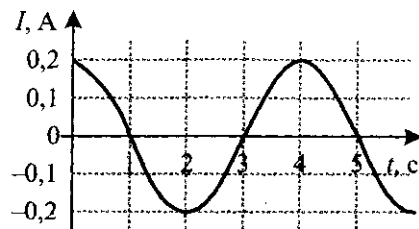


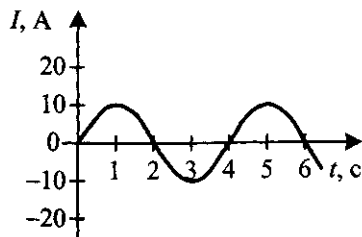
12. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

12.1. Уравнение и график колебательного процесса

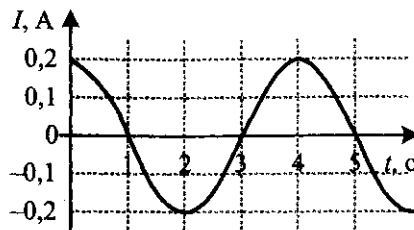
1. Колебания напряжения на конденсаторе в цепи переменного тока описываются уравнением $u = 50\cos(100\pi t)$, где все величины выражены в единицах СИ. Чему равна циклическая частота и амплитуда колебаний напряжения? Определите частоту и период колебаний напряжения.
2. Амплитудное значение заряда на конденсаторе равно 2 мкКл. Чему равно значение заряда на конденсаторе через $\frac{1}{6}$ часть периода колебаний после достижения этого значения? Колебания происходят по закону косинуса. Начальная фаза колебаний равна нулю.
3. Амплитудное значение заряда на конденсаторе равно 3 мкКл. Чему равно значение заряда на конденсаторе через $\frac{1}{12}$ часть периода колебаний после достижения этого значения? Колебания происходят по закону синуса. Начальная фаза колебаний равна нулю.
4. Колебания напряжения на конденсаторе в цепи переменного тока описываются уравнением $u = 50\cos(100\pi t)$, где все величины выражены в единицах СИ. Определите напряжение на конденсаторе через $\frac{T}{4}$ после начала колебаний.
5. Колебания напряжения на конденсаторе в цепи переменного тока описываются уравнением $u = 50\cos(100\pi t)$, где все величины выражены в единицах СИ. Определите напряжение на конденсаторе через $\frac{T}{6}$ после начала колебаний.
6. На рисунке показан график зависимости силы тока в металлическом проводнике от времени. Определите амплитуду колебаний тока.



7. На рисунке представлена зависимость силы тока в металлическом проводнике от времени. Определите период и частоту колебаний тока.

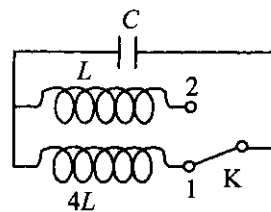


8. На рисунке показан график зависимости силы тока в металлическом проводнике от времени. Определите циклическую частоту колебаний тока.

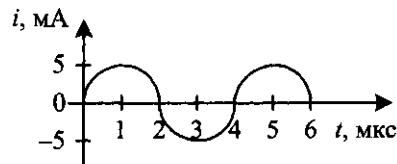


12.2. Колебательный контур

1. Заряженный конденсатор замыкают на катушку. Активное сопротивление проводов и катушки ничтожно мало. Какие изменения происходят с зарядом на положительно заряженной пластине конденсатора?
2. В колебательном контуре после разрядки конденсатора ток исчезает не сразу, а постепенно уменьшается, перезаряжая конденсатор. С каким явлением это связано?
3. Чему равен период колебаний в колебательном контуре, состоящем из конденсатора ёмкостью 4 мкФ и катушки индуктивности 1 Гн?
4. Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью C и катушки индуктивности L . Как изменится период электромагнитных колебаний в этом контуре, если ёмкость конденсатора увеличить в 1,44 раза?
5. Как изменится частота собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок), если ключ K перевести из положения 1 в положение 2?



6. На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре при свободных колебаниях. Конденсатор в этом контуре заменили



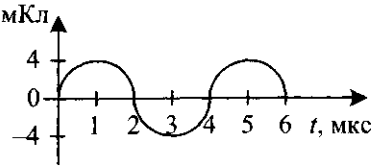
на другой конденсатор, у которого электроёмкость в 4 раза меньше. Каким будет период колебаний контура?

7. Колебательный контур состоит из конденсатора электроёмкостью C и катушки индуктивностью L . Как изменится частота электромагнитных колебаний в этом контуре, если электроёмкость конденсатора увеличить в 3 раза, а индуктивность катушки уменьшить в 3 раза?
8. Как изменится период колебаний контура, если его индуктивность увеличить в 10 раз, а ёмкость уменьшить в 2,5 раза?
9. Колебательный контур состоит из конденсатора электроёмкостью C и катушки индуктивностью L . Как изменится частота электромагнитных колебаний в этом контуре, если электроёмкость конденсатора и индуктивность катушки увеличить в 1,5 раза?
10. Как изменится период колебаний в колебательном контуре, если площадь каждой пластины конденсатора увеличить в 1,21 раза?
11. Во сколько раз изменится собственная частота колебаний в колебательном контуре, если зазор между пластинами конденсатора увеличить в 4 раза?
12. Во сколько раз изменится период колебаний в колебательном контуре, если пространство между пластинами воздушного конденсатора заполнить жидкостью, диэлектрическая проницаемость которой равна 9?
13. Во сколько раз изменится собственная частота колебаний в колебательном контуре, если параллельно конденсатору подключить ещё три таких же конденсатора?
14. Во сколько раз изменится частота колебаний в колебательном контуре, если последовательно конденсатору подключить ещё три таких же конденсатора?

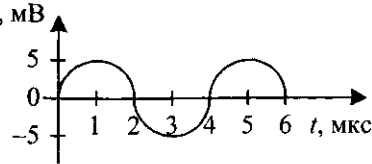
12.3. Сила тока в катушке, заряд и напряжение на конденсаторе

1. Заряд на пластинах конденсатора колебательного контура изменяется с течением времени в соответствии с уравнением $q = 0,01\cos(40\pi t)$. Запишите уравнение зависимости силы тока от времени.
2. Заряд на пластинах конденсатора колебательного контура изменяется с течением времени в соответствии с уравнением $q = 10^{-6}\sin(10^4\pi t)$. Определите амплитуду колебаний силы тока в контуре.
3. Изменения электрического тока в контуре происходят по закону $i = 0,01\cos(20\pi t)$. Чему равна частота колебаний заряда на конденсаторе контура?
4. Заряд на пластинах конденсатора колебательного контура изменяется с течением времени в соответствии с уравнением $q = 0,01\cos(40\pi t)$. Чему равен период колебаний напряжения?

