А.В.Русаков, В.Г.Сухов

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ. ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК. ОПТИКА. ФИЗИКА АТОМА И АТОМНОГО ЯДРА

Физико-математическая школа N2 г.Сергиев Посад 1999 г.

Данное учебное пособие представляет собой сборник задач по физике за курс 11 класса, составленный на основе задач, предлагаемых учащимся физико математической школы № 2 г. Сергиева Посада. Сборник задач соответствует программе углубленного курса физики для средней школы. Все задачи снабжены задач, включенных сборник, ответами. Многие ИЗ В предлагались вступительных экзаменах в ведущие ВУЗы Москвы (МФТИ, МГУ, МИФИ и др.). В данном пособии широко представлены задачи физических олимпиад различных уровней. Много интересных и полезных, по мнению авторов, задач взято из других широко известных задачников.

Пособие может быть полезно для учащихся и учителей средних школ, лиц, занимающихся подготовкой к поступлению в ВУЗы и самообразованием.

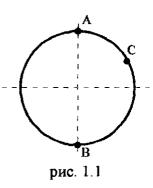
Авторы с благодарностью примут все конструктивные замечания и предложения читателей.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Электромагнитная индукция	3
2. Колебательный контур	12
3. Переменный ток	19
4. Механические волны	28
5. Электромагнитные волны. Волновая оптика	32
6. Геометрическая оптика	36
7. Излучение. Фотометрия. Фотоны	58
8. Физика атома и атомного ядра	62
Ответы	66

1. Электромагнитная индукция

- 1.1. Плоская проволочная квадратная рамка со стороной а находится в однородном магнитном поле с индукцией В, направленном перпендикулярно ее плоскости. Рамку изгибают в прямоугольник с отношением сторон 1: 2. Какой заряд при этом прощел по рамке, если ее сопротивление равно R.
- 1.2. В однородном магнитном поле с индукцией В расположена замкнутая катушка диаметром d и числом витков N. Плоскость витков перпендикулярна направлению поля. Какой заряд пройдет по катушке, если ее повернуть на угол 180°? Проволока катушки имеет удельное



сопротивление о и площадь сечения S.

1.3. Кольцо радиусом г изготовлено из однородной проволоки сопротивлением R. Кольцо помещено

в однородное перпендикулярное его плоскости магнитное поле, индукция которого изменяется по закону: В = α.t. Определить разность потенциалов между точками А и В, а также между точками А и С (рис. 1.1). Будет ли течь ток по проволоке, если соединить ею точки А и С?

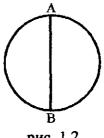
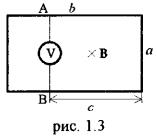


рис. 1.2

- 1.4. Из куска однородной проволоки длиной I и сопротивлением R спаяна фигура в виде кольца с диаметром AB (рис. 1.2). Кольцо находится в перпендикулярном его плоскости магнитном поле, индукция которого изменяется по закону: $B = \alpha \cdot t$. Какая тепловая мощность выделяется в кольце?
- 1.5. Длины сторон квадратного проводящего витка увеличиваются со скоростью a' = 2 см/с. Виток находится в однородном магнитном поле с индукцией B = 1 Тл, направленном перпендикулярно плоскости витка. При $t_0 = 0$ сторона витка равна $a_0 = 10$ см. Найти ЭДС индукции в витке в момент t = 2 с.
- 1.6. Прямоугольник со сторонами а и b, сделанный из однородной проволоки, находится в однородном, перпендикулярном его плоскости магнитном поле с индукцией, изменяющейся по закону: В = α -t. Что покажет идеальный



вольтметр, подключенный к точкам A и B как показано на рис. 1.3. Точки A и B отстоят от стороны a на расстояние c.

- 1.7. Сколько метров тонкого провода надо взять для изготовления соленоида длиной $l_0 = 100$ см с индуктивностью L = 1 мГн? Витки наматываются вплотную.
- 1.8. Из проволоки длиной I = 10 м и толщиной d = 0,1 мм намотали катушку диаметром D = 1 см. Оп-

ределить индуктивность катушки, если витки лежат вплотную друг к другу.

- **1.9.** Какое давление испытывает боковая поверхность прямого соленоида, содержащего n=20 витков/см, когда по нему течет ток I=20 A?
- 1.10. На длинный прямой соленоид диаметром d = 5 см, содержащий n = 20 витков/см, плотно надет круговой виток медного провода сечением S = 1 мм². Ток в соленоиде увеличивается со скоростью I' = 100 А/с. Найти ток в витке. Удельное сопротивление меди равно $\rho = 16 \cdot 10^{-9}$ Ом·м.
- **1.11.** По соленоиду с индуктивностью L течет ток I. Какова энергия магнитного поля соленоида?
- 1.12. Конденсатор, заряженный до напряжения $U_0 = 100~B$, замыкают на катушку с индуктивностью L = 1~ м Γ н. Когда напряжение на конденсаторе уменьшилось вдвое, ток в катушке был равен I = 1~ А. Найти емкость конденсатора.
- 1.13. По двум вертикальным параллельным проводящим стержням может без трения и нарушения электрического контакта скользить горизонтальная проводящая перемычка массой т. Стержни связаны через катушку с индуктивностью L (рис. 1.4). Система

× В т

находится в горизонтальном, однородном, перпендикулярном ее плоскости магнитном поле с индукцией В. Расстояние между стержнями равно *І*. Перемычку отпускают без начальной скорости. На какую максимальную высоту опустится перемычка? Сопротивлением пренебречь.

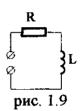
- 1.14. Из двух кусков медной и свинцовой проволок, имеющих одинаковые длины, и сечения, но разные сопротивления R_1 и R_2 , изготовлено кольцо радиусом г. Кольцо помещено в однородное, перпендикулярное его плоскости магнитное поле, индукция которого изменяется во времени с постоянной скоростью В'. Определить разность потенциалов между точками соединения проволок.
- 1.15. Длинный соленоид имеет радиус R и плотность витков n. По соленоиду течет ток, изменяющийся во времени с постоянной скоростью 1'. Нарисовать график зависимости напряженности вихревого электрического поля от расстояния до оси соленоида.
- 1.16. По параллельным горизонтальным рельсам, расстояние между которыми *I*, без трения может скользить пере-

мычка массой т. Рельсы соединены через сопротивление R и находятся в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией В (рис. 1.5). Перемычке толчком сообщили скорость v вдоль рельсов. Какое расстояние она проедет до остановки? Сопротивлением рельсов пренебречь.

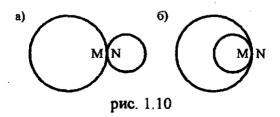
1.17. Кольцо из сверхпроводника находится вблизи постоянного магнита и пронизывается магнитным потоком Ф. Тока в кольце нет. Каким будет магнитный поток через кольцо, если магнит убрать?

- 1.18. В замкнутую накоротко катушку вдвигают магнит: сначала быстро, а затем медленно. В каком случае через катушку проходит больший заряд? В каком случае в катушке выделяется большее количество теплоты?
- 1.19. Сверхпроводящее кольцо радиусом R имеет индуктивность L и находится в однородном магнитном поле с индукцией В. Первоначально тока в кольце нет, а плоскость кольца параллельна вектору В. Кольцо поворачивают на 90° так, что его плоскость становится перпендикулярна В. Какой ток возникнет в кольце и какую работу совершили при повороте?
- **1.20.** По длинному замкнутому сверхпроводящему соленоиду течет ток $I_0 = 1,9$ А. Соленоид растянули, увеличив его длину на 5%. Каким станет ток в соленоиле?
- 1.21. В представленной схеме (рис. 1.6) известны: ЭДС источника є, сопротивление R, и индуктивности катушек L₁ и L₂. Внугренним сопротивлением источника можно пренебречь. Найти установившиеся токи в катушках после замыкания ключа.
- 1.22. В представленной схеме (рис. 1.7): $\epsilon_1 = 10$ В; $r_1 = 5$ Ом; $r_2 = 20$ Ом; R = 4 Ом. Ключ сначала разомкнут. Какой ток течет через сопротивление $R = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_2}$ рис. 1.7

- **1.23.** Как будет падать постоянный магнит вдоль оси длинной вертикальной железной трубы? Сопротивление воздуха не учитывать.
- 1.24. Как зависит сила тока в катуш- сила тока в к
- 1.25. Как должно зависеть напряжение в цепи, представленной на рис. 1.9, от времени, чтобы сила тока линейно возрастала по закону: I(t) = α·t? Индуктивность катушки равна L, сопротивление резистора R, сопротивлением источника ри и катушки пренебречь.



1.26. Замкнутый виток перекрещен в виде двух круговых витков как показано на рис. 1.10 а) и б). Радиусы витков равны R и r, магнитное поле направлено перпендикулярно плоскости колец и изменяется во времени по закону: $B(t) = B_0 t$. Определить разность потенциалов между точками M и N. Точки M и N электрически изолированы.



- 1.27. Какой заряд пройдет через сопротивление R после замыкания ключа (рис. 1.11)? Указанные на рисунке величины даны.
- 1.28. По участку АВ (рис. 1.12) течет ток, изменяющийся по закону: $I(t) = \alpha \cdot t$, где $\alpha = 0.01$ А/с; R = 0.01 Ом; L = 0.01 Гн; C = 0.1 мкФ. Найти заряд конденсатора в момент времени $\tau = 1$ с.
- 1.29. Две катушки, имеющие индуктивности L₁ и L₂, соединяют: а) последовательно; б) параллельно. Какова общая индуктивность систерис. 1.12. мы? Взаимной индукцией катушек пренебречь.
- 1.30. На общий ферромагнитный сердечник намотаны две катушки. Индуктивность первой катушки равна L_1 , а второй L_2 . Каков коэффициент взаимной индукции этих катушек?
- 1.31. Две параллельные проводящие рейки расположены в горизонтальной плоскости на расстоянии / друг от друга. По ним без трения может двигаться рис. 1.13. проводящая перемычка массой т. Рейки соединены друг с другом через катушку с индуктивностью L (рис. 1.13). Система находится в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией В. Перемычке толчком сообщили скорость v, направленную вдоль реек. Каким будет дальнейшее движение перемычки?

1.32. Цепь, состоящая из двух конденсаторов емкостью С1 и С2 и катушки с индуктивностью L, вначале разомкнута (рис. 1.14). Конденсатор С заряжен до напряжения U, а конденса-



тор С2 не заряжен. Найти максимальную силу тока в

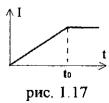
цепи после замыкания ключа.

1.33. В схеме, представленной на рис. 1.15, ключи К₁ и К₂ сначала разомкнуты. Ключ К1 замыкают и после установления постоянного тока рис. 1.15 замыкают ключ К2. Какой заряд пройдет через резистор после замыкания ключа К2? Величины: є, г, R, L₁ и L₂ известны.

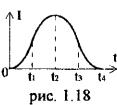
1.34. Через катушку, замкнутую на источник, течет постоянный ток (рис. 1.16). Как будет изменяться сила тока, если катушку быстро вытянуть в прямой провод?



1.35. Сила тока в соленоиде изменяется как показано на рис. 1.17. На соленоид надет замкнутый проволочный виток. Нарисовать график зависимости силы тока в витке от времени.

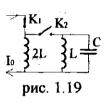


1.36. Сила тока в соленоиде изменяется как показано на рис. 1.18. На соленоид надет замкнутый проволочный виток. Нарисовать примерный график зависимости



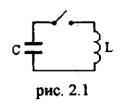
силы тока в витке от времени.

- 1.37. Заряд Q равномерно распределен по тонкому диэлектрическому кольцу, которое лежит на гладкой горизонтальной поверхности. Индукция однородного магнитного поля, перпендикулярная плоскости кольца, изменяется от 0 до В. Какую угловую скорость приобретет кольцо? Масса кольца равна т.
- 1.38. Катушка состоит из 10 витков тонкого провода, намотанных вплотную друг к другу. Толщина катушки значительно меньше диаметра витков. Во сколько раз изменится индуктивность катушки, если добавить к ней еще один виток?
- 1.39. Через катушку с индуктивностью 2L от внешнего источника течет ток I_0 (рис. 1.19). Ключ K_2 замыкают, а затем ключ K_1 размыкают. Какими будут максимальное напряжение конденсатора и максимальный ток в катушке L после этого?



2. Колебятельный контур

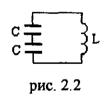
2.1. В колебательном контуре, представленном на рис. 2.1, емкость конденсатора равна С, а индуктивность катушки - L. Конденсатор предварительно заряжен до напряжения U₀. Написать зависи-



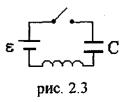
мость заряда на конденсаторе и силы тока в катушке от времени после замыкания ключа.

- **2.2.** Собственные колебания в LC контуре происходят по закону: $I(t) = 0.01 \cdot \sin(1000 \cdot t)$ (A). Найти индуктивность контура, если его емкость равна $10 \text{ мк}\Phi$.
- **2.3.** Когда в колебательном контуре был конденсатор 1, собственные колебания совершались с частотой $v_1 = 30$ кГц, а когда его заменили на конденсатор 2, частота колебаний стала равна $v_2 = 40$ кГц. Какой будет частота колебаний, если поставить в контур оба конденсатора, соединенные параллельно; последовательно?
- **2.4.** В колебательном контуре происходят свободные колебания. Зная, что максимальный заряд конденсатора равен 10^{-6} Кл, а максимальный ток 10 А, найти частоту колебаний.
- **2.5.** Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью L = 0.2 Гн и конденсатора емкостью $C = 10^{-5}$ Ф. В момент когда напряжение на конденсаторе было равно U = 1 В, ток в катушке был равен I = 0.01 А. Каков максимальный ток в контуре?

