

ОПТИКА

IX. Колебания и волны

54. Механические колебания

54.1 Материальная точка движется вдоль координатной оси OX по гармоническому закону $x = 0,1 \cdot \sin(\pi \cdot t)$, здесь все величины измерены в единицах СИ. Найдите среднюю скорость $\langle V \rangle$ на пути, пройденном материальной точкой за время от $t_1 = 0$ с до $t_2 = 1,5$ с.

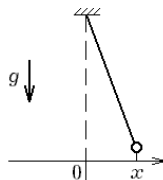
54.2 Материальная точка движется вдоль координатной оси OX по гармоническому закону $x = 0,3 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot t\right)$, здесь все величины измерены в единицах СИ. Найдите среднюю скорость $\langle V \rangle$ на пути, пройденном материальной точкой за время от $t_1 = 1$ с до $t_2 = 6$ с.

54.3 Небольшое тело совершает гармонические колебания. Максимальная скорость тела $v_m = 9,42$ м/с. Найдите среднюю скорость $\langle V \rangle$ тела за минимальное время перемещения из одного крайнего положения в другое.

54.4 Груз, свободно колеблющийся на пружине, за время $\tau = 0,01$ с переместился, двигаясь в одном направлении, из точки с координатой $x = 0,5$ см, отсчитанной от положения равновесия, в точку с координатой $X = 1$ см, соответствующей максимальному смещению. Найдите период T колебаний смещения груза.

54.5 Тело массой $m = 4$ г колеблется по закону $x(t) = 0,1 \cdot \cos(20\pi \cdot t)$, здесь все величины измерены в единицах СИ. Найдите максимальную величину F возвращающей силы.

54.6 Математический маятник совершает гармонические колебания с амплитудой смещения $X = 0,1$ м и циклической частотой $\omega = 2$ рад/с. Масса груза $m = 5$ кг. Найдите горизонтальную составляющую F_x силы натяжения нити в момент, когда смещение груза от положения равновесия равно половине наибольшего.



54.7 Искусственный спутник Земли движется по круговой орбите радиуса r . Докажите, что период его обращения совпадает с периодом малых колебаний воображаемого математического маятника, длина которого равна радиусу орбиты спутника, а точка подвеса этого маятника находится на расстоянии $2r$ от центра Земли.

54.8 За одно и то же время один математический маятник совершает $N_1 = 50$, а второй $N_2 = 30$ колебаний. Найдите длины l_1 и l_2 маятников, если один из них на $l = 32$ см короче другого.

54.9 На сколько τ отстанут маятниковые часы («ходики») за сутки, если их поднять на высоту $h = 5$ км над поверхностью Земли? Радиус Земли $R = 6400$ км.

54.10 На какую часть следует уменьшить длину математического маятника, чтобы период колебаний маятника на высоте $h = 10$ км был равен периоду колебаний на поверхности Земли? Радиус Земли $R = 6400$ км.

54.11 Шарик массой $m = 1$ г подвешен на нити в конденсаторе, обкладки которого расположены горизонтально. Период колебаний шарика в незаряженном конденсаторе $T_1 = 0,628$ с. После того, как конденсатор и шарик зарядили, период колебаний шарика уменьшился в $n = 2$ раза. С какой по величине F силой электрическое поле конденсатора действовало на шарик? Определите период T_3 колебаний шарика при перемене знака заряда на нем. Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с².

54.12 Маятник представляет собой маленький упругий шарик, прикрепленный к концу нити длиной $l = 0,1$ м. При малых колебаниях шарик сталкивается с упругой вертикальной массивной стенкой в моменты, когда нить занимает вертикальное положение. Найдите период T колебаний смещения маятника. Длительность столкновений мала. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

54.13 Период колебаний маятника в неподвижной кабине лифта $T_1 = 1$ с, а в кабине, движущейся с постоянным ускорением, период $T_2 = 1,1$ с. Определите величину A ускорения кабины. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

54.14 Найдите период T колебаний математического маятника длиной l , подвешенного в вагоне, движущемся горизонтально с ускорением \bar{A} . Ускорение свободного падения g .

54.15 Во сколько раз изменится частота колебаний автомобиля на рессорах после принятия груза, масса которого равна массе порожнего автомобиля?

54.16 Груз, подвешенный к пружине, вызывает удлинение $\Delta L = 0,1$ м. Определите период T малых колебаний груза относительно положения равновесия. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

54.17 Найдите массу m груза, который на пружине жесткостью $k = 250$ Н/м совершает $N = 30$ колебаний за $\tau = 16$ с.

54.18 Как изменится период вертикальных колебаний груза, висящего на двух одинаковых пружинах, если последовательное соединение пружин заменить параллельным?

54.19 Груз массой $m = 400$ г под действием пружины жесткостью $k = 250$ Н/м совершает колебания на гладком горизонтальном столе. Амплитуда колебаний смещения $X = 15$ см. Найдите полную механическую энергию E колебаний и наибольшую скорость V движения груза.

54.20 Горизонтальное смещение x груза, совершающего гармонические колебания под действием пружины жесткостью $k = 1$ кН/м, зависит от фазы φ по формуле $x = 0,02 \cdot \cos \varphi$, здесь амплитуда смещения выражена в метрах. Найдите потенциальную P и кинетическую K энергии при фазе $\varphi = \pi/3$.

54.21 На горизонтальной пружине жесткостью $k = 5,12 \cdot 10^3$ Н/м укреплено тело массой $m_1 = 0,3$ кг, покоящееся на гладком горизонтальном столе. Вторым концом пружины прикреплен к стене. В это тело попадает и застревает в нем пуля массой $m_2 = 12$ г, летевшая горизонтально со скоростью \vec{V} , направленной вдоль оси пружины. После этого тело совершает колебания с амплитудой смещения $X = 12,4$ см. Найдите величину V скорости пули.

54.22 Брусок массой $m_1 = 1$ кг, прикрепленный к стенке пружиной, совершает гармонические колебания на гладкой горизонтальной плоскости. В момент прохождения бруском положения равновесия на него вертикально падает и прилипает кусок пластилина массой $m_2 = 0,21$ кг. Во сколько n раз уменьшится амплитуда колебаний смещения бруска?

54.23 К свободному концу вертикальной недеформированной пружины, прикрепленной к потолку, подвешивают груз и отпускают его с начальной скоростью равной нулю. Амплитуда возникших колебаний смещения $X = 40$ мм. Найдите период T колебаний смещения груза и величину V его максимальной скорости. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

54.24 На горизонтальную пластину насыпан мелкий песок. Пластина, оставаясь горизонтальной, совершает гармонические колебания $x(t) = X \cdot \sin(2\pi \nu t)$ по вертикали с частотой $\nu = 500$ Гц. Найдите амплитуду X смещения пластины, если песчинки подсакаивают до точки с координатой $x_1 = 3$ мм. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

54.25 Санки длиной l скользят по гладкому горизонтальному льду, а затем въезжают на асфальт. Коэффициент трения скольжения санок по асфальту равен μ . Известно, что санки к моменту остановки заехали на асфальт не полностью. Найдите время τ движения санок по асфальту. Ускорение свободного падения g .

55. Электромагнитные колебания. Переменный ток

55.1 В колебательном контуре емкость конденсатора $C = 8 \cdot 10^{-9}$ Ф, индуктивность катушки $L = 2 \cdot 10^{-3}$ Гн. В процессе гармонических колебаний максимальный ток в контуре $I = 1,2 \cdot 10^{-3}$ А. Определите максимальный заряд Q конденсатора.

55.2 Найдите период T колебаний заряда конденсатора в LC - контуре, если амплитуда колебаний заряда конденсатора $Q = 5 \cdot 10^{-9}$ Кл, а амплитуда тока в контуре $I = 31,4$ мкА.

55.3 После того, как конденсатору колебательного контура был сообщен заряд, в контуре возникли свободные электромагнитные колебания. Найдите период T колебаний заряда в контуре, если индуктивность катушки $L = 1$ мГн, а круглые обкладки конденсатора диаметром $D = 20$ см расположены на расстоянии $d = 1$ см. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона $k = 9 \cdot 10^9$ Н·м²/Кл².

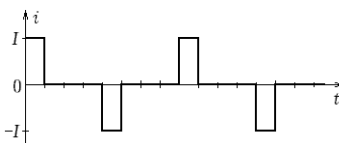
55.4 В колебательном контуре, составленном из катушки индуктивностью $L = 0,2$ Гн и конденсатора емкостью $C = 10^{-5}$ Ф, происходят свободные электромагнитные колебания. В момент, когда напряжение на конденсаторе $u = 1$ В, ток в контуре $i = 0,01$ А. Найдите амплитуду I тока в контуре.

55.5 Конденсатор емкостью $C = 660$ пФ заряжен до напряжения $U = 100$ В и переключен на катушку индуктивностью $L = 75$ мГн. Определите амплитуду I и частоту ν колебаний тока.

55.6 Конденсатор емкостью $C = 660$ пФ заряжен до напряжения $U = 100$ В и подключен к катушке индуктивностью $L = 75$ мГн. Определите амплитуду Φ колебаний магнитного потока в катушке.

55.7 Конденсатор емкостью $C = 10^{-6}$ Ф зарядили до некоторого напряжения и подключили к катушке индуктивностью $L = 0,9$ мГн. Через какое наименьшее время τ энергия электрического поля в конденсаторе будет в $n = 3$ раза меньше энергии магнитного поля в катушке?

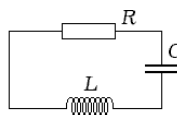
55.8 Найдите действующее значение I_d тока i , который зависит от времени t по закону, изображенному на графике.



55.9 Эффективное напряжение в сети переменного тока промышленной частоты $\nu = 50$ Гц равно 120 В. Определите время τ , в течение которого горит неоновая лампа в каждый полупериод, если напряжения зажигания и гашения приблизительно одинаковы и равны 84 В.

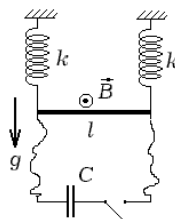
55.10 Сопротивление $R = 140$ Ом и конденсатор соединены параллельно с источником переменного синусоидального тока частотой $\nu = 400$ Гц, при этом действующее значение тока через сопротивление $I_d = 1$ А, амплитуда тока перезарядки конденсатора $I = 2$ А. Найдите емкость C конденсатора.

55.11 В последовательном RLC - контуре индуктивность катушки $L = 28$ мкГн, сопротивление резистора $R = 1$ Ом, емкость конденсатора $C = 2240$ пФ. Какую среднюю мощность P следует подводить к контуру, чтобы в нем поддерживались незатухающие колебания, при которых амплитуда напряжения на конденсаторе $U = 5$ В?



55.12 В последовательном RLC - контуре за один период свободных колебаний в тепло переходит $\delta = 1\%$ энергии, запасенной в контуре к началу периода. Найдите сопротивление R , если $L = 80$ мГн и $C = 1$ мкФ.

55.13 Однородный проводящий стержень длиной l и массой m подвешен на двух легких пружинах, жесткостью k каждая. В области расположения стержня создано однородное постоянное магнитное поле, вектор индукции \vec{B} которого горизонтален и перпендикулярен стержню. С помощью достаточно длинных и легких проводов к стержню подсоединяют конденсатор емкостью C , предварительно заряженный до напряжения U . (Конденсатор и провода находятся вне магнитного поля.) В результате разрядки конденсатора возбуждаются колебания вертикального смещения стержня. Определите амплитуду X колебаний смещения, если время разрядки конденсатора мало по сравнению с периодом колебаний смещения.



56. Волны в механике

56.1 Рыболов заметил, что за $\tau = 10$ с поплавок совершил на воде $N = 20$ колебаний, а расстояние между соседними гребнями волны $\lambda = 1,2$ м. Найдите скорость V распространения волны.

56.2 Определите длину λ звуковой волны в воде, вызываемой источником колебаний с частотой $\nu = 200$ Гц, если скорость звука в воде $V = 1450$ м/с.

56.3 Звуковая волна частотой $\nu = 440$ Гц распространяется со скоростью $V = 330$ м/с. Найдите величину $|\Delta\phi|$ разности фаз колебаний давления воздуха в двух точках, расстояние между которыми $d = 20$ см?

56.4 В воде распространяются звуковые колебания частотой $\nu = 725$ Гц. Скорость звука в воде $V = 1450$ м/с. На каком расстоянии d находятся ближайшие точки, в окрестности которых частицы жидкости совершают противофазные колебания?

56.5 Два когерентных точечных источника звука колеблются в одинаковых фазах. В точке, отстоящей от первого источника на $s_1 = 2$ м,

а от второго на $s_2 = 2,5$ м, звук не слышен. Определите максимальную частоту ν колебаний источников, которая лежит в слышимом человеком диапазоне от 16 Гц до 20000 Гц. Скорость звука в воздухе $V = 340$ м/с.