5. На рисунке представлен график изменения заряда конденсатора в колебательном контуре с течением времени. Запишите закон изменения силы тока.



6. На рисунке представлен график изменения напряжения на пластинках конденсатора в колебательном контуре с течением времени. Определите амплитуду



заряда в контуре, если ёмкость конденсатора 2 мкФ.

7. Колебания напряжения на конденсаторе в цепи переменного тока описываются уравнением: $u = 12\cos(100\pi t)$, где все величины выражены в СИ. Ёмкость конденсатора равна 3 мкФ. Определите заряд конденсатора через $\frac{T}{4}$ после начала колебаний.

12.4. Свободные электромагнитные колебания.

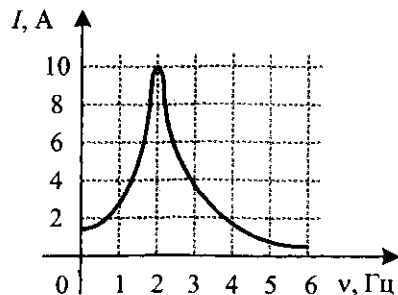
Закон сохранения энергии

1. В колебательном контуре, состоящем из конденсатора, катушки индуктивностью 0,01 Гн и ключа, после замыкания ключа возникают электромагнитные колебания, причём максимальная сила тока в катушке составляет 4 А. Чему равно максимальное значение электрического поля в конденсаторе в ходе колебаний?
2. В идеальном электрическом колебательном контуре ёмкость конденсатора 2 мкФ, а амплитуда напряжения на нём 10 В. Определите максимальное значение энергии магнитного поля катушки.
3. Колебательный контур содержит конденсатор ёмкостью 8 пФ и катушку, индуктивность которой 0,2 мГн. Чему равно максимальное напряжение на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока 40 мА?
4. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 0,1 Гн и конденсатора. Максимальный ток в катушке 0,01 А, максимальное напряжение на конденсаторе 10 В. Определите ёмкость конденсатора.
5. Колебательный контур содержит конденсатор ёмкостью 40 пФ и катушку, индуктивность которой 6 мкГн. Чему равен максимальный ток, протекающий по контуру, если максимальный заряд на конденсаторе равен 3 нКл?
6. Конденсатору с ёмкостью 10 нФ колебательного контура был сообщён заряд 0,1 мКл. Определите максимальную силу тока в контуре, если индуктивность катушки 4 Гн.

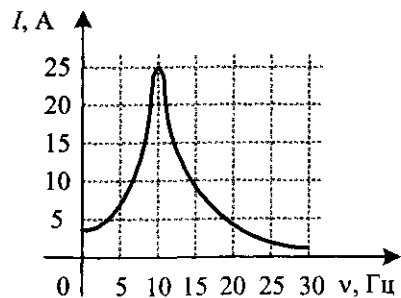
7. В электрическом колебательном контуре ёмкость конденсатора 2 мкФ, а максимальное напряжение на нём 5 В. Определите энергию магнитного поля катушки в тот момент времени, когда напряжение на конденсаторе равно 3 В.
8. Максимальный заряд конденсатора в колебательном контуре 6 мкКл. Индуктивность катушки 3 мГн, электроёмкость конденсатора 2 мкФ. В некоторый момент времени сила тока в колебательном контуре равна 0,024 А. Определите заряд на конденсаторе в этот момент времени.
9. В электрическом колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности 5 мА, а амплитуда напряжения на конденсаторе 2 В. Определите напряжение на конденсаторе в тот момент, когда сила тока будет равна 3 мА.
10. В идеальном колебательном контуре амплитуда силы тока в катушке индуктивности равна 10 мА, а амплитуда колебаний заряда конденсатора равна 5 нКл. В момент времени t заряд конденсатора 3 нКл. Найдите силу тока в катушке в этот момент.

12.5. Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс

1. Чем вынужденные электромагнитные колебания отличаются от свободных?
2. Почему свободные электромагнитные колебания со временем затухают?
3. При каком условии наблюдается резонанс в электрических цепях?
4. Какие изменения амплитуды тока происходят при резонансе?
5. Приведите примеры вредного проявления резонанса в электрических цепях.
6. Приведите примеры полезного использования резонанса в электрических цепях.
7. На рисунке представлен график зависимости амплитуды силы тока вынужденных колебаний от частоты ν вынуждающей ЭДС. При какой частоте происходит резонанс?



8. На рисунке представлен график зависимости амплитуды силы тока вынужденных колебаний от частоты ν вынуждающей ЭДС. Определите амплитуду колебаний при резонансе.



12.6. Переменный ток

1. Амплитуда колебаний напряжения на участке цепи переменного тока равна 50 В. Чему равно действующее значение напряжения на этом участке цепи?
2. Действующее значение силы тока в цепи переменного тока равно 5 А. Чему равна амплитуда колебаний силы тока в цепи?
3. Сила тока через резистор меняется по закону $i = 36\sin(128t)$. Определите действующее значение силы тока в цепи.
4. Колебания напряжения на конденсаторе в цепи переменного тока описываются уравнением $u = 60\sin(10^3t)$, где все величины выражены в единицах СИ. Ёмкость конденсатора 2 мкФ. Найдите амплитуду силы тока.
5. Ёмкость конденсатора, включенного в цепь переменного тока, равна 6 мкФ. Уравнение колебаний напряжения на конденсаторе имеет вид: $u = 40\cos(1 \cdot 10^3t)$, где все величины выражены в СИ. Определите действующее значение силы тока.
6. Напряжение на конденсаторе в цепи переменного тока меняется с циклической частотой $\omega = 4000\text{с}^{-1}$. Амплитуда колебаний напряжения и силы тока равны, соответственно, $U_m = 200\text{ В}$ и $I_m = 4\text{ А}$. Найдите электроёмкость конденсатора.
7. Индуктивность катушки равна 0,5 Гн. Уравнение колебаний силы тока в ней имеет вид: $i = 0,8\cos(12,5\pi t)$, где все величины выражены в СИ. Определите амплитуду напряжения на катушке.
8. Напряжение на выходных клеммах генератора меняется по закону $u = 280\cos(100t)$. Определите действующее значение силы тока, если индуктивность катушки 0,25 Гн.