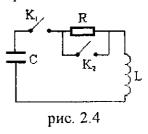
- **2.6.** В контуре, состоящем из конденсатора емкостью С и катушки с индуктивностью L, происходят свободные незатухающие колебания с амплитудой напряжения на конденсаторе U_0 . Написать зависимость напряжения на конденсаторе от силы тока в катушке.
- 2.7. К конденсатору, заряженному зарядом $q = 2,5 \cdot 10^{-10}$ Кл, подключили катушку индуктивности. Определить максимальный ток, протекающий через катушку, если частота возникших колебаний равна $v = 4 \cdot 10^7$ Гц. Затухания нет.
- **2.8.** Конденсатор зарядили до напряжения U_0 и в момент t=0 замкнули ключ (рис. 2.1). Написать зависимость силы тока в контуре от времени. Чему равна ЭДС самоиндукции катушки в моменты равенства энергии конденсатора и катушки?
- 2.9. Батарея из двух, соединенных последовательно, конденсаторов емкостью С каждый заряжена до напряжения U и в начальный момент времени подключена к катушке с индуктивностью L (рис.



- 2.2). Спустя время т один из конденсаторов пробивается и сопротивление между его обкладками становится равно нулю. Найти амплитуду последующих колебаний заряда на не пробитом конденсаторе.
- 2.10. Электрическая цепь состоит из идеального источника с ЭДС є, конденсатора емкостью С и катушки индуктивности с малым сопротивлением

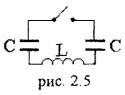


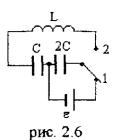
- (рис. 2.3). Вначале ключ разомкнут, а конденсатор не заряжен. Какое количество теплоты выделится в катушке после замыкания ключа и прекращения всех колебаний?
- **2.11.** Электрическая цепь состоит из идеальных: источника с ЭДС ε , конденсатора емкостью С и катушки с индуктивностью L (рис. 2.3). В момент времени t=0 замыкают ключ. Написать зависимость напряжения на конденсаторе от времени.
- **2.12.** Конденсатор емкостью С после замыкания ключа K_1 начинает разряжаться через резистор сопротивлением R и катушку с индуктивностью L (рис. 2.4). В момент, когда ток в катушке



достиг максимального значения I_0 , замыкают ключ K_2 . Чему равен максимальный ток в цепи при последующих колебаниях?

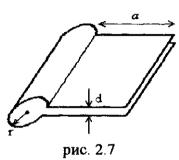
- **2.13.** В контуре (рис. 2.5) левый конденсатор заряжен до напряжения U_0 . В момент t=0 замыкают ключ. Написать зависимость напряжения на конденсаторах от времени.
- **2.14.** В схеме, представленной на рис. 2.6, ключ переключают из положения 1 в положение 2. Определить максимальный ток при последующих колебаниях.
 - 2.15. В идеальном контуре, со-





стоящем из плоского конденсатора и катушки индуктивности, происходят колебания с энергией W. Пластины конденсатора мгновенно раздвинули так, что частота колебаний увеличилась в п раз. Какую работу при этом совершили?

2.16. На рис. 2.7 изображен резонатор. Считая его плоскую часть конденсатором, а цилиндрическую - катушкой индуктивности, найти собственную частоту его колебаний. Размеры указаны на рисунке.



- 2.17. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью С и катушки с индуктивностью L. Катушка находится в магнитном поле, так что суммарный магнитный поток, пронизывающий все витки катушки равен Ф. В момент t = 0 магнитное поле мгновенно выключают. Написать зависимость тока в контуре от времени I(t) после этого.
- **2.18.** Катушка индуктивности, имеющая сопротивление R = 1 Ом, и конденсатор образуют колебательный контур. В некоторый момент напряжение на конденсаторе равно U = 0,1 В, а ток в катушке максимален. Чему равен этот ток?
- **2.19.** Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью C = 4 мк Φ и катушки с индуктивностью L = 2 м Γ н и активным сопротивлением R = 10 Ом. Найти отношение энергии магнитного поля

катушки к энергии электрического поля конденсатора в моменты максимума тока.

2.20. Два одинаковых конденсатора 1 и 2 емкостью С каждый и катушка с индуктивностью L соединены, как показано на рис. 2.8. В начальный момент ключ разомкнут, а конденсатор 1 заряжен до напряжения Ц. Определить максимальную

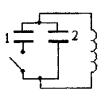


рис. 2.8

жения U. Определить максимальную силу тока в катушке после замыкания ключа.

- **2.21.** В колебательном контуре, состоящем из последовательно соединенных резистора сопротивлением R, катушки с индуктивностью L и конденсатора емкостью C. За некоторое время амплитуда силы тока в контуре уменьшилась от значения I₁ до значения I₂. Какое количество теплоты выделилось в резисторе за это время?
- **2.22.** В схеме рис. 2.9 сначала ключ разомкнут, а конденсатор заряжен до напряжения U_0 . Ключ замыкают. Написать зависимости: напряжения на конденсаторе $U_C(t)$ и тока в катушках $I_{L1}(t)$ и $I_{L2}(t)$ от времени. Величины L_1 , L_2 и C считать заданными, а диоды ндеальными.
- 2.23. В схеме рис. 2.10 ключ замыкают, а через время t = 0,1 с размыкают. До какого напряжения зарядится конденсатор? Элементы схемы считать идеальными, L =

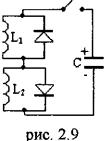
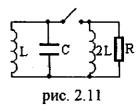


рис. 2.10

1 Гн, C = 1 мк Φ , $U_0 = 10$ В.

2.24. В контуре, состоящем из конденсатора емкостью С и катушки с индуктивностью L, происходят колебания. В момент времени, когда напряжение



- на конденсаторе равно U, а ток в катушке равен I, замыкают ключ, присоединяя еще один контур из сопротивления R и катушки с индуктивностью 2L (рис. 2.11). Определить количество теплоты, выделившееся в сопротивлении.
- **2.25.** Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью C = 10 мк Φ , катушки с индуктивностью L = 0,01 Гн и сопротивления R = 4 Ом. Какую мощность должен потреблять контур, чтобы в нем поддерживались незатухающие колебания с амплитудой напряжения на конденсаторе U = 1 В? Колебания считать слабо затухающими.
- 2.26. Колебательный контур состоит из плоского конденсатора емкостью С и идеальной катушки с индуктивностью L. Пространство между пластинами конденсатора заполнено слабо проводящим диэлектриком с диэлектрической проницаемостью є и удельным сопротивлением р. Какую мощность должен потреблять контур, чтобы в нем поддерживались незатухающие колебания с амплитудой тока в катушке I₀? Колебания считать почти гармоническими.
- **2.27.** В колебательном контуре, состоящем из катушки с индуктивностью L=1 Гн и конденсатора емкости C=1 мк Φ с утечкой (диэлектрик конденсатора имеет активное сопротивление R=1 кОм), про-

исходя слабо затухающие колебания. В некоторый момент времени максимальное напряжение на конденсаторе было равно $U_0 = 2~B$. Какое количество теплоты выделилось в конденсаторе с этого момента и до полного затухания колебаний?

2.28. В колебательном контуре, состоящем из катушки с индуктивностью L = 0,1 Гн и активным сопротивлением R = 1 Ом и конденсатора емкостью С = 10 мкФ, происходят слабо затухающие колебания. В некоторый момент времени, когда ток в контуре максимален, напряжение на конденсаторе равно U = 1 В. Какое количество теплоты выделится в катушке за один период колебаний?

3. Переменный ток

- 3.1. Переменный ток возбуждается в рамке, состоящей из 300 витков с площадью каждого витка 300 см², в магнитном поле с индукцией 0,015 Тл. Определить угловую скорость вращения рамки, если амплитудное значение ЭДС индукции равно 7,2 В.
- **3.2.** Проволочная рамка вращается в магнитном поле с постоянной скоростью. Как изменится амплитуда ЭДС индукции, наводимая в рамке, если угловую скорость вращения рамки увеличить вдвое?
- 3.3. Эффективное значение напряжения в цепи переменного тока равно 120 В. Определите время, в течение которого горит неоновая лампа в каждом полупериоде, если напряжение, при котором лампа зажигается и гаснет, равно 84 В.
- 3.4. Напряжение в цепи меняется по закону, показанному на рис. 3.1. Определить действующее напряжение в цепи.
- 3.5. Сила тока в цепи меняется по закону, показанному на рис. 3.2. Найти действующее значение силы тока. Положительные и отрицательные участки являются участками синусоид с амплитуда-

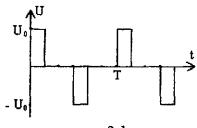


рис. 3.1

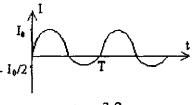


рис. 3.2

ми I_0 и $\frac{1}{2}I_0$.

3.6. Амперметр, измеряющий действующее значение силы тока, включен в цепь переменного тока (рис. 3.3). При замкнутом ключе показание амперметра равно 1 А.

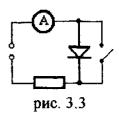


рис. 3.6

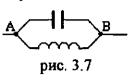
Что показывает амперметр при разомкнутом ключе?

- **3.7.** По участку ABC (рис. 3.4) протекает переменный ток. На участке AB действующее напряжение равно 30 B, а на участке BC 40 B. Каково действующее напряжение на участке AC?
- **3.8.** На участке АС (рис. 3.4) сдвиг фаз между током и напряжением равен 40° . Каким станет сдвиг фаз, если частота напряжения на участке АС увеличится вдвое?
- 3.9. В некоторой цепи имеется участок, содержащий активное и индуктивное сорис. 3.5 противление (рис. 3.5). Зная, что действующее значение тока I_1 равно 3 A, а тока I_2 4 A, найти дейст-
- **3.10.** Доказать, что собственные колебания контура происходят с частотой, при которой индуктивное сопротивление контура равно его емкостному сопротивлению.
- **3.11.** На участке АВ (рис. 3.6) активное сопротивление равно 60 Ом, а индуктивное -

вующее значение тока І.

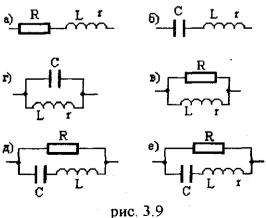
80 Ом. Найти полное сопротивление участка.

3.12. На участке АВ (рис. 3.7) индуктивное сопротивление равно 80 Ом, а емкостное -60 Ом. Найти полное сопротивление участка.

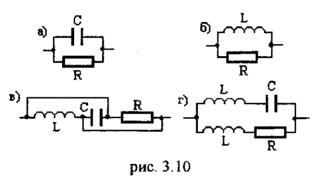


3.13. В цепи, представленной на рис. 3.8: L = $0,1 \, \Gamma_{\text{H}}, \, C = 10 \, \text{мк} \Phi, \, \text{частота}$ тока $\omega = 1000 \text{ c}^{-1}$. Какой ток течет по сопротивлению? 3.14. Цень, состоящая из последовательно со-

единенных конденсатора, катушки с индуктивностью L и сопротивления R, подключена к источнику переменного тока $U = U_0 \cos(\omega t)$. При этом сила тока в цепи изменяется по закону: $I = \frac{U_0}{D} \cos(\omega t)$. Определить амплитуду напряжения на конденсаторе.



- **3.15.** Построить векторные диаграммы напряжений в цепях, изображенных на рис. 3.9 а), б) и векторные диаграммы токов в цепях, изображенных на рис. 3.9 в) е).
- **3.16.** Определить полное сопротивление цепей, изображенных на рис. 3.10 a) г). Величины R, C, L и частоту тока ω считать заданными.



- **3.17.** На вход линии электропередачи, потребляющей мощность $P_0 = 100$ кВт, подается действующее напряжение U = 220 В. Сопротивление подводящих проводов линии R = 0,01 Ом, сдвиг фаз между током и напряжением $\phi = 37^{\circ}$. Определить мощность на потребителе и падение напряжения на проводах.
- 3.18. Цепь, состоящая из конденсатора и сопротивления R=110 Ом, подключена к источнику переменного напряжения с амплитудой U_0
- = 110 В. При этом амплитуда тока в цепи равна I_0 = 0,5 А. Определить разность фаз между током и напряжением в цепи.



3.19. На вход схемы (рис. 3.11) по-

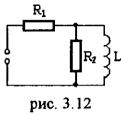
рис. 3.11

дано переменное напряжение с амплитудой $U_0 = 100~B$. Сдвиг фаз между током и напряжением в схеме равен $\phi = \frac{\pi}{4}$. Определить амплитуду тока, если R = 100~Oм.

- **3.20.** Последовательно с электроплиткой в городскую сеть подключили катушку индуктивности, в результате чего мощность плитки уменьшилась вдвое. Найти индуктивность катушки, если сопротивление плитки равно R = 20 Ом.
- 3.21. В городскую сеть включили лампочку для карманного фонаря, последовательно соединенную с конденсатором. Какова должна быть емкость конденсатора, чтобы лампочка горела нормально? Лампочка рассчитана на напряжение U = 3,5 В и ток I = 0,28 А.
- **3.22.** В колебательный контур, состоящий из катушки с индуктивностью L, конденсатора емкостью C и сопротивления R, подключили источник синусоидальной э.д.с. с амплитудой U_0 . Изменяя частоту э.д.с. добились того, чтобы амплитуда тока в контуре стала максимальной. Чему она равна?
- 3.23. Какая мощность теряется в проводах, идущих от станции к потребителю, если передаваемая станцией мощность P = 100 кВт, напряжение на станции U = 220 В, сопротивление проводов R = 0.05 Ом, а сдвиг фаз между током и напряжением $\phi = 30^{0}$?
- **3.24.** К источнику переменного тока подключены две параллельные ветви. Амплитуда тока в одной ветви $I_1 = 1$ A, а в другой $I_2 = 0,3$ A. В каких преде-

лах может изменяться полная сила тока в цепи? Каким может быть равен максимальный сдвиг фаз между полным током и током в первой ветви?