57. Электромагнитные волны

57.1 Емкость и индуктивность колебательного контура радиоприемника таковы, что при свободных электромагнитных колебаниях максимальный заряд конденсатора $Q = 1$ мкКл, а максимальный ток $I = 10$ А. В резонанс с какой длиной волны λ настроен контур? Скорость электромагнитных волн в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

57.2 Радиоприемник настроен на радиостанцию, работающую на длине волны $\lambda_1 = 25$ м. Во сколько раз следует изменить емкость конденсатора колебательного контура радиоприемника, чтобы настроиться на длину волны $\lambda_2 = 31$ м?

57.3 В колебательном контуре приемника емкость конденсатора изменяется от $C_1 = 50$ пФ до $C_2 = 500$ пФ, а индуктивность постоянна и равна $L = 20$ мкГн. В каком диапазоне длин волн λ_1, λ_2 может работать радиоприемник? Скорость электромагнитных волн в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

57.4 Емкость конденсатора колебательного контура радиоприемника изменяется от C_0 до $25 \cdot C_0$. Емкости C_0 соответствует частота собственных колебаний контура $\nu = 70$ МГц. Определите наименьшую λ_{min} и наибольшую λ_{max} длины волн, на которые можно настроить такой контур. Скорость электромагнитных волн в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

57.5 Емкость конденсатора колебательного контура радиоприемника изменяется от C_0 до $25 \cdot C_0$. Емкости C_0 соответствует настройка в резонанс на длину волны $\lambda = 3$ м. Найдите наименьшую ν_{min} и наибольшую ν_{max} частоты, на которые может быть настроен этот контур. Скорость электромагнитных волн в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

57.6 Пространство между обкладками плоского конденсатора заполнено веществом с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 11$. Площадь каждой обкладки $S = 800$ см², расстояние между ними $d = 1$ см. На какую длину волны λ настроен колебательный контур, состоящий из катушки индуктивностью $L = 2$ мГн и конденсатора? Скорость электро-

магнитных волн в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф./м.

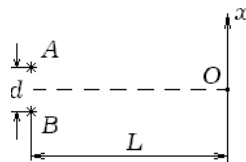
57.7 Как следует соединить конденсаторы емкостями $C_1 = 120$ пФ и $C_2 = 156$ пФ и катушку индуктивностью $L = 125$ мкГн, чтобы получить колебательный контур, настроенный на длину волны $\lambda = 350$ м? Скорость электромагнитных волн в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

57.8 На каком расстоянии s от антенны радиолокатора находится объект, если отраженный от него радиосигнал возвратился обратно через $\tau = 200$ мкс? Скорость электромагнитных волн в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

57.9 Радиолокатор работает на волне $\lambda = 15$ см и излучает $N_1 = 4 \cdot 10^3$ импульсов в секунду. Длительность каждого импульса $\tau = 2$ мкс. Сколько N_2 колебаний содержится в каждом импульсе и какова наибольшая глубина s_{max} разведки локатора? Скорость электромагнитных волн в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

57.10 Длина воздушной линии электропередачи переменного тока промышленной частоты $\nu = 50$ Гц равна 300 км. Найдите величину $\Delta\phi$ сдвига фаз колебаний напряжения в начале и конце линии. Скорость распространения электромагнитных волн в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

57.11 Два когерентных источника света A и B расположены на расстоянии d друг от друга. На расстоянии $L \gg d$ от источников помещается экран. Найдите расстояние Δx между соседними интерференционными максимумами вблизи точки O , равноудаленной от A и B , если источники излучают синфазные электромагнитные волны с длиной волны $\lambda \ll d$.



57.12 Два когерентных источника A и B излучают противофазные электромагнитные волны с длиной волны $\lambda = 600$ нм. Найдите расстояние Δx между максимумами нулевого и первого порядка на экране, если $L = 4$ м и $d = 1$ мм (см. рис. к задаче №57.11).

Х. Геометрическая оптика

58.1 За какое время τ свет от заходящего Солнца проходит атмосферу к наблюдателю, находящемуся на экваторе? Высота атмосферы $H = 40$ км, радиус Земли $R = 6400$ км. Скорость света в воздухе $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

58.2 Вертикальный шест высотой $h = 1$ м, поставленный вблизи уличного фонаря, отбрасывает тень длиной $l_1 = 0,8$ м. Если перенести шест на $d = 1$ м дальше от фонаря, то он отбрасывает тень длиной $l_2 = 1,25$ м. Найдите высоту H , на которой подвешен фонарь.

58. Плоское зеркало

58.3 От точечного источника света на плоское зеркало падают два луча, угол между которыми равен α . Определите угол β между лучами после отражения от зеркала.

58.4 Какова минимальная высота вертикального плоского зеркала, в котором человек, стоящий перед ним, видит себя во весь рост?

58.5 В комнате длиной $L = 6$ м и высотой $H = 3$ м на вертикальной стене висит плоское зеркало. Человек смотрит в зеркало, находясь на расстоянии $l = 2$ м от него. Найдите наименьшую высоту h зеркала, при которой человек может видеть стену, находящуюся за его спиной, во всю высоту.

58.6 Горизонтальный луч света падает на вертикально расположенное зеркало. Зеркало поворачивают на угол α вокруг вертикальной оси. На какой угол β повернется отраженный от зеркала луч?

58.7 Зеркальный гальванометр расположен на расстоянии $l = 2$ м от шкалы. На какой угол α повернулось зеркальце, если «зайчик» сместился от центра шкалы на $s = 50$ см? Прямая, проходящая через зеркальце и центр шкалы, перпендикулярна плоскости шкалы.

58.8 Посередине плоского экрана находится точечный источник света. Параллельно экрану расположено плоское зеркало в форме равностороннего треугольника со стороной $a = 20$ см. Источник проектируется в центр зеркала. Определите площадь S светлого пятна, образованного на экране отраженными от зеркала лучами.

58.9 У окна с двойными рамами стоит цветок. В окне видны два его изображения. Найдите расстояние l между изображениями, если расстояние между стеклами рам $d = 10$ см.

58.10 Небольшой предмет расположен между двумя плоскими зеркалами, образующими двугранный угол $\alpha = 30^\circ$. Предмет находится на расстоянии $l = 10$ см от ребра двугранного угла и на одинаковом расстоянии от каждого из зеркал. Найдите расстояние s между ближайшими к зеркалам изображениями.

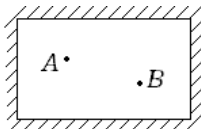
58.11 Точечный источник света и два его изображения, ближайšie к двум плоским зеркалам, лежат в вершинах равностороннего треугольника. Определите положение источника относительно зеркал и двугранный угол α между зеркалами.

58.12 Два малых плоских зеркала расположены на одинаковых расстояниях друг от друга и от точечного источника света. Найдите двугранный угол α между плоскостями зеркал, если луч после двух отражений: а) направится прямо к источнику; б) возвратится обратно к источнику по пройденному пути (т.е. испытает еще одно отражение).

58.13 Докажите, что если два плоских зеркала образуют двугранный угол α , то в результате последовательного отражения от этих зеркал независимо от угла падения луч света отклонится на угол $2 \cdot \alpha$ от первоначального направления распространения. Плоскость падения перпендикулярна ребру двугранного угла. Предполагается, что $\alpha < 90^\circ$ и что происходят только два отражения - по одному от каждого из зеркал.

58.14 Предмет помещен между двумя взаимно перпендикулярными зеркалами. Сколько получится изображений? Постройте их. Найдите решение в общем виде для случая, когда $m = 360^\circ/\alpha$ - целое число. Здесь α - угол между зеркалами.

58.15 Как следует направить луч света из точки A , находящейся в зеркальном ящике, чтобы луч попал в точку B , отразившись по одному разу от каждой стенки?



59. Преломление света на плоской границе

59.1 Для света с длиной волны в вакууме $\lambda_1 = 760$ нм показатель преломления дистиллированной воды (при $T = 290$ К) равен $n_1 = 1,329$, а для света с длиной волны $\lambda_2 = 400$ нм $n_2 = 1,343$. Найдите отношение V_1/V_2 скоростей распространения световых волн в воде.

59.2 Под каким углом α должен падать на границу раздела сред луч, идущий из воздуха в жидкость, чтобы угол преломления был в два раза меньше угла падения? Скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, скорость света в жидкости $V = 1,73 \cdot 10^8$ м/с.

59.3 В воздухе длина волны монохроматического света $\lambda_1 = 0,6$ мкм. При переходе в стекло длина волны становится равной $\lambda_2 = 0,42$ мкм. Под каким углом падения α свет падает на плоскую границу раздела воздух-стекло, если отраженный и преломленный лучи образуют прямой угол?

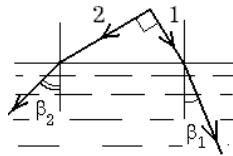
59.4 Луч света попадает из воздуха в амиловый спирт. Найдите показатель преломления n амилового спирта, если известно, что при угле падения $\alpha = 45^\circ$ угол преломления $\beta = 30^\circ$.

59.5 Найдите угол падения α луча на поверхность воды, если известно, что он больше угла преломления на $\varphi = 30^\circ$. Показатель преломления воды $n = 4/3$.

59.6 Свет падает на плоскую границу раздела воздух - стекло. Показатель преломления стекла $n = 1,5$. Найдите угол падения α луча, если угол между отраженным и преломленным лучами прямой.

59.7 Под водой солнечные лучи образуют с вертикалью угол $\beta = 48^\circ$. Под каким углом δ к горизонту находится Солнце? Показатель преломления воды $n = 4/3$. При численных расчетах воспользуйтесь тем, что $\sin 48^\circ \approx 0,743$.

59.8 Взаимно перпендикулярные лучи 1 и 2 идут из воздуха в жидкость. Углы преломления $\beta_1 = 30^\circ$, $\beta_2 = 45^\circ$. Найдите показатель преломления n жидкости.



59.9 Под каким углом α световой луч падает на плоскую поверхность стекла из воздуха, если отраженный и преломленный лучи образуют прямой угол? Скорость света в стекле $v = 2 \cdot 10^8$ м/с. Скорость света в воздухе $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

59.10 При падении на плоскую границу двух сред с показателями преломления n_1 и n_2 свет частично отражается, частично преломляется. Если угол падения $\alpha = 60^\circ$, то преломленный луч перпендикулярен отраженному лучу. Определите отношение n_2/n_1 показателей преломления сред.

59.11 В горизонтальное дно пруда вертикально вбит шест высотой $H = 1,25$ м. Определите длину l тени от шеста на дне пруда, если солнечные лучи падают на поверхность воды под углом падения $\alpha = 60^\circ$, а шест целиком находится в воде. Показатель преломления воды $n = 4/3$.

59.12 В дно водоема глубиной $H = 2$ м вбита вертикальная свая, на $h = 0,5$ м выступающая из воды. Найдите длину l тени от сваи на горизонтальном дне водоема, если высота Солнца над горизонтом $\delta = 60^\circ$. Показатель преломления воды $n = 4/3$.

59.13 Мальчик старается попасть палкой в предмет, находящийся на горизонтальном дне ручья глубиной $H = 40$ см. Точно нацелившись, он двигает палку под углом $\delta = 45^\circ$ к поверхности воды. На каком расстоянии l от предмета палка попадает в дно ручья? Показатель преломления воды $n = 4/3$.

59.14 При наблюдении вдоль вертикали изображение дна озера находится на расстоянии $h = 2$ м от поверхности воды. Найдите истинную глубину H озера. Показатель преломления воды $n = 1,33$.

59.15 В сосуд налиты две несмешивающиеся жидкости. Сверху находится жидкость с показателем преломления $n_1 = 1,3$. Толщина ее слоя $H_1 = 3$ см. Показатель преломления нижней жидкости $n_2 = 1,5$, толщина слоя $H_2 = 5$ см. На какой глубине h расположено изображение дна сосуда, если смотреть на него сверху вдоль вертикали?

60. Плоскопараллельная пластинка

60.1 Угол падения луча из воздуха на стеклянную плоскопараллельную пластинку толщиной $d = 1$ см и показателем преломления $n = 1,5$ равен углу полного отражения для этой пары сред. Найдите смещение s луча в результате прохождения сквозь пластинку, то есть расстояние между продолжением падающего луча и вышедшим лучом.

60.2 Найдите смещение s луча, проходящего через прозрачную плоскопараллельную пластинку, если угол падения луча α , угол преломления β , толщина пластинки d .

60.3 Луч света падает под углом падения $\alpha = 30^\circ$ на плоскопараллельную стеклянную пластинку. Найдите толщину d пластинки, если расстояние между продолжением падающего луча и вышедшим лучом $s = 1,94$ см. Показатель преломления стекла $n = 1,5$.

60.4 Пучок параллельных лучей падает на толстую стеклянную пластинку под углом падения $\alpha = 60^\circ$ и, преломляясь, переходит в стекло. Ширина пучка в воздухе $a = 10$ см. Определите ширину b пучка в стекле. Показатель преломления стекла $n = 1,5$.