12.7. Производство, передача и потребление электрической энергии. Трансформатор

1. Где используется электрическая энергия?
2. Где в промышленных масштабах получают электрическую энергию и как её доставляют потребителю?

3. Какие бывают электростанции?
4. Какие преобразования энергии происходят на ГЭС и ТЭЦ?
5. Какие проблемы возникают при передаче электрической энергии?
6. Для чего около электростанций устанавливают повышающий напряжение трансформатор?
7. Какой трансформатор устанавливают около потребителей электрической энергии?
8. Трансформатор понижает напряжение с 240 до 120 В. Определите число витков во вторичной катушке трансформатора, если первичная катушка содержит 80 витков.
9. Трансформатор понижает напряжение в 5 раз. Определите число витков в первичной катушке трансформатора, если вторичная катушка содержит 80 витков.
10. В первичной обмотке трансформатора 800 витков, сила тока в ней 2 А. Сколько витков во вторичной обмотке, если сила тока в ней 5 А?
11. Трансформатор понижает напряжение в 20 раз. Во сколько раз действующее значение силы тока в первичной катушке отличается от действующего значения силы тока во вторичной?
12. Напряжение на концах первичной обмотки трансформатора 110 В, сила тока в ней 0,1 А. Напряжение на концах вторичной обмотки 220 В, сила тока в ней 0,04 А. Чему равен КПД трансформатора?
13. КПД трансформатора 95%. Напряжение на концах первичной обмотки 220 В, на концах вторичной 110 В. Сила тока во вторичной обмотке 9,5 А. Какова сила тока в первичной обмотке трансформатора?

12.8. Электромагнитные волны. Длина волны

1. Назовите учёного, который теоретически предсказал существование электромагнитных волн.
2. Какой учёный экспериментально обнаружил электромагнитные волны?
3. Что является источником электромагнитных волн?
4. При каком движении заряженная частица не излучает электромагнитную волну?
5. Чему равна длина электромагнитной волны, распространяющейся в воздухе, если период колебаний 0,01 мкс? Скорость распространения электромагнитных волн $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.
6. Радиостанция работает на частоте 60 МГц. Найдите длину электромагнитных волн, излучаемых антенной радиостанции. Скорость распространения электромагнитных волн $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

7. На какую длину волны нужно настроить радиоприёмник, чтобы слушать радиостанцию «Наше радио», которая вещает на частоте 101,7 МГц? Скорость распространения электромагнитных волн $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.
8. Длина электромагнитной волны в воздухе равна 0,6 мкм. Чему равна частота колебаний вектора напряжённости электрического поля этой волны? Скорость распространения электромагнитных волн $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.
9. Электромагнитные волны распространяются в однородной среде со скоростью $2 \cdot 10^8$ м/с. Какую длину волны они имеют в этой среде, если в вакууме длина волны 300 м, а скорость распространения $c = 3 \cdot 10^8$ м/с? Учтите, что при переходе волн из одной среды в другую частота не изменяется.
10. Колебательный контур радиоприёмника настроен на радиостанцию, работающую на волне 100 м. Как нужно изменить ёмкость конденсатора колебательного контура, чтобы он был настроен на волну 25 м? Индуктивность катушки считать неизменной.
11. Контур радиоприёмника настроен на длину волны 15 м. Как нужно изменить индуктивность катушки колебательного контура приёмника, чтобы он был настроен на волну длиной 30 м при неизменной ёмкости конденсатора в контуре?
12. Резонанс в колебательном контуре наступает при частоте 3 МГц. На какую длину волны будет настроен контур, если индуктивность катушки увеличить в 2 раза, а ёмкость конденсатора оставить прежней? Активным сопротивлением пренебречь. Скорость распространения электромагнитных волн $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.
13. Колебательный контур радиоприёмника содержит конденсатор, ёмкость которого 10 нФ. Какой должна быть индуктивность контура, чтобы обеспечить приём волны длиной 300 м? Скорость распространения электромагнитных волн $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.
14. Определите ёмкость контура, индуктивность которого 1 мкГн, если он испускает электромагнитные волны 50 м. Скорость распространения электромагнитных волн $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.
15. Колебательный контур состоит из воздушного конденсатора, площадь каждой пластины которого 100 см² и расстояние между ними 3 мм, и катушки индуктивностью 1 мкГн. Определите длину волны, при которой резонирует контур.
16. В наборе радиодеталей для изготовления простого колебательного контура имеются две катушки с индуктивностями $L_1 = 1$ мкГн и $L_2 = 2$ мкГн, а также два конденсатора, ёмкости которых $C_1 = 3$ пФ и $C_2 = 4$ пФ. При каком выборе двух элементов из этого набора длина волны, принимаемая радиоприёмником, будет наибольшей?

12.9. Различные виды электромагнитных излучений и их практическое применение

1. По какому принципу построена шкала электромагнитных волн?
2. Назовите диапазон электромагнитных волн с самой большой частотой.
3. Назовите диапазон электромагнитных волн с минимальной частотой.
4. Перечислите диапазоны электромагнитных волн в порядке возрастания частоты.
5. Что является источником радиоволн? Где они используются?
6. Что является источником инфракрасных волн? Где они используются?
7. У какого света больше длина волны — у красного или синего?
8. У какого света больше частота — у жёлтого или зелёного?
9. Земля удалена от Солнца на расстояние 150 млн км. Сколько времени идёт свет от Солнца к Земле? Скорость распространения электромагнитных волн $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.
10. Что является источником ультрафиолетовых волн? Где они используются?
11. Какое излучение используется в медицине благодаря своей проникающей способности?
12. Какое излучение сопровождает ядерный взрыв?