3.25. В схеме, представленной на рис. 3.12: $R_1 = 1$ кОм, $R_2 = 2$ кОм, L = 1 Гн. Схема подключена к источнику переменного напряжения с амплитудой $U_0 = 200$ В и частотой $\omega = 1000$ с⁻¹.

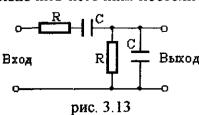


Найти амплитуду тока в источнике и сдвиг фаз между током и напряжением.

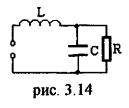
- 3.26. Электродвигатель переменного тока имеет две одинаковые обмотки. Индуктивность каждой обмотки равна L = 1 Гн. Для нормальной работы двигателя необходимо, чтобы токи в обмотках были одинаковыми, а сдвиг фаз между ними составлял 90° . При включении в бытовую сеть переменного тока (U = 220 В; V = 50 Гц) одну из обмоток подключают к сети непосредственно, а вторую через последовательно соединенные конденсатор и резистор. Какими должны быть: емкость конденсатора и сопротивление резистора?
- 3.27. Действующее значение напряжения в сети упало с $U_1 = 220~B$ до $U_2 = 190~B$. Для поддержания мощности кипятильника на прежнем уровне решили последовательно с ним включить источник постоян-

ного напряжения. Какое напряжение нужно на нем выставить?

3.28. Схема, представленная на рис.



3.13, носит название «мост Вина». На какой частоте сдвиг фаз между входным и выходным напряжением равен нулю? Во сколько раз на этой частоте входное напряжение больше выходного?



3.29. Доказать, что в схеме, представленной на

рис. 3.14, при частоте $\omega = \frac{1}{\sqrt{1.C}}$ сила тока в резисторе не зависит от его сопротивления. Найти эту силу тока, если амплитуда напряжения источника равна

3.30. Схема, изображенная на рис. 3.15, подключена к источнику переменного напряжения с амплитудой напряжения U₀. Как зависит разность потенциалов между точками А и В от

Un.

величины переменного сопротивпения R?

3.31. По участку цепи, содержащему сопротивление R, течет ток $I(t) = I_0(1 + \sin(\omega t))$. Сопротивление шунтируется конденсатором емкости С (рис. 3.16). Написать зависимость тока сопротивлении от времени. При каком значении емкости кон-

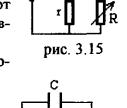
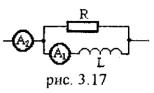


рис. 3.16

денсатора амплитуда колебаний тока в сопротивлении не будет превышать 10% от его среднего значения? Принять: R = 1 кОм, частота тока v = 50 Гц.

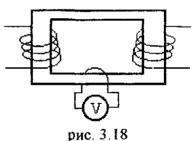
3.32. В схеме, представленной на рис. 3.17, амперметр A_i показывает ток I_1 = 2 А. Что показывает амперметр A_2 ? Дано: $L = 0.01 \ \Gamma$ н, R



= 10 Om, частота переменного тока $\omega = 1000 \text{ c}^{-1}$, амперметры идеальные и рассчитаны на измерение переменного тока.

3.33. Первичная обмотка трансформатора находится под напряжением $U_1 = 120 \text{ B}$ и потребляет ток $I_1 = 0.5$ А. Вторичная обмотка питает лампу накаливания током $I_2 = 3$ A при напряжении $U_2 = 10$ В. Найти сдвиг фаз между током и напряжением в первичной обмотке, если к.п.д. трансформатора $\eta = 70\%$.

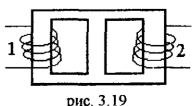
Трансформа-3.34. тор, повышающий напряжение с $U_1 = 100 \text{ B}$ до $U_2 = 3300$ В, имеет замкнутый сердечник. Единичный виток, перекинутый через сердечник, подключен к вольт-



метру, который показывает U = 0.5 B (рис 3.18). Сколько витков в каждой обмотке трансформатора?

3.35. Сердечник трансформатора имеет вид, по-

казанный на рис. 3.19. Магнитный поток, создаваемый каждой тушкой, в разветвлении делится пополам. Если катушку 1 включить в



сеть переменного тока с напряжением $U_1 = 40$ B, то напряжение на катушке 2 будет равно U_2 . Какое напряжение будет на катушке 1, если катушку 2 включить в сеть с напряжением U_2 ?

3.36. Трансформатор имеет симметричный сердечник, показанный на рис. 3.19. При включении катушки 1 в сеть переменного тока напряжение на вторичной катушке равно $U_2 = 12$ В. При включении катушки 2 в ту же сеть напряжение в первичной катушке равно $U_1 = 108$ В. Определить отношение числа витков в катушках.

4. Механические волны

- **4.1.** Определить расстояние между соседними точками волны, находящимися в одинаковых фазах, если волна распространяется со скоростью 330 м/с, а частота колебаний равна 256 Гц.
- **4.2.** Лодка качается на волнах, распространяющихся со скоростью 1,5 м/с. Расстояние между двумя соседними гребнями волн равно 6 м. Определить период колебаний лодки.
- 4.3. Волна распространяется вдоль резинового шнура со скоростью 3 м/с при частоте 2 Гц. Какова разность фаз колебаний двух точек шнура, отстоящих друг от друга на расстоянии 75 см?
- **4.4.** Эхо от ружейного выстрела дошло до стрелка через 6 с после выстрела. На каком расстоянии от стрелка находится преграда, от которой произошло отражение звука?
- **4.5.** Определить скорость звука в воде, если колебания с периодом 0,005 с порождают волну длиной 7, 175 м.
- **4.6.** Во сколько раз изменится длина звуковой волны при переходе из воздуха в воду? Скорость звука в воде равна 1480 м/с, а в воздухе 340 м/с.
- 4.7. Плоская поперечная волна задана уравнением: $y(t) = 3 \cdot 10^{-4} \cos(314t x)$, где x и y измеряются в метрах, a t в секундах. Определить длину волны, а также максимальные значения скорости и ускорения точек среды.

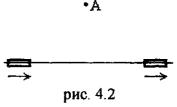
- **4.8.** Расстояние между первым и четвертым узлами стоячей волны равно 18 см. Определить длину бегущей волны.
- 4.9. Имеются два когерентных источника звука, совершающих колебания в одинаковых фазах. В точке, отстоящей от первого источника на $x_1 = 2,3$ м и от второго на $x_2 = 2,48$ м, звук не слышен. Минимальная частота, при которой это возможно, равна v = 1 кГц. Найти скорость звука.
- 4.10. На поверхности воды распространяются волны от двух когерентных источников, совершающих колебания в одинаковых фазах. Длина каждой волны равна 20 см. В некоторой области волны перекрываются. Какова амплитуда колебаний частиц поверхности воды в точке, разность хода волн до которой составляет: а) 20 см; б) 30 см; в) 5 см? В рассматриваемой области наложения волн их амплитуды одинаковы и равны 5 см.
- 4.11. Звучащий камертон находится вблизи края высокого цилиндрического сосуда, заполненного водой. При медленном вытекании воды из сосуда первое усиление звучания камертона произошло, когда уровень воды находился на 17 см ниже края сосуда. На сколько еще должен понизиться уровень воды, чтобы звучание вновь усилилось? Какова скорость звука в этом эксперименте, если частота камертона равна 500 Гц?
- **4.12.** На струне длиной 120 см образовалась стоячая волна. Причем все точки струны, имеющие амплитуду смещения 3,5 мм, отстоят друг от друга на одинаковом расстоянии 15 см. Найти максимальную

амплитуду смещения и длину бегущей по струне волны.

- **4.13.** Электропоезд, проходящий мимо железнодорожного переезда со скоростью v, издает звуковой сигнал частотой v_0 . Какой частоты звук слышит человек, стоящий на переезде, если электропоезд: а) приближается к переезду; б) удаляется от переезда? Скорость звука в воздухе равна с.
- **4.14.** Электропоезд проходит мимо переезда со скоростью v. Стоящий около переезда автомобиль издает звуковой сигнал частотой v_0 . Какой частоты звук слышит машинист поезда, если электропоезд: а) приближается к переезду; б) удаляется от переезда? Скорость звука в воздухе равна с.
- **4.15.** Два автомобиля движутся с постоянными скоростями v_1 и v_2 по прямой дороге. Первый автомобиль издает звуковой сигнал частотой v_0 . Какой частоты звук услышит водитель второго автомобиля? Рассмотреть случаи: а) автомобили едут навстречу друг другу; б) первый автомобиль едет за вторым; в) второй автомобиль едет за первым. Скорость звука в воздухе равна с.
- 4.16. Точечный источник, движущийся с постоянной скоростью v, излучает во все стороны звуковую волну. Написать зависимость длины волны от угла между на-

правлениями распространения волны и скоростью источника (рис. 4.1). Длина волны от неподвижного источника равна λ_0 , скорость звука равна с.

4.17. Два электропоезда едут с одинаковыми скоростями v = 90 км/ч по прямому пути друг за другом на расстоянии 2 км. В точке A, находя-



щейся на расстоянии 1 км от железной дороги, сидит наблюдатель (рис. 4.2). В момент когда, поезда находятся на одинаковом расстоянии от точки A, они одновременно издают звуковой сигнал одинаковой частоты $v_0 = 500 \, \Gamma$ ц. Какой звук услышит наблюдатель? Скорость звука $c = 350 \, \text{м/c}$.

• 4.18. По озеру с постоянной скоростью v параллельно берегу и на расстоянии d от берега плывет катер. На берегу стоит наблюдатель. В некоторый момент времени катер проплывает мимо наблюдателя. Через какое время до наблюдателя дойдет волна от катера, если скорость распространения волн в воде равна и и и < v?

5. Электромагнитные волны. Волновая оптика

- **5.1.** В колебательном контуре происходят свободные колебания. Зная, что максимальный заряд конденсатора равен 10⁻⁶ Кл, а максимальная сила тока в контуре равна 10 А, найти длину волны, на которую настроен контур.
- **5.2.** В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна с амплитудой вектора напряженности электрического поля $E_0 = 0,775$ В/м. На пути волны, перпендикулярно направлению ее распространения, располагается диск радиусом г = 0,632 м полностью поглощающий излучение. Какую мощность поглощает диск?
- 5.3. В опыте Юнга расстояние между щелями равно d, а расстояние от щелей до экрана L. Считая, что d << L, а длина волны света равна λ, определить положение максимумов и минимумов освещенности на экране, а также ширину интерференционных полос.
- 5.4. Расстояние между двумя когерентными источниками света равно 0,1 мм. Расстояние между соседними светлыми интерференционными полосами на экране равно 1 см. Определить расстояние от источников до экрана, если длина волны света 0,5 мкм.
- 5.5. Источник света S $(\lambda = 0,6 \text{ мкм})$ и плоское зеркало расположены как показано на рис. 5.1. Что наблюдается в точке P

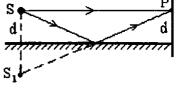
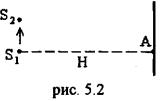


рис. 5.1

(максимум или минимум), если SP = 2 м, а расстояния от зеркала до источника и до точки P одинаковы и равны d = 0.55 мм?

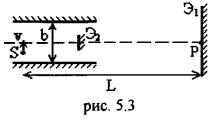
5.6. Два точечных монохроматических источника света S_1 и S_2 расположены близко друг от друга. На расстоянии H =



8 м от них находится экран. Источник S_2 отодвигают от источника S_1 параллельно экрану (рис. 5.2). В точке A, лежащей напротив S_1 , первый раз потемнение наблюдается при расстоянии между источниками равном $l_1=2$ мм. При каком расстоянии между источниками в точке A будет второе потемнение? Если

$$x \le 1$$
, to $\sqrt{1 \pm x} \approx 1 \pm \frac{1}{2} x$.

5.7. Точечный источник света S с длиной волны $\lambda = 0,6$ мкм расположен между двумя плоскими параллельными зеркалами, рас-



стояние между которыми b = 3 см (рис 5.3). На расстоянии L = 1 м от источника расположен экран Θ_1 . В точке Θ_2 экрана симметрично относительно зеркал находится точечный приемник излучения, сигнал которого пропорционален интенсивности падающего на него света. Прямой сигнал от источника загораживается небольшим экраном Θ_2 и на приемник не попадает. Источник движется перпендикулярно зер-

калам со скоростью v = 0,1 мм/с. Учитывая только однократные отражения света от зеркал, определить частоту переменного сигнала приемника.

