимости силы тока в катушке 1 от времени. В какие промежутки времени амперметр фиксирует наличие индукционного тока в катушке 2?



а

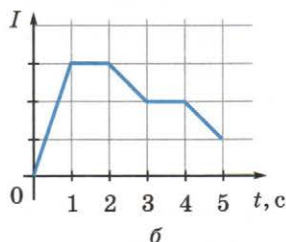


Рис. 5.5

10. Плоская рамка помещена в однородное магнитное поле, линии магнитной индукции которого перпендикулярны её плоскости. Как изменится магнитный поток через рамку, если число витков рамки уменьшить в 3 раза, а индукцию магнитного поля увеличить в 9 раз?

11. На рисунке 5.6 изображён проводящий контур, сквозь который проходят магнитные линии. Вследствие изменения индукции магнитного поля в контуре возникает индукционный ток I , текущий по часовой стрелке. Как изменяется индукция магнитного поля?

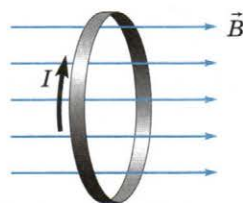


Рис. 5.6

12. Три одинаковых полосовых магнита падают в вертикальном положении одновременно с одной высоты (рис. 5.7). Первый падает свободно, второй во время падения проходит сквозь замкнутое металлическое кольцо, третий — сквозь незамкнутое металлическое кольцо. Сравните, как будут падать магниты. Ответы обоснуйте, используя правило Ленца и закон сохранения энергии.

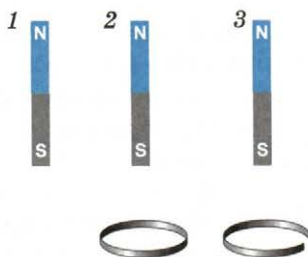


Рис. 5.7

13. Определите направление индукционного тока в нижней катушке (рис. 5.8), если смотреть на неё справа:

а) при замыкании цепи верхней катушки;

б) при размыкании цепи верхней катушки;

в) при перемещении ползунка реостата в замкнутой цепи верхней катушки вправо;

г) при перемещении ползунка реостата в замкнутой цепи верхней катушки влево.

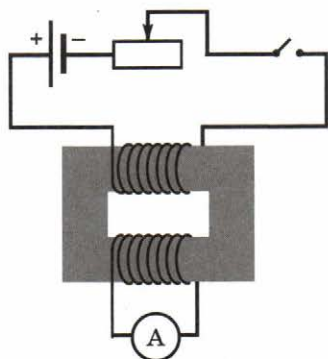


Рис. 5.8

14. По горизонтальным металлическим рельсам, находящимся в вертикальном магнитном поле, движется металлическая перекладина, как показано на рисунке 5.9. Как направлена действующая на перекладину сила Ампера, если:

а) перекладина движется вправо?

б) перекладина движется влево?

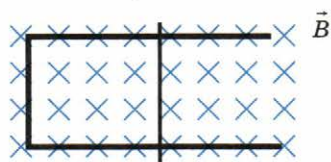


Рис. 5.9

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

15. Магнит падает в длинной вертикальной медной трубе, воздух из которой откачан. Магнит с трубой не соприкасается. Опишите характер падения.

16. Сквозь металлическое (1) и деревянное (2) кольца, не касаясь их, падают одинаковые полосовые магниты, как показано на рисунке 5.10. Влияет ли наличие колец на ускорение магнитов? Если есть различие, то в чём оно состоит? Рассмотрите две стадии падения магнита: магнит сближается с кольцом; магнит удаляется от кольца. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали.

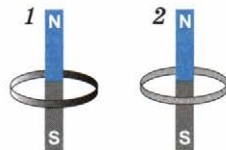


Рис. 5.10

§ 6. ЗАКОН ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Магнитный поток, пронизывающий замкнутый контур, изменяется от 2 мВб до 5 мВб за 2 с. Сопротивление контура 0,3 Ом.

- Чему равна ЭДС индукции в контуре?
- Чему равна сила тока в контуре?
- Какой заряд пройдёт по контуру за это время?

2. На рисунке 6.1 приведён график зависимости от времени магнитного потока через замкнутый контур.

а) В какой промежуток времени модуль ЭДС индукции наибольший?

б) В какой промежуток времени в контуре нет индукционного тока?

в) Чему равен модуль ЭДС индукции в момент времени 4 с?

г) Чему равна сила тока в контуре в промежуток времени от 3 с до 5 с, если сопротивление контура 2 Ом?

д) Какой заряд пройдёт по контуру в промежуток времени от 3 с до 5 с?

е) Какое количество теплоты выделится в контуре в промежуток времени от 3 с до 5 с?

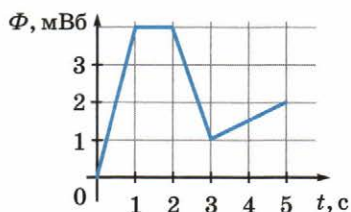


Рис. 6.1

3. Магнитный поток через проволочную рамку сопротивлением 3 кОм равномерно изменяется на 6 Вб за 2 мс. Чему равна сила тока в рамке?

4. Магнитный поток через один виток катушки, содержащей 500 витков, равномерно убывает со скоростью 40 мВб/с. Определите ЭДС индукции в катушке.

5. Магнитный поток через один виток катушки равномерно изменяется от 2 мВб до 8 мВб за 0,3 с. При этом в катушке возникает ЭДС индукции 10 В. Сколько витков в катушке?

6. Плоский виток площадью 0,002 м² расположен перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля. Чему равен модуль возникающей в витке ЭДС индукции, если магнитная индукция равномерно убывает от 0,5 до 0,3 Тл за 4 мс?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

7. В области пространства, ограниченной плоскостями AK и CD , создано однородное магнитное поле (рис. 6.2). Металлическая прямоугольная рамка движется с постоянной скоростью \vec{v} , как показано на рисунке. В начальный момент времени левая сторона рамки находится на линии AK , а в момент времени t_1 правая сторона рамки пересекает линию CD . Постройте примерный график зависимости модуля ЭДС индукции в рамке от времени.

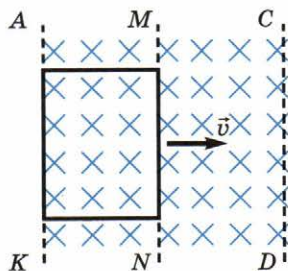


Рис. 6.2

8. В однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл находится виток, расположенный перпендикулярно магнитным линиям. Площадь витка 20 см², сопротивление витка 2 Ом. Какой заряд протечёт по витку при выключении магнитного поля?

9. Квадратная рамка со стороной 15 мм, сделанная из медной проволоки с площадью поперечного сечения 2 мм², расположена в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Индукция магнитного поля равномерно изменяется на 0,14 Тл за 0,2 с.

а) Чему равна сила тока в рамке?

б) Какой заряд проходит за указанное время по рамке?

10. В однородном магнитном поле с индукцией 0,4 Тл расположен замкнутый прямоугольный проволочный виток перпендикулярно линиям магнитной индукции. При повороте витка на некоторый угол вокруг одной из его сторон по витку проходит заряд 0,08 Кл. Площадь витка 2000 см², его сопротивление 1,5 Ом. На какой угол повернули виток, если этот угол меньше 180°?

11. Ось катушки, имеющей 50 витков, параллельна магнитным линиям однородного поля с индукцией 2 Тл. Ось катушки поворачивают на 90° за 0,5 с. Во время поворота в катушке возникает ЭДС индукции со средним значением 31,4 В. Чему равен радиус катушки?

12. Квадратная рамка со стороной 50 см из изолированного провода находится в магнитном поле с индукцией 4 мТл.

Магнитные линии перпендикулярны плоскости рамки. Какой заряд проходит по рамке, когда её вытягивают так, что ограниченная ею площадь становится равной нулю? Сопротивление рамки $0,04 \text{ Ом}$.

13. Замкнутый изолированный провод длиной $4,0 \text{ м}$ расположен по периметру круглой горизонтальной площадки. Какой заряд пройдёт по проводу, если его сложить вдвое? Сопротивление провода 2 Ом , вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли 50 мкТл .

14. В однородном магнитном поле с индукцией $0,4 \text{ Тл}$ находится медное кольцо радиусом 5 см . Плоскость кольца перпендикулярна линиям магнитной индукции. Площадь поперечного сечения проволоки 2 мм^2 . Какой заряд протечёт по кольцу, если его повернуть вокруг диаметра на 180° ?

15. Виток провода площадью 120 см^2 замкнут на конденсатор ёмкостью 60 мкФ . Магнитные линии однородного поля перпендикулярны витку. Чему равна скорость изменения индукции магнитного поля, если заряд на конденсаторе $3,6 \text{ нКл}$? Сопротивлением витка и соединительных проводов можно пренебречь.

16. Медное кольцо площадью $0,04 \text{ м}^2$ и сопротивлением $0,03 \text{ Ом}$ помещено в однородное магнитное поле так, что плоскость кольца перпендикулярна линиям магнитной индукции. Какое количество теплоты выделится в кольце за 20 с , если магнитная индукция убывает со скоростью $0,6 \text{ Тл/с}$?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

17. Плоская проволочная квадратная рамка сопротивлением 5 Ом со стороной 15 см лежит на столе в однородном магнитном поле с индукцией $0,4 \text{ Тл}$. Вектор магнитной индукции направлен вертикально. Какое количество электронов пройдёт через поперечное сечение проволоки за время, в течение которого рамке придадут форму окружности?

18. Полосовой магнит начинает свободное падение с нулевой начальной скоростью из положения, изображённого на рисунке 6.3, а. Пролетая сквозь закреплённое проволочное кольцо, магнит создаёт в нём электрический ток, сила которого изменяется со временем так, как показано на рисунке 6.3, б. Объясните, почему в моменты времени t_1 и t_2 ток в

кольце имеет различные направления. Влиянием тока в кольце на движение магнита можно пренебречь.

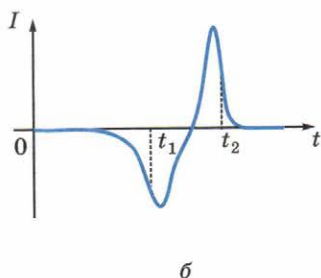


Рис. 6.3

19. На рисунке 6.4 приведена электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, реостата, трансформатора, амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ползунок реостата установлен посередине и неподвижен. Опираясь на законы электродинамики, объясните, как будут изменяться показания приборов в процессе перемещения ползунка реостата вправо. ЭДС самоиндукции можно пренебречь по сравнению с ЭДС источника.

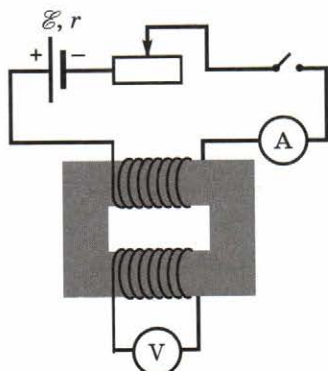


Рис. 6.4

20. Катушку радиусом 3 см с числом витков 1000 помещают в однородное магнитное поле (ось катушки параллельна линиям поля). Магнитная индукция изменяется со скоростью 10 мТл/с. Концы катушки замкнуты. Найдите выделяющуюся в ней тепловую мощность, если сопротивление катушки 16 Ом.

21. Плоский контур с источником постоянного тока находится во внешнем однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого перпендикулярен плоскости контура (рис. 6.5). На сколько процентов изменится мощность тока в контуре после того, как значение магнитной индукции начнёт уменьшаться со скоростью 0,01 Тл/с? Площадь контура 0,1 м², ЭДС источника тока 10 мВ.

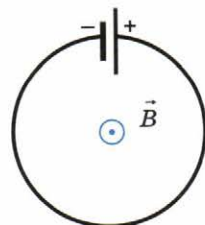


Рис. 6.5

§ 7. САМОИНДУКЦИЯ. ЭНЕРГИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. На рисунке 7.1 представлена электрическая схема. Сопротивление резистора равно сопротивлению катушки. Как будут работать лампы после замыкания ключа?

2. В катушке с индуктивностью 6 мГн сила тока равномерно убывает от 4 А до 1 А за 0,02 с. Чему равна ЭДС самоиндукции?

3. За какое время в катушке с индуктивностью 20 мГн происходит равномерное нарастание тока от нуля до 6 А, если при этом возникает ЭДС самоиндукции 3 В?

4. Сила тока, протекающего по обмотке катушки, равномерно изменяется на 10 А за 0,2 с. При этом возбуждается ЭДС самоиндукции 20 В. Чему равна индуктивность катушки?

5. Сила тока в катушке индуктивностью 0,2 Гн изменяется со временем, как показано на рисунке 7.2. Чему равна ЭДС самоиндукции в катушке?

6. Когда сила тока в катушке индуктивностью 5 мГн равна 2 А, магнитный поток через один виток катушки равен 0,6 Вб. Сколько витков в катушке?

7. По катушке с индуктивностью 0,6 Гн течёт ток силой 2 А.

а) Чему равна энергия магнитного поля катушки?
б) Как изменится эта энергия при возрастании силы тока в 2 раза?

8. Какой силы ток нужно пропускать по обмотке катушки с индуктивностью 0,5 Гн, чтобы энергия магнитного поля тока была равна 4 Дж?

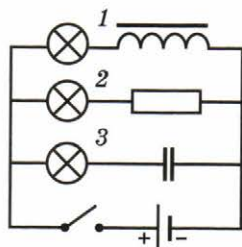


Рис. 7.1

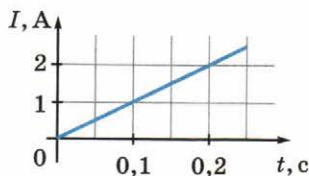


Рис. 7.2

9. Чему равна индуктивность катушки, если при силе тока 2 А энергия магнитного поля тока равна 0,3 Дж?

10. Сравните индуктивности L_1 и L_2 двух катушек, если при одинаковой силе тока энергия магнитного поля тока в первой катушке в 9 раз больше, чем энергия магнитного поля тока во второй катушке.

11. Индуктивность катушки уменьшили в 2 раза, а силу тока в ней увеличили в 3 раза. Как при этом изменилась энергия магнитного поля тока?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

12. На рисунке 7.3 представлен график зависимости силы тока от времени в замкнутом контуре. В какой момент времени модуль ЭДС самоиндукции принимает наименьшее значение?

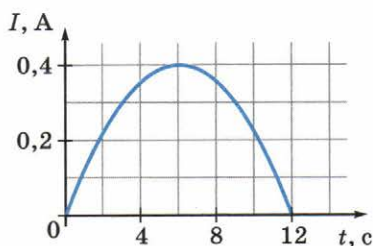


Рис. 7.3

13. На рисунке 7.4 приведён график зависимости ЭДС самоиндукции от скорости изменения силы тока, текущего по соленоиду. Чему равна индуктивность соленоида?

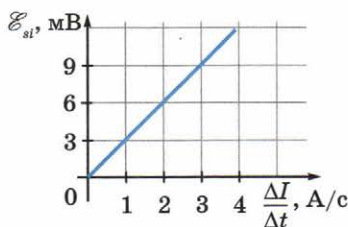


Рис. 7.4

14. Через катушку пропускают ток силой 2,5 А, при этом в ней возникает магнитное поле с индукцией 1,5 Тл. Площадь поперечного сечения катушки 100 см², число витков 2500, ось катушки параллельна вектору магнитной индукции поля. Чему равна индуктивность катушки?

15. Ток силой 10 А, текущий в контуре, создаёт магнитный поток через этот контур, равный 40 мВб. Сила тока равномерно убывает до 2 А за 4 мс. Чему равна ЭДС самоиндукции, возникающая в контуре?

16. Через первую катушку индуктивностью 4 Гн пропускают ток силой 5 А, а через вторую катушку индуктивностью

2 Гн пропускают ток силой 10 А. В какой катушке энергия магнитного поля больше и во сколько раз?

17. Катушка индуктивностью 0,8 Гн соединена параллельно с резистором сопротивлением 4 Ом и подключена к источнику с ЭДС 6 В и внутренним сопротивлением 2 Ом. Какое количество теплоты выделится в катушке и резисторе после отключения источника тока? Сопротивлением катушки можно пренебречь.

18. На рисунке 7.5 изображён график зависимости силы тока в катушке от времени. Индуктивность катушки 40 мГн.

а) Чему равна энергия магнитного поля тока в момент времени 10 мс?

б) Во сколько раз энергия магнитного поля тока в начальный момент времени больше, чем в момент времени 10 мс?

в) Какое количество теплоты выделится в цепи в промежуток времени от 0 до 10 мс? Излучением электромагнитных волн можно пренебречь.

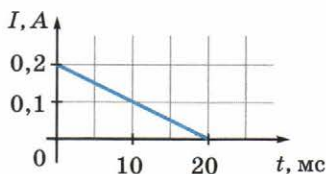
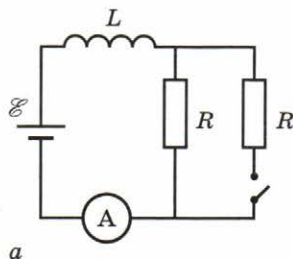


Рис. 7.5



ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

19. Катушка индуктивностью L соединена с двумя одинаковыми резисторами R и источником питания с ЭДС \mathcal{E} . Электрическая схема соединения показана на рисунке 7.6, а. В начальный момент ключ в цепи разомкнут.

В момент времени $t = 0$ ключ замыкают, что приводит к изменениям силы тока, регистрируемым амперметром, как показано на рисунке 7.6, б.

а) Основываясь на известных физических законах, объясните, почему при замыкании ключа сила тока плавно увеличивается до нового значения I_1 .

б) Определите значение силы тока I_1 . Внутренним сопротивлением источника тока можно пренебречь.

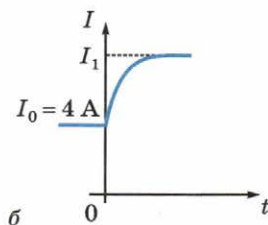


Рис. 7.6

§ 8. ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. Проводник длиной 2 м движется со скоростью 5 м/с перпендикулярно линиям магнитной индукции однородного поля. Чему равен модуль магнитной индукции, если на концах проводника возникает разность потенциалов 0,02 В?

2. Самолёт движется со скоростью 900 км/ч. Размах крыльев самолёта 30 м. Чему равна максимальная ЭДС, которая может возникнуть при движении самолёта, если горизонтальная составляющая магнитного поля Земли 0,03 мТл, а вертикальная составляющая 0,04 мТл?

3. Проводник длиной 3 м движется со скоростью 15 м/с в однородном магнитном поле с индукцией 0,4 Тл, оставаясь перпендикулярным линиям поля. Вектор скорости перпендикулярен проводнику и образует с магнитными линиями угол 30° . Чему равна ЭДС индукции в проводнике?

4. Проводящий стержень длиной 1,3 м равномерно вращается в горизонтальной плоскости с частотой 20 с^{-1} вокруг вертикальной оси O , проходящей через конец стержня (рис. 8.1). Вертикальная составляющая магнитной индукции магнитного поля Земли 50 мкТл. Чему равна разность потенциалов на концах стержня?

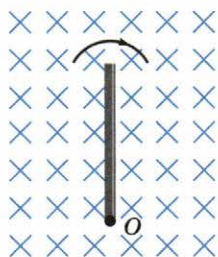


Рис. 8.1

5. Металлический диск радиусом 20 см расположен перпендикулярно магнитным линиям поля с магнитной индукцией 0,6 Тл. Диск вращается с частотой 60 с^{-1} вокруг оси, проходящей через центр диска. Два скользящих контакта (один на оси диска, другой на окружности) соединяют диск с резистором сопротивлением 10 Ом. Чему равна тепловая мощность, выделяемая на резисторе?

6. Сторона прямоугольного проволочного каркаса, имеющая длину 10 см, скользит со скоростью 1 м/с по двум другим сторонам. Плоскость прямоугольника перпендикулярна линиям индукции однородного магнитного поля 0,02 Тл. Найдите силу тока в каркасе через 0,9 с после начала движения. Сопротивлением контакта и площадью прямоугольника

в начальный момент можно пренебречь. Сопротивление одного метра проволоки равно 2 Ом.

7. П-образная рамка наклонена под углом 30° к горизонту и помещена в однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости рамки. По ней начинает соскальзывать вниз без трения перемычка массой 30 г. Длина перемычки 10 см, её сопротивление 2 мОм, индукция поля 0,1 Тл. Чему равна установившаяся скорость перемычки? Сопротивлением рамки можно пренебречь.

8. Замкнутый контур образован двумя вертикальными рейками. Верхние концы реек соединены резистором сопротивлением 4 мОм; нижние концы соединены таким же резистором. Расстояние между рейками 20 см, их сопротивлением можно пренебречь. Контур находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл, магнитные линии перпендикулярны плоскости контура. По рейкам без трения начинает соскальзывать перемычка массой 10 г и сопротивлением 2 мОм. Найдите установившуюся скорость перемычки.