13. ОПТИКА

13.1. Прямолинейное распространение света

1. При каком условии на экране появляется тень? полутень?
2. Предмет, освещённый маленькой лампочкой, отбрасывает тень на стену. Высота предмета 0,03 м, высота его тени 0,15 м. Во сколько раз расстояние от лампочки до предмета меньше, чем от лампочки до стены?
3. Маленькая лампочка освещает экран через непрозрачную перегородку с круглым отверстием радиусом 0,2 м. Расстояние от лампочки до экрана в 6 раз больше расстояния от лампочки до перегородки. Каков радиус освещённого пятна на экране?
4. Тень на экране от предмета, освещённого точечным источником света, имеет размеры в 3 раза больше, чем сам предмет. Расстояние от источника света до предмета равно 1 м. Определите расстояние от предмета до экрана.
5. Тень от столба в два раза длиннее его высоты. Под каким углом к горизонту в этот момент находится Солнце?
6. К потолку комнаты высотой 4 м прикреплена лампа накаливания. На высоте 3 м от пола параллельно ему расположен круглый непрозрачный диск диаметром 2 м. Центр лампы и центр диска лежат на одной вертикали. Каков диаметр тени на полу?
7. К потолку комнаты высотой 3 м прикреплена лампа накаливания. На высоте 2 м от пола параллельно ему расположен непрозрачный прямоугольник размерами 2×1 м. Центр лампы и центр прямоугольника лежат на одной вертикали. Определите длину диагонали прямоугольной тени на полу.
8. К потолку комнаты высотой 3 м прикреплена люминесцентная лампа длиной 2 м. На высоте 1,5 м от пола параллельно ему расположен круглый непрозрачный диск диаметром 2 м. Центр лампы и центр диска лежат на одной вертикали. Найдите максимальное расстояние между крайними точками полутени на полу.

13.2. Закон отражения света

1. Луч света падает на плоское зеркало. Угол отражения равен 17° . Определите угол между падающим и отражённым лучами.
2. Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отражённым лучами равен 24° . Определите угол между отражённым лучом и зеркалом.

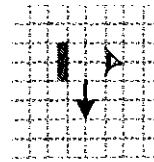
3. Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отражённым лучами равен 36° . Определите угол между падающим лучом и зеркалом.
4. Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим лучом и зеркалом равен 35° . Определите угол между падающим и отражённым лучами.
5. Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим лучом и зеркалом уменьшили на 20° . Что произойдёт с углом между отражённым лучом и зеркалом?
6. Луч света падает на плоское зеркало. Угол падения уменьшили на 17° . Что произойдёт с углом между отражённым лучом и зеркалом?
7. Как изменится угол между падающим на плоское зеркало и отражёнными лучами при увеличении угла падения на 13° ?
8. Угол между плоским зеркалом и падающим лучом увеличили на 6° . Что произойдёт при этом с углом между падающим и отражённым лучами?

13.3. Изображение предмета в плоском зеркале

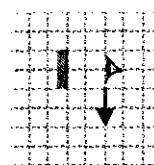
1. Человек находится на расстоянии 1,5 м от плоского зеркала. На каком расстоянии от зеркала находится его изображение?
2. Человек находится на расстоянии 2 м от плоского зеркала. На каком расстоянии от человека находится его изображение?
3. Человек, находившийся на расстоянии 3 м от плоского зеркала, удалился от него на 50 см. На сколько увеличилось расстояние между человеком и его изображением?
4. Во сколько раз увеличится расстояние между предметом и его изображением в плоском зеркале, если зеркало переместить в то место, где было изображение предмета? Предмет остался неподвижен.
5. На горизонтальном столе лежит книга. Под каким углом к поверхности стола нужно расположить зеркало, чтобы изображение книги в плоском зеркале находилось в вертикальной плоскости?
6. Под каким углом к горизонту следует расположить плоское зеркало, чтобы осветить дно вертикального колодца отражёнными от зеркала лучами, падающими под углом 30° к горизонту?
7. Сколько изображений получится от предмета в двух плоских зеркалах, поставленных под углом 60° друг к другу?
8. Человек стоит перед плоским зеркалом, укрепленным на вертикальной стене. Какова должна быть минимальная высота зеркала, чтобы человек мог видеть себя в полный рост? Рост человека 1,8 м.

9. Плоское зеркало движется по направлению к точечному источнику света со скоростью 10 см/с. С какой скоростью движется изображение? Направление скорости перпендикулярно плоскости зеркала.

10. Какая часть изображения стрелки в зеркале видна глазу?



11. На сколько клеток и в каком направлении по вертикали следует переместить глаз, чтобы изображение стрелки в зеркале было видно ему полностью?

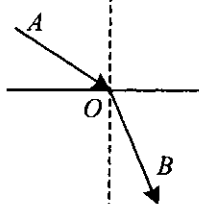


13.4. Закон преломления света

1. Луч света падает на границу двух прозрачных сред. Может ли угол падения быть равен углу преломления? Если да, то при каком условии?
2. При переходе луча света из одной среды в другую угол падения равен 30° , а угол преломления 60° . Определите относительные показатели преломления второй среды относительно первой и первой среды относительно второй.
3. Луч света падает на плоскопараллельную стеклянную пластину. На границе раздела воздух—стекло луч испытывает преломление и частичное отражение. Угол между преломлённым и отражённым лучами равен 105° . Определите угол падения, если угол преломления составляет 25° .
4. Луч света падает на плоскопараллельную стеклянную пластину. На границе раздела воздух—стекло луч испытывает преломление и частичное отражение. Угол между преломлённым и отражённым лучами равен 120° . Определите угол преломления, если угол падения составляет 35° .
5. Какие характеристики электромагнитной волны изменяются при переходе света из одной прозрачной среды в другую, а какие остаются без изменения?
6. Луч света переходит из воздуха в стекло. Сравните угол падения и угол преломления, скорости, длины волн, частоты. Абсолютный показатель преломления воздуха равен 1, а стекла 1,5.
7. Во сколько раз уменьшается скорость света при переходе луча из воздуха в алмаз? Абсолютный показатель преломления воздуха 1, а алмаза 2,42.