60.5 В оптическом стекле с показателем преломления $n = \sqrt{3}$ имеется наполненная воздухом полость в виде плоскопараллельной пластинки толщиной $d = 0,2$ см. Луч света падает на границу раздела стекло - воздух под углом падения $\alpha = 30^\circ$. Найдите смещение s луча после прохождения воздушной полости.

60.6 Может ли луч, пройдя сквозь пластинку с параллельными гранями, сместиться на расстояние большее толщины пластинки? Пластинка погружена в оптически однородную среду.

60.7 Определите время T прохождения света через плоскопараллельную стеклянную пластинку толщиной $d = 3 \cdot 10^{-3}$ м. Угол падения луча на пластинку $\alpha = 30^\circ$. Показатель преломления стекла $n = 1,5$. Скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

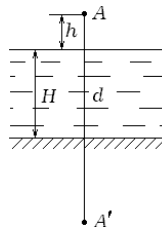
60.8 Луч света падает на плоскопараллельную стеклянную пластинку под углом падения $\alpha = 60^\circ$. Время прохождения света через пластинку $T = 1 \cdot 10^{-10}$ с. Определите толщину d пластинки. Показатель преломления стекла $n = 1,5$. Скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

60.9 Две плоскопараллельные пластинки одинаковой толщины с показателями преломления $n_1 = 1,5$ и $n_2 = 2$ соответственно прижаты друг к другу. На первую пластинку падает из воздуха луч света под углом падения $\alpha = 30^\circ$. Найдите отношение T_1/T_2 времен прохождения света через первую и вторую пластинки.

Пластика и плоское зеркало

60.10 На горизонтальном дне водоема глубиной $h = 1,2$ м лежит плоское зеркало. Луч света падает на поверхность воды под углом падения $\alpha = 30^\circ$. На каком расстоянии l от места падения луч выйдет на поверхность воды после однократного отражения от зеркала? Показатель преломления воды $n = 4/3$.

60.11 На дне сосуда, заполненного водой, лежит плоское зеркало. Человек, наклонившись над сосудом, видит изображение A' своего глаза A в зеркале на расстоянии $d = 25$ см. Расстояние от глаза до поверхности воды $h = 5$ см. Показатель преломления воды $n = 4/3$. Определите толщину H слоя воды в сосуде.



60.12 Задняя поверхность стеклянной плоскопараллельной пластинки толщиной $d = 1,2$ см посеребрена. Точечный источник света расположен на расстоянии $l = 1,5$ см от передней поверхности пластинки. На каком расстоянии L от источника находится его изображение, сформированное лучами, отраженными от задней поверхности пластинки? Показатель преломления стекла $n = 1,6$. Наблюдение ведется в направлениях близких к перпендикуляру к поверхности пластинки.

60.13 На горизонтальном дне водоема глубиной $H = 2$ м лежит плоское зеркало. Луч света падает на поверхность воды под углом падения $\alpha = 45^\circ$. Через какое время T после входа в воду свет выйдет на поверхность воды, отразившись от зеркала? Показатель преломления воды $n = 4/3$. Скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

61. Полное отражение

61.1 Луч света, идущий из толщи воды, претерпевает полное отражение на ее поверхности. Выйдет ли луч в воздух, если на поверхность воды налить слой кедрового масла? Показатели преломления воды и масла $n_1 = 4/3$ и $n_2 = 1,52$ соответственно.

61.2 Луч света испытывает на поверхности воды полное отражение. Выйдет ли свет в воздух, если поверхность воды накрыть плоскопараллельной стеклянной пластинкой?

61.3 На дне водоема глубиной $H = 1,2$ м находится точечный источник света. Найдите наибольшее расстояние s от источника до тех точек на поверхности, где лучи выходят из воды. Показатель преломления воды $n = 4/3$.

61.4 Точечный источник света находится на дне сосуда под слоем жидкости толщиной $H = 0,9$ м. Показатель преломления жидкости $n = 1,25$. Определите максимальное время T , за которое свет, выходящий в воздух, проходит слой жидкости. Скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

61.5 Поверхность озера глубиной $H = 1,3$ м покрыта тонким слоем льда со снегом, практически не пропускающим свет. Найдите площадь S светлого пятна на горизонтальном дне от полыньи в форме круга радиуса $R = 2$ м. Озеро освещается рассеянным светом. Показатель преломления воды $n = 4/3$.

61.6 Точечный источник света расположен на горизонтальном дне водоема глубиной $h = 0,6$ м. В некоторой точке поверхности вышедший в воздух луч перпендикулярен отраженному лучу. На каком расстоянии l от источника отраженный луч достигнет дна? Показатель преломления воды $n = 4/3$.

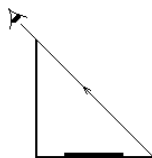
61.7 Под каким углом φ к горизонту видит заходящее Солнце человек, находящийся под водой? Показатель преломления воды $n = 4/3$.

61.8 На дне сосуда, наполненного водой до высоты H , находится точечный источник света. На поверхности воды плавает круглый непрозрачный диск так, что центр диска находится над источником света. При каком минимальном радиусе R диска ни один луч не выйдет через поверхность воды? Показатель преломления воды n .

61.9 Квадратный плот со стороной $a = 4$ м плавает в воде. Под центром плота находится точечный источник света. На какой максимальной глубине H следует поместить точечный источник, чтобы свет не выходил в воздух? Показатель преломления воды $n = 4/3$.

61.10 На какой глубине H под водой находится стоящий на дне водолаз, если он видит отраженными от поверхности воды те части горизонтального дна, которые расположены от него на расстоянии $l = 15$ м и больше? Глаза водолаза находятся на расстоянии $h = 1,8$ м от дна. Показатель преломления воды $n = 4/3$.

61.11 В цилиндрическом сосуде высота стенок равна диаметру дна. На дне лежит тонкий диск, диаметру которого вдвое меньше диаметра дна сосуда. Центры дна и диска находятся на одной вертикали. Наблюдатель видит лишь самый краешек дна. Какую наименьшую часть δ объема сосуда следует заполнить водой, чтобы наблюдатель увидел краешек диска? Показатель преломления воды $n = 4/3$.



61.12 Цилиндрический стеклянный сосуд наполнен жидкостью и освещается снизу лампочкой, расположенной под сосудом вблизи дна. Каков минимальный показатель преломления n жидкости, при котором лампочку нельзя увидеть сквозь боковые стенки сосуда?

61.13 Световод, представляющий собой цилиндрический прозрачный стержень, изготовлен из материала с показателем преломления $n = 1,2$. Один из торцов световода прижат к источнику рассеянного света. Найдите диаметр D светового пятна на экране, расположенном на расстоянии $l = 5$ см от другого торца световода. Торцы световода и экран перпендикулярны оси световода.

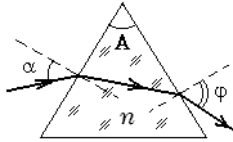
61.14 Точечный источник света расположен на продолжении оси световода, представляющего собой цилиндрический прозрачный стержень. Экспериментально установлено, что если расстояние между источником и торцом световода больше $l = 1$ см, то свет проходит через световод без ослабления. Определите показатель преломления n материала световода. Радиус основания световода $R = 1,5$ см.

61.15 Найдите максимально допустимый угол падения α_m луча на торец прямого цилиндрического волокна, при котором свет проходит световод без ослабления. Световод изготовлен из материала с показателем преломления $n = 1,3$.

62. Призма

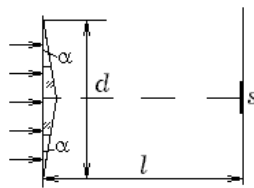
62.1 Луч света выходит из призмы под таким же углом, под каким входит в призму, и отклоняется от первоначального направления на угол δ . Определите показатель преломления n материала призмы. Преломляющий угол призмы равен A .

62.2 Свет падает на призму из крона с преломляющим углом $A = \pi/3$ под углом падения $\alpha = \pi/4$. Найдите угол преломления φ . Показатель преломления крона $n = 1,56$.



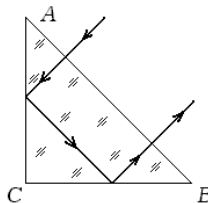
62.3 Луч света падает под углом падения $\alpha = \pi/4$ на одну из граней призмы с преломляющим углом $A = \pi/3$ (см. рис. к задаче № 62.2). Найдите угол δ , на который луч, пройдя через призму, отклоняется от первоначального направления. Показатель преломления стекла $n = 1,5$.

62.4 Равнобедренная стеклянная бипризма с малыми преломляющими углами α помещена в параллельный пучок лучей, падающих нормально на ее основание. Показатель преломления стекла $n = 1,57$, размер основания призмы $d = 5$ см. Найдите преломляющий угол α , если в середине экрана, расположенного параллельно основанию на расстоянии $l = 100$ см от призмы, наблюдается неосвещенный участок экрана шириной $s = 1$ см.

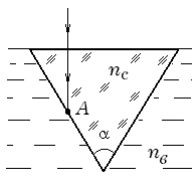


62.5 Луч падает вдоль нормали на одну из граней правильной треугольной призмы. Определите угол γ между этим лучом и лучом, вышедшим из призмы. Показатель преломления стекла $n = 1,5$.

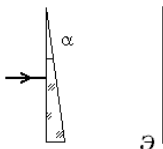
62.6 При каких значениях показателя преломления n стекла призмы возможен ход луча, изображенный на рисунке? Сечение призмы – равнобедренный прямоугольный треугольник. Луч падает на грань AB вдоль нормали к ней.



62.7 Стекла́нная равнобедре́нная при́зма погру́жена в воду так, что одна из ее граней горизонтальна и совпадает с поверхностью воды. Показатель преломления стекла $n_c = 1,53$, показатель преломления воды $n_e = 4/3$. При каких величинах двугранного угла α луч света, падающий по вертикали, испытывает полное отражение на грани A ?



62.8 На стеклянный клин перпендикулярно его грани падает тонкий луч света. Показатель преломления стекла $n = 1,41$, угол при вершине клина $\alpha = 10^\circ$. Сколько светлых пятен будет видно на экране, поставленном за клином?



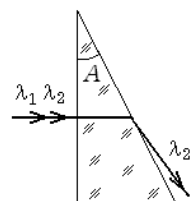
62.9 Луч света проходит сквозь правильную треугольную стеклянную призму, преломляясь в точках, равноотстоящих от ребра. Найдите наибольшее значение показателя преломления n стекла.

62.10 Призма с преломляющим углом $A = 60^\circ$ сделана из стекла с показателем преломления $n = 1,75$. При каком угле падения α светового луча на одну из граней выход луча из второй грани становится невозможным?

62.11 Одна грань стеклянного клина посеребрена. На другую грань падает перпендикулярно ей луч света и больше из клина не выходит. Найдите наименьший показатель преломления n стекла, если угол при вершине клина α .

62.12 Параллельный пучок белого света падает нормально на одну из граней призмы с преломляющим углом $A = 0,1$ рад. Определите угол $\Delta\beta$ расхождения пучка света после его выхода из призмы, если показатели преломления материала призмы для крайних спектральных составляющих белого света равны соответственно $n_1 = 1,52$ и $n_2 = 1,57$.

62.13 В спектре излучения аргонового лазера наиболее интенсивными являются линии с длинами волн $\lambda_1 = 488$ нм и $\lambda_2 = 515$ нм. При каких значениях преломляющего угла A призмы, поставленной на пути лучей, из призмы выйдет пучок, содержащий компоненту λ_2 и не содержащий компоненту λ_1 ? На левую грань призмы лучи падают нормально. Зави-



симось показателя преломления материала призмы от длины волны имеет вид $n = 1 + a/\lambda^2$, где $a = 2,38 \cdot 10^{-9} \text{ см}^2$.

63. Прозрачные шары

63.1 Луч света падает на поверхность стеклянного шара параллельно некоторой прямой OO_1 , проходящей через центр шара. Угол падения луча на поверхность шара $\alpha = \arcsin(24/25)$. Преломленный луч проходит через точку пересечения прямой OO_1 с поверхностью шара. Найдите показатель преломления n стекла.

63.2 Световой луч падает на поверхность прозрачного шара под углом падения α . Найдите показатель преломления n материала шара, если луч после выхода из шара отклонился на угол β от своего первоначального направления. Шар находится в воздухе.

63.3 Узкий цилиндрический пучок света падает на тонкостенную сферическую колбу, наполненную некоторой жидкостью, так, что ось пучка проходит через центр колбы. Определите показатель преломления n жидкости, если известно, что пучок фокусируется на задней поверхности колбы.

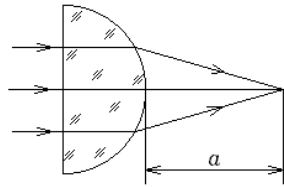
63.4 На тонкостенную прозрачную сферическую колбу, наполненную жидкостью, падает узкий цилиндрический пучок света так, что ось пучка проходит через центр колбы. В жидкости диаметр пучка монотонно убывает в два раза. Найдите показатель преломления n жидкости.

63.5 Человек смотрит на рыбку, находящуюся в диаметрально противоположной от него точке шарового аквариума радиуса $R = 20$ см. Найдите смещение x изображения рыбки относительно самой рыбки. Показатель преломления воды $n = 4/3$.