9. Замкнутый контур образован двумя вертикальными рейками, между верхними концами которых включен источник тока с ЭДС 80 мВ и внутренним сопротивлением 2 мОм. Нижние концы контура соединены перемычкой длиной 10 см и массой 20 г. Контур находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,2 Тл, магнитные линии перпендикулярны плоскости контура. Когда перемычку освобождают, она начинает подниматься. Пренебрегая сопротивлением реек и перемычки, а также трением, найдите установившуюся скорость перемычки.

10. По вертикальной П-образной рамке, помещённой в однородное поле, магнитные линии которого перпендикулярны плоскости рамки, соскальзывает без трения перемычка. Незамкнутые концы рамки соединены конденсатором ёмкостью 3 мФ. Масса перемычки 4 г, длина 30 см, магнитная индукция 2 Тл. Сопротивлением всех элементов цепи можно пренебречь. Чему равно ускорение перемычки?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

11. Два параллельных рельса расположены на расстоянии 0,5 м друг от друга в горизонтальной плоскости в однородном магнитном поле (рис. 8.2). По рельсам в противоположные стороны движутся перемычки со скоростью 2 м/с. Сопро-

тивление каждой перемычки 3 Ом, а сопротивлением рельсов и контакта можно пренебречь. Магнитная индукция равна 0,3 Тл. Какова сила тока в цепи?

12. Квадратную рамку из медной проволоки со стороной 5 см перемещают вдоль оси Ox по гладкой горизонтальной поверхности с постоянной скоростью 2 м/с. Начальное положение рамки изображено на рисунке 8.3. За время движения рамка успевает полностью пройти между полюсами магнита. Индукционные токи, возникающие в рамке, оказывают тормозящее действие, поэтому для поддержания постоянной скорости движения к ней прикладывают внешнюю силу, направленную вдоль оси Ox . Чему равно сопротивление проволоки рамки, если суммарная работа внешней силы за время движения равна 25 мДж? Ширина полюсов магнита 20 см. Примите, что магнитное поле имеет резкую границу, однородно между полюсами, а его индукция 3 Тл.

13. Проводник длиной 2 м движется равноускоренно в однородном магнитном поле, индукция которого равна 0,5 Тл и направлена перпендикулярно проводнику и скорости его движения (рис. 8.4). Начальная скорость проводника равна нулю. Чему равно ускорение проводника, если ЭДС индукции на его концах равна 4 В в момент, когда проводник переместился на 4 м?

14. Медный тонкий диск диаметром 0,1 м скользит по столу со скоростью 100 м/с. Магнитное поле с индукцией 0,5 Тл направлено вдоль поверхности стола и перпендикулярно вектору скорости диска. Найдите модуль вектора напряжённости электрического поля, возникающего внутри металла, и модуль разности потенциалов между диаметрально противоположными точками верхней поверхности диска.

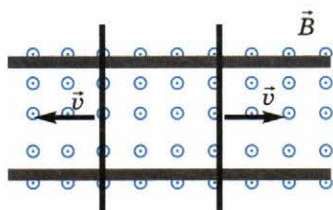


Рис. 8.2

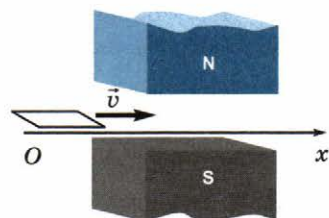


Рис. 8.3

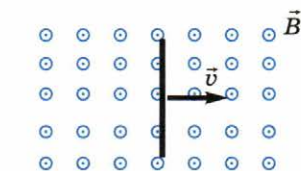


Рис. 8.4

§ 9. СВОБОДНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

- Маятник совершает 20 колебаний за 25 с.
 - Чему равен период колебаний маятника?
 - Чему равна частота колебаний маятника?
- Материальная точка совершает колебания с частотой 20 Гц. Сколько полных колебаний совершит материальная точка за 5 с?
- В таблице представлены данные о положении шарика, колеблющегося вдоль оси Ox , в различные моменты времени.

$t, \text{ с}$	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,2
$x, \text{ мм}$	0	5	13	13	5	0	-5	-13	-13

Чему равен период колебаний шарика?

- Амплитуда колебаний некоторой точки струны 1 мм, частота 1 кГц. Какой путь пройдёт эта точка за 1 с? Колебания считайте незатухающими.
- Маятник отклонили на 2 см и отпустили. Какой путь пройдёт маятник за 5 с, если период его колебаний 4 с?
- Материальная точка совершает гармонические колебания по закону $x = 0,2 \sin \pi \frac{t}{2}$, где все величины заданы в единицах СИ.
 - Чему равна амплитуда колебаний?
 - Чему равна циклическая частота колебаний?
 - Чему равен период колебаний?
 - Чему равна частота колебаний?
- Материальная точка равномерно вращается по окружности, центр которой совпадает с началом координат. Зависимость координаты x точки от времени выражается формулой $x = 0,8 \cos 18\pi \frac{t}{5}$. Сколько оборотов в секунду совершает материальная точка?

8. При гармонических колебаниях пружинного маятника координата груза изменяется со временем, как показано на рисунке 9.1.

а) Чему равны амплитуда, период и частота колебаний маятника?

б) Запишите уравнение гармонических колебаний для этого маятника.

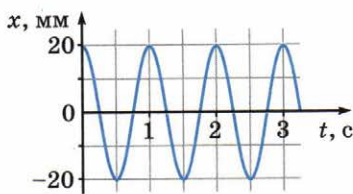


Рис. 9.1

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

9. Подвешенный на пружине шарик совершает вертикальные гармонические колебания. В начальный момент скорость шарика равна нулю. За 5 с шарик проходит путь, в 5 раз больший амплитуды колебаний. Чему равен период колебаний?

10. Координата груза, укрепленного на пружине, зависит от времени по закону $x = 0,4 \sin 4\pi t$. Чему равен путь, пройденный грузом за одну минуту?

11. Математический маятник совершает гармонические колебания с частотой 5 Гц. В начальный момент скорость маятника равна нулю, а смещение от положения равновесия равно 3 см. Напишите уравнение гармонических колебаний маятника.

12. Напишите уравнение гармонических колебаний материальной точки, если амплитуда колебаний 6 см, а период равен 0,4 с. В начальный момент времени смещение точки равно нулю.

13. На рисунке 9.2 изображены графики зависимости смещения от времени для тел, совершающих гармонические колебания.

а) Сравните амплитуды колебаний первого и второго тела.

б) Сравните периоды колебаний первого и второго тела.

в) Чему равна разность фаз колебаний первого и второго тела?

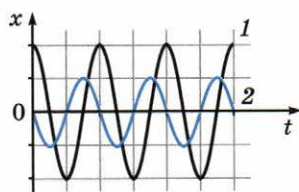


Рис. 9.2

14. Движение тела вдоль оси x описывается уравнением $x = 0,2 \cos 0,5\pi t$ м. Через какой минимальный промежуток времени после начала движения тело окажется в точке с координатой $x = -0,2$ м?

15. За какой промежуток времени после начала движения материальная точка, совершающая колебания по закону $x = 2\sin\frac{\pi}{6}t$, сместится от начального положения на половину амплитуды?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

16. Тело совершает гармонические колебания с периодом 1,2 с и амплитудой 6 см. Чему равно смещение тела от положения равновесия через 0,2 с после прохождения положения равновесия?

17. Тело, совершающее гармонические колебания, проходит путь от положения равновесия до максимального смещения за 3 с. За какое время тело проходит первую половину этого пути?

18. За какую долю периода T груз на пружине, смещённый от положения равновесия на 4 см, пройдёт:

- первые два сантиметра пути?
- вторые два сантиметра пути?

§ 10. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Как изменится период колебаний пружинного маятника, если: а) увеличить массу груза в 4 раза? б) уменьшить жёсткость пружины в 3 раза? в) увеличить массу груза в 8 раз, а жёсткость пружины увеличить в 2 раза?

2. Период колебаний пружинного маятника 1 с. Каким будет период его колебаний, если массу груза увеличить в 2 раза, а жёсткость пружины вдвое уменьшить?

3. Груз массой 200 г, прикрепённый к пружине, совершает одно колебание за 0,5 с. Чему равна жёсткость пружины?

4. Математический маятник с периодом колебаний T отклонили на небольшой угол от положения равновесия и отпустили с начальной скоростью, равной нулю (рис. 10.1). Спротивлением воздуха можно пренебречь.

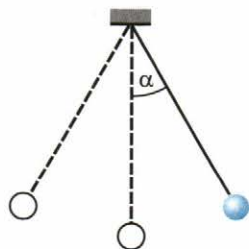


Рис. 10.1

а) Через какое время после начала движения кинетическая энергия груза в первый раз достигнет максимума?

б) Через какое время после начала движения потенциальная энергия груза вновь достигнет максимума?

5. Груз изображённого на рисунке 10.2 пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как изменяются кинетическая энергия груза, модуль скорости груза и потенциальная энергия пружины при движении груза от точки 2 к точке 3?

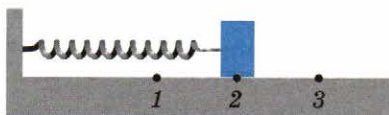


Рис. 10.2

6. Горизонтальная пружина жёсткостью 500 Н/м находится в недеформированном состоянии. Один её конец закреплён, а другой прикреплен к бруску массой 0,2 кг, находящемуся на гладкой горизонтальной поверхности (рис. 10.3). Брусок сдвигают, сжимая пружину, и отпускают. Насколько сжали пружину, если максимальная скорость бруска при колебаниях равна 2 м/с?

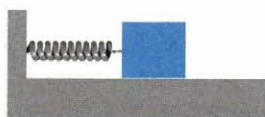


Рис. 10.3

7. Пружинный маятник совершает колебания с периодом 0,5 с. В начальный момент отклонение груза маятника от положения равновесия максимально. Сколько раз кинетическая энергия маятника достигнет своего максимального значения в течение четырёх секунд?

8. Груз массой 4 кг, закреплённый на пружине жёсткостью 400 Н/м, совершает гармонические колебания с амплитудой 10 см. Чему равна максимальная скорость груза?

9. Проекция скорости точки, колеблющейся вдоль оси Ox , изменяется по закону $v = 0,6\cos 3\pi t$ м/с. Чему равны амплитуда скорости, частота, период колебаний и скорость точки в начальный момент времени?

10. Груз, прикрепленный к горизонтально расположенной пружине жёсткостью 400 Н/м, совершает гармонические колебания в горизонтальной плоскости. В момент прохождения грузом положения равновесия его кинетическая энергия равна 2 Дж. Найдите наибольшее удлинение пружины при колебаниях.

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

11. В первой серии опытов исследовались малые колебания груза на нити некоторой длины. Затем этот же груз закрепили на нити большей длины. Максимальные углы отклонения нити от вертикали в опытах одинаковые. Как при переходе от первой серии опытов ко второй изменятся период колебаний, частота и амплитуда колебаний груза?

12. Груз массой m , подвешенный к пружине, совершает колебания с периодом T и амплитудой x_0 . Что произойдёт с периодом, частотой и максимальной потенциальной энергией пружины, если при неизменной амплитуде уменьшить массу груза?

13. Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина всё время остаётся растянутой. Как изменяются потенциальная энергия пружины, кинетическая энергия груза и потенциальная энергия груза в поле тяжести, когда груз движется вниз от положения равновесия?

14. Математический маятник, находящийся на некоторой планете, за минуту совершает 30 колебаний. Длина маятника 25 см. Чему равно ускорение свободного падения на этой планете?

15. К пружине поочерёдно прикрепляют медный и алюминиевый грузы одинакового объёма. Чему равно отношение периодов колебаний этих грузов?

16. Математический маятник длиной 15 см и груз на пружине жёсткостью 200 Н/м совершают гармонические колебания с одинаковой частотой. Чему равна масса груза?

17. Подвешенный на нити груз совершает гармонические колебания. В таблице представлены координаты груза через одинаковые промежутки времени. Какова максимальная скорость груза?

$t, \text{ с}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$x, \text{ см}$	8	4	0	-4	-8	-4	0	4

18. Смещение груза пружинного маятника изменяется со временем по закону $x = x_{\max} \cos \omega t$. Период колебания груза 2 с. Через какое минимальное время после начала движения потенциальная энергия маятника вернётся к своему исходному значению?

19. На рисунке 10.4 изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы.

а) Чему равна собственная частота колебаний?

б) Во сколько раз увеличилась максимальная скорость маятника при переходе от частоты 0,5 Гц к частоте 2,5 Гц?

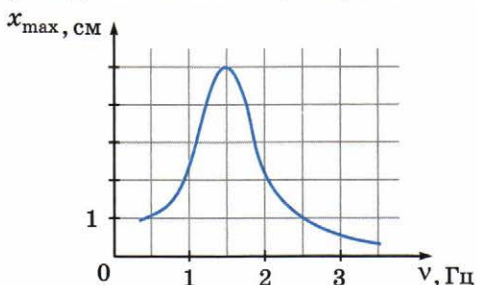


Рис. 10.4

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

20. Один математический маятник за минуту совершает 12 колебаний, а второй — 20 колебаний. Сколько колебаний совершает за минуту математический маятник, длина которого равна разности длин первого и второго маятников?

21. Два груза, укрепленные на разных пружинах, совершают гармонические колебания. Период колебаний первого груза 0,6 с, а второго — 0,8 с. После того как грузы поменяли местами, то есть второй груз прикрепили к первой пружине, а первый груз — ко второй, период колебаний первого груза стал равным 0,4 с. Каким стал период колебаний второго груза?

22. Груз, подвешенный на нити длиной 10 см, совершает колебания вблизи стены, в которую на расстоянии 6,4 см от точки подвеса вбит гвоздь (рис. 10.5). Чему равен период колебаний такого маятника?



Рис. 10.5

§ 11. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Как изменится период свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре, если и электроёмкость конденсатора, и индуктивность катушки увеличить в 3 раза?

2. Как изменится частота собственных колебаний контура, если индуктивность катушки увеличить в 8 раз, а электроёмкость конденсатора уменьшить в 2 раза?

3. Как изменится период колебаний в контуре (рис. 11.1), если ключ перевести из положения 1 в положение 2?

4. Когда ключ находится в положении 1 (рис. 11.2), период колебаний контура равен 2 мкс. Индуктивность L_1 первой катушки равна 2 мГн. Чему равна индуктивность L_2 второй катушки, если при переводе ключа в положение 2 период собственных электромагнитных колебаний в контуре равен 4 мкс?

5. Колебательный контур содержит конденсатор ёмкостью 800 пФ и катушку индуктивностью 2 мкГн. Чему равен период собственных колебаний контура?

6. Период электромагнитных колебаний контура равен 0,4 мкс.

а) Чему равна индуктивность катушки, если электроёмкость конденсатора равна 500 пФ?

б) Чему равна частота колебаний?

в) Чему равна циклическая частота колебаний?

7. Колебательный контур содержит конденсатор ёмкостью 20 нФ и катушку индуктивностью 0,4 мГн. Максимальное значение силы тока в контуре 30 мА. Чему равно максимальное напряжение на обкладках конденсатора?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

8. В колебательном контуре происходят гармонические колебания с периодом 8 мкс. Максимальный заряд конденсатора при этом равен 6 мкКл. Каким будет модуль заряда конденсатора через 2 мкс? В начальный момент его заряд равен нулю.

9. Как изменится частота свободных электромагнитных колебаний в контуре, если воздушный промежуток между пластинами конденсатора заполнить диэлектриком с диэлектрической проницаемостью, равной 7?

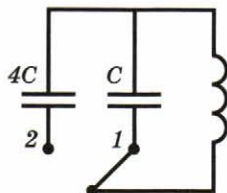


Рис. 11.1

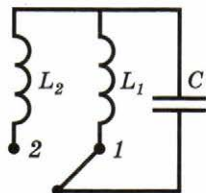


Рис. 11.2

10. Конденсатору сообщили заряд $0,25$ мкКл и подключили к нему катушку индуктивности. Циклическая частота свободных колебаний в образовавшемся контуре $8 \cdot 10^7$ рад/с. Чему равна максимальная сила тока в катушке?

11. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $0,2$ Гн и конденсатора ёмкостью 15 мкФ. В момент, когда напряжение на конденсаторе 2 В, сила тока в катушке $0,02$ А. Чему равно максимальное значение силы тока?

12. В двух колебательных контурах происходят электромагнитные колебания. Максимальное значение заряда конденсатора во втором контуре равно 6 мкКл. Амплитуда колебаний силы тока в первом контуре в 2 раза меньше, а период его колебаний в 4 раза меньше, чем во втором контуре. Чему равно максимальное значение заряда конденсатора в первом контуре?

13. Максимальный заряд конденсатора в колебательном контуре равен 6 мкКл, ёмкость конденсатора 2 мкФ, индуктивность катушки 3 Гн. В некоторый момент времени сила тока в катушке равна $2,4$ мА. Чему равен модуль заряда конденсатора в этот же момент времени?

14. В колебательном контуре с индуктивностью L и ёмкостью C конденсатор заряжен до максимального напряжения U_m . Какова будет сила тока в катушке в тот момент, когда напряжение на конденсаторе уменьшится в 2 раза?

15. Ёмкость конденсатора колебательного контура 5 нФ. Чему равен модуль заряда конденсатора через $1/12$ с после начального момента, если напряжение на конденсаторе (в единицах СИ) изменяется по закону $U = 4 \sin 2\pi t$?

16. Заряд конденсатора колебательного контура изменяется (в единицах СИ) по закону $q = 10^{-3} \cos(10^3 t)$. Индуктивность катушки $0,2$ мГн. Чему равна полная энергия контура?

17. В колебательном контуре ёмкость конденсатора 2 мкФ, а максимальное напряжение на нём 5 В. Определите энергию магнитного поля катушки в момент времени, когда напряжение на конденсаторе равно 3 В.

18. Заряженный конденсатор ёмкостью 4 мкФ подключили к катушке индуктивностью 90 мГн. Через какое минимальное время после момента подключения заряд конденсатора уменьшится в 2 раза?

19. Заряженный конденсатор ёмкостью 2 мкФ подключили к катушке индуктивностью 80 мГн . Через какое время от момента подключения энергия электрического поля станет равной энергии магнитного поля?

20. В таблице показано изменение заряда конденсатора колебательного контура со временем. Ёмкость конденсатора 50 пФ .

$t, \text{ мкс}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$q, \text{ нКл}$	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2

а) Чему равна энергия магнитного поля в момент времени 5 мкс ?

б) Чему равно максимальное значение силы тока в катушке?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

21. В колебательном контуре конденсатору ёмкостью 10 мкФ сообщили заряд 1 мКл , после чего возникли затухающие электромагнитные колебания. Сколько тепла выделится к моменту, когда максимальное напряжение на конденсаторе станет меньше начального максимального напряжения в 4 раза?

22. Конденсатор ёмкостью $0,1 \text{ мкФ}$, заряженный до напряжения 100 В , подсоединяют к катушке индуктивностью 1 мГн . Чему равна сила тока в катушке через $0,8 \cdot 10^{-5} \text{ с}$ после подключения конденсатора? Сопротивлением катушки и соединительных проводов пренебречь.

§ 12. ПЕРЕМЕННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. В рамке, вращающейся в однородном магнитном поле, индуцируется ЭДС, которая изменяется (в единицах СИ) по закону $\mathcal{E} = 80 \cos 500\pi t$. Чему равны амплитуда, циклическая частота, период и частота колебаний ЭДС?

2. Прямоугольная рамка площадью 300 см^2 равномерно вращается с периодом $0,02 \text{ с}$ в однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл . Ось вращения перпендикулярна линиям магнитной индукции. Чему равно максимальное значение ЭДС, возникающей в рамке?

3. Сколько витков имеет рамка площадью 400 см^2 , если при её вращении с частотой 40 Гц в однородном магнитном

поле с индукцией 0,2 Тл амплитудное значение ЭДС равно 60,3 В? Ось вращения рамки перпендикулярна линиям магнитной индукции.

4. Напряжение на клеммах генератора изменяется в единицах СИ по закону $U = 311\sin 314t$. Чему равны амплитуда и действующее значение напряжения?

5. Сила тока в первичной обмотке трансформатора 4 А, напряжение на её концах 200 В. Напряжение на концах вторичной обмотки 50 В. Чему равна сила тока во вторичной обмотке? Потерями в трансформаторе можно пренебречь.

6. Чему равно напряжение на первичной обмотке трансформатора, имеющей 1000 витков, если во вторичной обмотке 4000 витков и напряжение на ней 100 В?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

7. Прямоугольная рамка равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией 0,50 Тл. В рамке индуцируется ЭДС с амплитудой 20 В. Площадь рамки 200 см², число витков 40. Ось вращения перпендикулярна вектору индукции магнитного поля. Чему равна частота вращения рамки?

8. ЭДС индукции зависит от времени (в единицах СИ) по закону $\mathcal{E} = 100\sin 50\pi t$. В какой ближайший момент времени после начального значения ЭДС будет равно половине амплитудного?

9. Напряжение в цепи изменяется по синусоидальному закону. Мгновенное значение напряжения для фазы $\frac{\pi}{6}$ равно 80 В. Чему равно амплитудное значение напряжения?

10. Напряжение в цепи изменяется со временем по закону $U = U_1 \sin(\omega t + \frac{\pi}{6})$ В. В момент времени $\frac{T}{12}$, где T — период колебаний, мгновенное значение напряжения равно 10 В. Чему равны циклическая частота и амплитуда напряжения? Период колебаний равен 10 мс.