8. Во сколько раз увеличивается длина волны при переходе луча из воды в воздух? Абсолютный показатель преломления воды 1,33, а воздуха 1.
9. Оптическая плотность льда меньше плотности воды. В какой из этих сред свет распространяется с большей скоростью?
10. Определите скорость света в среде, если при переходе света из вакуума в данную среду при угле падения 60° угол преломления 45° . Скорость света в вакууме $3 \cdot 10^8$ м/с.
11. Угол падения луча на границу воздух—стекло равен 30° . Скорость света в стекле $2 \cdot 10^8$ м/с. Определите угол преломления. Скорость света в вакууме $3 \cdot 10^8$ м/с.
12. Угол падения луча на границу раздела двух сред равен 30° . Определите угол преломления луча, если скорость света в первой среде $2,5 \cdot 10^8$ м/с, а абсолютный показатель преломления второй среды 1,4. Скорость света в вакууме $3 \cdot 10^8$ м/с.
13. Монохроматическая электромагнитная волна оптического диапазона с частотой $5 \cdot 10^{14}$ Гц распространяется в пластинке, имеющей показатель преломления 1,6. Чему равна длина волны света в пластинке? Скорость света в вакууме $3 \cdot 10^8$ м/с.
14. Определите частоту электромагнитного излучения с длиной волны 2 мкм в среде с показателем преломления 1,5. Скорость света в вакууме $3 \cdot 10^8$ м/с.
15. Чему равен показатель преломления среды, если свет с частотой $5 \cdot 10^{14}$ Гц имеет в ней длину 0,4 мкм? Скорость света в вакууме $3 \cdot 10^8$ м/с.

13.5. Полное внутреннее отражение

1. Световой луч переходит из одной прозрачной среды в другую. На рисунке показана граница двух сред, падающий луч AO и преломлённый луч OB . Можно ли, увеличивая угол падения, наблюдать явление полного внутреннего отражения?
 
2. Абсолютный показатель преломления для воды 1,33, а для стекла 1,6. В каком направлении свет должен пересекать границу этих двух прозрачных сред, чтобы стало возможным явление полного отражения?
3. Абсолютный показатель преломления для воды 1,33, а для алмаза 2,42. В каком направлении свет должен пересекать границу этих двух прозрачных сред, чтобы стало невозможным явление полного отражения?

4. Показатели преломления относительно воздуха для воды, стекла и алмаза соответственно равны 1,33; 1,5; 2,42. В каком из этих веществ предельный угол полного внутреннего отражения при выходе в воздух имеет максимальное значение?
5. Показатели преломления относительно воздуха для воды, стекла и алмаза, соответственно, равны 1,33; 1,5; 2,42. В каком из этих веществ предельный угол полного внутреннего отражения при выходе в воздух имеет минимальное значение?
6. Синус предельного угла полного внутреннего отражения на границе стекло—воздух равен $\frac{8}{13}$. Определите, чему равен абсолютный показатель преломления стекла.
7. Синус предельного угла полного внутреннего отражения на границе стекло—воздух равен $\frac{8}{13}$. Какова скорость света в стекле? Скорость света в воздухе $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.
8. Луч света выходит из скипидара в воздух. Предельный угол полного внутреннего отражения для этого луча 42° . Чему равна скорость распространения света в скипидаре? Скорость света в воздухе $3 \cdot 10^8$ м/с.
9. Определите предельный угол полного внутреннего отражения на границе жидкого азота и алмаза, если показатель преломления алмаза 2,42, а азота 1,21.
10. В некотором прозрачном веществе свет распространяется со скоростью, в 1,5 раза меньшей скорости света в вакууме. Чему будет равен предельный угол полного внутреннего отражения для поверхности раздела этого вещества с вакуумом?

13.6. Линзы. Оптические приборы

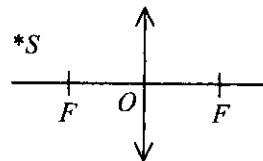
1. Что такое линзы? Из чего они обычно изготовлены?
2. В каких оптических приборах используются линзы? Как эти приборы расширили возможности человеческого глаза?
3. Открытие каких оптических приборов послужило развитию астрономии и биологии?
4. Какими оптическими свойствами обладает двояковыпуклая линза в оптически менее плотной среде и в оптически более плотной среде?
5. Какими оптическими свойствами обладает двояковогнутая линза в оптически менее плотной среде и в оптически более плотной среде?
6. Двояковыпуклую стеклянную линзу поместили в жидкость, абсолютный показатель преломления которой равен показателю преломления стекла. На линзу направили пучок света, параллельный глав-

ной оптической оси. Какие изменения произойдут с пучком света после прохождения линзы?

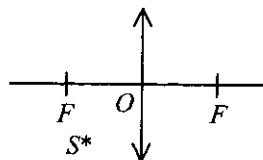
7. Двояковыпуклую стеклянную линзу поместили в жидкость, абсолютный показатель преломления которой меньше, чем у стекла. Какой будет линза в этой жидкости — собирающей или рассеивающей?
8. Двояковогнутую стеклянную линзу поместили в жидкость, абсолютный показатель преломления которой больше показателя преломления стекла. Какой будет линза в этой жидкости — собирающей или рассеивающей?

13.7. Изображения светящихся точек и предметов в собирающей линзе

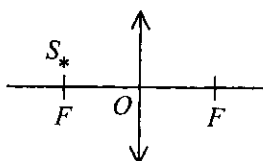
1. Постройте изображение светящейся точки, находящейся за фокусом собирающей линзы.



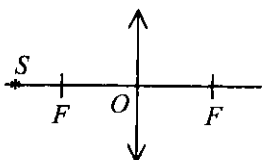
2. Постройте изображение светящейся точки, находящейся перед фокусом собирающей линзы.



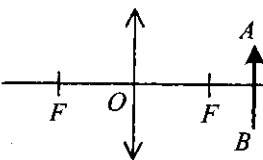
3. Постройте изображение светящейся точки, лежащей в фокальной плоскости собирающей линзы.



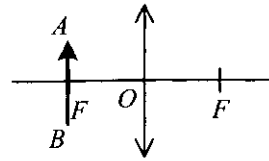
4. Постройте изображение светящейся точки, лежащей на главной оптической оси собирающей линзы.



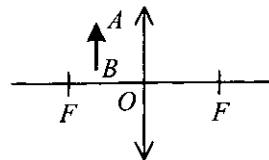
5. Постройте изображение предмета, полученное с помощью собирающей линзы. Предмет находится за фокусом. Каким получилось изображение?



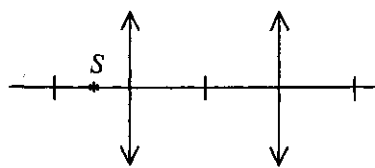
6. Постройте изображение предмета, полученное с помощью собирающей линзы. Предмет находится в фокальной плоскости. Каким получилось изображение?