- 5.8. Две плоские когерентные световые волны сходятся под небольшим углом φ << 1 и падают на экран симметрично относительно нормали. Определить расстояние между соседними интерференционными максимумами, если длина волны равна λ.
- 5.9. Для уменьшения отражения света от стеклянных поверхностей оптических приборов на поверхность стекла напыляется слой прозрачного вещества. Определить минимальную толщину слоя нанесенного на стеклянную линзу покрытия, если показатели преломления стекла и напыляемого вещества равны $n_1 = 4/3$ и $n_2 = 5/4$ соответственно, а прибор работает на длине волны $\lambda = 600$ нм.
- 5.10. Экран, на котором наблюдается дифракционная картина, расположен на расстоянии 1 м от точечного источника монохроматического света с длиной волны 500 нм. Посередине между экраном и источником расположена диафрагма с круглым отверстием. При каком наименьшем диаметре отверстия центр дифракционной картины будет темным?
- **5.11.** Плоская пластинка толщиной l=4 см имеет переменный показатель преломления:

$$n(r) = n_0 \left[1 + \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \right]$$
, где $n_0 = 1,4$; $r_0 = 5$ см; r - рас-

стояние до оптической оси пластинки. На пластинку перпендикулярно ее поверхности падает монохроматический луч. Под каким углом к оптической оси луч

выходит из пластинку, если он входит в пластинку на расстоянии h = 10 см от оси?

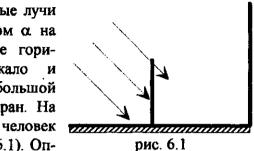
- 5.12. Для определения длины световой волны использовали дифракционную решетку с периодом 0,01 мм. Первый дифракционный максимум получился на экране на расстоянии 11,8 см от центрального максимума. Какова длина волны, если расстояние от решетки до экрана равно 2 м.
- 5.13. Монохроматический свет с длиной волны 520 нм падает на дифракционную решетку, имеющую 500 штрихов на миллиметр. Определить наибольший порядок наблюдаемого спектра.
- **5.14.** При освещении дифракционной решетки белым светом спектры второго и третьего порядков частично перекрывают друг друга. На какую длину волны в спектре второго порядка накладывается фиолетовая граница ($\lambda = 0,4$ мкм) спектра третьего порядка?
- 5.15. Период дифракционной решетки равен d=0.01 мм. Какую длину должна иметь решетка, чтобы две составляющие желтой линии натрия ($\lambda_1=5890$ нм и $\lambda_2=5896$ нм) можно было видеть раздельно в спектре первого порядка?

6. Геометрическая оптика

- **6.1.** Небольшим зеркалом прямоугольной формы пускают «солнечный зайчик», направляя его сначала на стену дома, находящуюся рядом, а затем на стену соседнего дома. Какая форма будет у «зайчика» в том и другом случае?
- **6.2.** Где и как следует расположить два плоских зеркала в прямоугольной комнате, чтобы человек, находясь в любой точке комнаты, мог видеть свое изображение?
- **6.3.** Изображение предмета в плоском зеркале оказывается перевернутым слева направо. Почему зеркало не переворачивает изображение сверху вниз?
- **6.4.** Высота человека равна 1,8 м. Какой минимальной высоты зеркало стоит купить человеку, чтобы увидеть свое изображение в полный рост?
- **6.5.** Человек рассматривает свое лицо в небольшое зеркальце высотой h, располагая его на расстоянии L от лица. Какова высота видимой в зеркальце части лица?
- 6.6. Светящаяся точка находится на некотором расстоянии от плоского зеркала, вращающегося с угловой скоростью ω вокруг оси, находящейся в плоскости зеркала. С какой угловой скоростью и вокруг какой оси вращается изображение точки в зеркале?
- 6.7. Муравей ползет со скоростью v к плоскому зеркалу под углом α к нормали. С какой скоростью движется изображение муравья? С какой скоростью будет двигаться изображение муравья, если муравей

остановится, а зеркало начнет двигаться на него со скоростью v и под углом а к нормали?

6.8. Солнечные лучи падают под углом се на большое плоское горизонтальное зеркало отражаются на большой вертикальный экран. На зеркале стоит высотой h (рис. 6.1). Оп-



ределить высоту тени от человека на экране. С какой скоростью будет двигаться тень по экрану, если человек пойдет от него со скоростью v?

- 6.9. Дан предмет АВ и плоское зеркало (рис. 6.2). Построить границы зон полной и частичной виизображения лимости предмета в зеркале.
- 6.10. Два плоских зеркала составляют двугранный угол с углом о $= 15^{\circ}$. В систему входит луч параллельно одному из зеркал (рис. 6.3).



рис. 6.2

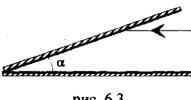


рис. 6.3

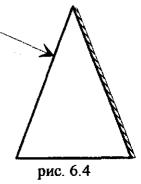
Сколько отражений испытает луч прежде чем повернет назал?

6.11. Два плоских зеркала образуют двугранный угол с углом 30°. Сколько изображений существует в такой системе?

- **6.12.** На круглом плоском зеркале лежит глобус радиусом R, касаясь центра зеркала северным полюсом. Каким должен быть минимальный радиус зеркала, чтобы в него можно было увидеть все северное полушарие и южное до широты 30⁰?
- **6.13.** На какой высоте находится воздушный шар, если с холма высотой 200 м он виден под углом 30^{0} к горизонту вверх, а его отражение в озере видно под углом 60^{0} к горизонту?
- **6.14.** Пучок параллельных лучей шириной 3 см падает под углом 45⁰ из воздуха на плоскую границу среды с показателем преломления 1,5. Какова ширина пучка в среде?
- **6.15.** Угол падения света на границу раздела двух сред равен 30°. Абсолютный показатель преломления второй среды равен 2,4, а угол между отраженным и преломленным лучами равен 90°. Найти показатель преломления первой среды.
- 6.16. На какую максимальную глубину можно погрузить в воду точечный источник света, чтобы квадратный плот со стороной 4 м, плавающий на

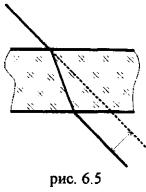
поверхности, не выпускал свет из воды? Показатель преломления воды равен 1,33.

6.17. Сечение стеклянной призмы имеет форму равнобедренного треугольника. Одна из боковых граней посеребрена. Луч света падает нормально на не посеребренную боковую грань (рис. 6.4) и



после двух отражений выходит через основание перпендикулярно ему. Определить углы призмы.

6.18. Луч света падает на плоскопараллельную стеклянную пластинку толщиной d. Определить смещение луча при его прохождении через пластинку (рис. 6.5). Показатель преломления стекла равен п, угол падения луча



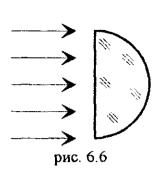
на пластинку - а.

- 6.19. В сосуд налиты две несмешивающиеся жидкости с показателями преломления $n_1 = 1.3$ и $n_2 =$ 1,5 (сверху вниз). Толщина слоев жидкостей $h_1 = 3$ см и h₂ = 5 см соответственно. На каком расстоянии от поверхности кажется дно сосуда, если смотреть на него вертикально вниз?
- 6.20. На плоскопараллельную пластинку, изготовленную из стекла с показателем преломления п, падает сходящийся пучок лучей, имеющий вид конуса с углом при вершине а. Диаметр пучка на входе в пластинку равен d. При какой толщине пластинки

диаметр пучка на выходе из нее будет равен

6.21. Луч света падает нормально на боковую грань стеклянной призмы с преломляющим углом а << 1 и выходит из другой боковой грани. На какой угол отклоняется луч от своего начального направления, если показатель преломления стекла равен n?

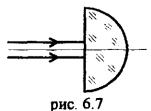
6.22. Широкий пучок света падает на основание стеклянного полушара с показателем преломления n = 1,41 перпендикулярно плоскости основания (рис. 6.6). Каков максимальный угол отклонения лучей от их первоначального направления распространения?



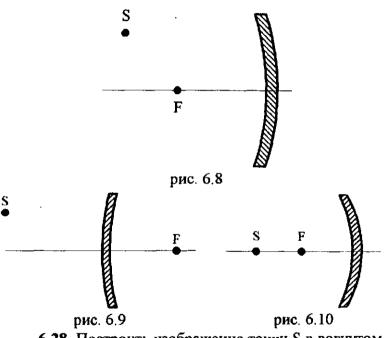
- **6.23.** Луч света, падающий снизу вверх на поверхность воды, испытывает полное внутреннее отражение. Выйдет ли луч в воздух, если на поверхность воды налить слой масла?
- 6.24. На дне бассейна на глубине h₁ лежит плоское зеркало. Человек смотрит в зеркало вертикально вниз с высоты h₂ над поверхностью воды. На каком расстоянии от себя человек видит свое отражение, если показатель преломления воды равен n?
- 6.25. Если смотреть на стеклянную капиллярную трубку сбоку, то ее внутренний радиус кажется равным г. Каков истинный внутренний радиус трубки, если показатель преломления стекла равен n?
- **6.26.** На некоторой планете показатель преломления атмосферы изменяется с высотой по закону: $n(h) = n_0 \alpha h$. На какой высоте нужно выпустить

горизонтально тонкий луч света, чтобы он обходил вокруг планеты по окружности? Радиус планеты равен R.

6.27. Тонкий пучок света палает на основание стеклян-



ного полушара перпендикулярно основанию и симметрично относительно центра (рис. 6.7). Радиус полушара равен R, его показатель преломления - n. На каком расстоянии от поверхности полушара пучок соберется в точку?



- **6.28.** Построить изображение точки S в вогнутом зеркале (рис. 6.8).
- **6.29.** Построить изображение точки S в выпуклом зеркале (рис. 6.9).
- **6.30.** Построить изображение точки S в вогнутом зеркале (рис. 6.10).
- **6.31.** Дан предмет AB, его изображение A_iB_i и ось сферического зеркала OO_i (рис. 6.11). Построить зеркало, его фокус и центр.

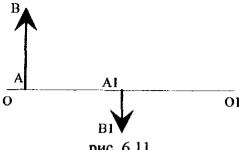
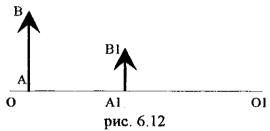


рис. 6.11

6.32. Дан предмет АВ, его изображение и ось сферического зеркала ОО1 (рис. 6.12). Построить зеркало, его фокус и центр.



- 6.33. На каком расстоянии от лица нужно держать выпуклое зеркальце диаметром 5 см, чтобы видеть все лицо? Высота лица - 20 см, фокусное расстояние зеркала - 7,5 см.
- 6.34. Сходящиеся лучи падают на выпуклое зеркало так, что их продолжение пересекается в точке на расстоянии 0,4 см за зеркалом. После отражения от зеркала лучи расходятся так, что их продолжения пересекаются в точке, отстоящей от зеркала на расстоянии 1,6 м. Обе точки пересечения лежат на главной оптической оси зеркала. Найти фокусное расстояние зеркала.

- 6.35. Радиус кривизны сферического зеркала равен 40 см. При каком расстоянии от предмета до зеркала его изображение будет: а) действительным и увеличенным в два раза; б) мнимым и увеличенным в пва раза?
- 6.36. Вогнутое зеркало дает на экране изображение Солнца в виде кружка диаметром d = 28 мм. Угловой диаметр Солнца равен $\alpha = 32'$. Определить радиус кривизны зеркала.
- 6.37. Внутренняя поверхность шара зеркальна. Радиус шара равен 36 см. На расстоянии 18 см от центра шара находится точечный источник, посылающий узкий пучок света к наиболее удаленной части шара. На каком расстоянии от центра шара будет находиться изображение источника, получающееся после двух отражений от дальней и ближней стенок шара? Где будет находиться изображение, если источник посылает свет к ближней стенке шара?
- 6.38. На расстоянии 60 см от вогнутого зеркала на его главной оптической оси помещен точечный источник света S (рис. 6.13). На каком расстоянии от зеркала нужно поместить второе плоское зеркало, чтобы лучи света после отражений от сферического

и плоского зеркал собрались снова в точке S? А где соберутся лучи, отразившиеся сначала от плоского, а засферического тем от зеркала?

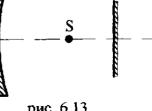
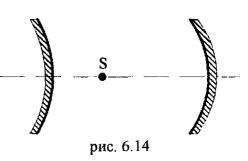


рис. 6.13

6.39. Выпуклое и вогнутое зеркала имеют одинаковые радиусы кривизны R. Расстояние между зеркалами

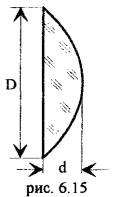


равно 2R. В какой точке общей оптической оси зеркал нужно поместить точечный источник S (рис. 6.14), чтобы лучи после отражения сначала на выпуклом, а затем на вогнутом зеркале, собрались снова в точке S? Где соберутся лучи, если они сначала отразятся на вогнутом, а затем на выпуклом зеркале?

- **6.40.** Симметричная собирающая линза сделана из стекла. При каком значении показателя преломления стекла фокусное расстояние линзы будет равно радиусу кривизны ее поверхности?
- 6.41. Воздушная линза, образованная двумя часовыми стеклами, помещена в воду. Найти ее фокусное расстояние, зная, что стеклянная линза такой же формы имеет фокусное расстояние

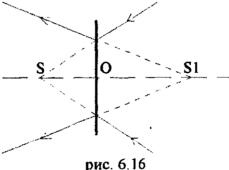
в воздухе 40 см. Показатели преломления: стекла - 3/2; воды - 4/3.

- **6.42.** Тонкая стеклянная линза имеет оптическую силу в воздухе D_1 = 5 дптр, а в жидкости D_2 = -1 дптр. Определить показатель преломления жидкости, если показатель преломления стекла равен 1,5.
 - 6.43. Геометрические размеры



плоско - выпуклой линзы равны: D = 10 см; d = 1 см (рис. 6.15). Определить фокусное расстояние линзы, если показатель преломления стекла n = 1,5.