11. К генератору переменного тока подключена электропечь сопротивлением 400 Ом. За 10 мин работы печи в ней выделяется количество теплоты, равное 1080 кДж. Какова амплитуда силы тока?

12. Во сколько раз уменьшатся потери в линии электропередачи, если при передаче той же мощности использовать напряжение 150 кВ вместо 15 кВ?

13. При включении первой обмотки трансформатора в сеть переменного тока во второй обмотке возникает напряжение 30 В. При включении в эту же сеть второй обмотки на клеммах первой возникает напряжение 120 В. Во сколько раз число витков первой обмотки трансформатора больше числа витков второй обмотки?

14. Сила тока в первичной обмотке трансформатора 0,8 А, напряжение на ней 220 В. Сила тока во вторичной обмотке 12 А, напряжение на ней 14 В. Чему равен КПД трансформатора?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

15. Объясните, почему трансформатор нельзя включать в цепь постоянного тока.

16. Разборный школьный трансформатор включён в сеть. Ко вторичной обмотке подключают нагрузку, при этом сила тока в первичной обмотке возрастает незначительно. Как изменится сила тока в первичной и вторичной обмотках при удалении верхней части сердечника (рис. 12.1)?

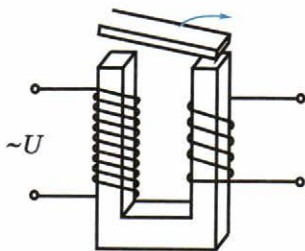


Рис. 12.1

17. Через отверстие замкнутого сердечника трансформатора, понижающего напряжение с 220 В до 42 В, проходит провод, концы которого присоединены к вольтметру. Вольтметр показывает 0,5 В. Сколько витков имеют обмотки трансформатора?

§ 13. БОЛЕЕ СЛОЖНЫЕ ВОПРОСЫ КОЛЕБАНИЙ

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. Подвешенный покоящийся груз растягивает лёгкую пружину на 16 см. Чему равен период колебаний груза на этой пружине?

2. Между двумя горизонтальными пружинами жёсткостью 3 Н/м и 5 Н/м прикреплен груз массой 0,5 кг. Другие концы пружин закреплены неподвижно, трением можно пренебречь. Чему равна частота колебаний груза?

3. Груз массой m , подвешенный на двух одинаковых лёгких пружинах, соединённых последовательно, совершает колебания с частотой $2,5$ Гц. Какова будет частота колебаний того же груза на одной пружине?

4. Длина нити математического маятника равна 2 м, масса груза 200 г. Нить отклоняют от вертикали на угол, косинус которого равен $0,9$, и отпускают груз без толчка. Чему равно максимальное значение импульса маятника?

5. Груз математического маятника имеет массу 400 г. Период колебаний маятника равен $1,5$ с. Чему равна полная энергия маятника, если при колебаниях нить отклоняется от вертикали на максимальный угол, косинус которого равен $0,95$?

6. В вагоне поезда подвешен маятник длиной 1 м. При движении поезда маятник раскачивается от толчков на стыках рельсов. При какой скорости v поезда маятник раскачивается особенно сильно, если длина рельсов 25 м?

7. Шарик массой 20 г с положительным зарядом 10^{-5} Кл подвешен на шёлковой нити и помещён над положительно заряженной плоскостью, создающей однородное электрическое поле напряжённостью 104 В/м. Период малых колебаний шарика 2 с. Какова длина нити?

8. Чему равен период T колебаний математического маятника длиной l : а) в лифте, ускорение которого направлено вверх и равно a ? б) в лифте, ускорение которого направлено вниз ($a < g$)? в) в поезде, движущемся горизонтально с ускорением a ? Чему равен во всех этих случаях период колебаний пружинного маятника?

9. В лифте, движущемся с направленным вверх ускорением, модуль которого равен 3 м/с², находится математический маятник длиной 1 м. Сколько колебаний совершит маятник за $15,7$ с?

10. В кабине лифта, находящегося на верхнем этаже небоскрёба, проводится эксперимент. Подвешенный на нити шарик совершает малые колебания. Нить привязана к гвоздю, вбитому в стену кабины. Трос лифта обрывается, и лифт начинает падать. Опишите движение шарика относительно лифта на протяжении всего падения. Учтите при этом, что на лифт действует сила сопротивления воздуха, зависящая от скорости падения.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

11. Горизонтальная подставка с лежащим на ней бруском совершает горизонтальные гармонические колебания с периодом $T = 0,5$ с. Коэффициент трения между бруском и подставкой $\mu = 0,1$. При какой амплитуде колебаний A брусок проскальзывает на подставке при колебаниях?

12. Горизонтальная подставка совершает вертикальные гармонические колебания с амплитудой $A = 5$ мм. При какой частоте колебаний лежащий на подставке брусок не отрывается от неё?

13. К пружине жёсткостью k подвешена чашка. На чашку с высоты h падает без начальной скорости липкий шарик массой m . Найдите амплитуду A возникающих колебаний. Массами пружины и чашки можно пренебречь.

14. Однородный цилиндр с площадью поперечного сечения 10^{-2} м² плавает на границе несмешивающихся жидкостей с плотностями 800 кг/м³ и 1000 кг/м³ (рис. 13.1). Пренебрегая сопротивлением жидкостей, определите массу цилиндра, если период его малых вертикальных колебаний равен $\frac{\pi}{5}$ с.

15. Ареометр, погружённый в жидкость, совершает малые вертикальные гармонические колебания с частотой 0,2 Гц (рис. 13.2). Площадь сечения трубки ареометра 10 мм², его масса 50 г. Пренебрегая сопротивлением жидкости, найдите её плотность.

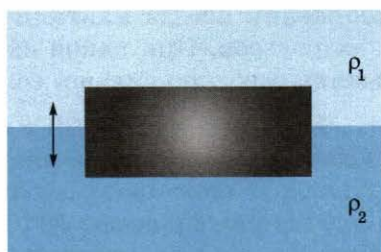


Рис. 13.1

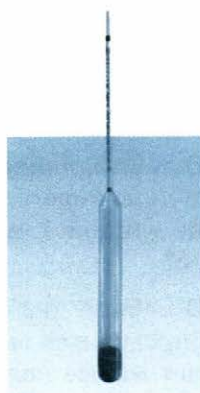


Рис. 13.2

§ 14. МЕХАНИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ. ЗВУК**БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ**

1. Чему равно расстояние между соседними точками волны, находящимися в одинаковых фазах, если волна распространяется со скоростью 330 м/с, а частота волны равна 400 Гц?

2. Лодка качается на волне, распространяющейся со скоростью 2 м/с. Расстояние между двумя соседними гребнями волн 5 м. Чему равен период колебаний лодки?

3. На какое расстояние звук распространяется за минуту:

а) в воздухе;

б) в воде?

4. Чему равна длина звуковой волны, создаваемой источником с частотой колебаний 250 Гц?

5. Найдите скорость распространения звука в веществе, в котором колебания с периодом 0,02 с вызывают звуковую волну длиной 10 м.

6. Длина звуковой волны частотой 440 Гц в некотором веществе равна 3,4 м. Чему равна скорость звука в этом веществе?

7. Эхо от ружейного выстрела дошло до стрелка через 4 с после выстрела. На каком расстоянии от стрелка находится преграда, от которой отразился звук?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

8. Волна распространяется вдоль резинового шнура со скоростью 3 м/с и частотой 2 Гц. Какова разность фаз колебаний двух точек шнура, расстояние между которыми равно 75 см?

9. В воде распространяется звуковая волна частотой 750 Гц. На каком расстоянии друг от друга находятся ближайшие точки, колеблющиеся в противофазе?

10. Две точки находятся на прямой, вдоль которой распространяется волна со скоростью 60 м/с. Период волны 0,06 с, расстояние между данными точками 90 см. Чему равна разность фаз колебаний в этих точках?

11. Волна с частотой 200 Гц распространяется в некоторой среде, причём разность фаз в двух точках, находящихся на

расстоянии 1 м одна от другой на одной прямой с источником колебаний, равна $\frac{\pi}{3}$. Чему равна скорость волны в этой среде?

12. Во сколько раз изменится длина звуковой волны при переходе из воздуха в воду?

13. Если источник звука и наблюдатель находятся примерно на одной высоте, то в направлении ветра звук слышен лучше, чем в противоположном. Как объяснить это явление?

14. Один камертон (рис. 14.1) при колебании издаёт высокий звук, другой — низкий. Нарисуйте примерные графики колебаний частиц среды для обоих случаев.

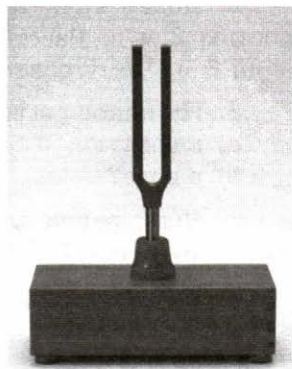


Рис. 14.1

15. Один раз камертон издаёт тихий звук, другой раз тот же камертон звучит громче. Нарисуйте примерные графики колебаний частиц среды для обоих случаев.

16. Пчеловоды, услышав звук крыльев пчелы, могут определить, куда она летит: за нектаром или возвращается с нектаром в улей. Какую особенность звука крыльев они используют?

17. Реактивный самолёт пролетел со скоростью, в 2 раза превышающей скорость звука, на высоте 5 км над наблюдателем. На каком расстоянии от наблюдателя находился самолёт, когда человек начал слышать его звук?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

18. Наблюдатель, приложив ухо к рельсу, фиксирует звук приближающегося поезда на 4 с раньше, чем звук, доносящийся по воздуху. Скорость звука в стали 5000 м/с. На каком расстоянии от наблюдателя находился поезд в момент, когда наблюдатель услышал его звук первый раз?

19. Камень упал в шахту. Звук его падения был услышан через 6 с. Считайте, что сопротивлением воздуха можно пренебречь.

- Сколько времени падал камень?
- Чему равна глубина шахты?

§ 15. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Солнце излучает электромагнитные волны инфракрасного, ультрафиолетового, видимого, рентгеновского и других диапазонов.

а) Выберите среди электромагнитных волн названных диапазонов волны с минимальной частотой.

б) Выберите среди электромагнитных волн названных диапазонов те, у которых длина волны минимальна.

2. Какой объект (объекты), согласно классической электродинамике, излучает электромагнитные волны?

а) Проводник, по которому протекает переменный ток.

б) Покоящийся заряд.

в) Электрон, двигающийся в ускоряющем электрическом поле.

г) Покоящийся электромагнит, подключённый к аккумулятору.

д) Ускоренно движущийся заряд.

е) Постоянный магнит, лежащий на сиденье равномерно движущегося автомобиля.

3. Чему равно отношение длины звуковой волны частотой 600 Гц к длине радиоволны УКВ диапазона частотой 750 МГц?

4. Длина волны ультрафиолетового излучения в вакууме равна $1,5 \cdot 10^{-5}$ см. Чему равна длина волны этого излучения в воде?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

5. В плоской электромагнитной волне, распространяющейся вдоль оси Oz , вектор напряжённости электрического поля направлен параллельно оси Oy . Как ориентирован вектор магнитной индукции этой волны?

6. Плоская электромагнитная волна распространяется вдоль оси Ox в положительном направлении. Какова разность фаз колебаний индукции магнитного поля в начале координат и в точке M с координатами $x = 3$ м, $y = 2$ м, $z = 1$ м, если длина волны равна 4 м?

7. Монохроматический свет с частотой $1,6 \cdot 10^{15}$ Гц распространяется в пластинке, прозрачной для этого света и имеющей показатель преломления 1,6.

- Чему равна длина волны этого света в пластинке?
- Чему равна длина волны этого света в воде?

8. Монохроматический свет с длиной волны в вакууме 720 нм проходит через тонкую прозрачную плёнку с показателем преломления 1,8. Толщина плёнки $3,8 \cdot 10^{-5}$ м. Световая волна падает на плёнку перпендикулярно её поверхности. Сколько раз длина волны света в плёнке укладывается в её толщине?

§ 16. ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. Радиостанция работает на частоте 120 МГц. На какую длину волны нужно настроить радиоприёмник, чтобы слушать передачи этой радиостанции?

2. Сотовые телефоны работают в диапазонах частот 900 МГц и 1800 МГц. Какие длины волн соответствуют этим частотам?

3. Видеоизображение передаётся на длинах волн от 1,5 м до 6 м. Какие частоты соответствуют этим длинам волн?

4. Почему радиоприёмники плохо работают, когда машина проезжает под эстакадой или мостом?

5. Почему башни телецентра (рис. 16.1) строят высокими?

6. Почему при работе на коротких волнах возникают зоны «молчания»?

7. Почему нельзя осуществить радиосвязь между подводными лодками, находящимися на некоторой глубине в океане?



Рис. 16.1

8. Почему мобильная связь плохо работает в подвальном помещении?

9. Радиостанция работает на длине волны 60 м. Сколько колебаний несущей частоты происходит в течение одного периода звуковых колебаний с частотой 5 кГц?

§ 17. ПЕРЕДАЧА И ПРИЁМ РАДИОВОЛН

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. При настройке колебательного контура радиопередатчика его индуктивность уменьшили. Как при этом изменятся следующие три величины:

- а) период колебаний тока в контуре;
- б) частота излучаемых волн;
- в) длина волны излучения?

2. Что нужно делать для приёма более коротких волн — сближать или раздвигать пластины конденсатора, включённого в колебательный контур приёмника? Увеличивать или уменьшать площадь перекрытия пластин в конденсаторе переменной ёмкости?

3. Заряд на обкладках конденсатора колебательного контура изменяется в единицах СИ по закону $q = 5 \cdot 10^{-6} \cos 6,28 \cdot 10^7 t$. На какую длину волны настроен контур? В каком диапазоне длин волн излучает контур?

4. На какую длину волны настроен радиоприёмник, если индуктивность катушки его колебательного контура 2 мГн, а ёмкость конденсатора 12 пФ?

5. Колебательный контур радиоприёмника настроен на частоту 6 МГц. Во сколько раз нужно изменить ёмкость конденсатора контура, чтобы настроиться на длину волны 150 м?

6. Колебательный контур, состоящий из катушки индуктивности и воздушного конденсатора, настроен на длину волны 250 м. При этом расстояние между пластинами конденсатора 8 мм. Каким надо сделать это расстояние, чтобы настроить контур на длину волны 200 м?

§ 18. ЗАКОНЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ
БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. На какой угол повернётся отражённый от поверхности зеркала луч, если зеркало повернуть на 30° в плоскости, в которой лежат падающий луч и перпендикуляр в точке падения луча?

2. Угол отражения светового луча от зеркала равен 30° . Чему равен угол между падающим лучом и поверхностью зеркала?

3. Под каким углом к горизонту надо расположить плоское зеркало, чтобы падающий на него горизонтальный луч после отражения был направлен вертикально вверх?

4. Высота солнца над горизонтом составляет 48° . Под каким углом к горизонту следует расположить зеркало, чтобы осветить «зайчиком» дно глубокого колодца?

5. Во сколько раз увеличится расстояние между предметом и его изображением в плоском зеркале, если зеркало переместить туда, где ранее находилось изображение предмета? Предмет остаётся на том же месте.

6. Плоское зеркало движется по направлению к точечному источнику света со скоростью 15 см/с. С какой скоростью движется изображение? Плоскость зеркала перпендикулярна его скорости.

7. Луч переходит из воды в стекло. Угол падения равен 45° . Чему равен синус угла преломления?

8. При переходе луча света из первой среды во вторую угол падения равен 60° , а угол преломления 30° . Чему равен относительный показатель преломления второй среды относительно первой?

9. Световой луч попадает из воздуха в жидкость с показателем преломления $1,4$ и распространяется в ней под углом 60° к её поверхности. Найдите синус угла падения.

10. При переходе луча света из стекла в воду измеренные учеником углы падения и преломления равны соответственно

45° и 60° . Чему согласно этим данным равен показатель преломления стекла?

11. Луч света падает из воздуха на плоскопараллельную стеклянную пластинку под углом 30° , а из стекла попадает в жидкость. Найти синус угла преломления света в жидкости, если её показатель преломления равен 1,6.

12. Чему равен показатель преломления материала, из которого изготовлен полуцилиндр, в опыте, изображённом на рисунке 18.1?

13. На рисунке 18.2 показан ход светового луча сквозь стеклянную призму. Точка O на рисунке — центр окружности. Выразите показатель преломления стекла через длины отрезков, изображённых на рисунке.

14. Чему равен предельный угол полного отражения на границе «стекло — воздух»?

15. Чему равен показатель преломления жидкости, если предельный угол полного отражения на границе «жидкость — воздух» равен 45° ?

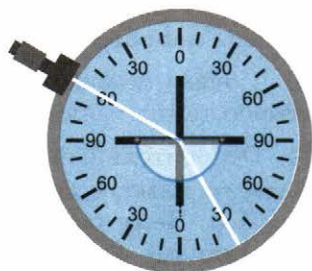


Рис. 18.1

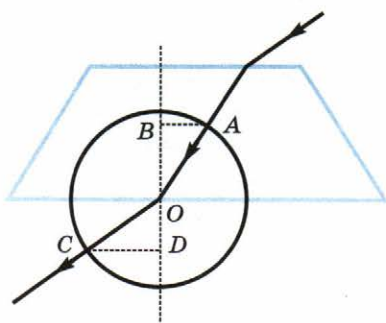


Рис. 18.2

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

16. К потолку комнаты высотой 4 м прикреплена лампа накаливания. На высоте 2 м от пола расположен горизонтально непрозрачный диск диаметром 2 м. Центры лампы и диска лежат на одной вертикали. Чему равен диаметр тени на полу?

17. К потолку комнаты высотой 4 м прикреплено светящееся круглое панно диаметром 2 м. На высоте 2 м от пола расположен горизонтально непрозрачный диск диаметром 2 м. Центры панно и диска лежат на одной вертикали.

а) Чему равна площадь полной тени на полу?

б) Чему равна площадь полутени?

18. Вертикальный шест высотой 1,2 м, поставленный недалеко от уличного фонаря, отбрасывает тень длиной 90 см. Если расстояние между фонарным столбом и шестом увеличить на 1,5 м, то длина тени возрастёт до 1,4 м. На какой высоте находится фонарь?

19. Два зеркала образуют двугранный прямой угол. На эту систему зеркал падает луч, перпендикулярный ребру угла. Как изменится направление луча после отражения от двух зеркал?

20. Почему ночью лужа на неосвещённой дороге кажется водителю тёмным пятном на светлом фоне?

21. Относительный показатель преломления на границе «воздух — алмаз» равен 2,4, а на границе «воздух — стекло» — 1,5. Чему равен относительный показатель преломления на границе «стекло — алмаз»?

22. Высота солнца над горизонтом кажется водолазу, находящемуся под водой, равной 60° . Какова настоящая высота солнца над горизонтом в этот момент?

23. Две стеклянные плоскопараллельные пластинки с показателями преломления 1,5 и 1,6 сложены вместе. Луч света падает на верхнюю пластинку под углом 50° . Под каким углом выходит луч из нижней пластинки?

24. Луч света падает на поверхность воды под углом 50° . При каком угле падения на поверхность стекла угол преломления будет таким же?

25. Чему равен угол падения луча на поверхность стекла, если угол преломления в 2 раза меньше угла падения?

26. Луч света падает под углом 60° на границу раздела «воздух — жидкость». Отражённый и преломлённый лучи перпендикулярны друг другу. Чему равен показатель преломления жидкости?

27. Угол полного внутреннего отражения на границе «стекло — алмаз» равен $38,7^\circ$. Чему равен показатель преломления алмаза?

28. При переходе луча света из первой среды во вторую угол преломления равен 45° , а при переходе из первой среды в третью угол преломления равен 30° при том же угле падения. Чему равен предельный угол полного внутреннего отражения для луча, идущего из третьей среды во вторую?

29. Луч света направлен из воды в воздух так, что происходит полное внутреннее отражение на границе «вода — воздух». Сможет ли этот луч выйти в воздух, если на поверхность воды налить слой прозрачного масла, показатель преломления которого превышает показатель преломления воды?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

30. Теплоход проходит мимо стоящей на якоре шхуны. В момент наибольшего сближения боцман шхуны вытягивает руку и, глядя только правым глазом, заслоняет поставленным вертикально большим пальцем вытянутой руки нос теплохода. Открыв левый глаз и закрыв правый, он видит, что теперь его палец закрывает корму теплохода. Зная длину теплохода, боцман сразу же называет расстояние L до него. Каково это расстояние? Длина теплохода $a = 100$ м, расстояние от глаз боцмана до большого пальца его вытянутой руки $l = 60$ см, расстояние между зрачками боцмана $b = 65$ мм.

31. Почему толчёное стекло непрозрачно? Почему оно становится прозрачным, если погрузить его в воду?

§ 19. ЛИНЗЫ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. С помощью линзы получают изображение точечного источника. Постройте изображения источника для случаев, представленных на рисунке 19.1, a — e . Опишите свойства изображения в каждом случае.