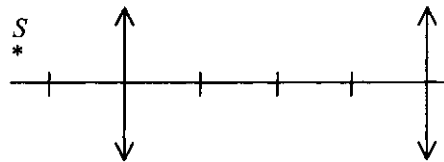
7. Постройте изображение предмета, полученное с помощью собирающей линзы. Предмет находится между линзой и фокусом. Каким получилось изображение?



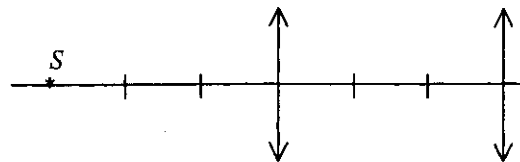
8. Постройте изображение светящейся точки после прохождения системы линз.



9. Постройте изображение светящейся точки после прохождения системы линз.

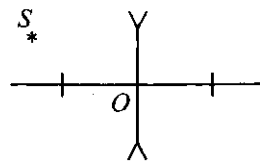


10. Постройте изображение светящейся точки после прохождения системы линз.

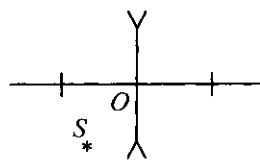


13.8. Изображения светящихся точек и предметов в рассеивающей линзе

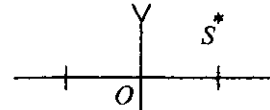
1. Постройте изображение светящейся точки, находящейся за фокусом рассеивающей линзы.



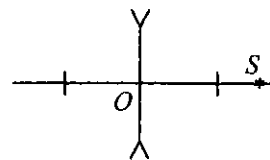
2. Постройте изображение светящейся точки, находящейся перед фокусом рассеивающей линзы.



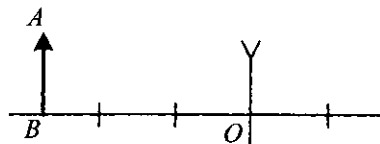
3. Постройте изображение светящейся точки, лежащей в фокальной плоскости рассеивающей линзы.



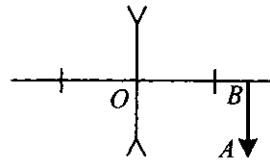
4. Постройте изображение светящейся точки, лежащей на главной оптической оси рассеивающей линзы.



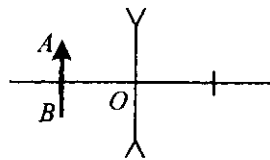
5. Постройте изображение предмета, который находится за двойным фокусом рассеивающей линзы. Каким получилось изображение?



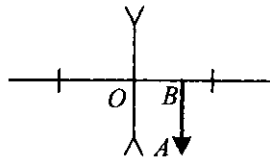
6. Постройте изображение предмета, который находится за фокусом рассеивающей линзы. Каким получилось изображение?



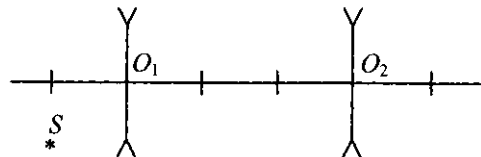
7. Постройте изображение предмета, который находится в фокальной плоскости рассеивающей линзы. Каким получилось изображение?



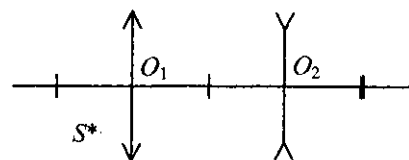
8. Постройте изображение предмета, которое находится между фокусом и рассеивающей линзой. Каким получилось изображение?



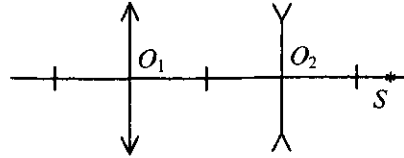
9. Постройте изображение светящейся точки после прохождения системы рассеивающих линз.



10. Постройте изображение светящейся точки после прохождения системы линз.

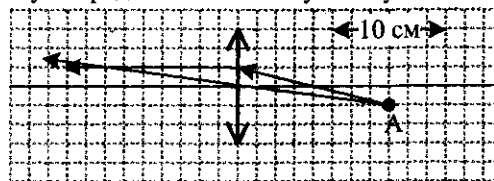


11. Постройте изображение светящейся точки после прохождения системы линз.

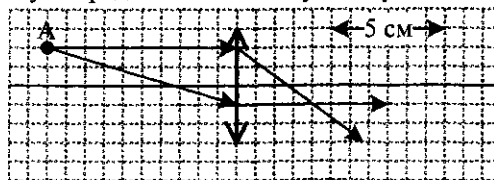


13.9. Оптическая сила линзы

1. В каких единицах измеряется оптическая сила линзы? фокусное расстояние?
2. Одна линза имеет оптическую силу 3 дптр, а другая (-3) дптр. Что общего и чем отличаются эти линзы?
3. Определите оптическую силу рассеивающей линзы, фокусное расстояние которой 50 см.
4. Человек носит очки, фокусное расстояние которых равно 40 см. Определите оптическую силу линз этих очков.
5. Человек носит очки, оптическая сила которых (-2) дптр. Определите фокусное расстояние линзы.
6. При проведении эксперимента ученик использовал две линзы. Фокусное расстояние первой линзы 50 см, фокусное расстояние второй линзы 100 см. Во сколько раз отличаются оптические силы этих линз?
7. На рисунке показан ход лучей от точечного источника света А через тонкую линзу. Определите оптическую силу линзы.



8. На рисунке показан ход лучей от точечного источника света А через тонкую линзу. Определите оптическую силу линзы.



13.10. Формула тонкой линзы

13.10.1. Действительное изображение в собирающей линзе

1. Предмет находится на расстоянии 10 см от линзы, а экран, на котором получено чёткое изображение предмета, удалён от линзы на расстояние 40 см. Определите фокусное расстояние линзы.