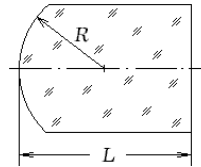
63.6 На каком расстоянии x от центра стеклянного шара радиуса R следует поместить точечный источник света S , чтобы его изображение S' оказалось с другой стороны шара на таком же расстоянии от его центра? Показатель преломления стекла n . Изображение создается узким пучком лучей близких к прямой SS' , проходящей через центр шара.

63.7 Узкий цилиндрический пучок лучей падает на стеклянный шар радиуса R и фокусируется на расстоянии $2R$ от его центра. Определите показатель преломления n стекла. Центр шара лежит на оси пучка.

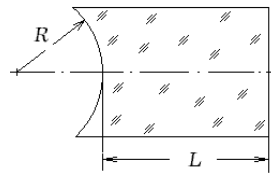
63.8 Узкий пучок света, пройдя через стеклянный полушар, собирается на расстоянии a от ближайшей точки поверхности полушара. На каком расстоянии b от плоской поверхности полушара соберутся лучи, если пучок пустить в противоположном направлении? Показатель преломления стекла n .



63.9 Плосковыпуклая толстая линза толщиной $L = 5$ см с радиусом кривизны выпуклой части $R = 2,5$ см изготовлена из стекла с показателем преломления $n = 1,5$. На каких расстояниях x_1 и x_2 от плоской поверхности находятся главные фокусы такой линзы? Углы падения считайте малыми.



63.10 Плосковогнутая толстая линза толщиной $L = 6$ см с радиусом кривизны вогнутой части $R = 3$ см изготовлена из стекла с показателем преломления $n = 1,5$. На каких расстояниях x_1 и x_2 от плоской поверхности находятся главные фокусы такой линзы? Углы падения считайте малыми.



63.11 В стекле с показателем преломления $n_1 = 1,6$ имеется сферическая полость радиуса $R = 3$ см, заполненная водой. На полость падает широкий пучок параллельных лучей света. Определите радиус r светового пучка, который проникает в полость. Показатель преломления воды $n_2 = 4/3$.

63.12 Широкий пучок параллельных лучей падает на плоское основание стеклянного полушара с показателем преломления $n = 1,41$ перпендикулярно плоскости основания. Найдите максимальный угол α отклонения лучей, прошедших через полушар, от их первоначального направления.

64. Тонкие линзы

Собирающие линзы

64.1 Положение собирающей линзы, ее главная оптическая ось и главные фокусы заданы. На линзу падает произвольный луч. Постройте дальнейший ход луча.

64.2 Точечный источник расположен на расстоянии d от собирающей линзы, а его действительное изображение - на расстоянии f от нее. Постройте ход лучей, формирующих изображение, и докажите, что фокусное расстояние F линзы связано с d и f формулой $1/d + 1/f = 1/F$.

64.3 Точечный источник света находится на расстоянии $d = 20$ см от собирающей линзы и на расстоянии $h = 5$ см от ее главной оптической оси. Фокусное расстояние линзы $F = 10$ см. Найдите расстояние f от изображения до линзы и расстояние H от изображения до главной оптической оси.

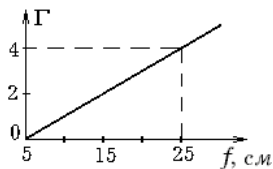
64.4 Точечный источник света находится на расстоянии $d = 15$ см от собирающей линзы и на расстоянии $h = 5$ см от ее главной оптической оси. Фокусное расстояние линзы $F = 10$ см. Найдите расстояния f и H от изображения до линзы и до главной оптической оси соответственно.

64.5 На расстоянии $d = 15$ см от собирающей линзы, оптическая сила которой $D = 10$ дптр, расположен точечный источник света. Найдите расстояние f от линзы до изображения.

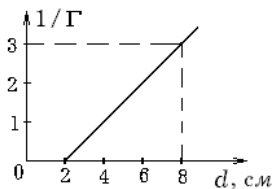
64.6 Перед тонкой собирающей линзой на расстоянии $d = 3$ м находится предмет высотой $h = 0,2$ м. Определите расстояние f от линзы до изображения предмета и высоту H изображения. Фокусное расстояние линзы $F = 1$ м.

64.7 Предмет находится на расстоянии $d = 1,8$ м от собирающей линзы. Найдите фокусное расстояние F линзы, если изображение меньше предмета в $n = 5$ раз.

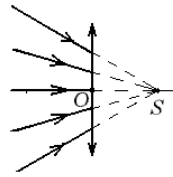
64.8 На рисунке представлена полученная опытным путем зависимость увеличения Γ от расстояния f между линзой и экраном, на котором наблюдают изображение предмета. Найдите фокусное расстояние F линзы.



64.9 Экспериментально определена зависимость величины $1/\Gamma$, обратной линейному увеличению, от расстояния d между предметом и линзой. Эта зависимость представлена на рисунке. Определите фокусное расстояние F линзы.



64.10 Сходящийся пучок света имеет вид конуса с вершиной в точке S . На пути пучка расположена собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 25$ см так, что ось конуса совпадает с ее главной оптической осью. Длина отрезка OS равна $d = 30$ см. Найдите расстояние f от линзы до точки пересечения лучей после преломления в линзе.

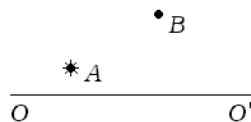


64.11 Фокусное расстояние линзы $F = 5$ см. Точечный источник света находится на главной оптической оси линзы на расстоянии $d = 6$ см от линзы. Линзу разрезают по диаметру и половинки раздвигают симметрично в плоскости линзы, по перпендикулярно к линии разреза на расстояние $l = 1$ см. Найдите расстояние s между изображениями точечного источника.

64.12 Даны положение главной оптической оси OO' , оптического центра линзы и ход произвольного луча. Найдите построением положение главных фокусов линзы.



64.13 На рисунке изображены светящаяся точка A и ее изображение B , создаваемое тонкой линзой, главная оптическая ось которой OO' . Найдите построением положение линзы и ее фокусы.



64.14 Изображение миллиметрового деления шкалы, расположенной перед линзой на расстоянии $d = 12,5$ см, имеет на экране длину $H = 2,4$ см. Определите фокусное расстояние F линзы.

64.15 Найдите диаметр H изображения Солнца, формируемого линзой с фокусным расстоянием $F = 120$ см. Диаметр Солнца $h = 1,4 \cdot 10^6$ км, расстояние от Земли до Солнца $d = 1,5 \cdot 10^8$ км.

64.16 С помощью линзы на экране получают изображение Солнца. Диаметр изображения $H = 2$ мм. Диаметр Солнца в $n = 100$ раз меньше расстояния от Земли до Солнца. Найдите оптическую силу D линзы.

64.17 С помощью линзы получено изображение Солнца. Диаметр изображения $H = 3$ мм, расположено оно на расстоянии $f = 32$ см от линзы. Найдите величину g ускорения свободного падения у поверхности Солнца. Расстояние от Земли до Солнца $d = 1,5 \cdot 10^8$ км, продолжительность земного года $T = 3,15 \cdot 10^7$ с.

64.18 На каком расстоянии L находятся предмет и его изображение, создаваемое линзой с фокусным расстоянием $F = 0,6$ м, если действительное изображение в $\Gamma = 3$ раза больше предмета?

64.19 Расстояние от предмета до экрана $L = 3$ м. Какой оптической силы D следует взять линзу и на каком расстоянии d от предмета ее поместить, чтобы получить изображение предмета, увеличенное в $\Gamma = 5$ раз?

64.20 Проверая свои очки, человек получил на полу комнаты действительное изображение нити накаливания лампы, висящей на высоте $H = 3$ м от пола. При этом очковое стекло было расположено под лампой на расстоянии $f = 1$ м от пола. Определите оптическую силу D очкового стекла.

64.21 Точечный источник света находится на расстоянии $d = 50$ см от тонкой линзы и на расстоянии $h = 5$ см от ее главной оптической оси. Действительное изображение источника находится на расстоянии $H = 10$ см от главной оптической оси. Определите оптическую силу D линзы.

64.22 Линза с фокусным расстоянием $F = 3$ см создает перевернутое изображение предмета. Расстояние от предмета до линзы и от линзы до изображения отличаются на $a = 8$ см. С каким увеличением Γ изображается предмет?

64.23 Линза создает на экране изображение предмета с увеличением $\Gamma = 4$. Если предмет отодвинуть на $l = 5$ см от линзы, то увеличение уменьшится в $n = 2$ раза. Найдите фокусное расстояние F линзы.

64.24 Линза создает на экране изображение предмета, находящегося на расстоянии $d = 10$ см от линзы, с увеличением $\Gamma = 3$. Найдите фокусное расстояние F линзы.

64.25 Освещенная щель высотой $h = 5$ см проектируется с помощью линзы с фокусным расстоянием $F = 10$ см на экран, отстоящий от линзы на $f = 12$ см. Найдите высоту H изображения щели на экране.

64.26 Точечный источник света помещен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 10$ см. Расстояние от источника до линзы $d = 30$ см. Линзу переместили в направлении, перпендикулярном главной оптической оси, на расстояние $h = 2$ см. На какое расстояние H переместилось изображение источника?

64.27 Светящаяся точка находится на главной оптической оси линзы на расстоянии $d = 0,3$ м от нее. Если эту точку переместить на $h = 2$ см в направлении, перпендикулярном главной оптической оси, то действительное изображение переместится на $H = 10$ см. Определите фокусное расстояние F линзы.

64.28 Светящаяся точка расположена на главной оптической оси собирающей линзы на расстоянии $d = 40$ см от линзы. Фокусное расстояние линзы $F = 10$ см. Точку переместили на расстояние $h = 5$ см в плоскости, перпендикулярной главной оптической оси. На какое расстояние s следует переместить линзу в ее плоскости, чтобы изображение точки сформировалось в первоначальном месте?

64.29 Линза с фокусным расстоянием $F_1 = 12$ см создает действительное изображение предмета с увеличением $\Gamma_1 = 9$. Вторая линза при том же расстоянии между предметом и линзой создает действительное изображение с увеличением $\Gamma_2 = 3$. Найдите фокусное расстояние F_2 второй линзы.

64.30 Предмет и его действительное изображение, полученное с помощью линзы, находятся на расстоянии $L = 180$ см друг от друга. Фокусное расстояние линзы $F = 25$ см. Определите расстояние f от изображения до линзы.

64.31 Линза создает на экране изображение предмета с увеличением $\Gamma = 2$. Расстояние от предмета до линзы на $s = 6$ см превышает ее фокусное расстояние. Определите расстояние f от линзы до экрана.

64.32 Светящийся диск расположен в плоскости, перпендикулярной главной оптической оси линзы. Центр диска лежит на главной оптической оси. Расстояние от диска до его действительного изображения $L = 0,3$ м. Площадь изображения диска в $n = 4$ раза больше площади диска. Определите оптическую силу D линзы.

64.33 Точечный источник света находится на главной оптической оси линзы. Расстояние между источником и ближайшим фокусом $l = 0,1$ м, расстояние между источником и его действительным изображением $L = 0,9$ м. Определите фокусное расстояние F линзы.

64.34 Найдите фокусное расстояние F линзы, если при изменении расстояния от предмета до линзы, первоначально равного $d = 0,3$ м на $s = 0,1$ м, расстояние от линзы до действительного изображения предмета увеличивается вдвое.

64.35 Тонкая линза с фокусным расстоянием $F = 30$ см формирует изображение предмета на экране. Экран находится на расстоянии $f = 1$ м от линзы. Предмет перемещают на $|\Delta d| = 5$ см ближе к линзе. На какое расстояние Δf следует переместить экран, чтобы снова наблюдать изображение предмета?

64.36 Фокусное расстояние линзы $F = 6$ см. На каком расстоянии d от линзы следует поместить предмет, чтобы он изображался на экране с увеличением большим 2, но меньшим 3?

64.37 Точечный источник расположен на расстоянии $(a + F)$ от линзы на ее главной оптической оси. Действительное изображение находится на расстоянии $(b + F)$ от линзы. Докажите, что фокусное расстояние F линзы связано с расстояниями a и b формулой $a \cdot b = F^2$.

64.38 Докажите, что оптический центр линзы и ее главные фокусы делят отрезок между точечным источником, расположенным на главной оптической оси линзы, и его действительным изображением на такие четыре части, для которых произведение длин крайних частей равно произведению длин средних.

64.39 Предмет расположен на расстоянии $a = 0,1$ м от переднего фокуса линзы. Изображение предмета получено на экране, расположенном на расстоянии $b = 0,4$ м от заднего фокуса линзы. Найдите увеличение Γ , с которым изображается предмет.

64.40 Расстояние от предмета до переднего фокуса линзы в $n = 4$ раза меньше расстояния от действительного изображения до заднего фокуса. Найдите увеличение Γ , с которым изображается предмет.