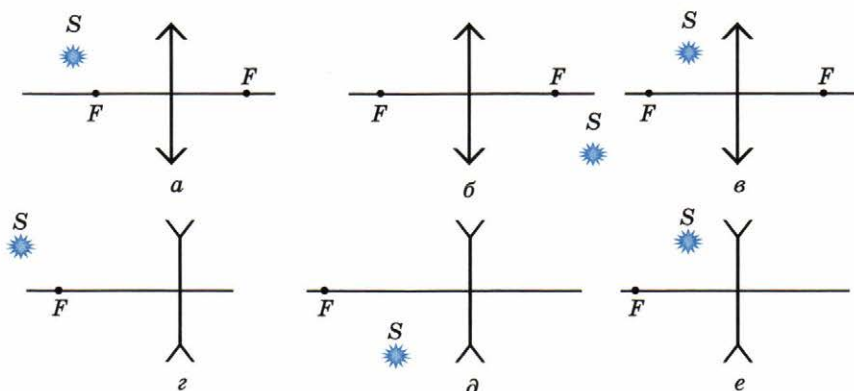


Рис. 19.1

2. С помощью линзы получают изображение предмета. Постройте изображения этого предмета для случаев, представленных на рисунке 19.2, *a—e*. Опишите свойства изображения в каждом случае.

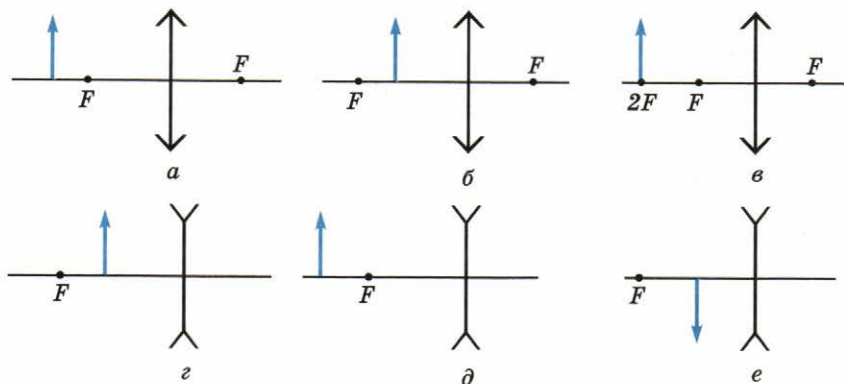


Рис. 19.2

3. Постройте изображение точки, находящейся на главной оптической оси тонкой линзы на одинаковом расстоянии от линзы и от её фокуса:

- для собирающей линзы;
- для рассеивающей линзы.

4. С помощью собирающей линзы получили действительное изображение светящейся точки. Точка находится на расстоянии 30 см от линзы, а её изображение — на расстоянии 50 см от линзы. Чему равно фокусное расстояние линзы?

5. Точка находится на расстоянии 40 см от рассеивающей линзы, а изображение точки — на расстоянии 20 см от линзы. Чему равно фокусное расстояние линзы?

6. Предмет находится на расстоянии 20 см от собирающей линзы с фокусным расстоянием 10 см. На каком расстоянии от линзы находится изображение предмета?

7. Предмет находится на расстоянии 12 см от собирающей линзы, которая даёт его мнимое изображение, увеличенное в 4 раза. Чему равно фокусное расстояние линзы?

8. При помощи линзы с фокусным расстоянием 40 см получено чёткое изображение предмета на экране, удалённом от линзы на 1,2 м.

а) Какая использовалась линза: собирающая или рассеивающая?

б) Чему равна оптическая сила линзы?

в) На каком расстоянии от линзы находится предмет?

г) Чему равно увеличение линзы?

9. Чему равна оптическая сила рассеивающей линзы, если предмет расположен на расстоянии 50 см от линзы, а его изображение — на расстоянии 20 см от линзы?

10. Предмет высотой 1 см расположен перед собирающей линзой с фокусным расстоянием 12 см на расстоянии 3 см от неё. Чему равен размер изображения?

11. Рассеивающая линза с фокусным расстоянием 15 см даёт изображение предмета, уменьшенное в 2 раза. Чему равно при этом расстояние от предмета до линзы?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

12. Как изменится изображение, полученное на экране при помощи собирающей линзы, если закрыть верхнюю её половину?

13. На рисунке 19.3, *а—в* показан ход лучей через оптический прибор, закрытый ширмой. Какой прибор находится за ширмой в каждом случае? Ответ поясните с помощью чертежа.

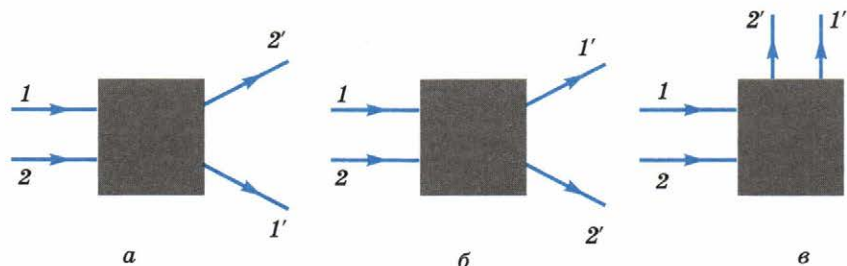


Рис. 19.3

14. Первая линза с фокусным расстоянием 12 см даёт уменьшенное в 3 раза действительное изображение предмета. Вторая линза, помещённая на место первой, даёт действительное изображение предмета, увеличенное в 3 раза. Чему равно фокусное расстояние второй линзы?

15. Предмет находится на расстоянии 8 см от переднего фокуса линзы, а его изображение — на экране на расстоянии

18 см от заднего фокуса линзы. Найдите фокусное расстояние линзы.

16. На расстоянии 90 см от стены находится лампа. На каком расстоянии от стены следует разместить собирающую линзу с фокусным расстоянием 20 см, чтобы получить на стене чёткое изображение нити накала лампы?

17. С помощью собирающей линзы на экране получают чёткое изображение предмета. Высота предмета h , высота изображения $h_1 > h$. Линзу передвигают на некоторое расстояние ближе к экрану, и на экране опять возникает чёткое изображение предмета. Какова теперь высота изображения h_2 ?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

18. Постройте изображение наклонной стрелки AB , проходящей через фокус линзы (рис. 19.4, а, б).

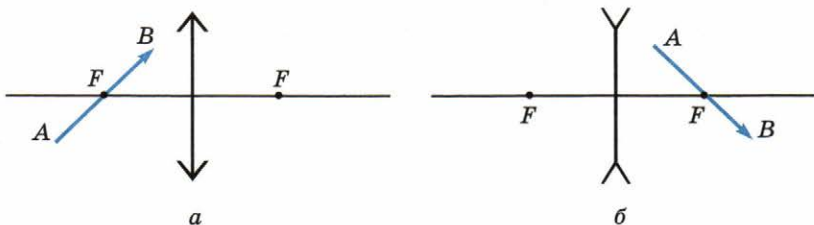


Рис. 19.4

19. Расстояние между двумя точечными источниками света 32 см. Где между ними надо поместить собирающую линзу с фокусным расстоянием 12 см, чтобы изображения обоих источников оказались в одной точке?

20. С помощью собирающей линзы на экране получают уменьшенное изображение предмета, находящегося на расстоянии 45 см от экрана. Перемещая линзу, получают на экране другое изображение, в 4 раза больше первого. Каково фокусное расстояние линзы?

21. С помощью собирающей линзы на экране получают чёткое изображение свечи при двух положениях линзы, расстояние между которыми 50 см. Найдите оптическую силу линзы, если свеча находится на расстоянии 2,5 м от экрана.

§ 20. ГЛАЗ И ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. На рисунке 20.1 приведены схемы хода лучей в глазу при близорукости, дальнозоркости и для нормального глаза.

а) Какая из схем соответствует ходу лучей в нормальном глазу?

б) Какие из этих схем соответствуют случаю близорукости и коррекции зрения при близорукости?

в) Какие из этих схем соответствуют случаю дальнозоркости и коррекции зрения при дальнозоркости?

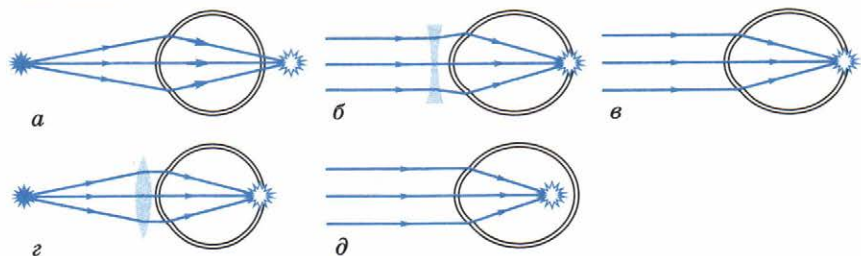


Рис. 20.1

2. Оптическую систему глаза можно представить как собирающую линзу, оптический центр которой находится на расстоянии 17,1 мм от сетчатки.

а) Чему равна оптическая сила глаза при рассматривании предмета на расстоянии наилучшего зрения?

б) Какой дефект зрения у человека с расстоянием наилучшего зрения 40 см?

в) Чему равна оптическая сила глаза при рассматривании предмета, находящегося на расстоянии 40 см от глаза?

г) Чему равна оптическая сила очков для человека, у которого расстояние наилучшего зрения равно 40 см?

3. Фокусное расстояние объектива фотоаппарата 12 мм. Объектив фотоаппарата считайте тонкой линзой. Предмет расположен на расстоянии 80 см от объектива. Во сколько раз размер изображения предмета на фотоплёнке меньше самого предмета?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

4. На каком минимальном расстоянии близорукий человек может читать без очков мелкий шрифт, если он пользуется очками с оптической силой -4 дптр?

5. С какого расстояния сделан фотоснимок здания высотой 8 м, если на фотоплёнке высота здания 1 см? Фокусное расстояние фотоаппарата 5 см.

6. Какое фокусное расстояние должен иметь объектив:

а) для получения уменьшенной фотокопии текста в масштабе 1 : 10 (фотографирование производится с расстояния 1 м)?

б) для получения снимков местности в масштабе 1 : 5000 при топографической съёмке с самолёта, летящего на высоте 1 км?

7. Оптическая сила объектива фотоаппарата 5 дптр. При фотографировании чертежа с расстояния 1 м площадь изображения чертежа на фотопластинке оказалась равной 4 см^2 . Какова площадь самого чертежа?

8. Объектив проекционного аппарата имеет оптическую силу 5,4 дптр. Экран расположен на расстоянии 4 м от объектива. Определите размеры экрана, на котором должно уместиться изображение диапозитива размером $6 \times 9 \text{ см}$.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

9. При съёмке с расстояния 4,25 м высота изображения предмета равна 2,7 мм, а при съёмке с расстояния 1,0 м высота изображения равна 12 мм. Найдите фокусное расстояние объектива.

10. Собирающая линза с фокусным расстоянием 40 мм используется в качестве зажигательного стекла. Каков минимальный диаметр полученного с её помощью светлого пятна? Угловой диаметр солнечного диска при наблюдении с Земли $\beta = 9,3 \cdot 10^{-3} \text{ рад}$.

11. Надо сфотографировать автомобиль, движущийся мимо со скоростью $v = 54 \text{ км/ч}$. Размытие контура изображения на плёнке не должна превышать $a = 50 \text{ мкм}$. Каким должно быть время экспозиции Δt , если фокусное расстояние объектива $F = 40 \text{ мм}$, а фотографирование производится с расстояния $d = 10 \text{ м}$?

12. Со спутника, летящего на высоте $H = 150 \text{ км}$, фотографируют ночной город. Разрешающая способность плёнки (наименьшее расстояние между изображениями двух точек, при котором эти изображения не сливаются) $\Delta l = 0,01 \text{ мм}$. Фо-

кусное расстояние объектива $F = 10$ см. При каком расстоянии L между уличными фонарями их изображения на снимке получатся раздельными? Оцените время экспозиции t , при котором движение спутника не приводит к заметному размыванию изображения.

13. Условимся считать изображение на плёнке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на плёнке получается изображение пятна диаметром не более некоторого заданного значения. Поэтому если объектив находится на фокусном расстоянии от плёнки, то резкими считаются не только бесконечно удалённые предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния d . Оцените допустимый размер пятна, если при фокусном расстоянии объектива 50 мм и диаметре входного отверстия 5 мм резкими оказались все предметы, расположенные далее 5 м.

§ 21. БОЛЕЕ СЛОЖНЫЕ ВОПРОСЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. На рисунке 21.1 изображены стрелка AB и зеркало. Перенесите рисунок в тетрадь и найдите построением, какую часть стрелки AB видно из точки:

- 1?
- 2?
- 3?

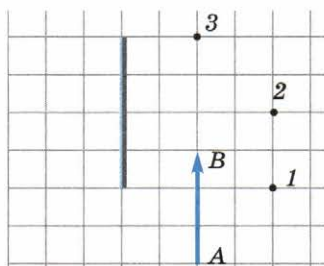


Рис. 21.1

2. Два плоских зеркала образуют двугранный угол α . Между ними, на биссектрисе угла, расположен точечный источник света. Определите число изображений источника в зеркалах и постройте их для случаев, когда угол равен 90° ; 120° ; 45° .

3. Глубина водоёма равна 3 м. Определите кажущуюся глубину водоёма, если его дно рассматривают, склонившись над водой и глядя вертикально вниз.

4. Пловец, нырнувший с открытыми глазами, рассматривает из-под воды светящийся предмет, находящийся над его головой на высоте 2 м над поверхностью воды. Какой видится пловцу высота положения предмета над поверхностью воды?

5. Светящаяся точка находится на расстоянии 25 см от стеклянной плоскопараллельной пластинки толщиной 6 см. Наблюдатель рассматривает точку сквозь пластинку, причём идущие от светящейся точки в глаз лучи практически перпендикулярны пластинке. На каком расстоянии от ближайшей к наблюдателю грани находится изображение предмета, которое видит наблюдатель?

6. Над аквариумом поместили горизонтальное плоское зеркало на высоте 0,8 м от поверхности воды. На какой высоте над водой увидит своё отражение рыба, находящаяся на глубине 0,3 м?

7. На дне заполненного водой сосуда лежит плоское зеркало. Наклонившийся над сосудом человек видит своё изображение в зеркале на расстоянии наилучшего зрения, если расстояние от глаза до поверхности воды 8 см. Чему равна глубина сосуда?

8. Свая вбита в дно реки и возвышается над водой на 1,4 м. Глубина реки 2 м. Чему равна длина тени сваи на поверхности воды и на дне реки, если высота Солнца над горизонтом 30° ?

9. На поверхности воды — круглое светлое пятно диаметром 1,9 м от точечного источника света, расположенного на дне водоёма. Чему равна глубина водоёма?

10. На дне водоёма, имеющего глубину 3,5 м, находится точечный источник света. Какой минимальный радиус должен иметь непрозрачный круг, плавающий на поверхности воды, чтобы, глядя сверху, нельзя было увидеть этот источник света? Центр круга находится точно над источником.

11. Прямоугольный плот длиной 5 м и шириной 2,5 м плавает в открытом бассейне глубиной 1 м. Каковы размеры тени на дне бассейна в солнечный день? А если всё небо затянуто тучами?

12. Широкий непрозрачный сосуд высотой 6 см доверху наполнен водой. Поверхность воды закрыли тонкой непрозрачной плёнкой, в которой имеется отверстие радиусом 2 см. Чему равен диаметр светлого пятна на дне сосуда, если он освещается рассеянным светом?

13. Прозрачный куб стоит на скатерти с узором. При каком значении показателя преломления n материала куба узор нельзя увидеть через боковую грань куба?

14. В ясный солнечный день стоящий на дне озера водолаз видит в водном «зеркале» у себя над головой отражение всех участков дна, находящихся от него на расстоянии $S \geq 10$ м. Рост водолаза 1,8 м. Чему равна глубина озера?

15. На горизонтальном дне бассейна глубиной 3 м лежит плоское зеркало. Луч света, преломившись на поверхности воды, отражается от зеркала и выходит в воздух. Расстояние от точки входа луча в воду до точки выхода отражённого луча из воды равно 1,8 м. Чему равен угол падения луча?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

16. Точечный источник света расположен на расстоянии 12 см от линии пересечения двух плоских зеркал, образующих двугранный угол 30° . Определите расстояние a между изображениями источника, образованными в результате однократного отражения света от каждого зеркала.

17. Два плоских зеркала располагаются под углом друг к другу. Между ними помещается точечный источник света. Расстояние от источника до одного зеркала 3 см, до другого 4 см. Расстояние между изображениями источника, образованными в результате однократного отражения света от каждого зеркала, равно 10 см. Чему равен двугранный угол между зеркалами?

18. Краба, ползущего по дну на глубине 2 м, фотографируют с высоты 1 м над поверхностью воды. Какое расстояние надо установить на шкале дальности объектива? Каков будет размер изображения, если длина краба 10 см? Фокусное расстояние объектива 50 мм.

19. Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC расположен перед тонкой собирающей линзой с оптической силой 2,5 дптр так, что его катет $AC = 4$ см лежит на главной оптической оси линзы (рис. 21.2). Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры. Примите, что изображением прямолинейного отрезка является прямолинейный отрезок.

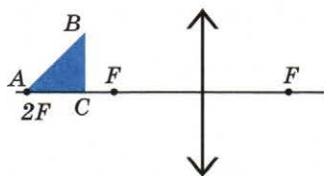


Рис. 21.2

§ 22. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ ВОЛН**БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ**

1. Два когерентных источника звука совершают колебания в одинаковой фазе. В точке, отстоящей на 2,3 м от первого источника и на 2,4 м от второго, звук практически не слышен. При какой минимальной частоте звука это возможно? Скорость звука в воздухе 330 м/с.

2. На поверхности воды распространяются волны длиной 30 см от двух точечных когерентных источников, колеблющихся в одинаковой фазе. В некоторой области волны перекрываются. В этой области амплитуды волн практически одинаковы и равны 6 см. Какова амплитуда колебаний частиц поверхности воды в точке, разность хода волн до которой составляет: а) 30 см? б) 45 см?

3. В некоторой точке пространства разность хода световых волн, полученных от двух когерентных источников света, в 4 раза больше длины волны. Что будет наблюдаться в данной точке?

4. В некоторую точку пространства приходят две когерентные световые волны с разностью хода 1,8 мкм. Определите, усиливается или ослабляется в этой точке свет с длиной волны:

- а) 600 нм;
- б) 400 нм.

5. Минимальная разность хода, при которой две когерентные световые волны ослабляют друг друга при интерференции, равна 250 нм. Чему равна длина волны?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

6. В точке, находящейся на равных расстояниях от двух точечных когерентных источников волн, наблюдается интерференционный минимум. Чему равна минимально возможная разность фаз колебаний источников?

7. Два точечных когерентных монохроматических источника света S_1 и S_2 находятся на расстоянии 2 мм друг от друга и на расстоянии 8 м от экрана. Если из S_1 и S_2 опустить перпендикуляры на экран, то их основания будут совпадать с по-

ложениями двух соседних тёмных полос интерференционной картины. Чему равна длина волны света?

8. При изучении явления интерференции оказалось, что положение интерференционного максимума второго порядка для красного света совпадает с положением интерференционного максимума третьего порядка для синего света. Длина волны, соответствующая красному цвету, равна 690 нм. Чему равна длина волны, соответствующая синему цвету?

9. Экран расположен на расстоянии 6 м от двух когерентных монохроматических источников. Расстояние между двумя ближайшими светлыми полосами, лежащими по разные стороны от центрального максимума, 4,8 мм. Расстояние между источниками равно 1 мм. Чему равна длина световой волны?

10. Когерентные источники света, расстояние между которыми 2 мм, находятся в плоскости, параллельной экрану. Расстояние между соседними интерференционными полосами на экране равно 2,1 мм. Длина волны 600 нм. Чему равно расстояние между источниками света и экраном?

11. Два очень тонких полупрозрачных зеркала расположены параллельно друг другу. На них перпендикулярно плоскости зеркал падает световая волна длиной 600 нм. При каком минимальном расстоянии между зеркалами будет наблюдаться интерференционный минимум для проходящих световых волн?

12. Два очень тонких полупрозрачных зеркала расположены параллельно друг другу. На них перпендикулярно плоскости зеркал падает световая волна. Длина волны 600 нм. При каком минимальном расстоянии между зеркалами будет наблюдаться интерференционный максимум для отражённого света?

13. Чтобы уменьшить коэффициент отражения света от поверхности стекла, на него наносят тонкую прозрачную плёнку с показателем преломления n_n меньшим, чем у стекла. Найдите наименьшую необходимую для погашения отражённого света толщину плёнки, приняв, что $n_n = \sqrt{n}$, где n — показатель преломления стекла. Длина волны света 500 нм, свет падает перпендикулярно поверхности стекла.

14. Между краями двух хорошо отшлифованных тонких плоских стеклянных пластинок помещена тонкая проволочка диаметром 0,085 мм. Противоположные концы пластинок плотно прижаты друг к другу (рис. 22.1). Расстояние от проволочки до линии соприкосновения пластинок равно 25 см.

На верхнюю пластинку перпендикулярно к её поверхности падает монохроматический пучок света с длиной волны 700 нм. Определите количество наблюдаемых интерференционных полос на 1 см длины клина.

