

ТЕМА: Геометрическая и волновая оптика.
Задание № 13,14,15,23,25

**ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ
И
НЕМНОГО ТЕОРИИ**

Закон преломления:

$$n_{21} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}, \quad (1.1)$$

n_{21} — относительный показатель преломления второй среды по отношению к первой, α — угол падения, β — угол преломления.

Относительный показатель преломления связан со скоростями света v_1 и v_2 в первой и второй средах следующим образом:

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}. \quad (1.2)$$

Если первой средой является воздух (или вакуум), то показатель преломления второй среды, вычисленный по формулам (1.1) и (1.2), называется абсолютным показателем преломления. Так как скорость света в воздухе и вакууме равна $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, то абсолютный показатель преломления среды равен:

$$n = \frac{c}{v}, \quad (1.3)$$

v — скорость света во второй среде.

Связь относительного показателя преломления двух сред с их абсолютными показателями имеет вид:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}. \quad (1.4)$$

Во всех справочных таблицах даны абсолютные показатели преломления веществ; при этом слово «абсолютный» в большинстве случаев опускают. Если в задаче речь идет о показателе преломления какой-либо среды, то имеется в виду ее абсолютный показатель преломления.

Формула линзы:

$$\pm \frac{1}{F} = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}, \quad (1.5)$$

F — фокусное расстояние линзы, d — расстояние от источника света до линзы, f — расстояние от линзы до изображения. Знак «+» перед $1/F$ соответствует собирающей линзе (фокус действительный), а «−» — рассеивающей линзе (фокус мнимый). Для линз в основном будем рассматривать действительные источники света, из каждой точки которых лучи идут расходящимся пучком. Это соответствует знаку «+» перед членом $1/d$. Если же по условию задачи на линзу падает сходящийся пучок лучей, то источник света считают мнимым и перед $1/d$ ставят «−». Находится мнимый источник света в точке, где сходятся продолжения лучей за линзу.

Увеличение линзы:

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}, \quad (1.6)$$

h — линейные размеры предмета, H — соответствующие линейные размеры изображения.

Оптическая сила линзы:

$$D = \pm \frac{1}{F}, \quad (1.7)$$

знак «+» соответствует собирающей линзе, «−» — рассеивающей.

Если несколько тонких линз сложены вплотную, то оптическая сила этой системы линз D равна сумме

$$D = D_1 + D_2 + \dots + D_n \quad (1.8)$$

n — число линз (значения оптических сил брать с соответствующими знаками).

Связь относительного показателя преломления со скоростями света в первой и второй среде:

$$n_{21} = v_1/v_2. \quad (2.1)$$

Связь скорости волны с ее длиной и частотой:

$$v = \lambda\nu. \quad (2.2)$$

Условие интерференционного максимума:

$$\Delta r = k\lambda = (2k)\frac{\lambda}{2}; \quad (2.3)$$

условие интерференционного минимума:

$$\Delta r = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}; \quad (2.4)$$

$$k = 0, 1, 2, \dots$$

Оптическая разность хода в среде с показателем преломления n :

$$\delta = n\Delta r, \quad (2.5)$$

Δr — геометрическая разность хода.

Формула дифракционной решетки:

$$d \sin \varphi = k\lambda, \quad k = 0, 1, 2, \dots, \quad (2.6)$$

d — период дифракционной решетки, φ — угол отклонения лучей.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. Телеграфный столб, освещенный Солнцем, отбрасывает тень длиной 6,9 м, а вертикально стоящий шест высотой 1 м дает тень длиной 1,1 м. Какова высота телеграфного столба?

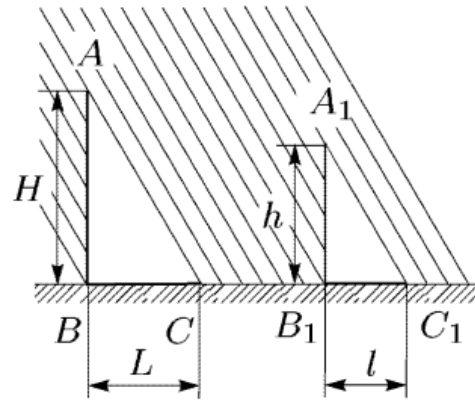
$L = 6,9 \text{ м}$
$l = 1,1 \text{ м}$
$h = 1 \text{ м}$
$H - ?$

Источником света является Солнце. Так как оно расположено очень далеко, то можно считать, что лучи от него идут параллельным потоком (рис. VIII.52). При этом столб, шест и тени

образуют подобные треугольники ABC и $A_1B_1C_1$. Из подобия треугольников можно составить пропорцию: $H/L = h/l$; отсюда найдем H :

$$H = L \cdot h/l;$$

$$H = 6,27 \text{ м.}$$



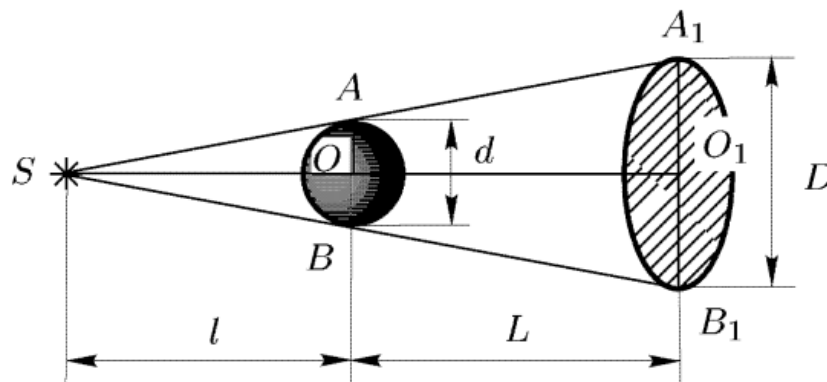
2. Шар диаметром 20 см находится на расстоянии 2 м от лампочки. На каком расстоянии надо расположить шар от экрана, чтобы диаметр тени был 70 см?