2. Предмет находится на расстоянии 20 см от собирающей линзы с фокусным расстоянием 15 см. Найдите расстояние от изображения до линзы.
3. Расстояние между предметом и экраном равно 80 см. На каком расстоянии от предмета нужно расположить линзу с фокусным расстоянием 20 см, чтобы получить чёткое изображение на экране?
4. Расстояние от предмета до экрана 90 см. На каком расстоянии от предмета следует расположить линзу, оптическая сила которой 5 дптр, чтобы на экране получилось чёткое изображение предмета?
5. Предмет находится на расстоянии 20 см от собирающей линзы, фокусное расстояние которой 10 см. После того как заменили линзу, изображение переместилось дальше от линзы на 2 см. Каково фокусное расстояние второй линзы?
6. Объективом проекционного прибора служит тонкая линза с фокусным расстоянием 10 см. Изображение предмета получено на расстоянии 30 см от объектива. На какое расстояние переместится изображение, если предмет отодвинуть ещё на 20 см от объектива?

13.10.2. Мнимое изображение в собирающей линзе

1. Мнимое изображение предмета находится на расстоянии 0,8 м от собирающей линзы с фокусным расстоянием 0,2 м. На каком расстоянии от линзы находится предмет?
2. Мнимое изображение предмета находится на расстоянии 1,3 м от собирающей линзы с фокусным расстоянием 0,4 м. На каком расстоянии от линзы находится предмет?
3. На каком расстоянии от двояковыпуклой линзы с фокусным расстоянием 0,42 м расположен предмет, если мнимое изображение получилось от неё на расстоянии 0,56 м?
4. Предмет расположен на расстоянии 40 см от линзы с оптической силой 2 дптр. Определите расстояние от линзы до изображения.
5. На каком расстоянии от двояковыпуклой линзы с оптической силой 2,5 дптр надо поместить предмет, чтобы его мнимое изображение получилось на расстоянии 2 м от линзы?
6. Собирающая линза с фокусным расстоянием 10 см формирует мнимое изображение на расстоянии 15 см от линзы. На каком расстоянии от этого изображения находится предмет?
7. Предмет расположен на расстоянии 40 см от линзы с оптической силой 2 дптр. Определите расстояние от предмета до его изображения.

13.10.3. Рассеивающая линза

1. Главное фокусное расстояние рассеивающей линзы равно 12 см. Изображение предмета находится на расстоянии 9 см от линзы. Чему равно расстояние от предмета до линзы?

2. Мнимое изображение предмета в рассеивающей линзе находится от неё на расстоянии в 2 раза меньшем, чем расстояние от линзы до предмета. Найдите расстояние от линзы до изображения, если фокусное расстояние линзы равно 50 см.
3. Расстояние от изображения до рассеивающей линзы составляет 0,75 от фокусного расстояния. Во сколько раз расстояние от предмета до линзы больше фокусного?
4. Главное фокусное расстояние рассеивающей линзы равно 18 см. Изображение предмета находится на расстоянии 6 см от линзы. Чему равно расстояние от предмета до его изображения?
5. Расстояние от предмета до рассеивающей линзы с фокусным расстоянием 4 см равно 12 см. Найдите расстояние от изображения до предмета.
6. Действительное изображение предмета, полученное с помощью собирающей линзы, находится от неё на расстоянии 8 см. Если собирающую линзу заменить рассеивающей с таким же фокусным расстоянием, мнимое изображение этого предмета будет отстоять от линзы на 2 см. Найдите абсолютное значение фокусного расстояния линз.

13.11. Увеличение линзы

1. На каком расстоянии от собирающей линзы с фокусным расстоянием 60 см нужно поместить предмет, чтобы получить действительное изображение, увеличенное в 2 раза?
2. Определите фокусное расстояние тонкой собирающей линзы, если предмет, расположенный на расстоянии 2 м от центра линзы, она увеличивает в 3 раза.
3. Определите увеличение, даваемое линзой, фокусное расстояние которой равно 0,13 м, если предмет отстоит от неё на 15 см.
4. На экране с помощью тонкой линзы с фокусным расстоянием 40 см получено чёткое изображение предмета с пятикратным увеличением. На каком расстоянии от линзы находится предмет?
5. На экране с помощью тонкой линзы с фокусным расстоянием 40 см получено чёткое изображение предмета, находящегося на главной оптической оси. Экран с изображением предмета находится от линзы на расстоянии, равном 50 см. Определите линейное увеличение оптической системы.
6. На каком расстоянии от линзы с фокусным расстоянием 30 см находится экран, если на нём получилось увеличенное в 4 раза изображение?
7. На экране с помощью тонкой линзы с фокусным расстоянием $F = 48$ см получено чёткое изображение предмета, находящегося на

главной оптической оси на расстоянии, равном $1,5 F$ от линзы. Определите линейное увеличение оптической системы.

8. Найдите оптическую силу объектива проекционного аппарата, если он даёт двадцатикратное увеличение, когда слайд находится от него на расстоянии 21 см.
9. Расстояние от линзы до изображения больше расстояния от предмета до линзы на 0,5 м. Увеличение линзы 3. Найдите расстояние от предмета до линзы.
10. Расстояние от собирающей линзы до изображения больше расстояния от предмета до линзы на 0,5 м. Увеличение линзы 3. Определите фокусное расстояние линзы.
11. Расстояние от предмета до собирающей линзы меньше расстояния от линзы до изображения на 0,3 м. Увеличение линзы 2. Определите оптическую силу линзы.
12. Расстояние от предмета до экрана, где получается чёткое изображение предмета, 2,5 м. Величина изображения в 3 раза больше величины предмета. Определите расстояние от собирающей линзы до экрана.
13. Расстояние между предметом и его увеличенным в 3 раза действительным изображением равно 80 см. Найдите фокусное расстояние линзы.
14. Расстояние от предмета до экрана, где получается чёткое изображение предмета, 4 м. Изображение в 3 раза больше самого предмета. Найдите фокусное расстояние линзы.
15. С помощью собирающей линзы получено увеличенное в 5 раз изображение предмета. Расстояние от предмета до экрана 3 м. Определите оптическую силу линзы.
16. Расстояние от предмета до его изображения, полученное с помощью собирающей линзы, 280 см. Коэффициент увеличения линзы равен 3. Найдите оптическую силу линзы.
17. Высота изображения человека ростом 160 см на фотоплёнке 2 см. Найдите оптическую силу объектива фотоаппарата, если человек сфотографирован с расстояния 9 м.
18. Предмет, расположенный на расстоянии 125 см от тонкой собирающей линзы перпендикулярно к её главной оптической оси, даёт на экране изображение высотой 25 мм. Найдите высоту предмета, если оптическая сила линзы 4 дптр.
19. На каком расстоянии от двояковыпуклой линзы с фокусным расстоянием 42 см расположен предмет, если его мнимое изображение получилось на расстоянии 56 см от неё? Определите коэффициент увеличения линзы.