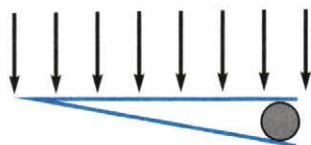


Рис. 22.1

15. Две когерентные световые волны в результате интерференции могут взаимно погаситься в некоторой области. Куда «исчезает» энергия этих волн?

16. Почему интерференционная окраска наблюдается только у достаточно тонких плёнок?

17. Цвета тонких плёнок (например, плёнки бензина на воде) часто называют «радужными». Но действительно ли эти цвета являются такими же чистыми спектральными цветами, как цвета радуги?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

18. Мыльная плёнка — это тонкий слой воды, на поверхности которой находится слой молекул мыла, не влияющий на оптические свойства плёнки. Мыльная плёнка натянута на квадратную рамку, две стороны которой расположены горизонтально, а две другие — вертикально. Под действием силы тяжести плёнка приняла форму клина (рис. 22.2), толщина которого внизу оказалась на 5 мкм больше, чем сверху. При освещении квадрата параллельным пучком света лазера с длиной волны 666 нм (в воздухе), падающим перпендикулярно плёнке, часть света отражается от неё, образуя интерференционную картину, состоящую из горизонтальных полос. Сколько полос наблюдается на плёнке?

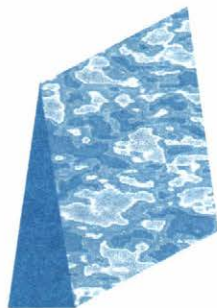


Рис. 22.2

19. Два когерентных источника монохроматического света с длиной волны $\lambda = 600$ нм находятся на расстоянии $A_1A_2 = 1$ мм друг от друга и на одинаковом расстоянии $L = 3$ м от экрана. Каково расстояние x между ближайшими интерференционными максимумами на экране? Обязательно ли будет наблюдаться максимум освещённости в точке O , равноудалённой от обоих источников?

§ 23. ДИФРАКЦИЯ ВОЛН

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Период дифракционной решётки равен 10 мкм. Сколько щелей решётки приходится на 1 мм?

2. Монохроматический свет падает перпендикулярно на дифракционную решётку, период которой в 3 раза больше длины волны света. Чему равен синус угла между направлением на интерференционный максимум второго порядка и перпендикуляром к плоскости решётки?

3. На дифракционную решётку, имеющую 100 штрихов на 1 мм длины, перпендикулярно падает монохроматический свет с длиной волны 600 нм. Под каким углом наблюдается максимум третьего порядка?

4. На дифракционную решётку перпендикулярно падает монохроматический свет с длиной волны 656 нм. При этом второй интерференционный максимум наблюдается под углом 15° . Чему равен период решётки?

5. Дифракционная решётка имеет 50 штрихов на миллиметр. Под какими углами видны максимумы первого и второго порядков монохроматического излучения с длиной волны 400 нм?

6. У дифракционной решётки 100 штрихов на 1 мм. Какова длина волны монохроматического света, падающего перпендикулярно на дифракционную решётку, если угол между двумя интерференционными максимумами первого порядка равен 8° ?

7. Луч белого света падает на дифракционную решётку. Какой из цветов спектра будет отклонён на самый большой угол?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

8. Чему равна длина световой волны, если интерференционный максимум второго порядка возникает при разности хода волн 1,15 мкм?

9. Сколько штрихов на 1 мм имеет дифракционная решётка, если интерференционный максимум первого порядка для света с длиной волны 574 нм наблюдается под углом 20° ?

10. На экране с помощью дифракционной решётки изучают спектр излучения газоразрядной лампы, в котором есть два максимума, соответствующие длинам волн λ_1 и λ_2 . Интерференционный максимум для света с длиной волны λ_1

совпадает с интерференционным максимумом третьего порядка для света с длиной волны λ_2 . Чему равна λ_2 , если $\lambda_1 = 510$ нм?

11. С помощью дифракционной решётки, имеющей 200 штрихов на 1 мм, изучают спектр белого света, падающего перпендикулярно решётке. Расстояние между первыми интерференционными максимумами красного света с длиной волны 740 нм и синего с длиной волны 440 нм равно 6 см. Чему равно расстояние от дифракционной решётки до экрана?

12. Дифракционная решётка с периодом 0,04 мм находится на расстоянии 2 м от экрана. Решётка освещается монохроматическим светом, падающим перпендикулярно решётке. Расстояние между двумя ближайшими светлыми линиями, лежащими по разные стороны от центральной полосы дифракционной картины, равно 6 см. Чему равна длина световой волны?

13. Период дифракционной решётки, на которую перпендикулярно падает монохроматическая световая волна, равен 7 мкм. Угол между дифракционными максимумами первого и третьего порядков равен 8° . Чему равна длина световой волны?

14. На дифракционную решётку с периодом $1,9 \cdot 10^{-5}$ м падает перпендикулярно монохроматический свет. Расстояние от решётки до экрана 1 м. Интерференционный максимум второго порядка находится на расстоянии 7,2 см от центрального максимума. Чему равна длина волны падающего света?

15. Монохроматический свет с длиной волны 675 нм падает перпендикулярно на дифракционную решётку с периодом 0,01 мм. Каков наибольший порядок наблюдаемого интерференционного максимума?

16. Монохроматический свет падает перпендикулярно на дифракционную решётку, имеющую 500 штрихов на 1 мм. Каков наибольший порядок наблюдаемого спектра, если длина волны света 520 нм?

17. На дифракционную решётку с периодом 14 мкм падает перпендикулярно монохроматическая световая волна. При этом расстояние на экране между максимумами второго и третьего порядка равно 8,7 см. Какова длина волны падающего света, если расстояние от решётки до экрана 2 м?

18. На дифракционную решётку с периодом 2 мкм падает перпендикулярно монохроматический свет с длиной волны 500 нм. За решёткой расположена собирающая линза с фокус-

ным расстоянием 50 см. Где нужно разместить экран? Каково расстояние на экране между интерференционным максимумом третьего порядка и центральным максимумом?

19. Объясните, почему при получении спектра с помощью дифракционной решётки наименьшее отклонение испытывают фиолетовые лучи, а при получении спектра с помощью призмы наименьшее отклонение испытывают красные лучи.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

20. Как и почему изменится вид дифракционного спектра, если источник белого света, дифракционную решётку и экран (не меняя расстояний между ними) переместить из воздуха в воду? Рассмотрите также случай, когда для получения дифракционного спектра используется стоящая за дифракционной решёткой собирающая линза.

21. На дифракционную решётку с периодом $d = 4$ мкм падает перпендикулярно свет, пропущенный через светофильтр. Полоса пропускания светофильтра от $\lambda_1 = 500$ нм до $\lambda_2 = 550$ нм. Будут ли интерференционные максимумы разных порядков перекрываться друг с другом?

§ 24. ЦВЕТ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Чем разные цвета отличаются друг от друга?
2. Укажите причину, вследствие которой при прохождении через стеклянную призму белый свет раскладывается в спектр.
3. На белом листе написан текст зелёными буквами. Через стекло какого цвета нельзя увидеть надпись? Какими по цвету будут казаться буквы, если их рассматривать через красное стекло?

4. Соответствующие каким цветам спектра лучи отражаются и поглощаются зелёными листьями?

5. Светофор даёт три сигнала: красный, зелёный, жёлтый, хотя внутри него установлены обычные лампы накаливания (рис. 24.1). Почему и как получаются разноцветные сигналы светофора?



Рис. 24.1

6. К инфракрасному излучению относятся электромагнитные волны с длиной волны от 0,8 мкм до 2 мм. Какой диапазон частот соответствует инфракрасному излучению?

7. К ультрафиолетовому излучению относятся электромагнитные волны с длиной волны от 100 нм до 400 нм. Какой диапазон частот соответствует ультрафиолетовому излучению?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

8. В книге «Оптика» Ньютон описал следующий опыт. Рассматривая через стеклянную призму лист бумаги, одна половина которого окрашена в красный цвет, а другая — в синий, он увидел, что одна сторона листа кажется приподнятой по сравнению с другой. Объясните это явление.

9. В видимом спектральном диапазоне угол преломления лучей на границе «воздух — стекло» уменьшается при увеличении частоты света. Ход лучей для красного, синего и зелёного цветов после преломления в стекле схематически (без соблюдения масштаба) показан на рисунке 24.2. Определите, какой цифре на рисунке соответствует каждый из этих цветов.

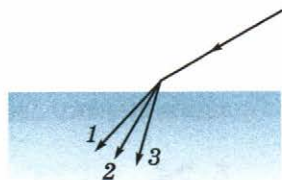


Рис. 24.2

10. Сравните спектры, полученные при разложении белого света с помощью дифракционной решётки и призмы. Опишите и объясните различия в этих спектрах.

11. Луч белого света падает на поверхность воды под углом 30° . Чему равен угол между направлениями крайних красных и крайних фиолетовых лучей в воде, если показатели преломления их равны соответственно 1,329 и 1,344?

12. Вода освещена красным светом, для которого длина волны в воздухе 0,7 мкм. Какой будет длина волны в воде? Какой цвет увидит человек, открывший глаза под водой?

§ 25. ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА. СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ВОЛНОВОЙ И ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКОЙ

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. При рассматривании сквозь кристаллы турмалина 1 и 2 горящей свечи она хорошо видна при всех способах расположения кристаллов, показанных на рисунке 25.1, *а—в*. Что будет наблюдаться при постепенном повороте кристалла 2 на 180° вокруг оси, перпендикулярной плоскостям кристаллов, в ситуации, изображённой на рисунке 25.1, *в*?

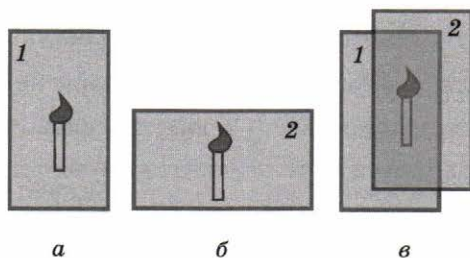


Рис. 25.1

2. Какое расстояние пройдёт световой луч в стекле за $0,06$ с?

3. За какое время свет пройдёт расстояние 6 км в воде?

4. Луч света, перпендикулярно падающий на поверхность воды, достигает дна за $0,2$ мкс. Чему равна глубина водоёма?

5. Время распространения света через алмазную пластинку и пластинку из стекла одинаково. Толщина алмазной пластинки $6,2$ мм. Чему равна толщина стеклянной пластинки?

6. Луч света преломляется на границе «жидкость — воздух» и выходит в воздух под углом 45° . Найдите угол падения луча, если скорость света в данной жидкости равна $2 \cdot 10^8$ м/с.

7. Предельный угол полного внутреннего отражения на границе с воздухом для некоторого вещества равен 30° . Чему равна скорость распространения света в данном веществе?

**§ 26. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ
ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ****БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ**

1. Какой эксперимент подтверждает второй постулат специальной теории относительности?
2. Луч света распространяется с запада на восток. Наблюдатель движется со скоростью $\frac{c}{2}$ с севера на юг. С какой скоростью распространяется свет относительно наблюдателя?
3. Луч света распространяется с севера на юг. Наблюдатель движется со скоростью $\frac{c}{3}$ с юга на север. С какой скоростью распространяется свет относительно наблюдателя?

**§ 27. НЕКОТОРЫЕ СЛЕДСТВИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ
ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ****ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ**

1. Среднее время жизни некоторого вида нестабильных частиц, покоящихся в лабораторной системе отсчёта, равно t . Чему равно среднее время жизни этих же частиц, движущихся относительно лабораторной системы отсчёта со скоростью $0,6c$?
2. Собственное время жизни¹ некоторых нестабильных частиц равно 10 нс. Какой путь пролетают в среднем эти частицы до распада в лабораторной системе отсчёта, если в этой системе отсчёта среднее время их жизни равно 20 нс?
3. Сравните средние времена жизни нестабильных частиц одного вида, если одни из них покоятся в лабораторной системе отсчёта, а другие движутся относительно неё со скоростью, отличающейся на 10% от скорости света в вакууме.

¹ Собственным временем жизни нестабильных частиц называют среднее время их жизни в системе отсчёта, относительно которой эти частицы покоятся.

4. Какое время пройдёт на Земле, пока в ракете, движущейся со скоростью $0,99c$ относительно Земли, пройдёт 10 лет?

5. Частица движется в вакууме со скоростью c . Что можно сказать о массе этой частицы?

6. Солнце излучает каждую секунду около $3,75 \cdot 10^{26}$ Дж. На сколько уменьшается масса Солнца за 1 с?

7. На сколько изменится масса 1 кг льда, взятого при 0°C , в результате плавления? Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330$ кДж/кг.

8. 1 кг воды, находящейся в замкнутом сосуде при температуре 0°C , превратили в пар при температуре 100°C . На сколько масса пара больше массы воды? Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/кг \cdot К, удельная теплота парообразования $2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг.

9. Чему равна энергия покоя электрона?

10. Какую работу нужно совершить, чтобы увеличить скорость частицы с массой m от $0,6c$ до $0,8c$?

§ 28. ФОТОЭФФЕКТ. ФОТОНЫ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Найдите энергию фотона света с длиной волны 600 нм. Выразите её в джоулях и электрон-вольтах.

2. Выразите в джоулях и в электрон-вольтах энергию фотона ультрафиолетового излучения с частотой $6 \cdot 10^{15}$ Гц.

3. Длина волны света, соответствующая красной границе фотоэффекта для никеля, равна 248 нм. Будет ли наблюдаться фотоэффект при освещении никеля светом с длиной волны 300 нм? 200 нм?

4. Определите длину волны, соответствующую красной границе фотоэффекта: а) для цинка; б) для оксида бария.

5. Какова работа выхода электронов из металла, если под действием фотонов с энергией 4 эВ с поверхности металла вылетают фотоэлектроны с максимальной кинетической энергией 1,8 эВ?

6. Длина волны света, соответствующая красной границе фотоэффекта для некоторого металла, равна 650 нм. Чему равна работа выхода электрона для этого металла?

7. Из металлической пластинки, облучаемой светом с частотой $6 \cdot 10^{14}$ Гц, вылетают электроны с максимальной кинетической энергией $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж. Чему равна работа выхода электронов из данного металла?

8. Работа выхода электронов из некоторого металла равна 4,5 эВ. Какова длина волны света, который сможет вырывать электроны из данного металла?

9. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла равна 0,6 мкм. Чему равна частота света, падающего на пластину из этого металла, если максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж?

10. Поверхность металла облучают светом с длиной волны $5 \cdot 10^{-7}$ м. Наибольшая кинетическая энергия вылетающих из металла электронов равна $8 \cdot 10^{-20}$ Дж. Чему равна красная граница фотоэффекта ν_{\min} для этого металла?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

11. Свет с какой длиной волны следует направить на поверхность цезия, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов была равна 2000 км/с?

12. Определите длину волны света, которым освещают поверхность металла, если при этом максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна $4 \cdot 10^{-20}$ Дж. Работа выхода электронов из данного металла равна $6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

13. Выразите в электрон-вольтах максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов, выбиваемых светом с длиной волны 400 нм из металла, если красная граница фотоэффекта для этого металла равна $5 \cdot 10^{14}$ Гц.

14. Максимальная скорость электронов, вырывающихся из некоторого металла при облучении его светом с длиной волны 10^{-7} м, равна 1600 км/с. Найдите красную границу фотоэффекта ν_{\min} для этого металла.

15. Фотоны с энергией 5 эВ выбивают электроны с поверхности металла. Работа выхода электронов из данного металла равна 4,7 эВ. Какой максимальный импульс приобретают фотоэлектроны?

16. Максимальная кинетическая энергия электронов, вырывающихся с поверхности некоторого металла под действием фотонов с энергией 2,5 эВ, равна 0,5 эВ. Во сколько раз увеличится кинетическая энергия фотоэлектронов, если уменьшить длину волны падающего света в 2 раза?

17. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла равна $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Определите частоту падающего на этот металл света, если задерживающее напряжение равно 3 В.

18. На металлическую пластину падает монохроматический пучок света с длиной волны 0,5 мкм. Поток фотоэлектронов полностью задерживается напряжением 1 В. Чему равна работа выхода электронов из данного металла?

19. Когда электроны вылетают из некоторого металла под действием света с частотой ν_1 , задерживающее напряжение равно 2 В. При изменении частоты света в 2 раза задерживающее напряжение стало равным 7 В. Чему равна частота ν_1 ?

20. Фотоны с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта для некоторого металла, выбивают электро-

ны из этого металла. Вылетевшие электроны попадают в однородное электрическое поле с напряжённостью $1,7 \cdot 10^3$ В/м. За какое время эти электроны приобретут скорость, составляющую 10 % от скорости света?

21. Металлическую пластину освещают монохроматическим светом некоторой частоты. Фотоэлектроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией 0,4 мТл и движутся по окружностям. Максимальный радиус окружности 10 мм, работа выхода электронов из данного металла $4,42 \cdot 10^{-19}$ Дж. Какова частота падающего света?

22. При какой температуре средняя кинетическая энергия атомов одноатомного идеального газа равна максимальной кинетической энергии электронов, выбиваемых из металлической пластины при облучении её монохроматическим светом с длиной волны 300 нм? Работа выхода электронов из данного металла равна 2 эВ.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

23. При освещении некоторого металла монохроматическим светом наблюдается фотоэффект, при этом задерживающий потенциал равен 1,6 В. При изменении длины волны падающего света в 1,5 раза задерживающий потенциал становится равным 4,8 В. Чему равна работа выхода электронов из этого металла?

24. Как надо изменить частоту монохроматического света, вызывающего фотоэффект, чтобы задерживающее напряжение увеличилось на 1,2 В?

25. К двум покрытым цезием электродам подключают незаряженный конденсатор ёмкостью 8 нФ. Один из электродов начинают освещать светом с частотой 10^{15} Гц, в результате чего возникает фототок, заряжающий конденсатор. Чему будет равен заряд конденсатора, когда фототок прекратится?

26. К двум покрытым цинком электродам подключают незаряженный конденсатор ёмкостью 6 нФ. Один из электродов начинают освещать монохроматическим светом, в результате чего возникает фототок, заряжающий конденсатор до заряда 10^{-8} Кл. Чему равна длина волны падающего света?

§ 29. СТРОЕНИЕ АТОМА

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. На основании каких экспериментальных данных Резерфорд сформулировал планетарную модель атома?

2. Используя периодическую систему химических элементов, определите количество протонов, нейтронов и электронов в атомах углерода, фтора, галлия, молибдена.

3. Существует ли атомное ядро, заряд которого меньше заряда протона?

4. При каком условии атом не излучает энергию?

5. Чем определяется частота излучения атома по теории Бора?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

6. В однородное магнитное поле влетает электрон и движется по дуге окружности, обозначенной на рисунке 29.1 синей линией.

а) Как направлен вектор магнитной индукции?

б) По какой из обозначенных траекторий 1—3 может двигаться нейтрон? α -частица? Ответ обоснуйте.

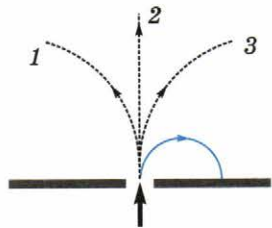


Рис. 29.1

7. При переходе электрона в атоме водорода из стационарного состояния с энергией $-0,85$ эВ в другое стационарное состояние излучается фотон с энергией $2,25$ эВ. Чему равна энергия конечного состояния электрона?

8. Электрон переходит из состояния с энергией $-8,2$ эВ в состояние с энергией $-4,7$ эВ.

а) Чему равна энергия поглощённого кванта света?

б) Чему равна частота поглощённого фотона?

в) Чему равна длина волны поглощённого фотона?

9. Для ионизации атома кислорода необходима энергия 14 эВ. Какова минимальная частота излучения, которое может вызвать эту ионизацию?

10. Альфа-частица, влетевшая со скоростью v в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции, движется по окружности с периодом T . Каким будет период обращения протона, влетевшего с той же по модулю и направлению скоростью в это магнитное поле?

§ 30. АТОМНЫЕ СПЕКТРЫ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Какой спектр — непрерывный или линейчатый — можно наблюдать с помощью спектроскопа от следующих источников: спирали электрической плитки, раскалённого куска металла, газовой горелки?

2. В люминесцентных лампах пары ртути при прохождении тока испускают ультрафиолетовое излучение. Находящийся с внутренней стороны стенок баллона лампы слой люминофора поглощает это излучение и испускает видимый свет. Сплошным или линейчатым является спектр ультрафиолетового излучения?

3. Укажите, при каких переходах атом излучает энергию, а при каких — поглощает: а) переход электрона с первого энергетического уровня на четвёртый; б) переход электрона со второго энергетического уровня на первый; в) переход электрона со второго энергетического уровня на третий; г) переход электрона с третьего энергетического уровня на первый.

4. При переходе электрона с одного энергетического уровня на другой поглощён фотон с частотой $6 \cdot 10^{14}$ Гц. Насколько изменилась в результате перехода энергия атома?

5. На рисунке 30.1 изображены энергетические уровни электрона в атоме. Сколько различных значений энергии может иметь фотон, излученный этим атомом, если электрон находится на четвёртом стационарном уровне?