- **6.44.** Точка находится на расстоянии 20 см от собирающей линзы, имеющей фокусное расстояние 30 см. На каком расстоянии от линзы находится изображение точки?
- **6.45.** Мнимый источник находится в главном фокусе собирающей линзы с фокусным расстоянием 10 см. На каком расстоянии от линзы находится изображение источника?

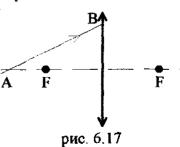


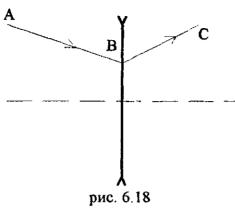
6.46. На рис. 6.16 показано, как линза преобразует падающие на нее лучи. Известно, что OS = 40 см; $OS_1 = 60$ см. Найти фокусное расстояние линзы.

6.47. Построить продолжение луча AB (рис. 6.17).

6.48. Известен ход луча ABC (рис. 6.18). Построить фокусы линзы.

6.49. Даны: точечный источник S, его изобра-



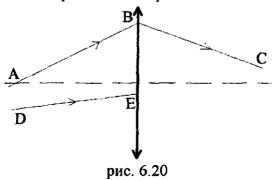


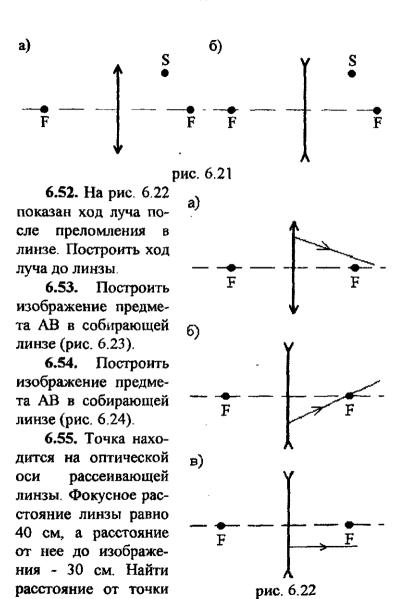
жение S₁ и оптическая ось (рис. 6.19). Построением найти положение линзы и ее фокусов. Какая это линза?

6.50. Дан ход луча ________ АВС, собирающая линза и оптическая ось рис. 6.19 (рис. 6.20). Построить продолжение произвольного луча DE.

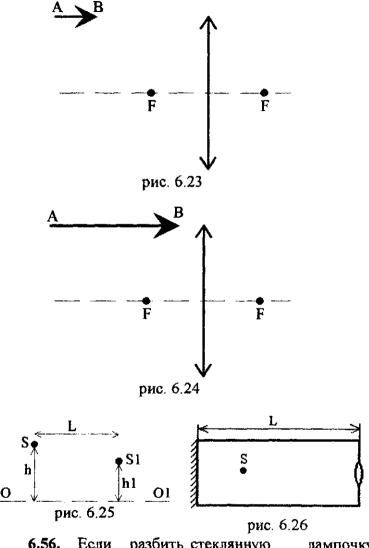
S1

6.51. На рис. 6.21 точка S является мнимым источником. Построить ее изображение.





до линзы.



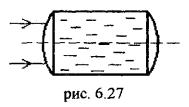
6.56. Если разбить стеклянную лампочку накаливания, то каждый осколок можно рассматрассматривать как линзу. Какие это будут линзы:

собирающие или рассеивающие? Определить фокусное расстояние такой линзы, если радиус колбы лампы был равен R, толщина стенки - δ , а показатель преломления стекла - n ($\delta << R$).

- 6.57. Пусть ось х совпадает с оптической осью собирающей линзы, а ось у лежит в плоскости линзы. Пусть координаты точечного источника равны: х = 50 см и у = 10 см. Найти координаты изображения, если фокусное расстояние линзы равно 30 см.
- **6.58.** На рис. 6.25 изображены: точка S, ее изображение в линзе S_1 и оптическая ось линзы OO_1 . Зная, что h=3 см. $h_1=2$ см, а L=10 см, найти фокусное расстояние линзы.
- 6.59. Собирающая линза дает изображение точенного источника. Когда источник находится в точке А, изображение находится в точке В. Когда источник поместили в точку В, изображение оказалось в точке С. Совпадают ли точки А и С?
- 6.60. В светонепроницаемой коробке находится источник света S. Задняя стенка коробки плоское зеркало, а в переднюю стенку вставлена собирающая линза. В этой системе наблюдается два изображения источника. В этой системе наблюдается два изображения источника. Размеры этих изображений одинаковы. Найти фокусное расстояние линзы, если длина коробки равна L (рис. 6.26).
- 6.61. Небольшому шарику, лежащему на поверхности горизонтально расположенной тонкой собирающей линзы с оптической силой D=0,5 дптр, сообщили вертикальную скорость $v_0=10$ м/с. Сколько

времени будет существовать действительное изображение шарика в линзе?

- 6.62. Расстояние между лампочкой и экраном L=1 м. На каком расстоянии от лампочки между ней и экраном нужно поместить собирающую линзу с фокусным расстоянием f=0,21 м, чтобы изображение лампочки на экране было отчетливым? Получится ли отчетливое изображение лампочки на экране, если взять линзу с фокусным расстоянием $f_1=0,26$ м?
- 6.63. В цилиндр, закупоренный двумя одинаковыми плосковыпуклыми линзами, налита вода. Вдоль оси на систему падает параллель-



ный пучок лучей (рис. 6.27). При каком расстоянии между линзами свет выйдет снова параллельным пучком? Фокусные расстояния линз в воздухе равны f, показатель преломления воды - n. Все углы считать малыми.

- **6.64.** Предмет, помещенный в точку А, линза увеличивает вдвое, а помещенный в точку В, втрое. Во сколько раз увеличивает эта линза длину отрезка АВ? Рассмотреть случаи когда оба изображения: а) действительные; б) мнимые.
- **6.65.** Построить изображение точки, находящейся в одном из фокусов рассеивающей линзы.
- **6.66.** Расстояние между двумя точечными источниками равно 24 см. Где между ними надо поместить собирающую линзу с фокусным расстоянием 9 см,

чтобы изображения источников получились в одной точке?

- 6.67. Точечный источник находится на расстоянии 10 см от собирающей линзы и на ее оптической оси. По другую сторону от линзы на расстоянии 4 см от нее (по оси) находится плоское зеркало, наклоненное к оптической оси под углом 30°. На каком расстоянии от оси получилось изображение источника? Фокусное расстояние линзы равно 5 см.
- **6.68.** На какое расстояние сместится фокус длиннофокусной собирающей линзы, если за линзой поставить плоскопараллельную стеклянкую пластинку толщиной d = 6 см. Показатель преломления стекла n = 1,5, диаметр линзы много меньше ее фокусного расстояния.
- **6.69.** Если обозначить: x расстояние от источника до переднего фокуса линзы, а y расстояние от заднего фокуса линзы до изображения, то $xy = f^2$ (формула Ньютона). Доказать эту формулу.
- **6.70.** Между предметом и экраном помещают тонкую линзу. Перемещая линзу вдоль оптической оси, получают два изображения предмета: одно высотой $h_1 = 10$ см, другое $h_2 = 40$ см. Найти высоту предмета.
- 6.71. На каком расстоянии от линзы с фокусным расстоянием f расположен предмет, если расстояние между предметом и его действительным изображением минимально?
- 6.72. Точечный источник расположен на расстоянии 2f (f - фокусное расстояние) от собирающей линзы. На каком расстоянии за линзой надо поста-

вить плоское зеркало, чтобы лучи, отразившись от него и второй раз пройдя через линзу, стали параллельными?

- **6.73.** На каком расстоянии от собирающей линзы с фокусным расстоянием f надо поместить маленький кубик, чтобы его изображение тоже было кубиком?
- 6.74. Собирающая линза имеет фокусное расстояние f. Вдоль оси линзы по направлению к ней с постоянной скоростью v ползет жук. Как зависит скорость изображения жука от расстояния между жуком и линзой?
- 6.75. На расстоянии 100 см от линзы диаметром 6 см и фокусным расстоянием 15 см находится экран. На каком расстоянии от линзы необходимо поместить точечный источник, чтобы диаметр светлого пятна на экране был равен 5 см?
- **6.76.** Является ли изображение прямой в тонкой линзе тоже прямой линией?
- **6.77.** Дан предмет AB и его изображение A_1B_1 (рис. 6.28). Построить линзу и положение ее фокусов.
- 6.78. Расстояние между двумя собирающими линзами, имеющими общую оптическую ось и одинаковые S фокусные расстояния 10 см, составляет 40 см. Точечный источник S находится на расстоянии

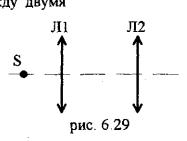
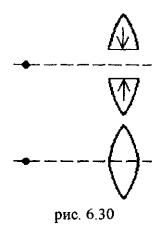


рис. 6.28

20 см от линзы Π_1 . На какое расстояние сдвинется изображение источника, если линзы сместить перпендикулярно оси на расстояние 1 см, причем линзу Π_1 - вверх, а Π_2 - вниз (рис. 6.29).

6.79. На оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием 5 см на расстоянии 15 см от нее расположен точечный источник. Из линзы



вырезали центральную часть шириной 1 см, а оставшиеся части сдвинули (рис. 6.30). Определить расстояние между изображениями источника.

- 6.80. В задаче № 6.79 линзу разрезали пополам, а половинки раздвинули симметрично относительно оси так, что расстояние между ними стало равно 1 см. определить расстояние между изображениями источника.
- 6.81. Предмет находится на расстоянии 0,9 м от экрана. Между экраном и предметом перемещают линзу. При одном положении линзы на экране получается увеличенное изображение предмета, при другом уменьшенное. Найти фокусное расстояние линзы, если одно изображение в 4 раза больше другого.
- 6.82. Светящаяся точка находится на расстоянии a=60 см от выпуклой поверхности большого куска стекла радиусом R=7,5 см. Коэффициент преломления стекла равен n=1,5. Определить расстояние ме-

жду изображениями, создаваемыми отраженными и преломленными лучами.

- 6.83. Двояковыпуклую линзу с фокусным расстоянием f и радиусами кривизны R₁ и R₂ вставили в стенку аквариума так, что поверхность с радиусом R2 находится внутри аквариума. Показатель преломления воды равен п. На каком расстоянии от линзы сфокусируются параллельные лучи света: а) входящие в аквариум; б) выходящие из аквариума?
- 6.84. В вогнутое зеркало радиусом R = 16 см налит тонкий слой воды 6.31). Определить фокусное расстояние этой системы.

рис. 6.31

Показатель преломления воды n = 4/3.

6.85. Острие конуса с углом при вершине 2α рассматривается через собирающую линзу с фокусным расстоянием f, расположенную на расстоянии а от вершины конуса (a > f). Каким виден угол конуса через линзу? Оптическая ось линзы совпадает с осью конуса (рис. 6.32).

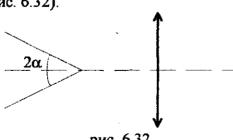
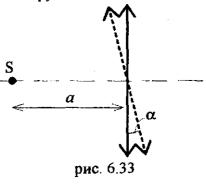


рис. 6.32

6.86. Две собирающие линзы с фокусными расстояниями f и 3f расположены на расстоянии 2f друг от друга. На каком расстоянии от линзы f надо поместить предмет, чтобы его изображение в линзах было прямым?

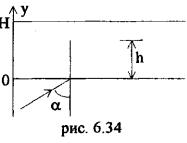
- **6.87.** Человек рассматривает свой глаз через линзу с фокусным расстоянием f = 10 см, за которой находится плоское зеркало. На каком расстоянии от линзы расположено зеркало, если человек видит изображение глаза на расстоянии наилучшего зрения l = 25 см? Расстояние от глаза до линзы a = 15 см.
- **6.88.** Человек стоит в комнате спиной к удаленному окну и в вытянутой руке держит симметричную собирающую линзу с фокусным расстоянием f = 28 см. Показатель преломления стекла равен n = 1,5. Какие изображения окна видит человек и каково расстояние между этими изображениями?
- **6.89.** Параллельный пучок лучей падает из воздуха на выпуклую преломляющую поверхность с показателем преломления п. При какой форме поверхности преломленные лучи соберутся в одной точке?
- 6.90. Точечный источник света S расположен на расстоянии a=40 см от собирающей линзы на ее оптической оси. Оптическая сила линзы D=5 дптр. При повороте линзы на некоторый угол α



(рис. 6.33) относительно оси, перпендикулярной плоскости рисунка и проходящей через оптический

центр линзы, изображение источника сместилось на $\Delta l = 10$ см. Найти угол α .

- **6.91.** Свет от источника по пути к экрану проходит через стеклянную прямоугольную призму длиной l=1 м. На сколько быстрее свет дойдет до экрана, если призму привести в движение в сторону экрана со скоростью v=1 м/с? Показатель преломления стекла n=1,4.
- 6.92. Показатель преломления некоторой плоской среды имеет такую зависимость от координаты у (рис. 6.34): при y < 0 $n = n_0$ ($n_0 = 1,4$); при 0 < y < H n(y) = 0



 n_0 - ky, где k - константа (k = 0,2 м⁻¹, H = 2 м); при y > H n = 1. На плоскость y = 0 падает узкий пучок света под углом падения $\alpha = 60^{\circ}$. На какую максимальную глубину h сможет проникнуть световой луч?

6.93. Диапроектор создает изображение слона на экране. Экран отодвигают на 8,5 м. Для того, чтобы изображение слона опять стало четким, объектив диапроектора пришлось передвинуть на $1\frac{5}{12}$ мм.