64.41 Предмет расположен на расстоянии $(A + 2 \cdot F)$ от линзы, а его действительное изображение на расстоянии $(2 \cdot F - B)$ от нее. Докажите,

что фокусное расстояние F линзы связано с расстояниями A и B формулой $F = A \cdot B / (A - B)$.

64.42 Изображение нити накаливания лампы на экране возникает при двух положениях линзы, помещенной между ними. Найдите фокусное расстояние F линзы. Расстояние между двумя положениями линзы $l = 30$ см, расстояние между лампой и экраном $L = 50$ см.

64.43 Расстояние от предмета до экрана $L_1 = 90$ см. На каком расстоянии d от предмета следует поместить линзу с фокусным расстоянием $F = 20$ см, чтобы получить на экране изображение предмета? Найдите ответ на тот же вопрос в случае, когда расстояние от предмета до экрана $L_2 = 70$ см.

64.44 Предмет расположен на расстоянии $L = 90$ см от экрана. Перемещая между предметом и экраном линзу, установили, что существуют два положения, при которых линза формирует изображение предмета на экране. Найдите фокусное расстояние F линзы, если размеры одного изображения в $K = 4$ раза больше размеров другого.

64.45 Линза формирует изображение некоторого предмета на экране. Высота изображения H_1 . Оставляя неподвижными экран и предмет, перемещают линзу к экрану и находят, что высота второго изображения равна H_2 . Найдите высоту h предмета.

64.46 На каком расстоянии d от линзы следует поместить предмет, чтобы расстояние между предметом и его действительным изображением было наименьшим? Фокусное расстояние линзы $F = 10$ см.

64.47 Точечный источник света находится на главной оптической оси собирающей линзы на расстоянии $d = 0,12$ м от линзы. Луч, выходящий из источника под углом $\alpha = 4^\circ$ к главной оптической оси, падает на линзу и выходит из нее под углом $\beta = 8^\circ$ к главной оптической оси. Найдите фокусное расстояние F линзы.

64.48 На главной оптической оси собирающей линзы расположены два точечных источника на расстояниях $d_1 = 0,2$ м и $d_2 = 0,4$ м от линзы. Изображения источников совпадают. Определите фокусное расстояние F линзы.

64.49 Расстояние между двумя точечными источниками света $l = 24$ см. Где следует поместить собирающую линзу с фокусным расстоянием $F = 9$ см, чтобы изображения обоих источников совпали?

64.50 Главная оптическая ось тонкой линзы горизонтальна и проходит через основание свечи. Расстояние между свечой и линзой $d = 0,4$ м. Фокусное расстояние линзы $F = 0,3$ м. На какое расстояние Δh по вертикали сместили свечу, если изображение конца пламени на экране сместилось на $\Delta H = 0,06$ м?

64.51 На расстоянии $d = 90$ см от экрана расположена линза, главная оптическая ось которой горизонтальна и проходит через основание свечи. При перемещении свечи по вертикали на $\Delta h = 4$ см изображение конца пламени на экране переместилось на $\Delta H = 5$ см. Найдите фокусное расстояние F линзы.

64.52 Точечный источник расположен в главном фокусе собирающей линзы с оптической силой $D = 10$ дптр. При перемещении источника вдоль главной оптической оси радиус светлого пятна на экране, расположенном в фокальной плоскости линзы, уменьшился в $n = 3$ раза. Определите перемещение Δd источника. Линза закреплена в светонепроницаемой оправе.

64.53 Линза с фокусным расстоянием $F = 21$ см создает мнимое изображение предмета с увеличением $\Gamma = 3$. Найдите расстояние d от предмета до линзы.

64.54 Расстояние между предметом и его прямым изображением, создаваемым линзой с увеличением $\Gamma = 5/4$, равно $L = 5$ см. Определите оптическую силу D линзы.

64.55 Палочка расположена на некотором расстоянии d от линзы перпендикулярно главной оптической оси. Фокусное расстояние линзы $F = 10$ см. Найдите d , если длина изображения в $\Gamma = 2$ раза больше длины палочки.

64.56 Точечный источник света находится на расстоянии $d = 4$ см от тонкой собирающей линзы и на расстоянии $h = 3$ см от главной оптической оси. Фокусное расстояние линзы $F = 8$ см. Найдите расстояние s от источника до изображения.

64.57 Точечный источник света находится на расстоянии $d = 6$ см от собирающей линзы и на расстоянии $h = 2$ см от ее главной оптической оси. Фокусное расстояние линзы $F = 10$ см. Найдите расстояния f и H от изображения до линзы и до главной оптической оси соответственно.

64.58 С помощью тонкой линзы получают полуторакратно увеличенное действительное изображение предмета. Затем линзу передвигают на $l = 12$ см к предмету и получают мнимое изображение такого же размера. Определите фокусное расстояние F линзы.

64.59 Мнимое изображение предмета, расположенного на расстоянии $d = 4$ см от линзы, в $\Gamma = 5$ раз больше предмета. Найдите оптическую силу D линзы.

64.60 Предмет и его прямое изображение, создаваемое тонкой собирающей линзой, расположены симметрично относительно переднего фокуса линзы. Расстояние от предмета до переднего фокуса линзы $a = 4$ см. Найдите фокусное расстояние F линзы.

64.61 Собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 12$ см создаст прямое изображение предмета. На каком расстоянии d от линзы следует поместить предмет, чтобы увеличение, с которым изображается предмет, было больше 3, но меньше 4?

64.62 На собирающую линзу падает широкий пучок лучей, параллельных главной оптической оси. Диаметр линзы D , фокусное расстояние F . На каком расстоянии L от линзы следует поставить экран, чтобы на нем получился светлый круг диаметром d ?

64.63 Экран расположен на расстоянии $L = 21$ см от отверстия, в которое вставлена линза радиусом $R = 2,5$ см. На линзу падает сходящийся пучок лучей, в результате на экране образуется светлое пятно радиусом $r = 1,5$ см. Если линзу убрать, то диаметр пятна не изменится. Определите фокусное расстояние F линзы.

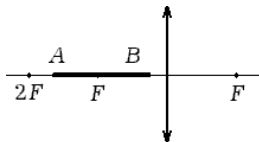
64.64 Действительное изображение светящейся точки находится на расстоянии $f = 8$ см от линзы и на расстоянии $H = 2$ см от ее главной оптической оси. Фокусное расстояние линзы $F = 5$ см, ее радиус $r = 5$ см. На каком наименьшем расстоянии a перед линзой следует расположить непрозрачную пластину, имеющую форму половины круга радиуса $r = 5$ см, чтобы изображение точки исчезло?

64.65 Предмет в виде стержня расположен на главной оптической оси собирающей линзы так, что его концы удалены от линзы на расстояния $d_1 = 3/2 \cdot F$ и $d_2 = 5/4 \cdot F$, где F - фокусное расстояние линзы. Во сколько раз n длина изображения больше длины предмета?

64.66 Предмет в виде стержня длины l расположен на главной оптической оси линзы с фокусным расстоянием F . Середина стержня расположена на расстоянии d от линзы. Линза создает действительные изображения всех точек предмета. Во сколько раз n длина изображения больше длины предмета?

64.67 Линза создает прямые изображения двух стержней, перпендикулярных главной оптической оси, с увеличениями $\Gamma_1 = 2$ и $\Gamma_2 = 3$. Один конец каждого стержня расположен на главной оптической оси. Во сколько раз n расстояние между изображениями больше расстояния между стержнями?

64.68 Отрезок AB - предмет. Постройте изображение предмета в линзе. F - фокусы линзы.



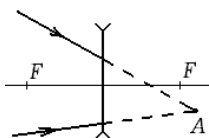
64.69 Дана тонкая собирающая линза. Постройте изображение квадрата, центр которого совпадает с фокусом линзы, а две стороны параллельны главной оптической оси. Сторона квадрата меньше двойного фокусного расстояния линзы.

64.70 В цилиндрический сосуд до краев наполненный водой помещена линза, фокусное расстояние которой в воде $F = 4$ см. Диаметр линзы равен диаметру сосуда. Фокальная плоскость линзы совпадает с горизонтальным дном сосуда. Поверхность воды освещается рассеянным светом. Найдите радиус R светлого пятна на дне сосуда. Показатель преломления воды $n = 4/3$.

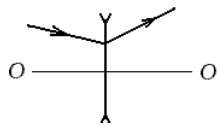
Рассеивающие линзы

64.71 Положение рассеивающей линзы, ее главная оптическая ось и главные фокусы заданы. На линзу падает произвольный луч. Постройте дальнейший ход луча.

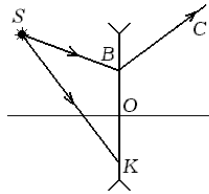
64.72 Лучи сходящегося пучка встречаются в точке A . На их пути ставится рассеивающая линза, как показано на рисунке. Определите построением положение точки встречи лучей после прохождения линзы. Положения главных фокусов известны.



64.73 Даны положения главной оптической оси OO' , оптического центра линзы и ход произвольного луча. Найдите построением положение главных фокусов линзы.



64.74 Светящаяся точка S расположена перед рассеивающей линзой. Положение оптического центра O и ход луча SBC заданы. Постройте ход луча SK .



64.75 Изображение предмета, помещенного перед линзой на расстоянии $d = 50$ см, мнимое и уменьшенное в $n = 3$ раза. Определите фокусное расстояние F линзы.

64.76 Фокусное расстояние линзы $F = -20$ см. Предмет удален от линзы на расстояние $d = 10$ см. Определите расстояние f от изображения до линзы.

64.77 Расстояние между предметом и его прямым изображением, создаваемым линзой с увеличением $\Gamma = 0,2$, равно $L = 32$ см. Определите оптическую силу D линзы.

64.78 Линза создает прямое изображение предмета с увеличением $\Gamma = 0,25$. Предмет расположен на расстоянии $d = 40$ см от линзы. Определите оптическую силу D линзы.

64.79 Предмет находится перед рассеивающей линзой на расстоянии $m \cdot |F|$, где F - фокусное расстояние линзы. На каком расстоянии f от линзы получится изображение? Найдите увеличение Γ , с которым изображается предмет.

64.80 Точечный источник света находится на расстоянии $d = 8$ см от рассеивающей линзы и на расстоянии $h = 6$ см от ее главной оптической оси. Фокусное расстояние линзы $F = -8$ см. Найдите расстояние s от источника до изображения.

64.81 Точечный источник света находится на расстоянии $d = 3$ см от рассеивающей линзы и на расстоянии $h = 1$ см от ее главной оптической оси. Фокусное расстояние линзы $F = -9$ см. Найдите расстояние f от изображения до линзы и расстояние H от изображения до главной оптической оси.

64.82 Найдите длину H изображения стрелки, расположенной вдоль главной оптической оси, вплотную к рассеивающей линзе, если длина h стрелки равна величине $|F|$ фокусного расстояния линзы.

64.83 Через отверстие в доске проходит сходящийся пучок света, который формирует на экране, расположенном за доской параллельно ей, пятно радиусом $r = 2,5$ см. Радиус отверстия $R = 5$ см. Если в отверстие вставить рассеивающую линзу с фокусным расстоянием $F = -30$ см, то пятно превращается в точку. Найдите расстояние L между доской и экраном.

64.84 Широкий пучок параллельных лучей падает перпендикулярно на экран. На пути света параллельно экрану установили рассеивающую линзу. Расстояние между линзой и экраном втрое больше фокусного расстояния. Площадь области на экране, где после установки линзы возросла освещенность, равна $S = 15 \cdot \pi$ см². Определите радиус R линзы.

64.85 Предмет находится на расстоянии $d = 10$ см от собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 20$ см. Во сколько раз изменится размер изображения, если на место собирающей поставить рассеивающую линзу с тем же по величине фокусным расстоянием?

Движущийся предмет и его изображение

64.86 Вдоль прямой, параллельной главной оптической оси линзы и отстоящей от нее на расстояние $a = 5$ см, ползет муравей с постоянной скоростью $v = 1,6$ см/с. Найдите скорость \vec{V} перемещения изображения муравья в тот момент, когда он проползает через фокальную плоскость линзы. Фокусное расстояние линзы $F = -10$ см.

64.87 Точечный источник света движется со скоростью \vec{V} по главной оптической оси собирающей линзы, фокусное расстояние которой F . Определите скорость \vec{V} изображения в тот момент, когда точечный источник находится на расстоянии $d = 1,5 \cdot F$ от линзы.

64.88 Точечный источник света движется со скоростью $V = 1$ м/с параллельно тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием $F = 0,2$ м. Найдите величину V скорости изображения в тот момент, когда источник пересекает главную оптическую ось линзы на расстоянии $d = 60$ см от линзы.

64.89 Требуется сфотографировать конькобежца, бегущего со скоростью $V = 10$ м/с. Определите максимально возможное время τ экспозиции при условии, что размытие изображения на пленке не должно превышать $\Delta H = 0,2$ мм. Фокусное расстояние объектива $F = 10$ см, расстояние от конькобежца до объектива $d = 5$ м. В момент фотографирования оптическая ось объектива перпендикулярна траектории конькобежца.