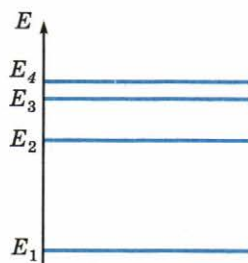


Рис. 30.1

6. Перенесите в тетрадь рисунок 30.1 и изобразите на нём переходы электрона с четвёртой стационарной орбиты на

первую. Какой переход сопровождается излучением фотона наименьшей частоты?

7. На рисунке 30.2 изображена диаграмма энергетических уровней атома. Какой стрелкой изображён:

а) переход, связанный с излучением фотона наибольшей частоты?

б) переход, связанный с поглощением фотона наименьшей частоты?

в) переход, связанный с излучением фотона наибольшей длины волны?

г) переход, связанный с поглощением фотона наименьшей длины волны?

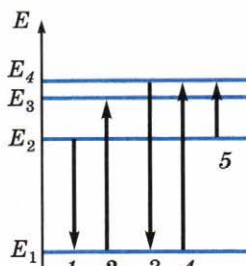


Рис. 30.2

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

8. Энергию электрона на n -м уровне атома водорода можно представить в виде $\frac{-hR}{n^2}$, где R — постоянная Ридберга

$3,29 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$. При облучении атом водорода перешёл из первого (основного) энергетического состояния в третье. При возвращении в основное состояние он сначала перешёл из третьего состояния во второе, а затем из второго в основное. Сравните энергии фотонов, поглощённых и излучённых атомом при этих переходах.

9. Атом водорода поглощает фотон с энергией $4 \cdot 10^{-18}$ Дж. Энергия электрона в атоме водорода, находящемся в основном состоянии, по абсолютной величине равна 13,6 эВ. Чему равна скорость, с которой электрон вылетит из атома после поглощения фотона?

10. Атом водорода, поглощая фотон с частотой $2,94 \cdot 10^{15}$ Гц, переходит из основного состояния в возбуждённое. Найдите максимальную длину волны, которую может излучать атом при всех возможных вариантах его возвращения в основное (первое) состояние. Энергию электрона на n -м уровне атома водорода можно представить в виде $\frac{-hR}{n^2}$, где R — постоянная Ридберга $3,29 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

11. На рисунке 30.3 изображены энергетические уровни некоторого атома и обозначены длины волн фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах с одного уровня на другой. Какова длина волны для фотонов, излучаемых при переходе с уровня E_4 на уровень E_1 , если $\lambda_{13} = 400$ нм, $\lambda_{24} = 500$ нм, $\lambda_{32} = 600$?

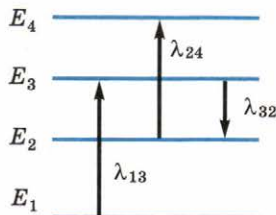


Рис. 30.3

§ 31. ЛАЗЕРЫ. КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Что можно сказать о фотонах, входящих в состав пучка лазерного излучения?

2. Почему при использовании вынужденного излучения удастся получить практически не расходящийся световой пучок?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

3. Сколько фотонов испускает за полчаса лазер, мощность излучения которого равна 2 мВт? Длина волны излучения 750 нм.

4. Гелий-неоновый лазер непрерывно излучает свет с длиной волны 630 нм. Сколько фотонов излучает лазер за одну секунду, если его мощность 2,0 мВт?

5. Лазер мощностью 1 мВт генерирует монохроматическое излучение с длиной волны 0,6 мкм. За какое время лазер испускает фотоны, суммарная энергия которых равна энергии покоя протона?

6. Разность энергий двух уровней (метастабильного и невозбуждённого), используемых при работе лазера, равна 2,1 эВ. Какова длина волны лазерного излучения? Какова мощность излучения лазера, если он каждую секунду испускает 10^{16} фотонов?

7. Определите длину волны де Бройля, соответствующей пылинке массой 0,001 мг, которая движется со скоростью 5 м/с. О чём свидетельствует полученный ответ?

8. Вычислите длину волны де Бройля, которая соответствует электрону, движущемуся со скоростью 10^7 м/с.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

9. При исследовании структуры мономолекулярного слоя вещества пучок электронов, имеющих одинаковую скорость, направляется перпендикулярно исследуемому слою. В результате дифракции на молекулах, образовавших периодическую решётку, часть электронов отклоняется на определённые углы, образуя интерференционные максимумы (рис. 31.1). Чему равен период молекулярной решётки исследуемого вещества, если кинетическая энергия электронов равна 54 эВ, а первый интерференционный максимум соответствует отклонению электронов на угол 50° от первоначального направления?

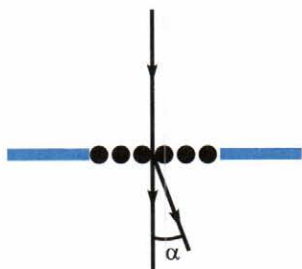


Рис. 31.1

10. При исследовании структуры кристаллической решётки пучок электронов, имеющих одинаковую скорость v , направляется перпендикулярно поверхности кристалла вдоль оси Oz , как показано на рисунке 31.2. Отражённые от верхнего слоя кристалла электроны движутся в определённых направлениях, образуя интерференционные максимумы. Какова энергия падающих электронов, если первый максимум наблюдается под углом 50° к оси Oz , а период кристаллической решётки равен 0,215 нм?

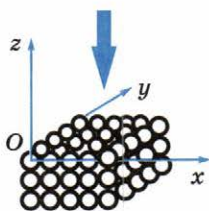


Рис. 31.2

Глава 9 АТОМНОЕ ЯДРО И ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

§ 32. АТОМНОЕ ЯДРО

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Используя периодическую систему химических элементов, определите количество протонов, нейтронов и электронов в атомах углерода, фтора, галлия, молибдена.

2. Назовите химический элемент, в атомном ядре которого содержатся: а) 7 протонов и 7 нейтронов; б) 18 протонов и 22 нейтрона; в) 51 протон и 71 нейтрон; г) 101 протон и 155 нейтронов.

3. В ядре атома серебра 108 частиц. Вокруг ядра обращается 47 электронов. Сколько в ядре этого атома нейтронов и протонов?

4. Чем отличаются по составу ядра изотопов бериллия ${}^7_4\text{Be}$ и ${}^9_4\text{Be}$?

5. Пользуясь периодической системой элементов, определите состав ядра кобальта. Запишите соответствующее символическое обозначение ${}^A_Z\text{X}$.

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

6. Назовите химический элемент, заряд ядер атомов которого равен: а) $4 \cdot 10^{-18}$ Кл; б) $5,6 \cdot 10^{-18}$ Кл; в) $8,8 \cdot 10^{-18}$ Кл.

7. Сравните свойства ядерных и электрических сил.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

8. Сколько протонов и нейтронов содержит алюминий ${}^{27}_{13}\text{Al}$ массой 1 г?

§ 33. РАДИОАКТИВНОСТЬ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Какое из радиоактивных излучений не отклоняется магнитным и электрическим полями?

2. Как изменяются масса и заряд ядра в результате испускания альфа-частицы?

3. Как изменяются масса и заряд ядра в результате испускания бета-частицы?

4. Радиоактивный изотоп свинца $^{212}_{82}\text{Pb}$ испытал один α -распад и два β -распада. Напишите уравнение распада и определите образовавшийся элемент.

5. Ядро тория $^{230}_{90}\text{Th}$ превратилось в ядро радия $^{226}_{88}\text{Ra}$. Какую частицу испустило при этом ядро тория?

6. Какая часть радиоактивных ядер распадётся за время, равное:

- а) одному периоду полураспада?
- б) двум периодам полураспада?
- в) трём периодам полураспада?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

7. В результате нескольких α - и β -распадов радиоактивный атом $^{232}_{90}\text{Th}$ превратился в атом $^{212}_{83}\text{Bi}$. Сколько произошло α -распадов? β -распадов?

8. Какое количество протонов и нейтронов содержит ядро, образовавшееся в результате радиоактивного распада ядра радия $^{226}_{88}\text{Ra}$?

9. Ядро состоит из 92 протонов и 144 нейтронов. Сколько протонов и нейтронов будет содержать ядро, образовавшееся после испускания двух α -частиц и одной β -частицы?

10. Сколько происходит α -распадов и β -распадов при радиоактивном распаде $^{238}_{92}\text{U}$, если он превращается в $^{198}_{82}\text{Pb}$?

11. Вследствие радиоактивного распада ядро изотопа урана $^{238}_{92}\text{U}$ превращается в $^{206}_{82}\text{Pb}$. Чему равно количество α -распадов и β -распадов?

12. Начальное количество ядер радиоактивного изотопа за один год уменьшилось в 3 раза. Во сколько раз уменьшится количество ядер этого радиоактивного изотопа за 4 года?

13. За 100 с распалась половина ядер радиоактивного вещества. Через какое время после этого распадётся $3/4$ оставшихся ядер?

14. Каков период T полураспада изотопа, если за сутки распадается в среднем 900 атомов из 1000? 750 атомов из 1000? 1 атом из 1000?

15. Период полураспада радиоактивного йода-131 равен 8 суткам. За какое время количество атомов йода-131 уменьшится в 1000 раз?

16. Период полураспада селена-75 составляет 120 суток. Сколько процентов атомов этого изотопа распадётся за 840 суток?

17. Масса радиоактивного изотопа серебра уменьшилась в 8 раз за 810 суток. Определите период полураспада данного изотопа.

18. Каков период полураспада радиоактивного изотопа, если за 12 ч распадается 7500 атомов из 8000 атомов?

19. Период полураспада радиоактивного изотопа равен 20 мин. Через какое время в образце массой 4 г останется 500 мг данного изотопа?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

20. Образец, содержащий радий, за 1 с испускает $3,7 \cdot 10^{10}$ α -частиц, движущихся со скоростью $1,5 \cdot 10^7$ м/с. За какое время выделится энергия, равная 100 Дж?

21. Препарат активностью $1,7 \cdot 10^{11}$ частиц в секунду помещён в медный контейнер массой 0,5 кг. За какое время температура контейнера повышается на 2 К, если известно, что данное радиоактивное вещество испускает α -частицы с энергией 5,3 МэВ? Считайте, что энергия всех α -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию. Теплоёмкостью препарата и теплообменом с окружающей средой можно пренебречь.

22. Ядро покоящегося нейтрального атома находится в однородном магнитном поле и испытывает α -распад. При этом рождаются α -частица и тяжёлый ион нового элемента массой M . Выделившаяся при α -распаде энергия ΔE целиком переходит в кинетическую энергию продуктов реакции. Трек тяжёлого иона находится в плоскости, перпендикулярной направлению магнитного поля. Начальная часть трека — дуга окружности радиусом R . Найдите индукцию B магнитного поля.

23. В образцах урановой руды всегда содержится некоторое количество атомов тория-234, образовавшихся в результате α -распада урана-238 (период полураспада $T_U = 4,5 \cdot 10^9$ лет). Торий также радиоактивен (период полураспада $T_{Th} = 24$ сут). Сколько атомов тория содержится в образце урановой руды, в котором находится $m = 0,5$ г урана-238?

§ 34. ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ И ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ ЯДЕР

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

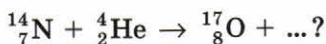
1. Какая частица образуется в результате реакции ${}^4_2\text{He} + {}^7_3\text{Li} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + \dots$?

2. В Дубне был синтезирован новый элемент. В качестве бомбардирующих частиц применялись ионы неона, а в качестве мишени использовался плутоний. Уравнение ядерной реакции имеет вид ${}^{22}_{10}\text{Ne} + {}^{242}_{94}\text{Pu} \rightarrow X + 4{}_0^1n$, где буквой X обозначен новый элемент. Укажите порядковый номер этого элемента в таблице Менделеева.

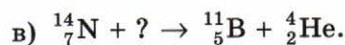
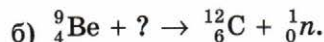
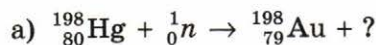
3. При бомбардировке ядер алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$ нейтронами образуются α -частица и изотоп неизвестного элемента X. Определите массовое число этого изотопа.

4. Ядро бериллия ${}^9_4\text{Be}$, поглотив ядро дейтерия, превращается в ядро бора ${}^{10}_5\text{B}$. Какая при этом образуется частица?

5. Каким будет второй продукт ядерной реакции?



6. Допишите уравнения ядерных реакций.



7. Какая энергия выделится при термоядерной реакции ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0n$? Дефект масс реакции 0,01851 а. е. м.

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

8. Пользуясь справочными таблицами, найдите дефект массы ядра:

- а) азота ${}^{15}_7\text{N}$;
- б) лития ${}^7_3\text{Li}$;
- в) гелия ${}^4_2\text{He}$;
- г) алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$.

9. Чему равна энергия связи:

- а) ядра кремния ${}^{30}_{14}\text{Si}$?
- б) ядра углерода ${}^{13}_6\text{C}$?

10. Чему равна удельная энергия связи:

- а) ядра алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$?
- б) ядра радия ${}^{226}_{88}\text{Ra}$?

11. Какая энергия выделяется при синтезе одного ядра ${}^4_2\text{He}$ из дейтерия и трития?

12. Какую массу воды, взятой при 0°C , можно было бы довести до кипения, используя энергию термоядерного синтеза гелия из дейтерия и трития, если КПД преобразования энергии равен 10 %, а масса синтезированного гелия равна 1 г?

13. При бомбардировке с помощью α -частиц ядер изотопа бора ${}^{11}_5\text{B}$ наблюдается вылет нейтронов. Напишите уравнение ядерной реакции, приводящей к вылету одного нейтрона. Каков энергетический выход этой реакции?

14. При бомбардировке нейтронами ядер изотопа бора ${}^{10}_5\text{B}$ образуются α -частицы. Напишите уравнение этой ядерной реакции и найдите её энергетический выход.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

15. При реакции синтеза ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_1\text{H} + {}^1_1\text{p}$ выделяется 4,03 МэВ энергии. Какую кинетическую энергию уносит ядро трития, если суммарный импульс исходных продуктов реакции равен нулю, а их кинетическая энергия пренебрежимо мала по сравнению с энергией продуктов реакции?

16. Неподвижное ядро франция Fr с массовым числом 221 претерпевает альфа-распад. Определите энергетический вы-

ход данной реакции, если кинетическая энергия образовавшегося ядра астата At равна 0,1184 МэВ, а его атомный номер 85. При расчётах учтите движение образовавшихся ядер и примите, что скорости всех частиц намного меньше скорости света.

17. Образец, содержащий $m = 1,0$ мг ${}^{210}_{84}\text{Po}$, помещён в калориметр с теплоёмкостью $C = 8,0$ Дж/К. В результате α -распада полоний превращается в свинец ${}^{206}_{82}\text{Pb}$. Насколько поднимется температура в калориметре за время $\tau = 1$ ч? Масса атома ${}^{210}_{84}\text{Po}$ равна 209,98287 а. е. м., масса атома ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ равна 205,97447 а. е. м. Период полураспада полония $T = 138$ суток. Считайте, что α -частицы не вылетают за пределы калориметра.

§ 35. ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Ядро урана ${}^{235}_{92}\text{U}$, захватив нейтрон, делится на два осколка: ${}^{140}_{55}\text{Cs}$ и ${}^{94}_{37}\text{Rb}$. Сколько нейтронов выделяется в такой ядерной реакции деления?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

2. Мощность атомной электростанции 1 ГВт. КПД электростанции 20 %. Ядерный реактор работает на уране ${}^{235}\text{U}$. При каждом акте распада выделяется энергия 200 МэВ. Чему равен суточный расход уранового топлива?

3. Мощность атомной электростанции 500 МВт. КПД электростанции 20 %. Ядерный реактор работает на уране ${}^{235}\text{U}$. При каждом акте распада выделяется энергия 200 МэВ. Сколько железнодорожных вагонов массой 60 т каждый можно было бы поднять на высоту 500 м за счёт энергии, вырабатываемой этой АЭС за сутки? Насколько уменьшается при этом масса ядерного горючего?

§ 36. МИР ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

1. Определите энергию, которая выделяется в виде γ -излучения при аннигиляции электрона и позитрона.

2. Какая энергия выделяется в виде γ -излучения при аннигиляции нейтрона и антинейтрона?

3. Элементарная частица пи-нуль-мезон (π^0 -мезон), масса которой в 264 раза больше массы электрона, распадается на два γ -кванта. Найдите частоту γ -излучения, считая, что начальной скоростью частицы можно пренебречь.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

4. Какова должна быть частота ν излучения, чтобы в процессе взаимодействия с веществом это излучение могло вызвать рождение электрон-позитронных пар?

5. Пи-нуль-мезон массой $2,4 \cdot 10^{-28}$ кг распадается на два γ -кванта. Чему равен модуль импульса одного из них? Начальной скоростью π^0 -мезона можно пренебречь.

§ 37. РАЗМЕРЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ**БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ**

1. Приведите доводы, доказывающие, что Земля имеет форму шара.
2. Объясните, что является причиной смены времён года.
3. Когда в северном полушарии зима, Земля находится ближе к Солнцу, чем когда в северном полушарии лето. Почему же зимой в северном полушарии холодней, чем летом?
4. Объясните, почему с Земли нельзя увидеть любую точку поверхности Луны.

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

5. Объясните, почему при подъёме линия горизонта удаляется.
6. На каком расстоянии от центра Земли на прямой, соединяющей центры Земли и Луны, находится точка, в которой силы тяготения со стороны Земли и Луны равны по модулю? Примите, что масса Луны в 81 раз меньше массы Земли.
7. Насколько меньше времени будет падать камень с высоты 10 м на Земле, чем на Марсе? Массу и радиус Марса примите равными соответственно $6,4 \cdot 10^{23}$ кг и 3400 км.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

8. Как далеко находится линия горизонта в море для человека, находящегося над уровнем моря на высоте, равной:
 - а) 2 м?
 - б) 100 м?
 - в) 1 км?
 - г) 10 км?
9. Оцените, чему равен максимальный угол между лучами, идущими от Марса в различные точки Земли, когда Земля и Марс находятся на минимальном расстоянии друг от друга.

§ 38. СОЛНЦЕ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Что является источником энергии Солнца?
2. Объясните, почему Солнце не разлетается, если температура в центре Солнца достигает 15 миллионов градусов.

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

3. Какое состояние вещества называют плазмой? Является ли это состояние редким в Солнечной системе?
4. Один из протуберанцев на снимке, полученном астрономом, имеет высоту, равную половине радиуса Солнца. Оцените, во сколько раз высота этого протуберанца больше радиуса Земли.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

5. При изучении солнечного спектра было установлено, что в атмосфере Солнца есть натрий. Чему равна среднеквадратичная скорость ионов натрия, находящихся вблизи поверхности Солнца?
6. Чему равна среднеквадратичная скорость ионов водорода (протонов) в центре Солнца?
7. Расскажите, какие особенности Солнца и Земли способствовали возникновению и развитию жизни на Земле.

§ 39. ПРИРОДА ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Расскажите, что общего у всех планет земной группы.
2. Расскажите, что общего у всех планет-гигантов.

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

3. Какое ускорение сообщает Солнце:
 - а) Меркурию?
 - б) Земле?
 - в) Юпитеру?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

4. Чему равна первая космическая скорость:

- а) для Марса?
- б) для Венеры?
- в) для Юпитера?

5. Чему равно отношение массы атмосферы Земли к массе атмосферы Марса? Необходимые для решения данные найдите самостоятельно (в том числе в Интернете).

§ 40. РАЗНООБРАЗИЕ ЗВЁЗД

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Чем отличается: красный карлик от красного гиганта? белый карлик от белого гиганта?
2. Звездой какого типа является Солнце?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

3. Объясните, чем отличается светимость звезды от яркости звезды.
4. Какова общая черта звёзд, принадлежащих к главной последовательности?
5. У двух звёзд одинаковая светимость, но температура поверхности второй звезды больше. Радиус какой звезды больше?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

6. У двух звёзд одинаковая светимость. Первая звезда находится в 10 раз ближе к нам, чем вторая. Во сколько раз ярче будет казаться первая звезда при наблюдении с Земли?
7. Объясните, почему красные гиганты и белые карлики не принадлежат к главной последовательности.

§ 41. СУДЬБЫ ЗВЁЗД

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Расскажите, как рождаются звёзды.
2. Может ли звезда находиться на главной последовательности неограниченно долго?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

3. У каких звёзд время жизни больше: у звёзд с большой или малой массой? Обоснуйте свой ответ.

4. Объясните, по какой причине звёзды покидают главную последовательность.

5. За счёт какой энергии светятся белые карлики, если в их недрах уже не происходят ядерные реакции?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

6. Объясните, почему термоядерные реакции в недрах звезды небольшой массы идут до тех пор, пока ядро звезды не будет состоять в основном из железа.

7. Объясните, чем отличается нейтронная звезда от белого карлика.

8. Объясните, почему чёрная дыра не излучает видимый свет.

§ 42. ГАЛАКТИКИ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. Какую форму имеет наша Галактика?

2. Расскажите о расположении Солнца в Галактике.

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

3. Вычислите диаметр Галактики в километрах.

4. Каким видит звёздное небо наблюдатель на планете, которая вращается вокруг звезды, находящейся у самого края Галактики?