При этом изображение слона получилось в натуральную величину. Найти высоту слона, если высота его изображения на диапозитиве 15 мм, а фокусное расстояние объектива 5 см.

6.94. Определить оптическую силу очков, восполняющих недостаток зрения человека, расстояние наилучшего зрения которого равно 50 см.

- **6.95.** Близорукий человек может отчетливо видеть предметы на расстоянии не более 20 см от глаз. Чему равна оптическая сила очков, восполняющих недостаток зрения этого человека?
- **6.96.** При рассматривании своего лица человеку удобно держать плоское зеркало на расстоянии 25 см от лица. Какие очки можно порекомендовать этому человеку для чтения?

7. Излучение. Фотометрия. Фотоны

- 7.1. Средняя плотность Земли $\rho = 5500 \text{ кг/м}^3$, Средняя удельная теплоемкость c = 200 Дж/кг K, средняя температура поверхности T = 300 K. Оценить на сколько понизится температура Земли за столетие, если Солнце погаснет?
- 7.2. Сила излучения диффузно излучающей поверхности зависит от угла излучения по закону: $I(\alpha) = I_0 \cos \alpha$, где α угол между направлением излучения и нормалью к излучающей поверхности; I_0 сила излучения в направлении нормали (закон Ламберта). Чему равен поток излучения?
- 7.3. Оболочка космической станции представляет собой зачерненную сферу, температура которой за счет работы аппаратуры внутри станции равна 500 К. Станцию окружают черным сферическим экраном почти такого же радиуса. Какой станет температура оболочки?
- 7.4. Тепловой фотоприемник представляет собой полую камеру с площадью внутренней поверхности $S=2~{\rm cm}^2$, имеющую небольшое отверстие площади $\sigma=1~{\rm mm}^2$

рис. 7.1

(рис. 7.1). Внутренняя поверхность камеры диффузно рассеивает почти весь падающий на нее световой поток (коэффициент поглощения α = 0,01). В этих условиях внутри камеры создается равномерно распределенное по всем направлениям излучение. В от-

верстие камеры входит узкий луч света. Какая часть светового потока, входящего в отверстие, выходит через него обратно?

- 7.5. Имеется две полости с малыми отверстиями одинакового диаметра d=1 см. Наружные стенки полостей абсолютно отражающие, а внутренние хорошо поглощающие. Полости расположены отверстиями друг к другу так, что расстояние между отверстиями равно I=10 см. В одной полости поддерживается постоянная температура $T_1=1700$ К. Определить температуру во второй полости.
- 7.6. Температура в центре Солнца оценивается в 1,3·10⁶ К. Оценить давление теплового излучения в центре Солнца. Сравнить это давление с давлением плазменного газа, считая, что он состоит из протонов и электронов, а плотность вещества в центре Солнца равна 8000 кг/м³.
- 7.7. Пылинка освещается импульсом лазерного света с длиной волны $\lambda = 0,63$ мкм. Определить число поглощенных пылинкой фотонов, если она в результате действия света приобрела скорость v = 1 мм/с. Масса пылинки m = 0,1 мг. Считать, что пылинка поглощает весь падающий на нее свет.
- 7.8. Пучок лазерного излучения мощностью N=100~BT падает на непрозрачную пластинку под углом $\alpha=30^{0}$. Пластинка поглощает 60% падающей энергии, а остальное зеркально отражает. Определить модуль силы, действующей на пластинку со стороны излучения.
- 7.9. Узкий пучок импульсного лазерного излучения с энергией W=0.4 Дж и длительностью $\tau=10^{-9}$ с

падает на собирающую линзу параллельно ее главной оптической оси. Расстояние от падающего луча до оси равно фокусному расстоянию линзы. Определить среднюю силу, действующую на линзу со стороны излучения, если половина излучения поглощается линзой. Отражением от линзы пренебречь.

- 7.10. Медный шар, удаленный от других тел, облучается излучением с длиной волны $\lambda = 0,2$ мкм. До какого максимального потенциала зарядится шар, излучая фотоэлектроны? Работа выхода электронов для медн равна $A_{\text{вых}} = 4,4$ эВ.
- 7.11. Плоский алюминиевый электрод освещается светом с длиной волны $\lambda = 83$ нм. На какое максимальное расстояние от поверхности электрода может удалиться фотоэлектрон, если вне электрода имеется задерживающее электрическое поле с напряженностью E = 7.5 кВ/м. Красная граница фотоэффекта для алюминия $\lambda_{kp} = 332$ нм.
- 7.12. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла равна $\lambda_{\rm kp}=700$ нм. Отношение максимальных скоростей вылетающих фотоэлектронов при освещении этого металла светом с длинами волн λ_1 и λ_2 равно $\alpha=0,75$. Определить λ_2 , если $\lambda_1=600$ нм.
- 7.13. Катод фотоэлемента освещается монохроматическим светом. При это величина запирающего напряжения (отрицательное напряжение, при котором прекращается фототок) равна $U_1 = 1,6~B$. При изменении длины волны в $\beta = 1,5~$ раза запирающее напряжение становится $U_2 = 1,8~B$. Определить работу выхода электронов из катода.

- 7.14. Определить изменение длины волны света, излучаемого неподвижным атомом водорода, вследствие отдачи, которую испытывает атом со стороны вылетевшего фотона.
- 7.15. Металл освещают светом с длиной волны λ . Найти максимальный импульс, передаваемый поверхности металла при вылете фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта равна $\lambda_{\rm xp}$.
- 7.16. При распаде π мезона на два фотона зарегистрированы фотоны, летящие под углами $\alpha = 30^0$ и $\beta = 60^0$ к направлению движения мезона. Определить скорость мезона.
- 7.17. Фотон с энергией 1,3 МэВ рассеялся на свободном электроне на угол 60° . Определить длину волны рассеянного фотона.
- 7.18. Электрон движется со скоростью 0,75с. Во сколько раз релятивистская кинетическая энергия электрона больше классической? При какой скорости кинетическая энергия электрона будет равна энергии покоя?
- 7.19. На покоящийся электрон налетает позитрон. В результате столкновения происходит аннигиляция и рождается два у кванта. Доказать, что в этой реакции не может родиться один у квант.
- 7.20. При какой скорости частицы ее де Бройлевская длина волны равна Комптоновской длине волны?
- 7.21. Электрон прошел ускоряющую разность потенциалов U. Определить длину волны де Бройля электрона для: a) U = 51 B; б) U = 510 kB.

8. Физика атома и атомного ядра

- **8.1.** Радиус орбиты электрона в атоме водорода равен r = 5,3 нм. Какую минимальную работу надо совершить, чтобы ионизировать этот атом?
- **8.2.** Протон, летевший со скоростью $v_0 = 7,5\cdot10^4$ м/с, сталкивается с покоящимся невозбужденным атомом водорода. После столкновения протон продолжает двигаться в ту же сторону со скоростью $v = 1,5\cdot10^4$ м/с, а атом переходит в возбужденное состояние. Найти длину волны фотона, который излучится атомом, переходящим в основное состояние.
- **8.3.** Атом водорода переходит из основного состояния в возбужденное, поглощая фотон, энергия которого составляет $\alpha = 8/9$ энергии ионизации атома. Определить номер возбужденного состояния.
- **8.4.** Энергия ионизации атома водорода равна 13,6 эВ. Исходя из этого определить частоту второй линии серии Бальмера.
- **8.5.** Энергия ионизации атома водорода равна 13,6 эВ. Сколько линий серии Бальмера попадает в видимый диапазон спектра (380 760 нм)?
- 8.6. Первая линия излучения серии Бальмера имеет длину волны $\lambda_1 = 657$ нм. Какую скорость будет иметь электрон, выбитый из основного состояния атома водорода фотоном с энергией W = 15 эВ?
- **8.7.** Ядро ${}^{9}_{4}$ Ве, поглотив дейтрон ${}^{2}_{1}$ D, превращается в ядро ${}^{10}_{5}$ В. Написать уравнение реакции и определить какая частица при этом излучается?

- **8.8.** В ядро азота влетает α частица и остается в нем, выбивая из него протон. Написать уравнение реакции.
- **8.9.** При захвате нейтрона ядром магния $^{24}_{12}$ Mg образуется радиоактивный изотоп $^{24}_{11}$ Na . Какие частицы при этом излучаются?
- **8.10.** При бомбардировке ядер $^{56}_{26}$ Fe нейтронами образуется β радиоактивный изотоп марганца с атомной массой 56. Написать уравнение реакции и реакцию β распада.
- **8.11.** Бомбардируя бор ¹¹₃В быстрыми протонами, получилы в камере Вильсона три почти одинаковых следа частиц, направленные в разные стороны. Какие это частицы?
- 8.12. Вследетвие радиоактивного распада $^{238}_{92}$ U превращается в $^{206}_{82}$ Pb. Сколько при этом происходит α и β распадов?
- 8.13. Найти энергию реакции синтеза: ${}^{1}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{1}H + {}^{1}_{0}n$.
- **8.14.** Найти энергию реакции: ${}_{1}^{2}H+{}_{3}^{7}Li=2{}_{2}^{4}He+{}_{0}^{1}n$
- 8.15. При взаимодействии ядер алюминия ²⁷₁₃ A¹ с х частицами образуются ядра изотопа магния ²⁷₁₂ Mg и ₁ у частицы. При взаимодействии же ₁ у частиц с ядрами алюминия образуется ядра изотопа магния ²⁴₁₂ Mg и z частицы. Какие широко известные частицы участвуют в этих реакциях?

- **8.16.** Период полураспада радиоактивного изотопа ⁴¹ Аг равен 110 мин. Определить время, в течение которого распадается 25% начального количества атомов?
- 8.17. В микрокалориметр с теплоемкостью C = 1000 Дж/К помещено m = 100 мг изотопа 61 Со. При распаде одного ядра 61 Со выделяется энергия $w = 2 \cdot 10^{-19}$ Дж. Через время $\tau = 50$ мин температура калориметра повысилась на $\Delta t = 0{,}006$ К. Найти период полураспада 61 Со.
- **8.18.** При термоядерной реакции синтеза ${}^{2}_{1}$ Н и ${}^{3}_{1}$ Н образуется нейтрон, неизвестная частица и выделяется энергия w = 17,6 МэВ. Определить неизвестную частицу и полную энергию, которая выделится, если прореагирует m = 1 г дейтерия.
- **8.19.** Термоядерная реакция ${}_{1}^{2}H+{}_{2}^{3}He\longrightarrow {}_{2}^{4}He+{}_{1}^{1}p$ идет с выделением энергии $W_{1}=18,4$ МэВ (кинетическая энергия образовавшихся частиц на величину W_{1} больше кинетической энергии исходных). Какая энергия выделяется в реакции $2\cdot{}_{2}^{3}He\longrightarrow {}_{2}^{4}He+2\cdot{}_{1}^{1}p$, если дефект массы ядра ${}_{2}^{3}He$ на $\Delta m=0,006$ а.е.м. больше, чем у ядра ${}_{1}^{2}H$? Одной атомной единице массы соответствует энергия 931,5 МэВ.
- **8.20.** Реакцию синтеза ${}_{1}^{2}H + {}_{1}^{3}H \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{0}^{1}$ п изучают, направляя ускоренные до $w_{D} = 2$ МэВ ионы ${}_{1}^{2}H$ на тритиевую мишень. Детектор регистрирует нейтроны, вылетающие перпендикулярно направлению пучка ${}_{1}^{2}H$. Определить энергию регистрируемых

нейтронов, если в реакции выделяется энергия w = 17,6 M₂B.

8.21. Период полураспада некоторого радиоактивного элемента равен Т. Чему равно среднее время жизни ядер этого элемента?

ОТВЕТЫ

1. Электромагнитная индукция

1.1.
$$q = \frac{Ba^2}{9R}$$

1.2. $q = \frac{BSd}{20}$

1.3. Ноль. Будет.

1.4. N =
$$\frac{\pi \alpha^2 l^4}{16R(\pi+1)^3}$$

1.5.
$$\varepsilon_i = 2Ba'(a_0 + a't) = 5.6 \cdot 10^{-3} B$$

1.6.
$$\Delta \varphi = \frac{\alpha a^2 (b-2c)^2}{2(a+b)}$$

1.7.
$$I = \sqrt{\frac{4\pi I_0 L}{\mu_0}} = 100 \text{ M}$$

1.8.
$$L = \frac{\mu_0 ID}{4d} = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ }\Gamma_{\text{H}}$$

1.9.
$$P = \frac{1}{2}\mu_0 n^2 I^2 = 10^3 \text{ }\Pi a$$

1.10.
$$I = \frac{\mu_0 nSdI'}{4\rho} = 0.2 A$$

1.11. W =
$$\frac{LI^2}{2}$$

1.12.
$$C = \frac{4}{3}L\left(\frac{I}{U_0}\right)^2 \approx 1.33 \cdot 10^{-7} \Phi$$

1.13.
$$h = \frac{2mgL}{(B/)^2}$$

1.14.
$$\Delta \phi = \frac{\pi r^2 (R_1 - R_2) B'}{2(R_1 + R_2)}$$

1.15. См рис. 1.

$$E_1(r) = \frac{1}{2}\mu_0 nI'r$$
;

$$E_2(r) = \frac{1}{2r} \mu_0 n I R^2$$

1.16.
$$x = \frac{Rmv}{(B/)^2}$$

1.17. Ф

1.18. Заряд одинаковый, а количество теплоты в первом случае больше.