64.90 Фотографируется момент погружения в воду ныряльщика, прыгающего с высоты $h = 10$ м с нулевой начальной скоростью. Фотограф стоит на расстоянии $d = 10$ м от места погружения. Фокусное расстояние объектива фотоаппарата $F = 10$ см. Оцените время τ экспозиции, если на негативе допустимо размытие изображения $\Delta H = 0,5$ мм. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

64.91 Из окна поезда, идущего со скоростью $V_1 = 40$ км/ч, фотографируют машину, движущуюся по шоссе параллельно железной дороге в том же направлении со скоростью $V_2 = 76$ км/ч. Расстояние между железной дорогой и шоссе $d = 10$ м. Найдите размытие ΔH изображения машины на фотопленке. Фокусное расстояние линзы объектива $F = 10$ см, время экспозиции $\tau = 0,01$ с.

64.92 Линзу перемещают в направлении, перпендикулярном главной оптической оси, со скоростью $V_1 = 1$ см/с. Найдите скорость V_2 изображения точечного источника, покоящегося на расстоянии $d = 12$ см от плоскости линзы. Фокусное расстояние линзы $F = 8$ см.

64.93 Точечный источник света равномерно движется по окружности в плоскости, перпендикулярной главной оптической оси линзы, фокусное расстояние которой $F = 7$ см. Центр окружности лежит на главной оптической оси. Изображение источника наблюдается на экране, расположенном на расстоянии $f = 35$ см от линзы. Найдите отношение a_2/a_1 величин ускорений изображения и источника?

64.94 С помощью кинокамеры сняли колебания математического маятника. Фокусное расстояние объектива $F = 5$ см. Длина изображения нити маятника на кинопленке $l = 20$ мм. За время съемки $\tau = 1$ мин маятник совершил $n = 24$ колебания. Найдите расстояние d от объектива до маятника. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

65. Оптические системы

Проекционный аппарат. Фотоаппарат

65.1 Фокусное расстояние объектива проекционного фонаря $F = 0,25$ м. С каким увеличением Γ изображается диапозитив, если экран удален от объектива на расстояние $f = 2$ м?

65.2 Абитуриент, фотографирует высотное здание МГУ им. М.В. Ломоносова. Высота здания $h = 210$ м. С какого наименьшего расстояния d следует производить фотосъемку, чтобы изображение всего здания (по высоте) уместилось на фотопленке? Фокусное расстояние объектива $F = 5$ см. Размеры кадра фотопленки $24 \text{ мм} \times 36 \text{ мм}$.

65.3 Предмет, сфотографированный с расстояния d_1 , получился на фотопленке высотой H_1 , а при фотографировании с расстояния d_2 высота изображения H_2 . Найдите фокусное расстояние F линзы объектива.

65.4 При фотографировании очень далеких предметов расстояние между объективом фотоаппарата и фотопленкой $f = 5$ см. С какого минимального расстояния d можно фотографировать этим фотоаппаратом, если ход объектива $\Delta f = 2$ мм?

Система линз, сдвинутых вплотную

65.5 Покажите, что оптическая сила системы, состоящей из двух тонких линз, приложенных вплотную друг к другу, равна сумме оптических сил линз. Определите оптическую силу D системы линз, состоящей из собирающей линзы с фокусным расстоянием $F_1 = 0,1$ м и рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $F_2 = -0,2$ м, приложенных вплотную друг к другу.

65.6 Ближайшая точка, на которую может быть сфокусирован фотоаппарат, находится на расстоянии $a = 2$ м от объектива. Куда переместится эта точка, если к объективу вплотную приставить тонкую линзу с оптической силой $D = 5$ дптр?

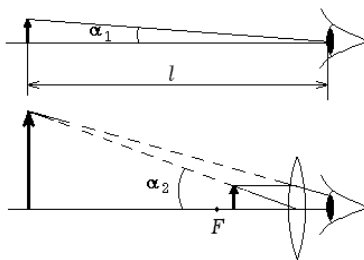
65.7 Точечный источник света помещен в фокусе рассеивающей линзы. Собирающая линза, приложенная вплотную к рассеивающей, превращает падающий на нее из рассеивающей линзы пучок лучей в параллельный. Найдите отношение фокусных расстояний линз.

65.8 На пути параллельного пучка лучей ставят тонкую собирающую линзу, а за линзой экран. На экране образуется светлая точка, если он находится на расстоянии $l_1 = 30$ см от линзы. Вплотную к первой линзе приставляют вторую собирающую линзу с фокусным расстоянием $F = 20$ см. На каком расстоянии l_2 от линз следует поставить экран, чтобы на нем снова образовалась светлая точка?

65.9 На пути параллельного пучка лучей ставят тонкую собирающую линзу, а за линзой экран. На экране образуется светлая точка, если он находится на расстоянии $l_1 = 30$ см от линзы. Вплотную к первой линзе приставляют рассеивающую линзу с фокусным расстоянием $F = -40$ см. На каком расстоянии l_2 от линз следует поставить экран, чтобы на нем снова образовалась светлая точка?

Увеличительное стекло (лупа). Очки

65.10 Близорукий человек рассматривает небольшой предмет с расстояния $l = 15$ см и видит его под некоторым углом α_1 . Прижав вплотную к глазу лупу с фокусным расстоянием $F = 2$ см и разместив предмет так, что его мнимое изображение в лупе находится на расстоянии $l = 15$ см от глаза, человек видит это изображение под некоторым углом α_2 . Найдите угловое увеличение $\beta = \alpha_2/\alpha_1$.



65.11 Лупа дает пятикратное угловое увеличение при рассматривании предмета, лежащего в ее фокальной плоскости. Эту лупу предлагается использовать в качестве объектива проекционного фонаря. На каком расстоянии d от объектива следует расположить диапозитив, чтобы на экране получить его изображение с линейным увеличением $\Gamma = 10$? Расстояние наилучшего зрения $d_0 = 25$ см.

65.12 Линза с оптической силой $D = 8$ дптр используется как лупа. Перемещая рассматриваемый предмет от фокальной плоскости лупы до такой точки, что мнимое изображение предмета формируется на расстоянии ясного зрения нормального глаза $d_0 = 25$ см от системы лупа +

зрачок, наблюдают предмет с тем или иным угловым увеличением β . Найдите наименьшее β_{min} и наибольшее β_{max} значения углового увеличения, которые достигаются в этом опыте. Лупа прижата вплотную к глазу.

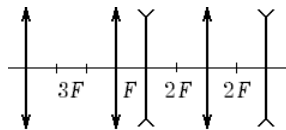
65.13 Близорукий человек без очков резко видит предметы, находящиеся от него не дальше, чем $d = 50$ см. Какой оптической силы D нужны ему очки для разглядывания удаленных предметов?

65.14 Человек читает книгу, держа ее на расстоянии $d = 16$ см. Какой оптической силы D нужны ему очки, чтобы читать книгу, держа ее на расстоянии наилучшего зрения $d_0 = 25$ см?

65.15 Дальнозоркий человек резко видит предметы с расстояния $d \geq 1$ м. Какой оптической силы D нужны ему очки, чтобы читать книгу, держа ее на расстоянии наилучшего зрения $d_0 = 25$ см?

Система линз, расположенных на конечных расстояниях

65.16 Постройте положение правого фокуса системы линз, если величины фокусных расстояний всех линз равны F .



65.17 Предмет расположен на расстоянии 20 см слева от собирающей линзы с фокусным расстоянием 10 см. Вторая собирающая линза с фокусным расстоянием 12,5 см расположена на расстоянии 30 см справа от первой. Найдите положение изображения и увеличение, с которым изображается предмет.

65.18 Предмет находится в фокальной плоскости собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 10$ см. На расстоянии $2F$ от собирающей находится рассеивающая линза с фокусным расстоянием $-F$. Постройте изображение предмета и найдите увеличение Γ , с которым изображается предмет.

65.19 Две линзы с одинаковыми по величине фокусными расстояниями $F_1 = |F_2| = F = 10$ см, одна из которых собирающая, а другая рассеивающая, расположены на расстоянии $l = 2F = 20$ см друг от друга. На каком расстоянии f_1 от собирающей линзы находится изображение светящейся точки, если она расположена на главной оптической оси со стороны рассеивающей линзы на очень большом расстоянии?

65.20 Две линзы с одинаковыми по величине фокусными расстояниями $F_1 = |F_2| = F = 10$ см, одна из которых собирающая, а другая рассеивающая, расположены на расстоянии $l = 2F = 20$ см друг от друга. На каком расстоянии f_1 от собирающей линзы находится изображение очень далекого точечного источника, расположенного на главной оптической оси со стороны собирающей линзы?

65.21 На собирающую линзу с фокусным расстоянием $F_1 = 40$ см падает параллельный пучок лучей вдоль главной оптической оси. На каком расстоянии l следует поместить рассеивающую линзу с фокусным расстоянием $F_2 = -15$ см, чтобы пучок лучей после прохождения двух линз остался параллельным?

65.22 Точечный источник света расположен на главной оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием $F_1 = 30$ см на расстоянии $d = 120$ см от линзы. По другую сторону линзы, в ее фокальной плоскости, помещена рассеивающая линза. Найдите фокусное расстояние F_2 рассеивающей линзы, если лучи после прохождения второй линзы кажутся исходящими из самого источника?

65.23 Тонкие собирающая и рассеивающая линзы с фокусными расстояниями $F_1 = 0,1$ м и $F_2 = -0,5$ м соответственно расположены на расстоянии $l_1 = 0,4$ м друг от друга. На собирающую линзу падает цилиндрический пучок лучей диаметром $d = 1$ см. Ось пучка совпадает с главными оптическими осями линз. Пройдя далее через рассеивающую линзу, пучок попадает на экран, находящийся от нее на расстоянии $l_2 = 0,1$ м. Определите диаметр D светового пятна на экране.

65.24 Две разные собирающие линзы находятся на расстоянии $l = 60$ см, равном сумме их фокусных расстояний. Если перед одной из линз на расстоянии $d = 80$ см поместить предмет, то его изображение будет расположено за второй линзой на расстоянии $f = 10$ см от нее. Определите фокусные расстояния F_1 и F_2 линз.

Линза и плоскопараллельная пластинка

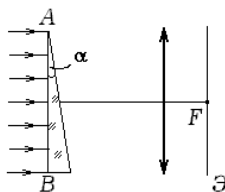
65.25 На дне бассейна находится точечный источник света. В воздухе на расстоянии $l = 20$ см от поверхности воды помещена собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 10$ см. Оптический центр линзы

и точечный источник света находятся на одной вертикали. На расстоянии $f = 12,5$ см от линзы находится изображение источника. Определите глубину H бассейна. Показатель преломления воды $n = 4/3$.
Указание: рассмотрите лучи, близкие к главной оптической оси линзы.

65.26 Точечный источник света расположен на главной оптической оси линзы на расстоянии $d = 30$ см от нее. Оптическая сила линзы $D = 5$ дптр. На какое расстояние Δf сместится изображение, если между линзой и источником расположить стеклянную плоскопараллельную пластинку толщиной $H = 15$ см с показателем преломления $n = 1,5$? В решении следует принимать во внимание только лучи, составляющие с главной оптической осью малые углы.

Линза и клин

65.27 На стеклянный клин с углом при вершине $\alpha = 1^\circ$ и показателем преломления $n = 1,5$ по нормали к грани AB падает свет. За клином расположена собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 180$ см. Грани AB перпендикулярна главной оптической оси линзы. В фокальной плоскости линзы находится экран \mathcal{E} . На сколько ΔH сместится светлая точка на экране, если клин убрать?



Линза и плоское зеркало

65.28 В фокальной плоскости собирающей линзы расположено плоское зеркало. Предмет находится между фокусом и двойным фокусом. Постройте изображение предмета.

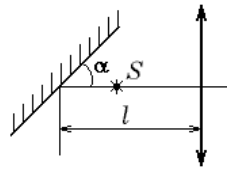
65.29 Точечный источник света расположен на главной оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 30$ см. Расстояние от источника до линзы $d = 90$ см. На каком расстоянии l от линзы следует поместить плоское зеркало для того, чтобы лучи, отраженные от зеркала, пройдя вторично через линзу, образовали бы параллельный пучок?

65.30 Оптическая система состоит из собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 30$ см и плоского зеркала, находящегося на расстоянии $l = 15$ см от линзы. Предмет находится на расстоянии $d = 15$ см перед линзой. Определите положение изображения, создаваемого этой системой.

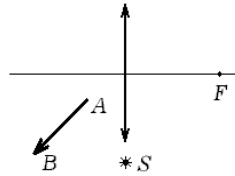
65.31 На главной оптической оси перед рассеивающей линзой с фокусным расстоянием $F = -20$ см расположен точечный источник света. По другую сторону линзы перпендикулярно главной оптической оси расположено плоское зеркало. Источник расположен на расстоянии $L = 1$ м от зеркала и на расстоянии $d = 30$ см от линзы. Найдите расстояние s между источником и его изображением в зеркале.