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

5. На каком расстоянии от нас находится галактика, если скорость её удаления равна половине скорости света?

6. Галактика Андромеды находится примерно в 2,5 млн световых лет от нас и приближается к нам со скоростью

около 150 км/с. Оцените, через сколько времени наша Галактика может столкнуться с галактикой Андромеды.

§ 43. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ

БАЗОВЫЙ УРОВЕНЬ

1. В чём состоит закон Хаббла? Какой вывод следует из этого закона?

ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ

2. Объясните, почему наблюдателю любой галактики будет казаться, что все галактики разбегаются именно от его галактики.

ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ

3. Расскажите о модели горячей Вселенной. Какие наблюдения свидетельствуют в пользу справедливости этой теории?

ОТВЕТЫ И УКАЗАНИЯ

§ 1.

1. На 180° .
2. В первом случае притягиваются, а во втором — отталкиваются.
3. A — северный, B — южный.
4. Нет, стрелка развернется на 180° .
8. \vec{B}_1 — вниз, \vec{B}_2 — вниз. б) Вниз.
9. К читателю и перпендикулярно плоскости чертежа.
10. Притягиваться.
11. Справа находится южный полюс, слева — северный.
12. а) Вверх. б) $2B$. в) 0. 13. а) Вправо. б) Вверх. в) Вниз.

§ 2.

1. 12 мН. 2. 80 мТл. 3. 60° .
4. 0,25 м. 5. 0,25 А. 6. Увеличится в 1,73 раза.
10. 30° . 11. 0,46 м. 12. 1 Н. 13. 12,5 см.
14. 32 см. 15. Больше 0,25 Тл; не имеет.
16. 0,25 Тл; горизонтально и перпендикулярно проводнику.
17. Больше 10 А. 18. 20 А. 19. 50 см. 20. 10 г.
21. 24 мН; 32 мН; 40 мН; 0.
22. Форму окружности. Указание. Рассмотрите силы, действующие со стороны магнитного поля на малые участки провода.

23. На стороны рамки с током в магнитном поле действует сила Ампера, направление которой можно найти с помощью правила левой руки: сила Ампера, действующая на левую часть рамки, направлена перпендикулярно плоскости рамки вверх, на правую часть — вниз. В результате рамка повернется по часовой стрелке на 90° и установится перпендикулярно линиям магнитной индукции так, что сверху расположится сторона, подключенная к отрицательному полюсу источника тока, а внизу — подключенная к положительному.

$$24. \text{ а) } \rho = \frac{\sqrt{(2k\Delta l)^2 - (IBl)^2}}{lSg}. \text{ б) } \alpha = \arctg \frac{BI}{\rho Sg}.$$

§ 3.

1. $2\vec{F}$. 2. $\frac{1}{3}$. 3. а) $3,2 \cdot 10^{-12}$ Н. б) $3,5 \cdot 10^{18}$ м/с². в) Нет.
4. 62,5 мТл. 5. 28,3 мкКл. 7. а) 1,33 см. б) $3,7 \cdot 10^{15}$ м/с².
8. $2,87 \cdot 10^5$ м/с. 9. а) 17,9 нс. б) $5,6 \cdot 10^7$ с⁻¹. 10. 6. 11. 20.

12. а) $1,8 \cdot 10^{-9}$ с. б) $1,41 \cdot 10^{-16}$ Дж. в) $5,6 \cdot 10^{-14}$ Н.
г) $6,2 \cdot 10^{16}$ м/с².

13. а) 4. б) 1. 14. 1846R. 15. T. 16. а) 16. б) 4.

17. 35,7 нс. 18. 5,33 мм. 19. 24,3 см.

20. $7,34 \cdot 10^5$. 21. 4. 22. 30°. 23. 8,1 кВ.

§ 4.

1. 18°. 2. $I = \frac{m\sqrt{5gl}}{BLt}$. 3. а) От нас. б) 86 м/с².

4. 42,5 мТл. 5. 1 А.

6. а) $B = \frac{m \left(\frac{v^2}{l \sin \alpha} - g \operatorname{tg} \alpha \right)}{qv}$. в) $B = \frac{m \left(g \operatorname{tg} \alpha - \frac{v^2}{l \sin \alpha} \right)}{qv}$. Указание.

При изменении знака заряда изменяется направление силы Лоренца.

7. 4 с⁻¹. Указание. При изменении направления вращения грузика изменяется и направление силы Лоренца.

8. 11 мкКл.

9. а) Винтовая линия. б) 60°. в) $r = 4,1$ мм; $h = 15$ мм.
г) 2,5 м. Указание. Пройденный электроном путь — длина винтовой линии, по которой двигался электрон с постоянной по модулю скоростью в течение заданного времени.

10. а) 39°. б) $1,4 \cdot 10^7$ м/с. в) 4,5 нс.

11. Нет. Указание. Сила Лоренца перпендикулярна вектору магнитной индукции.

12. а) $v = \frac{E}{B \sin \alpha}$. б) Нет. в) $r = \frac{mE}{qB^2}$. г) $h = \frac{2\pi Em}{qB^2 \operatorname{tg} \alpha}$.

13. $r = 1,8$ мм; $h = 2$ см.

14. $10^{-23} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.

15. $R = R_0 \sqrt{\frac{B_0}{B}}$. Указание. Кинетическая энергия заряженной частицы изменяется вследствие действия вихревого

электрического поля, порождаемого переменным магнитным полем (см. § 5 учебника).

16. 10^{-12} Н. 17. 1 Тл.

18. Нет. Указание. Если указанные силы уравновешивают друг друга, то сила, действующая со стороны электрического поля, направлена вдоль одной прямой с силой Лоренца, а сила Лоренца перпендикулярна плоскости, в которой лежат вектор скорости и вектор магнитной индукции.

19. $3 \cdot 10^5$ м/с.

20. 10 мкс. У к а з а н и е. Вследствие действия электрического поля изменяется только проекция скорости частицы на направление вектора напряжённости этого поля.

21. 0,12 мм. 22. 3,83 Вт.

§ 5.

1. а) Да. б) Да. в) Да. г) Нет. 2. а, в. 3. 0—3 с; 5—8 с.

4. 2 мВб. 5. а) 6 мВб. б) 0. в) 4,2 мВб. г) 3 мВб. 6. 60° .

7. а) Против часовой стрелки. б) По часовой стрелке. в) По часовой стрелке. г) Против часовой стрелки. Индукционный ток не возникнет, если кольцо из диэлектрика.

8. а) Против часовой стрелки. б) По часовой стрелке. в) По часовой стрелке; против часовой стрелки.

9. Во все моменты времени, когда сила тока изменяется.

10. Увеличится в 3 раза. 11. Увеличивается.

12. Магнит 2 будет падать дольше, чем магниты 1 и 3.

13. а) Против часовой стрелки. б) По часовой стрелке. в) По часовой стрелке. г) Против часовой стрелки.

14. а) Влево. б) Вправо.

15. В трубе при движении магнита возникают индукционные токи. Согласно правилу Ленца магнитное поле этих токов препятствует падению магнита. Тормозящая сила возрастает с увеличением скорости падения (в этом смысле движение магнита напоминает падение тела в жидкости или газе). Ускорение магнита постепенно уменьшается, и в конце концов (если труба достаточно длинная) движение магнита станет практически равномерным.

16. На обеих стадиях падения магнита сквозь металлическое кольцо его ускорение меньше g . Деревянное же кольцо не влияет на ускорение пролетающего сквозь него магнита.

§ 6.

1. а) 1,5 мВ. б) 5 мА. в) 0,01 Кл. 2. а) 0—1 с. б) 1—2 с. в) 0,5 мВ. г) 0,25 мА. д) 0,5 мКл. е) 0,25 мкДж. 3. 1 А. 4. 20 В. 5. 500. 6. 0,1 В. 7. См. рисунок 1.



Рис. 1

8. 20 мкКл. 9. а) 0,3 А. б) 0,06 Кл. 10. На 120° . 11. 22,4 см.

12. 25 мКл. 13. 32 мкКл. У к а з а н и е. Площадь контура становится равной нулю. 14. 2,35 Кл.

15. 5 мТл/с. 16. 0,384 Дж. 17. $3 \cdot 10^{15}$.

18. В момент времени t_1 магнит приближается к кольцу, и магнитный поток увеличивается. В момент t_2 магнит удаляется, и магнитный поток уменьшается. Следовательно, согласно правилу Ленца ток имеет различные направления.

19. Во время перемещения движка реостата показания амперметра будут уменьшаться, а вольтметр будет регистрировать напряжение на концах вторичной обмотки.

20. $5 \cdot 10^{-5}$ Вт. 21. Уменьшится на 19 %.

§ 7.

2. 0,9 В. 3. 0,04 с. 4. 0,4 Гн. 5. 2 В. 6. 60.

7. а) 1,2 Дж; б) Увеличится в 4 раза. 8. 4 А. 9. 0,15 Гн.

10. L_1 в 9 раз больше, чем L_2 .

11. Увеличилась в 4,5 раза. 12. 6 с. 13. 3 мГн.

14. 15 Гн. 15. 8 В. 16. Во второй больше в 2 раза.

17. 0,4 Дж. 18. а) 200 мкДж. б) В 4 раза. в) 600 мкДж.

19. а) Сила тока определяется законом Ома для полной цепи: $IR_{\text{общ}} = \mathcal{E} + \mathcal{E}_{\text{си}}$, где I — сила тока в цепи, $R_{\text{общ}}$ — сопротивление цепи, $\mathcal{E}_{\text{си}}$ — ЭДС самоиндукции, возникающая только при изменении силы тока и препятствующая его изменению согласно правилу Ленца. До замыкания ключа $R_{\text{общ}} = R$, сила тока через амперметр определяется законом Ома для замкнутой цепи: $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R}$. При замыкании ключа сопротивление цепи скачком уменьшается в 2 раза, но ЭДС самоиндукции препятствует изменению силы тока через катушку. Поэтому сила тока через катушку при замыкании ключа изменяется плавно. б) 8 А.

§ 8.

1. 2 мТл. 2. 0,3 В. 3. 9 В. 4. 5,3 мВ. 5. 2 Вт. 6. 0,5 мА.

7. 3 м/с. 8. 2,5 м/с. 9. 3 м/с. 10. 7,9 м/с². 11. 0,1 А.

12. 0,18 Ом. 13. 2 м/с². 14. 50 В/м; 0 В.

§ 9.

1. а) 1,25 с. б) 0,8 Гц. 2. 100. 3. 4 с. 4. 4 м. 5. 10 см.

6. а) 0,2 м. б) $\frac{\pi}{2}$. в) 4 с. г) 0,25 Гц.

7. 1,8. 8. а) 0,02 м; 1 с; 1 Гц. б) $x = 0,02 \cos 2\pi t$.

9. 4 с. 10. 48 м. 11. $x = 0,03 \cos 10\pi t$. 12. $x = 0,06 \sin 5\pi t$.

13. а) У первого в 2 раза больше. б) Одинаковы. в) $\frac{\pi}{2}$.

14. Через 2 с. 15. За 1 с. 16. 5,2 см.

17. За 1 с. 18. а) $\frac{T}{6}$. б) $\frac{T}{12}$.

§ 10.

1. а) Увеличится в 2 раза. б) Увеличится в 1,7 раз. в) Увеличится в 2 раза.

2. 2 с. 3. 32 Н/м. 4. а) $\frac{T}{4}$. б) $\frac{T}{2}$.

5. Уменьшается; уменьшается; увеличивается. 6. На 4 см.

7. 16. 8. 1 м/с. 9. 0,6 м/с; 1,5 Гц; 0,67 с; 0,6 м/с.

10. 0,1 м. 11. Увеличится; уменьшится; увеличится.

12. Уменьшится; увеличится; не изменится.

13. Увеличивается; уменьшается; уменьшается.

14. 2,5 м/с². 15. Для медного груза период колебаний в 1,8 раза больше. 16. 3 кг. 17. 0,63 м/с. 18. 1 с.

19. а) 1,5 Гц. б) В 5 раз. 20. 15. 21. 1,2 с. 22. 0,5 с.

§ 11.

1. Увеличится в 3 раза. 2. Уменьшится в 2 раза.

3. Увеличится в 2 раза. 4. 8 мГн. 5. $2,5 \cdot 10^{-7}$ с.

6. а) 8 мкГн. б) 2,5 МГц; $1,57 \cdot 10^7$ рад/с.

7. 4,24 В. 8. 6 мкКл. 9. Уменьшится в 2,7 раза.

10. 20 А. 11. 26,4 мА. 12. 0,75 мкКл.

13. 1,2 мкКл. 14. $\frac{U_m}{2} \sqrt{\frac{3C}{L}}$. 15. 10 нКл.

16. 10^{-4} Дж. 17. 16 мкДж. 18. Через 628 мкс.

19. 314 мкс. 20. а) 20 нДж. б) 1,6 мА.

21. 47 мДж. 22. 0,71 А.

§ 12.

1. 80 В; 500 л рад/с; 4 мс; 250 Гц. 2. 0,19 В. 3. 30.

4. 311 В; 220 В. 5. 16 А. 6. 25 В. 7. 8,0 Гц. 8. 3,3 мс.

9. 160 В. 10. 200 л рад/с; 11,6 В. 11. 3 А.

12. В 100 раз. 13. В 2 раза. 14. 95,4 %.

15. Указание. Примите во внимание, что сопротивление катушек трансформатора очень мало.

16. В первичной обмотке сила тока увеличится, во вторичной — уменьшится. Указание. После удаления части сердечника магнитное поле в обеих катушках уменьшится. Это приведёт к уменьшению ЭДС индукции и самоиндукции.

17. Первичная 440, вторичная 84. Указание. Провод с вольтметром можно рассматривать как дополнительную обмотку трансформатора, состоящую из одного витка. Этот

контур пронизывается таким же магнитным потоком, как и любой из витков.

§ 13.

1. 0,8 с. 2. 0,64 Гц. 3. 3,5 Гц. 4. $0,4 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. 5. 114 мДж.

6. 45 км/ч. Указание. Наиболее сильное раскачивание будет наблюдаться при резонансе, когда частота толчков совпадает с собственной частотой колебаний маятника.

7. 0,51 м.

8. а) $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g+a}}$. б) $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g-a}}$. в) $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{\sqrt{g^2+a^2}}}$.

Период колебаний пружинного маятника во всех случаях одинаков: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$. Указание. Удобно перейти в систему отсчёта, в которой точка подвеса маятника неподвижна. В этой *неинерциальной* системе отсчёта ускорение свободного падения отличается от обычного.

9. 9.

10. В начале падения сопротивлением воздуха можно пренебречь (лифт падает свободно), поэтому в лифте возникает невесомость. Это равносильно «выключению» силы тяжести, а вместе с ней — и силы, возвращающей маятник к положению равновесия. Значит, скорость маятника будет оставаться постоянной по модулю. В частности, если в начальный момент маятник находился в крайнем положении, он так и застынет в этом положении; если же в начальный момент маятник двигался, он будет равномерно двигаться по окружности (мы предполагаем, что маятник не ударяется о потолок и стены). При дальнейшем падении начнёт сказываться сопротивление воздуха: ускорение лифта будет уменьшаться. Это приведёт к постепенному «включению» силы тяжести: маятник снова начнёт совершать колебания, частота которых будет увеличиваться. Через некоторое время (если высота небоскрёба достаточно велика) движение лифта станет равномерным. Если колебания маятника *останутся малыми*, он будет колебаться с той же частотой, что и в покоящемся лифте.

11. $A > \frac{\mu g T^2}{4\pi^2} = 6,3 \text{ мм}$. Указание. Тело покоится от-

носительно подставки, если максимального значения силы трения покоя достаточно для сообщения телу *максимального* ускорения при колебаниях.

12. $v \leq \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{A}} = 7,0$ Гц. Указание. Максимальное ускорение подставки (в верхней точке) должно быть не больше ускорения свободного падения.

13. $A = \sqrt{\left(\frac{mg}{k}\right)^2 + \frac{2mgh}{k}}$. Указание. Поскольку чашка очень лёгкая, можно пренебречь потерей механической энергии при ударе шарика о чашку. Пусть максимальное отклонение чашки от начального положения равно x . Скорость чашки с шариком в этот момент равна нулю, значит, потерянная шариком потенциальная энергия $mg(h+x)$ полностью перешла в энергию деформированной пружины $\frac{kx^2}{2}$. Отсюда получаем

два решения: $x_{1,2} = \frac{mg}{k} \pm \sqrt{\left(\frac{mg}{k}\right)^2 + \frac{2mgh}{k}}$. Оба решения имеют

смысл и соответствуют *верхнему* и *нижнему* крайним положениям чашки при колебаниях. Среднее арифметическое двух решений, равное mg/k , соответствует положению равновесия чашки с шариком. Амплитуда A колебаний определяется из

условия $x_{1,2} = \frac{mg}{k} \pm A$.

14. 0,5 кг. 15. 790 кг/м³.

§ 14.

1. 0,825 м. 2. 2,5 с. 3. а) 19,8 км. б) 90 км. 4. 1,32 м.

5. 500 м/с. 6. 1500 м/с. 7. 660 м. 8. π. 9. 1 м. 10. $\frac{\pi}{2}$.

11. 1200 м/с. 12. Увеличится в 4,6 раза.

17. 10 км. 18. 1413 м. 19. а) 5,54 с; б) 153 м.

§ 15.

1. а) Инфракрасные. б) Рентгеновское излучение.

2. а; в; д. 3. 1,4. 4. $1,13 \cdot 10^{-5}$ см.

5. Параллельно оси Ox . 6. $\frac{3}{2}\pi$.

7. а) 117,2 нм. б) 141 нм. 8. 95.

§ 16.

1. 2,5 м. 2. 33,3 см; 16,7 см. 3. От 50 МГц до 200 МГц.

4. Эстакада или мост экранируют электромагнитные волны.

5. Передачи на коротких волнах осуществляются в пределах прямой видимости.

6. Зоной молчания является область, куда не попадает волна, отражённая от ионосферы.

7. В воде радиоволны всех частот быстро затухают, так как морская вода проводит электрический ток.

8. В подвале экранируются электромагнитные волны.

9. 1000.

§ 17.

1. а) Уменьшился. б) Увеличилась. в) Уменьшилась.

2. Раздвигать пластины; уменьшать площадь их перекрытия.

3. 30 м; в диапазоне радиоволн.

4. 292 м. 5. Увеличить в 9 раз. 6. 12,5 мм.

§ 18.

1. 60° . 2. 60° . 3. 45° . 4. 69° . 5. В 2 раза. 6. 30 см/с.

7. 0,63. 8. 1,73.

9. 0,7. У к а з а н и е. Угол преломления равен 30° . 10. 1,63.

11. 0,31. 12. 1,73. 13. CD/AB . 14. 42° . 15. 1,41.

16. 4 м. 17. а) $3,14 \text{ м}^2$. б) $25,12 \text{ м}^2$. 18. 4,8 м.

19. Изменится на противоположное.

20. И лужу, и дорогу освещают ночью только фары автомобиля. От гладкой поверхности воды свет отражается зеркально, то есть вперёд, а от шероховатой дороги — диффузно, так что часть отражённого света попадает в глаза водителю. При появлении встречного автомобиля ситуация изменяется на противоположную: лужа воспринимается как яркое пятно на тёмном фоне.

21. 1,6. 22. $48,3^\circ$. 23. 50° . 24. 60° . 25. 83° . 26. 1,7.

27. 2,4. 28. 45° . 29. Не сможет.

30. $L \approx 900 \text{ м}$. У к а з а н и е. На рисунке 2 изображён вид сверху: A_1A_2 — теплоход, O — большой палец, B_1 и B_2 — глаза.

Используя подобие треугольников, находим: $L = \frac{la}{b} \approx 900 \text{ м}$.

Боцман использовал параллакс — изменение направления на какое-либо тело вследствие перемены точки наблюдения.

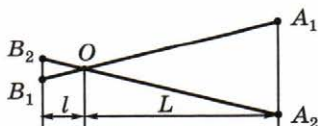


Рис. 2

31. При прохождении через толчёное стекло свет пересекает множество границ раздела «стекло — воздух». На каждой из этих границ происходит не только преломление, но и отражение света. Из-за многократных отражений свет практически не проходит сквозь толчёное стекло; оно выглядит белым. В воде, показатель преломления которой близок к показателю преломления стекла, отражение на границах раздела, а также отклонение лучей при преломлении резко уменьшаются. Поэтому в воде толчёное стекло почти прозрачно.

§ 19.

4. 18,75 см. 5. -40 см. 6. 20 см. 7. 16 см.

8. а) Собирающая. б) 2,5 дптр. в) 60 см. г) 2.

9. -3 дптр. 10. 1,5 см. 11. 15 см.

12. Положение и размер изображения не изменятся, но оно станет менее ярким. У к а з а н и е. Изображение каждой точки создаётся *всеми* лучами, вышедшими из этой точки А и прошедшими через линзу (см. рисунок). Закрыв верхнюю половину линзы, мы перекрываем часть лучей, но ход остальных лучей не изменяется. Поэтому положение и размер изображения не изменятся, однако оно станет менее ярким.

13. а) Собирающая линза. б) Рассеивающая линза. в) Плоское зеркало.