1.19.
$$I = \frac{\pi R^2 B}{L}$$
; $A = \frac{(\pi R^2 B)^2}{2L}$

1.20.
$$I = 1.05 \cdot I_0 \approx 2 \text{ A}$$

1.21.
$$I_1 = \frac{\varepsilon L_2}{R(L_1 + L_2)}; I_2 = \frac{\varepsilon L_1}{R(L_1 + L_2)}$$

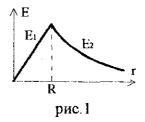
1.22.
$$I_R = \frac{\epsilon_1 r_2}{r_1 r_2 + R(r_1 + r_2)} = 1 \text{ A}$$

1.23. Как в вязкой жидкости.

1:24.
$$I(t) = \frac{U}{L}t$$

1.25.
$$U(t) = \alpha(Rt + L)$$

1.26. a)
$$U = \pi Rr B_0$$
, 6) $U = \pi Rr B_0 \frac{R - r}{R + r}$



1.27.
$$q = \frac{\varepsilon L}{Rr}$$

1.28.
$$q = \alpha C(R\tau + L) = 2 \cdot 10^{-11} \text{ Km}$$

1.29. a)
$$L = L_1 + L_2$$
; 6) $\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$

1.30.
$$L_{12} = \sqrt{L_1 L_2}$$

1.31. Перемычка будет совершать гармонические

колебания с периодом $T = \frac{2\pi\sqrt{mL}}{RI}$ и амплитудой

$$A = \frac{v\sqrt{mL}}{Bl}.$$

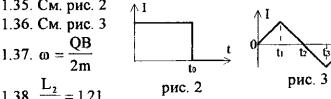
1.32.
$$I_{max} = U \sqrt{\frac{C_1 C_2}{L(C_1 + C_2)}}$$

1.33.
$$q = \frac{\varepsilon}{R} \left(\frac{L_1}{R+r} + \frac{L_2}{r} \right)$$

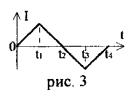
- 1.34. Ток сначала резко возрастет, а затем постепенно вернется к начальной величине.
- 1.35. См. рис. 2

1.37.
$$\omega = \frac{QB}{2m}$$

1.38.
$$\frac{L_2}{L_1} = 1,21$$







1.39.
$$U_{max} = I_0 \sqrt{\frac{2L}{3C}}$$
; $I_{max} = \frac{4}{3}I_0$

2. Колебательный контур

2.1.
$$q(t) = U_0 C \cdot \cos\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right)$$
; $I(t) = U_0 \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot \sin\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right)$

2.2. 0,1 Гн

2.3.
$$v' = \frac{v_1 v_2}{\sqrt{{v_1}^2 + {v_2}^2}} = 24 \text{ kFg};$$

$$v'' = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 50 \text{ kGy}$$

2.5.
$$I_{\text{mex}} = \sqrt{\frac{CU^2}{L}} + I^2 \approx 0.012 \text{ A}$$

2.6.
$$U = \sqrt{U_0^2 - \frac{LI^2}{C}}$$

2.7.
$$I_{max} = 2\pi vq \approx 0.06 A$$

2.8.
$$I(t) = U_0 \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot \sin\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right); \ \epsilon_i = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

$$2.9. \ \mathbf{q}_0 = \frac{\mathrm{CU}}{2} \sqrt{2 - \cos^2 \left(\tau \sqrt{\frac{2}{\mathrm{CL}}}\right)}$$

2.10.
$$Q = \frac{\varepsilon^2 C}{2}$$

2.11.
$$U(t) = \varepsilon \left(1 - \cos\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right)\right)$$

2.12.
$$I = I_0 \sqrt{1 + \frac{CR^2}{I_0}}$$

2.13.
$$U_1(t) = \frac{1}{2}U_0(1 + \cos\omega t); \ U_2(t) = \frac{1}{2}U_0(1 - \cos\omega t);$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2}{LC}}$$

2.14.
$$I_{max} = \varepsilon \sqrt{\frac{2C}{3L}}$$

2.15.
$$A = (n^2 - 1)W$$

2.16.
$$\omega = \sqrt{\frac{d}{\pi \epsilon_0 \mu_0 a r^2}}$$

$$2.17. I(t) = \frac{\Phi}{L} \cos \left(\frac{t}{\sqrt{LC}} \right)$$

2.18.
$$I = \frac{U}{R} = 0.1 A$$

2.19.
$$\frac{W_L}{W_C} = \frac{L}{CR^2} = 5$$

$$2.20. \ I_{\text{max}} = U \sqrt{\frac{C}{2L}}$$

2.21.
$$Q = \frac{1}{2}(L + CR^2)(I_1^2 + I_2^2)$$

2.22.
$$U(t) = U_0 \cos(\omega t)$$
 и $I_{L_1}(t) = U_0 \sqrt{\frac{C}{L_1}} \cdot \sin(\omega t)$ при

$$t < t_0 = \frac{\pi}{2} \sqrt{L_1 C} ,$$

$$U(t) = 0$$
 и $I_{L1}(t) = U_0 \sqrt{\frac{C}{L_1}}$ при $t \ge t_0$. $\left(\omega = \frac{1}{\sqrt{L_1 C}}\right)$

 $I_{L2}(t) = 0$ при всех t.

2.23.
$$U = \frac{U_0 t}{\sqrt{LC}} = 10^3 B$$

2.24.
$$Q = \frac{1}{2} \left(CU^2 + \frac{2}{3}LI^2 \right)$$

2.25.
$$P = \frac{U^2RC}{2(L+CR^2)} = 2 \cdot 10^{-3} BT$$

2.26.
$$P = \frac{I_0^2}{2} \cdot \frac{L\rho\epsilon\epsilon_0}{LC + (\rho\epsilon\epsilon_0)^2}$$

2.27.
$$Q = \frac{U_0^2}{2} \left(C + \frac{L}{R^2} \right) = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

2.28. Q =
$$\frac{\pi U^2 \sqrt{LC}}{R}$$
 = 3,14·10⁻³ Дж

3. Переменный ток

- $3.1.80 c^{-1}$
- 3.2. Увеличится в 2 раза

3.3.
$$\frac{1}{3}$$
T \approx 6,67 MC

3.4.
$$U = \frac{U_0}{\sqrt{3}}$$

3.5.
$$I = \frac{I_0 \sqrt{5}}{4}$$

$$3.6. \approx 0,707 \text{ A}$$

$$3.8. \approx 59.2^{\circ}$$

$$3.9. I = 5 A$$

$$3.13. I = 0$$

3.14.
$$U_{c} = \frac{U_{0}\omega L}{R}$$

3.16. a)
$$Z = \frac{R}{\sqrt{1 + (\omega CR)^2}}$$
; 6) $Z = \frac{\omega RL}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$;

B)
$$Z = \frac{\omega RL}{\sqrt{R^2(\omega^2LC - 1)^2 + (\omega L)^2}};$$

r)
$$Z = \frac{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}{\sqrt{R^2 + \left(2\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

3.17.
$$P = P_0 \left(1 - \frac{P_0 R}{U^2 \cos^2 \phi} \right) \approx 97 \text{ KBT};$$

$$U_R = \frac{P_0 R}{U_{COSO}} \approx 5.7 B$$

3.18.
$$\varphi = \arctan\left(\sqrt{\left(\frac{U_0}{I_0 R}\right)^2 - 1}\right) = \frac{\pi}{3}$$

3.19.
$$I_0 = \sqrt{2} \frac{U_0}{R} \approx 1.4 \text{ A}$$

3.20.
$$L = \frac{R}{2\pi v} \approx 0,065 \Gamma H$$

3.21.
$$C = \frac{I}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2 - U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0 / U_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 220 \text{ B; } v = \frac{1}{2\pi v_0^2} \approx 4 \text{ MK}\Phi \text{ (}U_0 = 22$$

3.22.
$$I_0 = \frac{U_0}{R}$$

$$3.23. P_1 = R \left(\frac{P}{U\cos\phi}\right)^2$$

3.24. 0,7 A \le I \le 1,3 A;
$$\phi_{max} = arcsin \left(\frac{I_2}{I_1} \right) \approx 18^0$$

3.25.
$$I_0 \approx 0,124 \text{ A}; \ \phi \approx 29,7^0$$

3.26.
$$C = \frac{1}{m^2 L} = 10 \text{ мк}\Phi$$
; $R = 2\pi v L \approx 314 \text{ Ом}$

3.27.
$$U = \sqrt{U_1^2 - U_1^2} \approx 110 B$$

3.28.
$$\omega = \frac{1}{RC}$$
; $\frac{U_{Bx}}{U_{Bx}} = 3$

$$3.29. I_R = U_0 \sqrt{\frac{C}{L}}$$

3.30. Не зависит

3.31.
$$I_R(t) = I_0 \left(1 + \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega CR)^2}} \sin(\omega t - \varphi) \right);$$

$$tgφ = ωCR$$
; $C = \frac{\sqrt{99}}{2πvR} \approx 32 \text{ MK}Φ$

3.32.
$$I_2 = I_1 \sqrt{1 + \left(\frac{\omega L}{R}\right)^2} \approx 2,83 \text{ A}$$

3.33.
$$\varphi = \operatorname{arcCos}\left(\frac{U_2I_2}{\eta U_1I_1}\right) \approx 44,5^\circ$$

3.34. 200 и 6600 витков

3.35.
$$U_i' = \frac{U_i}{4} = 10 B$$

3.36.
$$\frac{N_1}{N_2} = \sqrt{\frac{U_1}{U_2}} = 3$$

4. Механические волны

$$4.1. \approx 1,29 м$$

$$4.7.6,28 \text{ m}; \approx 0.094 \text{ m/c}; \approx 29.6 \text{ m/c}^2$$

4.10. a) 10 cm; 6) 0; в)
$$5\sqrt{2} \approx 7.1$$
 cm

4.12.
$$A_{\text{make}} = 5 \text{ mm}$$
; $\lambda = 60 \text{ cm}$

4.13. a)
$$v_1 = \frac{v_0}{1 - \frac{v}{c}}$$
; 6) $v_2 = \frac{v_0}{1 + \frac{v}{c}}$

4.14. a)
$$v_1 = v_0 \left(1 + \frac{v}{c} \right)$$
; 6) $v_2 = v_0 \left(1 - \frac{v}{c} \right)$

4.15. a)
$$v_1 = v_0 \frac{1 + \frac{v_2}{c}}{1 - \frac{v_1}{c}}$$
; 6) $v_2 = v_0 \frac{1 - \frac{v_2}{c}}{1 - \frac{v_1}{c}}$; B)

$$v_3 = v_0 \frac{1 + \frac{v_2}{c}}{1 + \frac{v_1}{c}}$$

4.16.
$$\lambda_{\alpha} = \lambda_{0} \left(1 - \frac{\mathbf{v}}{\mathbf{c}} \cos \alpha \right)$$

4.17. Наблюдатель услышит звук частотой 500 Гц, амплитуда которого изменяется с частотой 50 Гц.

4.18.
$$t = \frac{d\sqrt{v^2 - u^2}}{uv}$$

5. Электромагнитные волны. Волновая оптика

5.1.
$$\lambda = 2\pi c \frac{q_0}{l_0} \approx 200 \text{ M}$$

5.2.
$$P = \frac{1}{2} \pi c \epsilon_0 r^2 E_0^2 = 10^{-3} Br$$

5.3.
$$x_{max} = \frac{\lambda L}{d} n$$
; $x_{min} = \frac{\lambda L}{2d} (2n-1)$ $(n = 1,2,3,...)$.

$$\Delta = \frac{\lambda L}{d}$$

- 5.4.2 m
- 5.5. Максимум

5.6.
$$l_2 = l_1 \sqrt{3} \approx 3,46 \text{ mm}$$

5.7.
$$v = \frac{2bv}{\lambda L} = 10 \Gamma u$$

5.8. $\Delta = \frac{\lambda}{\phi}$

5.8.
$$\Delta = \frac{\lambda}{\varphi}$$

5.9.
$$d_{min} = \frac{\lambda}{4n_2} = 120$$
 нм

5.10.
$$d_{min} = \sqrt{2\lambda L} = 1 \text{ MM}$$

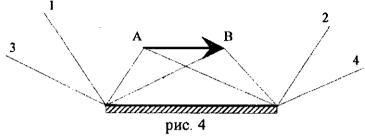
5.11.
$$\alpha = \arcsin\left(\frac{2n_0hl}{r_0^2}\right) \approx 24^0$$

- 5.12. 0,59 мкм
- 5.13.3
- 5.14. 0,6 мкм
- 5.15. 9,8 мм

6. Геометрическая оптика

- 6.1. В первом случае форма "зайчика" будет напоминать форму зеркала, а во втором - форму Солниа.
- 6.2. В углу комнаты под углом 90° друг к другу.
- 6.3. Плоское зеркало не переворачивает изображение слева направо.
- 6.4. 90 см
- 6.5. 2h
- 6.6. С угловой скоростью 2ю вокруг той же оси
- 6.7. v; 2v·cosα
- 6.8. H = 2h; $u = v \cdot ctg\alpha$
- 6.9. См. рис. 4. Лучи 1 и 2 ограничивают зону полной видимости. Ниже лучей 3 и 4 зона полной

невидимости. Между лучами 1 и 3, а также 2 и 4 находятся зоны частичной видимости.