65.32 Точечный источник света находится на двойном фокусном расстоянии от собирающей линзы на главной оптической оси. Плоское зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси на таком расстоянии за линзой, что лучи, отразившись от зеркала и вторично пройдя через линзу, идут параллельным пучком. Найдите диаметр d этого пучка, если диаметр линзы D .

65.33 Точечный источник света S находится между плоским зеркалом и собирающей линзой на главной оптической оси. Расстояние от источника до линзы $d = 20$ см. Фокусное расстояние линзы $F = 5$ см. Главная оптическая ось пересекает зеркало на расстоянии $l = 30$ см от линзы и образует с плоскостью зеркала угол $\alpha = 45^\circ$. Определите расстояние L между изображениями источника, сформированными лучами, прошедшими через линзу.



65.34 Точечный источник света S находится на некотором расстоянии от тонкой собирающей линзы в ее плоскости. Фокусное расстояние F линзы известно. Построением хода лучей определите, где и как следует установить плоское зеркало, чтобы после отражения от зеркала и прохождения через линзу лучи света шли параллельно направлению, показанному стрелкой AB .



66. Сферические зеркала

66.1 Вогнутое сферическое зеркало формирует на экране изображение предмета с увеличением $\Gamma = 4$. Расстояние от предмета до зеркала $d = 25$ см. Определите радиус R кривизны зеркала.

66.2 Два одинаковых вогнутых зеркала поставлены друг против друга так, что их главные фокусы и оси совпадают. Светящаяся точка находится на оси зеркал на расстоянии d от левого зеркала. Найдите положение изображения после отражения света от обоих зеркал.

66.3 Определите положение изображения, формируемого оптической системой, состоящей из вогнутого зеркала с фокусным расстоянием 10 см и собирающей линзы с фокусным расстоянием 20 см. Расстояние от зеркала до линзы 30 см, от линзы до предмета – 40 см. Постройте ход лучей, формирующих изображение.

XI. Квантовая физика

67. Световые кванты

67.1 Мощность монохроматического источника света $P = 132$ Вт. За время $\tau = 2$ с источник испускает $N = 8 \cdot 10^{20}$ световых квантов. Найдите длину волны λ излучения. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

67.2 Рубиновый лазер за время $\tau = 2 \cdot 10^{-3}$ с излучает $N = 2 \cdot 10^{19}$ квантов на длине волны $\lambda = 690$ нм. Найдите мощность P лазера. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

67.3 Источник света излучает каждую секунду $n = 10^{19}$ фотонов на длине волны $\lambda = 500$ нм. Какую мощность P потребляет этот источник, если в световую энергию переходит $\eta = 10\%$ потребляемой энергии? Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

67.4 Интенсивность солнечного излучения вблизи Земли (солнечная постоянная) $I = 1,35$ кВт/м². Считая солнечное излучение монохроматическим с длиной волны $\lambda = 0,6$ мкм, определите число n фотонов, каждую секунду попадающих в глаз, обращенный к Солнцу. Диаметр зрачка $d = 4$ мм. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

67.5 Найдите показатель преломления n среды, в которой фотону с энергией $E = 4,8 \cdot 10^{-19}$ Дж соответствует длина волны $\lambda = 0,3$ мкм. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

67.6 Химический лазер создает инфракрасный луч мощностью $P = 36$ мВт. Энергия и импульс кванта равны соответственно $E_1 = 7,2 \cdot 10^{-20}$ Дж и $p_1 = 2,4 \cdot 10^{-28}$ кг·м/с. Найдите величину F силы, действующей на такой лазер в процессе работы со стороны излучения.

67.7 Чувствительность сетчатки глаза к желтому свету ($\lambda = 0,6$ мкм) составляет $P = 2 \cdot 10^{-17}$ Вт. Сколько n фотонов должно каждую секунду поглощаться сетчаткой, чтобы создавалось ощущение восприятия света? Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

67.8 Мощность точечного монохроматического источника света $P = 10$ Вт на длине волны $\lambda = 0,5$ мкм. На каком максимальном расстоянии r этот источник будет замечен человеком, если глаз надежно регистрирует $n = 60$ фотонов в секунду? Диаметр зрачка $d = 4$ мм. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

67.9 Пучок лазерного излучения мощностью $P = 100$ Вт падает нормально на непрозрачную пластинку. Пластинка поглощает $\eta = 50\%$ падающей энергии, а остальную зеркально отражает. Найдите величину F силы давления света на пластинку. Энергия E фотона связана с величиной p его импульса соотношением $E = p \cdot c$, здесь $c = 3 \cdot 10^8$ м/с - скорость света в вакууме.

67.10 Космический корабль «Фантазия», запущенный с Земли к Венере, раскрывает солнечный парус площадью $S = 10$ км². Найдите максимальную величину F_m силы давления солнечного излучения на зеркально отражающий парус, считая солнечное излучение монохроматическим. Интенсивность солнечного излучения вблизи паруса $I = 1,4$ кВт/м². Энергия E фотона связана с величиной p его импульса соотношением $E = p \cdot c$, здесь $c = 3 \cdot 10^8$ м/с - скорость света в вакууме.

67.11 Ионизационная камера объемом $V = 60$ см³ представляет собой конденсатор емкостью $C = 60$ пФ, заполненный сухим воздухом при нормальных условиях. Камера заряжается до напряжения $U_1 = 600$ В. После облучения камеры γ - лучами напряжение на ней снизилось до $U_2 = 200$ В. Найдите в рентгенах экспозиционную дозу D γ - излучения, прошедшего через камеру. Экспозиционная доза излучения равна одному рентгену (1 Р – внесистемная единица), если в 1 см³ сухого воздуха при нормальных условиях образуется $n = 2,08 \cdot 10^9$ пар ионов. Элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

67.12 В рентгеновской трубке электроны, испускаемые нагретой проволочкой K , ускоряются электрическим полем, ударяются о мишень A и тормозятся, испуская при торможении один или несколько рентгеновских фотонов. Найдите самую короткую длину волны λ_{min} рентгеновского излучения, если напряжение между электродами A и K равно $U = 30$ кВ. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость распространения электромагнитных волн в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Скорость электронов при вылете из катода считайте равной нулю.

68. Фотоэффект

68.1 Найдите частоту ν света, которым освещается поверхность металла, если максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона $K = 4,5 \cdot 10^{-20}$ Дж. Работа выхода электрона из металла $A = 7,6 \cdot 10^{-19}$ Дж. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

68.2 Металлическая пластинка облучается светом с длиной волны $\lambda = 440$ нм. Максимальная скорость фотоэлектронов $V = 3,3 \cdot 10^5$ м/с. Найдите в электрон-вольтах работу выхода A электрона из металла. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, масса электрона $m = 0,9 \cdot 10^{-30}$ кг. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

68.3 Свет с длиной волны $\lambda = 589$ нм падает на поверхность цезия. Найдите величину V максимальной скорости фотоэлектронов. Работа выхода электрона из цезия $A = 1,89$ эВ. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, масса электрона $m = 0,9 \cdot 10^{-30}$ кг. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

68.4 Какой должна быть длина волны λ электромагнитного излучения, падающего на кадмий, чтобы при фотоэффекте величина максимальной скорости вылетающих электронов была равна $V = 7,2 \cdot 10^5$ м/с? Работа выхода электрона из кадмия $A = 4,1$ эВ. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, масса электрона $m = 0,9 \cdot 10^{-30}$ кг. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

68.5 Найдите длину волны λ света, который способен выбить из цезиевого образца электрон с максимальной кинетической энергией $K = 2$ эВ. Работа выхода электрона из цезия $A = 1,89$ эВ. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

68.6 Излучение какой длины волны λ следует направить на поверхность цезия, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов достигала величины $V = 2 \cdot 10^6$ м/с? Красная граница фотоэффекта для цезия соответствует длине волны $\lambda_k = 690$ нм. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, масса электрона $m = 0,9 \cdot 10^{-30}$ кг.

68.7 Красная граница фотоэффекта для некоторого фотокатода соответствует длине волны λ_k . Определите величину V максимальной скорости фотоэлектрона при облучении фотокатода излучением с дли-

ной волны λ , вызывающим фотоэффект. Постоянная Планка h , скорость света в вакууме c , масса электрона m .

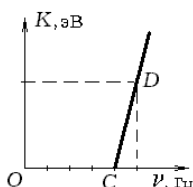
68.8 Излучение с длиной волны $\lambda = 0,3$ мкм падает на металлическую пластину. Красная граница фотоэффекта для металла, из которого изготовлена пластина, равна $\nu_k = 4,3 \cdot 10^{14}$ Гц. Найдите в электрон-вольтах кинетическую энергию K фотоэлектронов. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

68.9 Какая доля η энергии фотона израсходована на работу по вырыванию фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта соответствует длине волны $\lambda_k = 307$ нм и кинетическая энергия фотоэлектрона $K = 1$ эВ? Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

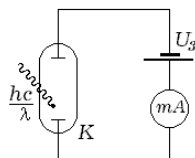
68.10 При поочередном освещении поверхности некоторого металла светом с длинами волн $\lambda_1 = 0,35$ мкм и $\lambda_2 = 0,54$ мкм обнаружили, что соответствующие максимальные скорости фотоэлектронов отличаются в $n = 2$ раза. Найдите в электрон-вольтах работу выхода A электрона с поверхности металла. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

68.11 Красная граница фотоэффекта для материала фотокатода соответствует длине волны $\lambda_k = 700$ нм. Отношение максимальных скоростей фотоэлектронов, вылетающих из катода при освещении его светом с длинами волн λ_1 и λ_2 , равно $n = 3/4$. Определите λ_2 , если $\lambda_1 = 600$ нм.

68.12 На рисунке приведен график зависимости максимальной кинетической энергии K электрона, вылетающего с поверхности пластины бария при фотоэффекте, от частоты ν облучающего света. Прямая проходит через точки C и D с координатами $\nu_C = 6,0 \cdot 10^{14}$ Гц, $K_C = 0$ эВ, $\nu_D = 7,5 \cdot 10^{14}$ Гц, $K_D = 0,62$ эВ. Рассчитайте по графику постоянную Планка h и работу выхода A электрона из бария. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.



68.13 Исследование вакуумного фотоэлемента показало, что при освещении катода K электромагнитным излучением с длиной волны $\lambda = 210$ нм ток в цепи прекращается при задерживающей разности потенциалов $U_3 = 2,7$ В между катодом и анодом.



Найдите в электрон-вольтах работу выхода A электрона из материала катода. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

68.14 Определите частоту ν электромагнитного излучения, вырывающего с поверхности металла электроны, полностью задерживающиеся напряжением $U_3 = 3$ В. Красная граница фотоэффекта у этого металла $\nu_k = 6 \cdot 10^{14}$ с⁻¹. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

68.15 Исследование вакуумного фотоэлемента показало, что при освещении катода электромагнитным излучением частотой $\nu = 10^{15}$ Гц фототок прекращается при задерживающем напряжении $U_3 = 2$ В между катодом и анодом. Определите в электрон-вольтах работу выхода A из материала катода. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

68.16 При освещении поверхности металла электромагнитным излучением частотой $\nu_1 = 2,2 \cdot 10^{15}$ Гц выбиваются фотоэлектроны, которые полностью задерживаются напряжением $U_{31} = 6,6$ В. При увеличении частоты до $\nu_2 = 4,6 \cdot 10^{15}$ Гц задерживающее напряжение увеличивается до $U_{32} = 16,5$ В. Найдите по этим данным постоянную Планка h . Элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

68.17 Найдите постоянную Планка h , если фотоэлектроны, вырывающиеся с поверхности металла электромагнитным излучением частотой $\nu_1 = 1,2 \cdot 10^{15}$ Гц, задерживаются напряжением $U_{31} = 3,15$ В, а вырывающиеся светом с длиной волны $\lambda_2 = 125$ нм – напряжением $U_{32} = 8,1$ В. Скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

68.18 Вольфрамовый катод вакуумного фотоэлемента освещается электромагнитным излучением длиной волны $\lambda = 175$ нм. Найдите в электрон-вольтах максимальную кинетическую энергию K фотоэлектронов и задерживающее напряжение U_3 , если красная граница фотоэффекта для вольфрама соответствует длине волны $\lambda_k = 275$ нм. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

68.19 Для измерения постоянной Планка h катод вакуумного фотоэлемента освещается монохроматическим светом. При длине волны из-

лучения $\lambda = 620$ нм ток фотоэлектронов прекращается при некоторой задерживающей разности потенциалов U_3 между катодом и анодом. При увеличении длины волны света на $\delta = 25\%$ задерживающая разность потенциалов уменьшается на $|\Delta U_3| = 0,4$ В. Найдите по этим данным постоянную Планка h . Скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

68.20 Излучение лазера с длиной волны $\lambda = 500$ нм сфокусировано на фотокатоде в пятно диаметра $d = 0,1$ мм. Работа выхода электрона для материала фотокатода $A = 2$ эВ. На анод, расположенный на расстоянии $L = 30$ мм от фотокатода, подано ускоряющее напряжение $U = 4$ кВ. Найдите диаметр D области на аноде, в которую попадают фотоэлектроны. Анод и фотокатод считайте большими плоскими пластинами, расположенными параллельно друг другу. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

68.21 Плоский алюминиевый электрод освещается ультрафиолетовым излучением с длиной волны $\lambda = 83$ нм. На какое максимальное расстояние d от поверхности электрода может удалиться фотоэлектрон, если вне электрода имеется задерживающее однородное электрическое поле напряженности $E = 750$ В/м? Красная граница фотоэффекта для алюминия соответствует длине волны $\lambda_K = 332$ нм. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

68.22 До какого максимального потенциала ϕ зарядился удаленный от других тел медный шарик при облучении его электромагнитным излучением с длиной волны $\lambda = 140$ нм? Работа выхода электрона из меди $A = 4,47$ эВ. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

68.23 Под действием электромагнитного излучения с длиной волны $\lambda = 140$ нм фотоэлектрон вылетает с поверхности медного шарика радиуса $R = 50$ мм с зарядом $Q = 1,1 \cdot 10^{-10}$ Кл. Найдите максимальное расстояние r_m , на которое электрон может удалиться от центра шарика. Работа выхода электрона из меди $A = 4,47$ эВ. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/(Н·м²). $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

68.24 Ультрафиолетовое излучение с длиной волны $\lambda = 100$ нм передает металлической поверхности мощность $P = 10^{-6}$ Вт. Определите величину I возникшего фототока, если фотоэффект вызывается $\eta = 0,01$ падающих фотонов. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

68.25 Излучение длиной волны λ вырывает с поверхности металла фотоэлектрон, который движется в однородном магнитном поле с индукцией B по окружности радиуса R . Найдите работу A выхода электрона из металла. Постоянная Планка h , скорость света в вакууме c , масса электрона m , элементарный заряд e .