14. 36 см.

15. 12 см. У к а з а н и е. На экране может быть получено только *действительное* изображение. Значит, линза собирающая, а расстояния от неё до предмета и до экрана *превышают* фокусное расстояние.

16. 30 см или 60 см.

17. $h_2 = \frac{h^2}{h_1}$. У к а з а н и е. Во втором случае расстояния от линзы до предмета и от линзы до изображения «меняются местами».

19. На расстоянии 8 см от одного источника и 24 см — от другого. 20. 10 см. 21. $\frac{5}{3}$ дптр.

§ 20.

1. а) в. б) б, д. в) а, г. 2. б) Дальностьзоркость. в) 1,5 дптр.

3. 65,7 раз. 4. 12,5 см. 5. 40 м. 6. а) 9,1 см. б) 20 см.

7. 64 см². 8. 123,6 × 185,4 см. 9. 5,6 см. 10. 0,37 мм.

11. $\Delta t \leq \frac{ad}{vF} = 0,83$ мс.

12. $L \geq \frac{H\Delta}{F} = 15 \text{ м}$; $\tau \leq 2 \text{ мс}$. Указание. Фотографируемая поверхность движется относительно объектива с первой космической скоростью $v \approx \sqrt{gR}$. В данном случае увеличение $\Gamma = \frac{F}{H}$.

13. 0,05 мм.

§ 21.

1. а) $\frac{1}{3}$. б) $\frac{2}{3}$. в) Видна вся стрелка. 2. 3; 2; 7.

3. 2,26 м. 4. 2,7 м. 5. 29 см. 6. 2,43 м. 7. 6 см.

8. 2,42 м; 4,14 м. 9. 0,8 м. 10. 4 м.

11. 5 м × 2,5 м; 2,7 м × 0,2 м. 12. 17,7 см. 13. $n \geq \sqrt{2}$. Указание. Чтобы узор был виден через боковую грань, идущий от него луч должен испытать преломление дважды. 14. 5,3 м. 15. 22,5°. 16. 12 см. 17. 90°. 18. 2,5 м; 2 мм. 19. 9,7 см².

§ 22.

1. 1650 Гц. 2. а) 12 см; б) 0.

3. Интерференционный максимум.

4. а) Усиливается. б) Ослабляется. 5. 500 нм. 6. $\frac{\pi}{2}$.

7. 500 нм. 8. 460 нм. 9. 400 нм. 10. 7 м.

11. 150 нм. 12. 300 нм. 13. 0,1 мкм. 14. 10.

15. Энергия волн при интерференции *перераспределяется* в пространстве. Указание. Если в некоторой области волны гасят друг друга, то в «соседней» области они усиливают друг друга, в результате чего *амплитуда* результирующей волны в этой области удваивается.

16. Во-первых, если толщина плёнки существенно превышает длину цуга волны падающего света (для солнечного света это величина порядка 1 мкм), то отражённые от двух поверхностей плёнки световые волны не являются когерентными, и поэтому интерференционная картина не наблюдается. Во-вторых, при большой толщине плёнки густота интерференционных максимумов и минимумов так велика, что мы перестаём их различать. При этом происходит также наложение интерференционных максимумов световых волн различной длины.

17. Видимые цвета тонких плёнок не являются спектрально чистыми. Указание. Как известно, белый свет представ-

ляет собой «смесь» монохроматических световых волн. Вследствие интерференции световых волн, отражённых от двух поверхностей тонкой плёнки, одни монохроматические волны усиливаются, а другие ослабляются. Именно по этой причине отражённый свет и приобретает окраску. Однако отражённый свет остаётся всё же «смесью» различных монохроматических волн.

18. 20.

19. $x = 1,8$ мм; не обязательно. У к а з а н и е. Когерентность источников не исключает возможности *постоянного* сдвига фаз между испускаемыми ими волнами. Поэтому в равноудалённой от источников точке O (рис. 3) необязательно будет максимум освещённости: например, в случае противофазных источников в точке O будет *минимум* освещённости. Для нахождения x предположим, что сдвиг фаз между источниками отсутствует (в противном случае произойдёт *одинаковое* смещение тёмных и светлых полос без изменения их ширины). Тогда в точке O будет максимум освещённости, поскольку разность хода волн равна нулю, а в точке M следующего максимума разность хода волн равна длине волны λ . Это условие приводит к уравнению $\sqrt{L^2 + (x + s)^2} - \sqrt{L^2 + (x - s)^2} = \lambda$,

где $s = \frac{A_1 A_2}{2}$. Воспользовавшись малостью x и s по сравнению с L , можно упростить последнее уравнение. Домножив и разделив его левую часть на «сопряжённое» выражение $\sqrt{L^2 + (x + s)^2} + \sqrt{L^2 + (x - s)^2}$, приближённо равное $2L$, нахо-

дим: $x = \frac{\lambda L}{2s} = \frac{\lambda L}{A_1 A_2} = 1,8$ мм.

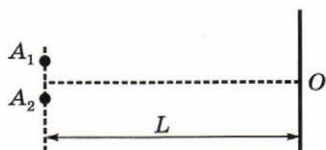


Рис. 3

§ 23.

1. 100. 2. $2/3$. 3. $10,4^\circ$. 4. 0,005 мм. 5. $1,3^\circ$; $2,6^\circ$.
6. 700 нм. 7. Красный. 8. 575 нм. 9. 595. 10. 680 нм.
11. 1 м. 12. 600 нм. 13. 483 нм.
14. 682 нм. 5. 15. 16. 3. 17. 600 нм.
18. В фокальной плоскости линзы; 0,57 м.

19. Согласно формуле дифракционной решётки $d \sin \varphi = k \lambda$ угол отклонения φ минимален для самых коротких волн (фиолетового света). Призмой же меньше всего отклоняются красные лучи, поскольку для них показатель преломления стекла минимален.

20. В воде длина волны уменьшается в n раз, поэтому согласно формуле дифракционной решётки уменьшается и ширина спектральных полос на экране. У линзы, погружённой в воду, резко падает оптическая сила (увеличивается фокусное расстояние), поэтому фокальная плоскость оказывается на много дальше экрана и чёткого дифракционного спектра на экране не будет.

21. Нет. Указание. Интерференционные максимумы порядков k и $k + 1$ перекрываются, если $k \lambda_2 \geq (k + 1) \lambda_1$, то есть при $k \geq \frac{\lambda_1}{(\lambda_2 - \lambda_1)} = 10$. Поскольку максимальный порядок максимумов ограничен условием $k \leq \frac{d}{\lambda_1} = 8$, максимумы разных порядков перекрывать не будут.

§ 24.

1. Частотой световой волны.

2. Вследствие различия в значении показателя преломления для света, соответствующего различным частотам.

3. Зелёное; чёрными.

4. Лучи, имеющие длину волны, соответствующую зелёному цвету, отражаются листвой сильнее (поглощаются меньше), чем лучи, соответствующие другим цветам.

5. Свет от ламп проходит через светофильтры, которые пропускают свет только соответствующего цвета.

6. От $1,5 \cdot 10^{11}$ Гц до $3,75 \cdot 10^{14}$ Гц.

7. От $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц до $3 \cdot 10^{15}$ Гц.

8. Указание. Угол преломления для лучей красного цвета меньше, чем для лучей синего цвета.

9. 1 — красный, 2 — зелёный, 3 — синий.

11. $0,26^\circ$. 12. $0,53$ мкм; красный.

§ 25.

1. Изображение свечи будет сначала темнеть, потом светлеть, и при конечном положении кристаллов свеча будет видна сквозь них, как и в исходном положении. 2. $1,2 \cdot 10^7$ м. 3. $26,6$ мкс. 4. $45,1$ м.

5. $9,9$ мм. 6. $28,1^\circ$. 7. $1,5 \cdot 10^8$ м/с.

§ 26.

1. Эксперимент, доказавший независимость скорости света от скорости движения источника и приёмника света.

2. с. 3. с.

§ 27.

1. 1,25т. 2. 5,2 м.

3. У движущихся частиц среднее время жизни в 2,3 раза больше.

4. 71 год. 5. Её масса равна нулю. 6. $4,2 \cdot 10^9$ кг.

7. На $3,7 \cdot 10^{-12}$ кг. 8. На $3 \cdot 10^{-11}$ кг.

9. $8,2 \cdot 10^{-14}$ Дж. 10. $0,42 \text{ мс}^2$.

§ 28.

1. $3,3 \cdot 10^{-19}$ Дж (2,1 эВ). 2. $4 \cdot 10^{-18}$ Дж (25 эВ).

3. Нет; да. 4. а) 300 нм. б) 1,24 мкм. 5. 2,2 эВ.

6. 1,9 эВ. 7. $2,36 \cdot 10^{-19}$ Дж.

8. Меньше 276 нм. 9. $7,4 \cdot 10^{14}$ Гц.

10. $4,8 \cdot 10^{14}$ Гц. 11. 94 нм. 12. 310 нм. 13. 1 эВ.

14. $1,24 \cdot 10^{15}$ Гц. 15. $3 \cdot 10^{-25} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. 16. В 6 раз.

17. $1,324 \cdot 10^{15}$ Гц. 18. 1,48 эВ. 19. $1,2 \cdot 10^{15}$ Гц.

20. 0,1 мкс. 21. 10^{15} Гц. 22. $1,6 \cdot 10^4$ К.

23. $7,68 \cdot 10^{-19}$ Дж. 24. Увеличить на $2,9 \cdot 10^{14}$ Гц.

25. 19 нКл. 26. 210 нм.

§ 29.

6. а) От нас. б) По траектории 1 — α -частица, по траектории 2 — нейтрон. 8. а) 3,5 эВ. б) $8,46 \cdot 10^{14}$ Гц. в) 354,5 нм. 9. $3,4 \cdot 10^{15}$ Гц. 10. 0,5Т.

§ 30.

4. Увеличилась на 2,5 эВ. 5. 6. 6. 4—3. 7. а) 3. б) 5. в) 1. г) 4. 9. $1,98 \cdot 10^6$ м/с. 10. 657 нм. 11. 350 нм.

§ 31.

2. Направление импульсов всех фотонов практически одинаково. 3. $1,4 \cdot 10^{19}$. 4. $6,3 \cdot 10^{15}$. 5. $1,5 \cdot 10^{-7}$ с.

6. 590 нм; 3,4 мВт.

7. $1,3 \cdot 10^{-25}$ м; при такой малой длине волны наблюдать проявление волновых свойств пылинки невозможно.

8. $7,3 \cdot 10^{-11}$ м. 9. 0,215 нм. 10. 55 эВ.

§ 32.

6. а) Марганец. б) Бром. в) Цезий. 8. $2,9 \cdot 10^{23}$; $3,1 \cdot 10^{23}$.

§ 33.

4. ${}^{208}_{82}\text{Pb}$. 5. α -частицу. 6. а) $\frac{1}{2}$. б) $\frac{3}{4}$. в) $\frac{7}{8}$.
 7. Пять α -распадов и три β -распада.
 8. 86 протонов и 136 нейтронов.
 9. 89 протонов и 139 нейтронов. 10. 10 и 10. 11. 8 и 6.
 12. В 81 раз. 13. 200 с. 14. 7,2 ч; 12 ч; 693 сут.
 15. За 80 суток. 16. 99,2 %. 17. 270 суток. 18. 3 ч.
 19. Через 1 ч. 20. 1 ч. 21. 44 мин.

$$22. B = \frac{1}{2eR} \sqrt{\frac{2m_{\alpha}\Delta E}{1 + \frac{m_{\alpha}}{M}}}$$

23. $1,8 \cdot 10^{10}$. У к а з а н и е. Число распадающихся за время $\tau \ll T$ радиоактивных атомов $\Delta N = N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{\tau}{T}} \approx \frac{N_0 \tau \ln 2}{T}$.

В образце руды одновременно идут два процесса: распад урана, увеличивающий число атомов тория, и распад образовавшихся атомов тория. В результате число атомов тория остаётся практически неизменным. Приравняв количество распадов урана и тория, происшедших за одно и то же время, получаем: $\frac{N_{\text{Th}}}{T_{\text{Th}}} = \frac{N_{\text{U}}}{T_{\text{U}}}$. Поскольку $N_{\text{U}} = \frac{mN_{\text{A}}}{M_{\text{U}}}$, находим: $N_{\text{Th}} = \frac{N_{\text{A}}mT_{\text{Th}}}{MT_{\text{U}}}$.

§ 34.

1. Нейтрон. 2. 104. 3. 24. 4. Нейтрон. 5. Протон.
 7. $0,28 \cdot 10^{-11}$ Дж. 8. а) 0,124 а.е.м. б) 0,042 а.е.м.
 в) 0,03 а.е.м. г) 0,24 а.е.м.
 9. а) $4,1 \cdot 10^{-11}$ Дж. б) $1,55 \cdot 10^{-11}$ Дж.
 10. а) 8,3 МДж/нуклон. б) 7,7 МДж/нуклон.
 11. 17,6 МэВ. 12. 100 т.
 13. ${}^{11}_5\text{B} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n}$; $W = 0,17$ МэВ.
 14. ${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He}$; 2,8 МэВ.
 15. 1,01 МэВ. 16. 6,54 МэВ.
 17. На 65 К. У к а з а н и е. Число распавшихся ядер полония $N = \frac{N_0 \tau \ln 2}{T}$. При каждом распаде суммарная масса покоя вещества уменьшается на $\Delta m = 5,8 \cdot 10^{-3}$ а.е.м., при этом выделяется энергия $W_0 = \Delta m \cdot c^2 = 5,4$ МэВ.

§ 35.

1. 2. У к а з а н и е. Учтите, что ядро урана захватило один нейтрон. 2. 5,3 кг. 3. 150 000 вагонов; на 2,4 г.

§ 36.

1. 1 МэВ. 2. 1880 МэВ. 3. $1,6 \cdot 10^{22}$ Гц.

4. $v > 2,5 \cdot 10^{20}$ Гц. У к а з а н и е. Данный процесс возможен благодаря передаче импульса веществу. Энергия каждого кванта должна при этом превышать энергию покоя электрон-позитронной пары.

5. $3,6 \cdot 10^{-20} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.

§ 37.

6. 345 600 км. 7. На 0,9 с.

8. а) 5 км. б) 36 км. в) 113 км. г) 358 км.

9. $9 \cdot 10^{-3}$ градуса.

§ 38.

3. Сильно ионизированный газ. Нет: в основном из плазмы состоит Солнце, масса которого составляет более 99 % массы всей Солнечной системы.

4. Примерно в 50 раз. 5. 2,6 км/с. 6. 600 км/с.

§ 39.

3. а) $0,04 \text{ м/с}^2$. б) $6 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$. в) $2,2 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$.

4. а) 3,6 км/с. б) 6,2 км/с. в) 43,6 км/с.

5. Около 200. У к а з а н и е. Вес атмосферы можно найти, зная давление атмосферы и площадь поверхности планеты, а массу можно связать с весом, зная ускорение свободного падения на поверхности планеты.

§ 40.

5. Первой.

6. В 100 раз. У к а з а н и е. Интенсивность излучения убывает обратно пропорционально квадрату расстояния до источника излучения.

§ 42.

3. Около 10^{18} км.

4. Подавляющее большинство звёзд будут сосредоточены в одной полосе. Мы сами в некотором смысле являемся такими наблюдателями, потому что Солнце находится на периферии Галактики: для нас этой полосой в ночном небе является Млечный Путь.

5. 6,5 миллиардов световых лет. У к а з а н и е. Воспользуйтесь законом Хаббла.

6. Примерно через 5 миллиардов лет.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 1. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

§ 1. Магнитные взаимодействия. Магнитное поле.....	4
§ 2. Закон Ампера	6
§ 3. Сила Лоренца.....	11
§ 4. Проводники и заряженные частицы в магнитном поле	15

Глава 2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

§ 5. Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца.....	20
§ 6. Закон электромагнитной индукции	24
§ 7. Самоиндукция. Энергия магнитного поля.....	28
§ 8. Применение закона электромагнитной индукции	31

Глава 3. КОЛЕБАНИЯ

§ 9. Свободные механические колебания	34
§ 10. Динамика механических колебаний	36
§ 11. Колебательный контур	39
§ 12. Переменный электрический ток	42
§ 13. Более сложные вопросы колебаний.....	44

Глава 4. ВОЛНЫ

§ 14. Механические волны. Звук	47
§ 15. Электромагнитные волны	49
§ 16. Передача информации с помощью электромагнитных волн	50
§ 17. Передача и приём радиоволн.....	51

Глава 5. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

§ 18. Законы геометрической оптики.....	52
§ 19. Линзы.....	55
§ 20. Глаз и оптические приборы.....	59
§ 21. Более сложные вопросы геометрической оптики	61

Глава 6. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

§ 22. Интерференция волн.....	64
§ 23. Дифракция волн.....	67
§ 24. Цвет	69
§ 25. Поляризация света. Соотношение между волновой и геометрической оптикой	71

Глава 7. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

§ 26. Основные положения специальной теории относительности	72
§ 27. Некоторые следствия специальной теории относительности	72

Глава 8. КВАНТЫ И АТОМЫ

§ 28. Фотоэффект. Фотоны	74
§ 29. Строение атома.....	77
§ 30. Атомные спектры	78
§ 31. Лазеры. Квантовая механика.....	80

Глава 9. АТОМНОЕ ЯДРО И ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

§ 32. Атомное ядро	82
§ 33. Радиоактивность	82
§ 34. Ядерные реакции и энергия связи ядер.....	85
§ 35. Ядерная энергетика	87
§ 36. Мир элементарных частиц.....	87

Глава 10. СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

§ 37. Размеры Солнечной системы.....	89
§ 38. Солнце	90
§ 39. Природа тел Солнечной системы	90

Глава 11. ЗВЁЗДЫ, ГАЛАКТИКИ, ВСЕЛЕННАЯ

§ 40. Разнообразие звёзд	92
§ 41. Судьбы звёзд	92
§ 42. Галактики	93
§ 43. Происхождение и эволюция Вселенной	94

Ответы и указания.....	95
------------------------	----

Учебное издание
Генденштейн Лев Элевич,
Кошкина Анжелика Васильевна,
Левиев Григорий Иосифович

Ф И З И К А

11 класс

В двух частях

Часть 2

ЗАДАЧНИК

для учащихся общеобразовательных организаций
(базовый и углублённый уровни)

Генеральный директор издательства *М. И. Безвизонная*
Главный редактор *К. И. Куровский*
Редактор *Г. И. Ершова*
Оформление и художественное редактирование: *Т. С. Богданова*
Технический редактор *Т. В. Фатюхина*
Корректоры *В. И. Антонов, Н. В. Пятосина*
Компьютерная вёрстка: *А. А. Борисенко*

Формат 60×90 ¹/₁₆. Бумага офсетная № 1. Гарнитура «Школьная».
Печать офсетная. Усл. печ. л. 7,0. Тираж 5 000 экз. Заказ № 3874.

Издательство «Мнемозина».
105043, Москва, ул. 6-я Парковая, 29б.
Тел.: 8 (499) 367 5418, 367 6781.
E-mail: ioc@mnezozina.ru
www.mnezozina.ru

ИНТЕРНЕТ-магазин.
Тел.: 8 (495) 783 8284, 783 8286.
www.shop.mnezozina.ru

Отпечатано в ОАО «Первая Образцовая типография»,
филиал «Ульяновский Дом печати».
432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14.

Относительная атомная масса некоторых изотопов, а. е. м.
(для определения массы ядра необходимо
вычесть из массы атома суммарную массу электронов)

Изотоп	Масса нейтрального атома	Изотоп	Масса нейтрального атома
${}^1_1\text{H}$ (водород)	1,00783	${}^{12}_6\text{C}$ (углерод)	12,00000
${}^2_1\text{H}$ (дейтерий)	2,01410	${}^{13}_6\text{C}$ (углерод)	13,00335
${}^3_1\text{H}$ (тритий)	3,01605	${}^{14}_7\text{N}$ (азот)	14,00307
${}^3_2\text{He}$ (гелий)	3,01602	${}^{15}_7\text{N}$ (азот)	15,00011
${}^4_2\text{He}$ (гелий)	4,00260	${}^{17}_8\text{O}$ (кислород)	16,99913
${}^6_3\text{Li}$ (литий)	6,01513	${}^{27}_{13}\text{Al}$ (алюминий)	26,98146
${}^7_3\text{Li}$ (литий)	7,01601	${}^{30}_{14}\text{Si}$ (кремний)	29,97376
${}^8_4\text{Be}$ (бериллий)	8,00531	${}^{226}_{88}\text{Ra}$ (радий)	226,02435
${}^{10}_5\text{B}$ (бор)	10,01294	${}^{238}_{92}\text{U}$ (уран)	238,05077

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕ И СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Средний радиус Земли	6 370 км
Масса Земли	$6 \cdot 10^{24}$ кг
Средняя плотность Земли	$5\,500$ кг/м ³
Нормальное атмосферное давление	101 кПа (760 мм рт. ст.)

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

Радиус Солнца	700 000 км
Масса Солнца	$2 \cdot 10^{30}$ кг
Среднее расстояние от Земли до Солнца	150 млн км
Масса Луны	$7,35 \cdot 10^{22}$ кг