13.12. Волновые свойства света

1. Благодаря какому оптическому явлению после дождя можно наблюдать радугу?
2. Какое оптическое явление объясняет радужную окраску крыльев стрекозы?
3. Какое оптическое явление объясняет радужную окраску мыльных пузырей?
4. Какое оптическое явление объясняет появление цветных радужных пятен на поверхности воды, покрытой тонкой бензиновой плёнкой?
5. Какое явление доказывает, что свет — это поперечная электромагнитная волна?

13.13. Дифракционная решётка

1. Определите постоянную дифракционной решётки, если при её освещении светом длиной 656 нм второй спектральный максимум виден под углом $\varphi = 15^\circ$. Примите, что $\sin 15^\circ = 0,25$.
2. Дифракционная решётка имеет 150 штрихов на 1 мм. Найдите длину волны монохроматического света, падающего на решётку, если первый максимум наблюдается под углом, синус которого 0,06.
3. На дифракционную решётку, имеющую 100 штрихов на 1 мм, нормально падает свет с длиной волны 700 нм. Определите синус угла, под которым наблюдается максимум третьего порядка.
4. Найдите наибольший порядок спектра для жёлтой линии натрия ($\lambda = 589$ нм), если период решётки равен 2 мкм.
5. На дифракционную решётку, имеющую 500 штрихов на миллиметр, падает плоская монохроматическая волна. Длина волны 750 нм. Определите наибольший порядок спектра, который можно наблюдать при нормальном падении лучей на решётку.
6. Какое число штрихов на 1 мм имеет дифракционная решётка, если зелёная линия ($\lambda = 550$ нм) в спектре первого порядка наблюдается под углом $\varphi = 19^\circ$. Считать, что $\sin 19^\circ = 0,33$.
7. Определите длину волны для линии в дифракционном спектре третьего порядка, совпадающей с линией спектра четвёртого порядка с длиной волны 480 нм.
8. При помощи дифракционной решётки с периодом 0,02 мм получено первое дифракционное изображение на расстоянии 3,6 см от центрального и на расстоянии 1,8 м от решётки. Найдите длину световой волны. Считайте, что при малых углах $\sin \alpha \approx \tan \alpha$.
9. Для определения длины световой волны использовали дифракционную решётку с периодом 0,01 мм. На экране второй максимум получили на

расстоянии 12 см от центрального. Экран отстоит от решётки на 2 м. Чему равна длина волны? Считайте, что при малых углах $\sin\alpha \approx \text{tg}\alpha$.

10. Дифракционная решётка с периодом 10^{-5} м расположена параллельно экрану на расстоянии 1,8 м от него. Какого порядка максимум в спектре будет наблюдаться на экране на расстоянии 21 см от центра дифракционной картины при освещении решётки нормально падающим параллельным пучком света с длиной волны 580 нм? Считайте, что при малых углах $\sin\alpha \approx \text{tg}\alpha$.

13.14. Дисперсия света

1. Кто из учёных открыл явление дисперсии? В каком году это было?
2. Лучи какого цвета больше всего преломляются треугольной стеклянной призмой?
3. Лучи какого цвета распространяются в стекле с максимальной скоростью?
4. Забор покрасили зелёной краской. Лучи какого цвета теперь отражает забор?
5. Раму покрасили в белый цвет. Лучи какого цвета теперь отражает рама?

13.15. Основы специальной теории относительности

13.15.1. Принцип относительности Эйнштейна. Инвариантность скорости света

1. Чем теория относительности А. Эйнштейна отличалась от теории относительности Г. Галилея?
2. Можно ли применять классическое правило сложения скоростей для частиц, летящих со скоростями близкими к скорости света?
3. Как изменяются линейные размеры и масса объектов при их движении с релятивистскими скоростями?
4. Уменьшается или увеличивается время жизни космических частиц, подлетающих к Земле со скоростями близкими к скорости света?

13.15.2. Формулы специальной теории относительности

1. Найдите энергию покоя пылинки массой 1 мг.
2. В результате аннигиляции электрона массой m и позитрона массой m образуется квант электромагнитного излучения. Какова максимальная энергия этого кванта?
3. При проведении опытов учёные обнаружили явление образования пар «электрон и позитрон». Чему равна минимальная суммарная энергия пар? Энергия покоя электрона равна 0,5 МэВ.

4. Звезда каждую секунду испускает излучение с полной энергией около $9 \cdot 10^{26}$ Дж. Определите ежесекундное изменение массы звезды.
5. Ядро атома испустило γ -квант с энергией $27 \cdot 10^{-14}$ Дж. На сколько уменьшилась масса ядра?
6. Мимо неподвижного наблюдателя движется стержень со скоростью $0,6c$. Наблюдатель регистрирует длину стержня 2 м. Какова длина стержня в системе координат, относительно которой стержень покоится?
7. Во сколько раз уменьшается продольный размер тела при движении со скоростью $0,6c$?
8. Какую скорость должно иметь движущееся тело, чтобы его продольные размеры уменьшились в 2 раза?
9. Куб, ребро которого 1 м, движется по отношению к земному наблюдателю со скоростью $0,75c$. Вектор скорости перпендикулярен двум противоположащим граням куба. Определите объём куба относительно земного наблюдателя.
10. С какой скоростью должно двигаться тело, чтобы для неподвижного наблюдателя его масса покоя была равна 3 кг, а релятивистская 5 кг?
11. При какой скорости электрона его релятивистская масса больше массы покоя в 2 раза?
12. Во сколько раз увеличивается масса частицы, которая движется со скоростью $0,8c$?
13. С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его масса увеличилась на 200% ?
14. Время жизни нестабильного мюона, входящего в состав космических лучей, измеренное земным наблюдателем, относительно которого мюон двигался со скоростью, составляющей 95% скорости света в вакууме, оказалось равным $6,4$ мкс. Определите время жизни мюона, покоящегося относительно наблюдателя?
15. Во сколько раз увеличивается время жизни нестабильной частицы, если она движется со скоростью, составляющей 99% скорости света?