68.26 Фотон с энергией $E = 4,9$ эВ вырывает электрон из металла с работой выхода $A = 4,5$ эВ. Найдите величину p_m максимального импульса фотоэлектрона. Масса электрона $m = 0,9 \cdot 10^{-30}$ кг. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

68.27 Найдите максимальный импульс p_m , сообщаемый крупинке вольфрама в процессе поглощения кванта света с длиной волны λ и испускания электрона. Первоначально крупинка покоилась. Поглощение фотона и испускание электрона происходят одновременно. Работа выхода электрона из вольфрама равна A . Постоянная Планка h , скорость света в вакууме c , масса электрона m . Энергия E фотона связана с величиной p его импульса соотношением $E = p \cdot c$.

69. Атом и атомное ядро

Теория Н.Бора

69.1 По теории Н.Бора электрон в атоме водорода движется вокруг ядра по орбитам – окружностям, для которых выполняется соотношение $m V r = nh/2\pi$, где m и V – масса и скорость электрона, r – радиус орбиты, n – целое число ($n = 1, 2, 3, \dots$), h – постоянная Планка. Найдите минимальную энергию E_1 атома и радиус r_1 первой орбиты. Элементарный заряд e , электрическая постоянная ϵ_0 .

69.2 Энергия атома водорода в основном состоянии $E_1 = -13,6$ эВ. Найдите величину скорости V_1 , с которой электрон движется вокруг ядра. Модель атома водорода по Н.Бору. Масса электрона $m = 0,9 \cdot 10^{-30}$ кг. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

69.3 Определите потенциал φ_1 электрического поля, создаваемого ядром атома водорода на первой боровской орбите. Модель атома водорода по Н.Бору. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, масса электрона $m = 0,9 \cdot 10^{-30}$ кг, элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/(Н·м²).

69.4 Электрон в атоме водорода, находящемся в основном состоянии, движется по круговой орбите радиуса $r_1 = 0,53 \cdot 10^{-10}$ м. Какую энергию в электрон-вольтах ΔE должен поглотить атом, чтобы радиус орбиты электрона увеличился в 4 раза? Модель атома водорода по Н.Бору. Элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/(Н·м²). $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

69.5 Найдите длину волны λ излучения, испущенного атомом водорода при переходе электрона с орбиты радиуса $r_2 = 2,1 \cdot 10^{-10}$ м на орбиту радиуса $r_1 = 0,53 \cdot 10^{-10}$ м. Модель атома водорода по Н.Бору. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/(Н·м²).

69.6 Согласно теории Н.Бора атом водорода состоит из протона и электрона, вращающегося вокруг протона по круговой орбите радиуса r_n . Найдите величину I_n тока, эквивалентного движению электрона по орбите. Масса электрона m , элементарный заряд e , электрическая постоянная ϵ_0 .

69.7 При переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на второй атом испускает квант света частотой $\omega_{32} = 2,8 \cdot 10^{15}$ рад/с, а при переходе с третьего на первый $\omega_{31} = 1,8 \cdot 10^{16}$ рад/с. Найдите длину волны λ_{21} излучения при переходе со второго уровня на первый. Модель атома водорода по Н.Бору. Скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

69.8 Во сколько раз длина волны излучения атома водорода при переходе из третьего стационарного состояния во второе больше длины волны излучения, обусловленного переходом из второго состояния в первое? Модель атома водорода по Н.Бору.

Излучение и поглощение движущимся атомом

69.9 Атом вещества массой m , жестко закрепленный в кристаллической решетке, поглощает свет частотой ν_1 . При какой частоте ν_2 будет наблюдаться поглощение света в этом веществе, находящемся в газообразном состоянии? Постоянная Планка h , скорость электромагнитных волн в вакууме c .

69.10 Протон, летящий со скоростью $V_0 = 4,6 \cdot 10^4$ м/с, сталкивается с неподвижным атомом гелия. После столкновения протон движется в обратном направлении со скоростью $V = V_0/2$, а атом гелия переходит в возбужденное состояние. Найдите длину волны λ света, излучаемого атомом при возвращении в первоначальное состояние. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, масса протона $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг. Масса атома гелия в 4 раза больше массы протона.

Радиоактивный распад

69.11 Изотропный точечный источник α - частиц находится на расстоянии 10 см от центра квадратной фотопластинки размерами 20 см \times 20 см. За время экспозиции $\tau = 10$ с на фотопластинке оказалось $N_0 = 200$ следов от попавших частиц. Сколько N частиц испустит источник за $T = 1$ ч?

69.12 Вследствие радиоактивного распада ${}_{92}^{238}\text{U}$ превращается в ${}_{82}^{206}\text{Pb}$. Сколько α и β - превращений происходит в этом процессе?

69.13 В сосуде, объем которого $V = 1$ л, находится $m = 1$ г трития (изотоп водорода ${}^3_1\text{H}$). За $\tau = 12$ лет половина ядер трития превращается в ядра гелия. Найдите давление P в сосуде в конце этого срока. Температура газа поддерживается равной $t = 27$ °С. При комнатной температуре тритий – это двухатомный газ с формулой ${}^3\text{H}_2$ и молярной массой $\mu = 6$ г/моль.

69.14 Найдите мощность P реактора, в котором делится $m = 1$ г урана ${}_{92}^{235}\text{U}$ за время $\tau = 1$ сут. В одном акте деления ядра урана ${}_{92}^{235}\text{U}$

освобождается энергия $W = 190$ МэВ. Постоянная Авогадро $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

69.15 Мощность реактора постоянна и равна $P = 1$ МВт. За какое время τ первоначальная масса $m_0 = 10$ кг урана ${}^{235}_{92}\text{U}$ в реакторе уменьшится на $\eta = 2\%$? В одном акте деления ядра урана ${}^{235}_{92}\text{U}$ освобождается энергия $W = 190$ МэВ. Постоянная Авогадро $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

69.16 Предположим, что среднесуточное потребление мощности в среднем доме составляет $P = 300$ Вт. Какая масса m урана ${}^{235}_{92}\text{U}$ должна разделиться, чтобы удовлетворить годовую потребность такого дома в энергии? В одном акте деления ядра урана ${}^{235}_{92}\text{U}$ освобождается энергия $W = 190$ МэВ. Постоянная Авогадро $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹. $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

Закон радиоактивного распада

69.17 Крупинка, содержащая радий, находится на расстоянии $l = 1,2$ см от флуоресцирующего экрана площадью $S = 0,02$ см². Сколько ν моль радия имеется в ней, если в течение $\tau = 1$ мин минуты на экране видно $N_1 = 47$ сцинтилляций (вспышек)? Период полураспада радия $T_{1/2} = 1590$ лет. Считайте, что источник испускает α -частицы однородно по всем направлениям. Постоянная Авогадро $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.

69.18 Период полураспада радиоактивного изотопа иода ${}^{131}_{53}\text{I}$ составляет $T_{1/2} = 8$ сут. За какое время τ число атомов уменьшится в $n = 100$ раз?

69.19 Активность радиоактивного препарата уменьшилось в $\alpha = 1024$ раза за $\tau = 80$ сут. Найдите период полураспада $T_{1/2}$ этого препарата.

69.20 В некоторый момент времени счетчик радиоактивного излучения, расположенный вблизи радиоактивного препарата ${}^{18}_9\text{F}$ (с малым периодом полураспада), зафиксировал $n_1 = 100$ отсчетов в секунду. Через время $\tau = 22$ мин показание уменьшилось до $n_2 = 87$ отсчетов в секунду. Определите период полураспада $T_{1/2}$ изотопа ${}^{18}_9\text{F}$.

69.21 Период полураспада полония ${}^{210}_{84}\text{Po}$ составляет $T_{1/2} = 138$ сут. Испускающая α -частицу полоний превращается в стабильный свинец ${}^{206}_{82}\text{Pb}$. Найдите массу m_2 свинца, образующегося за $\tau = 100$ сут из $m_1 = 1$ мг полония.

69.22 Ампула с радиоактивным препаратом ${}^{24}_{11}\text{Na}$ охлаждается потоком воздуха. В начале опыта воздух нагревался на $\Delta t_1 = 2$ °С. Через какое время τ охлаждающий ампулу воздух будет нагреваться на $\Delta t_2 = 1,8$ °С? Период полураспада изотопа ${}^{24}_{11}\text{Na}$ равен $T_{1/2} = 15$ ч.

69.23 В микрокалориметр с теплоемкостью $C = 100$ Дж/К помещены $m = 10$ мг изотопа кобальта ${}^{61}_{27}\text{Co}$. При распаде ядра ${}^{61}_{27}\text{Co}$ выделяется энергия $Q = 1,25$ эВ. Через время $\tau = 50$ мин температура калориметра повысилась на $\Delta T = 0,06$ К. Найдите период полураспада $T_{1/2}$ изотопа кобальта. Постоянная Авогадро $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$. $1\text{эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

69.24 В микрокалориметр с теплоемкостью $C = 100$ Дж/К помещен изотоп кремния ${}^{31}_{14}\text{Si}$ массой $m = 1$ мг. При распаде ядра ${}^{31}_{14}\text{Si}$ выделяется энергия $Q = 2,75$ эВ. Период полураспада изотопа $T_{1/2} = 2$ ч 36 мин. На сколько ΔT повысится температура калориметра через $\tau = 52$ мин после начала опыта? Постоянная Авогадро $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$. $1\text{эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

Ядерные реакции

69.25 Азот облучался в течение $T = 1$ ч пучком α -частиц, ускоренных в циклотроне. Найдите количество N_2 атомов образовавшегося изотопа ${}^{17}_8\text{O}$, если ток в пучке $I = 0,2$ нА и ядерную реакцию ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} = {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$ вызывает одна α -частица из каждых $N_1 = 10^5$ частиц в пучке. Элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

69.26 При захвате нейтрона ядром ${}^6_3\text{Li}$ происходит ядерная реакция ${}^6_3\text{Li} + {}^1_0\text{n} = {}^3_1\text{H} + {}^4_2\text{He}$, в которой выделяется энергия $Q = 4,8$ МэВ. Найдите распределение энергии между продуктами реакции, считая кинетическую энергию исходных частиц пренебрежимо малой.

69.27 В результате взаимодействия ядер дейтерия и трития образуется ядро гелия и нейтрон: ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} = {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ и выделяется значительная энергия. Какую часть η этой энергии уносит нейтрон? Кинетическими энергиями дейтерия и трития до реакции можно пренебречь по сравнению с выделившейся энергией.

Разное

69.28 При прохождении потока нейтронов через пластинку свинца толщиной $d_1 = 1$ мм количество частиц уменьшается на $\eta = 15\%$. Найдите долю δ нейтронов, проходящих через пластинку свинца толщиной $d_2 = 10$ мм.

69.29 При аннигиляции электрона и позитрона образовались два γ -кванта с одинаковыми энергиями. Найдите длину волны λ такого γ -излучения. Кинетические энергии частиц до реакции малы. Постоянная Планка $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, массы электрона и позитрона одинаковы и равны $m = 0,9 \cdot 10^{-30}$ кг, скорость электромагнитных волн в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.