6.12.
$$r = R\sqrt{3}$$

$$6.15. \approx 4.15$$

$$6.17.36^{\circ}:72^{\circ}$$

6.18.
$$\delta = d \sin \alpha \left(1 - \frac{\cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right)$$

6.19.
$$h = \frac{h_1}{n_1} + \frac{h_2}{n_2} \approx 5,63 \text{ cm}$$

6.20.
$$h_1 = \frac{d\sqrt{n^2 - \sin^2 \frac{\alpha}{2}}}{4\sin \frac{\alpha}{2}}$$
; $h_2 = 3h_1$

6.21.
$$\gamma = \alpha(n-1)$$

6.22.
$$\alpha_{\text{max}} = \arccos\left(\frac{1}{n}\right) \approx 45^{\circ}$$

6.23. Не выйдет

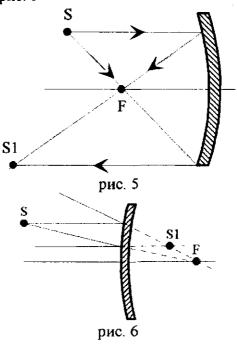
6.24.
$$H = 2\left(\frac{h_1}{n} + h_2\right)$$

6.25.
$$r_0 = \frac{r}{n}$$

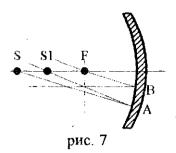
$$6.26. \ h = \frac{n_o - \alpha R}{2\alpha}$$

6.27.
$$f = \frac{R}{n-1}$$

6.28. См. рис. 5



6.29. См. рис. 6 6.30. См. рис. 7



6.31. См. рис. 8

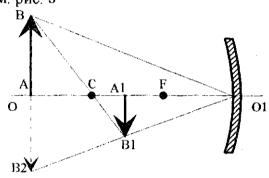


рис. 8

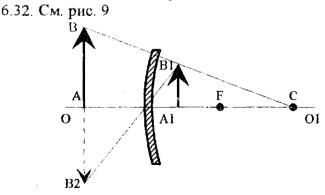


рис. 9

6.33. 15 см 6.34. 32 см 6.35. а) 30 см; б) 10 см

6.36.
$$R = \frac{2d}{\alpha} \approx 6 \text{ M}$$

6.37. 6 см; 18 см

6.38. 90 см; тоже в точке S

6.39.
$$x = \frac{1}{2}R(3-\sqrt{3}) \approx 0.634R$$

6.40, 1,5

6.41. - 80 см; линза рассеивающая.

6.42. 5/3

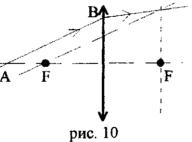
6.43.
$$f = \frac{D^2 + 4d^2}{4d} = 26 \text{ cm}$$

6.44. - 60 см; изображение мнимое.

6.45. 5 см

6.46. - 24 см

6.47. См рис. 10



6.48. См. рис. 11

6.49. См. рис. 12

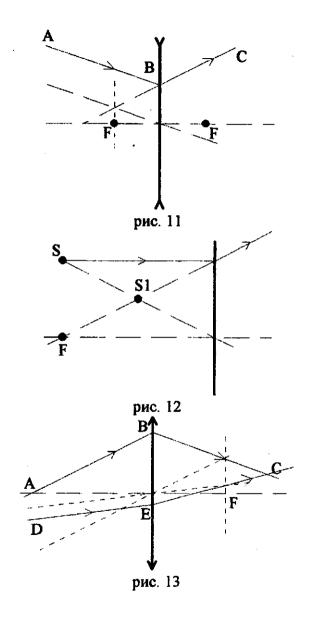
6.50, См. рис. 13

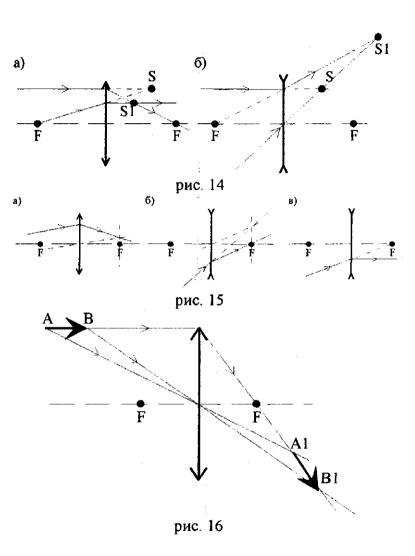
6.51. См. рис. 14

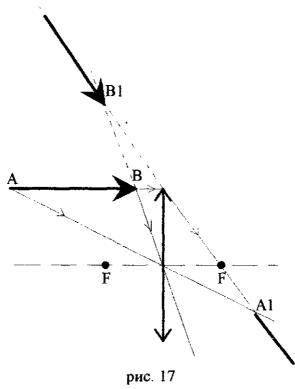
6.52. См. рис. 15

6,53. См. рис. 16

6.54. См. рис. 17







6.55, 120 см

6.56.
$$f = -\frac{R^2}{\delta(n-1)}$$
, линза рассеивающая.

6.57.
$$x_1 = -75$$
 cm; $y_1 = -15$ cm

6.58. - 60 см

6.59. Совпадают, если изображение в точке В действительное, и не совпадают, если - мнимое. 6.60. f = L

6.61.
$$t = 2 \frac{v_0}{g} \sqrt{1 - \frac{2g}{{v_0}^2 D}} \approx 1.5 c$$

6.62.
$$a = \frac{L}{2} \pm \sqrt{\frac{L^2}{4} - fL}$$
. $a_1 = 0.7$ m; $a_2 = 0.3$ m. Bo

втором случае отчетливого изображения не получится.

- 6.63. L = 2fn
- 6.64. В обоих случаях в щесть раз.
- 6.65. См. рис. 18

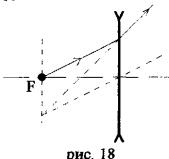


рис. 18

6.66. На расстояниях 6 см и 18 см от источников.

6.67.
$$3\sqrt{3}$$
 cm ≈ 5,2 cm

6.68.
$$\Delta f \approx \frac{d(n-1)}{n} = 2 \text{ cm}$$

6.70.
$$h = \sqrt{h_1 \cdot h_2} = 20 \text{ cm}$$

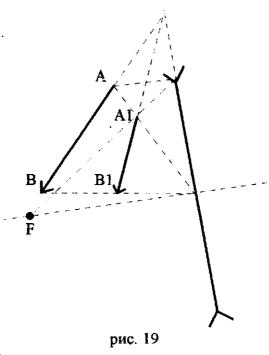
6.71.
$$a = 2f$$

6.72.
$$\frac{3}{2}$$
f

6.73, 2f

6.74.
$$u(a) = \frac{f^2}{(a-f)^2}$$

- $6.75. \approx 15.4$ см и ≈ 20 см.
- 6.76. Является.
- 6,77. См. рис. 19



6.78. 4 см

6.79. 1,5 см

6.80. 1,5 см

6.81. 0,2 м

6.82. 26,5 см

6.83. a)
$$b = \frac{nfR_2}{R_2 - f(n-1)}$$
; 6) $b = \frac{fR_2}{R_2 - f(n-1)}$

6.84.
$$f = \frac{R}{2n} = 6 \text{ cm}$$

6.85.
$$tg\beta = \frac{a-f}{f}tg\alpha$$

6.86.
$$a < \frac{f}{2}$$

6.87. 17,5 см

6.88. 21 см

6.89. Эллипсоид вращения.

6.90.
$$\cos \alpha = \frac{f(2a + \Delta I)}{a(a + \Delta I)} = 0.9$$
; $\alpha \approx 25.8^{\circ}$

6.91.
$$\Delta t = \frac{l v n}{c^2} \approx 1,56 \cdot 10^{-15} c$$

6.92.
$$h = \frac{n_0}{k} (1 - \sin \alpha) \approx 0.938 \text{ M}$$

6.93. ≈ 3,1 M

6.94. 2 дптр

6.95. - 5 дптр 6.96. 2 дптр

7. Излучение. Фотометрия. Фотоны

7.1.
$$\Delta T = \frac{3\sigma T^4 t}{cR_3 \rho} \approx 0.6 \text{ K}$$

7.2.
$$\Phi = \pi I_0$$

7.3.
$$500 \cdot \sqrt[4]{2} \approx 600 \text{ K}$$

7.4.
$$\frac{1}{3}$$

7.5.
$$T_2 = T_1 \sqrt{\frac{d}{2l}} \approx 380 \text{ K}$$

7.6.
$$P_1 \approx \frac{\sigma T^4}{c} \approx 5.5 \cdot 10^8 \text{ Ha}$$
;

$$P_2 = \frac{2\rho kT}{m_0} \approx 1,7 \cdot 10^{14} \text{ Па (} m_0 = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг-масса}$$
 протона).

7.7.
$$N = \frac{mv\lambda}{h} = 9.5 \cdot 10^{16}$$

7.8.
$$F = \frac{N}{c} \sqrt{1,56} = 4,16 \cdot 10^{-7} \text{ H}$$

7.9.
$$F = \frac{W}{2\pi c} \sqrt{5 - 4\cos 45^0} \approx 1 \text{ H}$$

7.10.
$$\varphi = \frac{hc}{e\lambda} - \frac{A_{\text{BLEX}}}{e} \approx 1.7 \text{ B}$$

7.11.
$$d = \frac{hc}{Ee} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{KP}} \right) \approx 1.5 \text{ mm}$$

7.12.
$$\lambda_2 = \frac{\lambda_1 \lambda_{\kappa p} \alpha^2}{\lambda_{\kappa p} - \lambda_1 (1 - \alpha^2)} = 540 \text{ HM}$$

7.13.
$$A_{\text{вых}} = \frac{\mathbf{e}(\mathbf{U}_2 - \beta \mathbf{U}_1)}{\beta - 1} \approx 1.92 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

7.14.
$$\Delta \lambda \approx \frac{h}{2mc} \approx 6.7 \cdot 10^{-16} \text{ M}$$

7.15.
$$P = \frac{h}{\lambda} + \sqrt{2hcm\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{gp}}\right)}$$

7.16.
$$v = \frac{c \sin(\alpha + \beta)}{\sin \alpha + \sin \beta} \approx 2.2 \cdot 10^8 \text{ m/c}$$

7.17.
$$\lambda = \frac{hc}{w} + 0.0242(1 - \cos\alpha) \approx 0.0221 \cdot 10^{-10} \text{ M}$$

7.18.
$$\frac{W_p}{W_K} = \frac{2}{\beta^2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) \approx 1.81$$
, где $\left(\beta = \frac{v}{c} \right)$;

$$v = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot c \approx 0,87c$$

7.20.
$$v = \frac{c}{\sqrt{2}}$$

7.21. a)
$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 \text{meU}}} \approx 1,66 \cdot 10^{-10} \text{ m};$$

6)
$$\lambda \approx \frac{h}{\sqrt{3}mc} \approx 1.3 \cdot 10^{-12} \text{ M}$$

8. Физика атома и атомного ядра

8.1.
$$A = \frac{ke^2}{2r} = 21.8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 13.6 \text{ 9B}$$

8.2.
$$\lambda = \frac{hc}{mv(v_0 - v)} \approx 1.3 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

8.3.
$$n = \sqrt{\frac{1}{1-\alpha}} = 3$$

8.4.
$$v_2 = \frac{3W_i}{16h} \approx 6 \cdot 10^{14} \text{ }\Gamma\text{U}$$

8.6.
$$v = \sqrt{\frac{2}{m} \left(W - \frac{36hc}{5\lambda_1} \right)} \approx 7 \cdot 10^5 \text{ m/c}$$

8.7.
$${}_{4}^{9}\text{Be} + {}_{1}^{2}\text{D} \rightarrow {}_{5}^{10}\text{B} + {}_{0}^{1}\text{n}$$

8.8.
$${}^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}\alpha \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}p$$

8.9. Протоны

$$8.10._{26}^{56} \text{Fe} + _{0}^{1} \text{n} \rightarrow _{25}^{56} \text{Mn} + _{1}^{1} \text{p}; \quad _{25}^{56} \text{Mn} \rightarrow _{26}^{56} \text{Fe} + _{-1}^{0} \text{e}$$

8.11.
$${}_{5}^{11}B + {}_{1}^{1}p \rightarrow 3 {}_{2}^{4}\alpha$$

8.13.

$$W = c^{2} \left(m \binom{2}{1} H \right) + m \binom{3}{1} H - m \binom{4}{2} H e - m \binom{1}{0} n \right) \approx 18 \text{ M}_{3}B$$

8.14.

$$W = c^{2} \left(m \binom{2}{1} H \right) + m \binom{7}{3} Li - 2m \binom{4}{2} He - m \binom{1}{0} n \right) \approx 14,8 \text{ M}_{2}B$$

8.15. х - нейтрон; у - протон; z - α - частица.

8.16.
$$t = T \log_2 \left(\frac{4}{3}\right) \approx 45.6 c$$

8.17.
$$T = -\frac{\tau}{\log_2\left(1 - \frac{MC\Delta t}{N_A mw}\right)} \approx 100 \text{ мин}$$

8.18.
$${}_{2}^{4}$$
 He; $W = \frac{mN_{A}W}{M} \approx 8,5 \cdot 10^{11}$ Дж

8.19. ≈ 12,8 M₃B

8.21.
$$\tau = \frac{T}{\ln 2} \approx 1,44 \cdot T$$

СОДЕРЖАНИЕ

1. Электромагнитная индукция	3
2. Колебательный контур	12
3. Переменный ток	19
4. Механические волны	28
5. Электромагнитные волны. Волновая оптика	32
6. Геометрическая оптика	36
7. Излучение. Фотометрия. Фотоны	58
8. Физика атома и атомного ядра	62
Ответы	66