2. Шар диаметром 20 см находится на расстоянии 2 м от лампочки. На каком расстоянии надо расположить шар от экрана, чтобы диаметр тени был 70 см?

$d = 0,2 \text{ м}$
$l = 2 \text{ м}$
$D = 0,7 \text{ м}$
$L - ?$

Рассмотрим подобные треугольники $\triangle SOB$ и $\triangle SO_1B_1$ (рис. VIII.53). Для них можно записать соотношение:

$$|SO|/|SO_1| = |OB|/|O_1B_1|.$$



Так как $|SO| = l$, $|SO_1| = l + L$, $|OB| = d/2$, $|O_1B_1| = D/2$ (OB и O_1B_1 — радиусы шара и тени соответственно), то можно записать:

$$\frac{l}{l + L} = \frac{d}{D}.$$

Отсюда: $L = l(D - d)/d$; $L = 5$ м.

Такой же результат можно получить при рассмотрении других пар треугольников: $\triangle SAB$ и $\triangle SA_1B_1$, $\triangle SAO$ и $\triangle SA_1O_1$.

3. Человек, рост которого 170 см, идет со скоростью 1 м/с по направлению к уличному фонарю. В некоторый момент времени длина тени человека была 180 см, а через 2 с длина тени стала 130 см. На какой высоте висит фонарь?

$h = 1,7$ м
 $v = 1$ м/с
 $l_1 = 1,8$ м
 $l_2 = 1,3$ м
 $\Delta t = 2$ с

$H = ?$

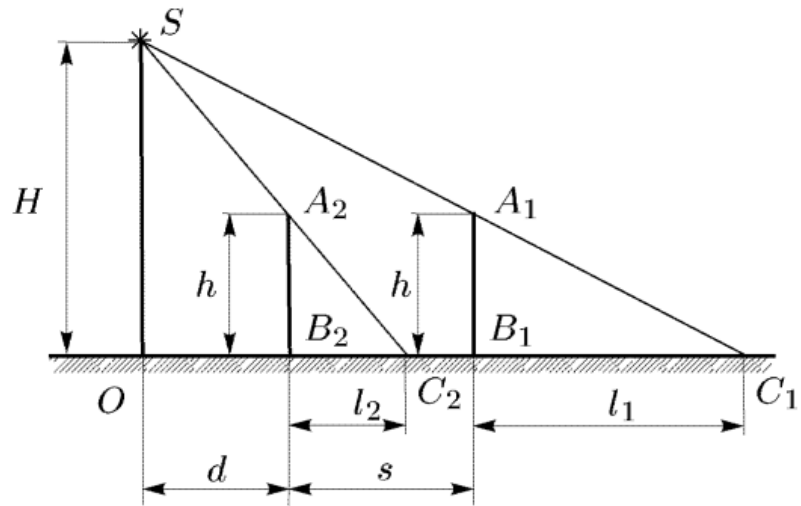


Рис. VIII.54

За время $\Delta t = 2$ с человек переместится из положения 1 (A_1B_1) в положение 2 (A_2B_2), пройдя при этом путь $s = v \cdot \Delta t = 2$ м (рис. VIII.54).

Из рис. VIII.54 видно, что подобными являются две пары треугольников: $\triangle SOC_2 \sim \triangle A_2B_2C_2$, $\triangle SOC_1 \sim \triangle A_1B_1C_1$. Для этих треугольников напомним соотношения между сторонами:

$$\frac{|SO|}{|A_1B_1|} = \frac{|OC_1|}{|B_1C_1|}; \quad \frac{|SO|}{|A_2B_2|} = \frac{|OC_2|}{|B_2C_2|}. \tag{a}$$

Введем обозначение: $OB_2 = d$. Тогда интересующие нас стороны подобных треугольников равны (см. внимательно рис. VIII.54): $|SO| = H$; $|A_1B_1| = |A_2B_2| = h$; $|OC_1| = d + s + l_1$; $|B_1C_1| = l_1$; $|OC_2| = d + l_2$; $|B_2C_2| = l_2$. С учетом этого соотношения (а) можно переписать следующим образом:

$$H/h = (d + s + l_1)/l_1; \quad H/h = (d + l_2)/l_2.$$

В этой системе уравнений две неизвестных величины: H и d . Решив систему относительно H , получим:

$$H = h(s + l_1 - l_2)/(l_1 - l_2); \quad [H] = \text{м} \cdot \text{м} / \text{м} = \text{м}; \quad H = 8,5 \text{ м}.$$

4. Человек приближается к плоскому зеркалу со скоростью 1,2 м/с. С какой скоростью он движется к своему изображению?

4. Человек приближается к плоскому зеркалу со скоростью 1,2 м/с. С какой скоростью он движется к своему изображению?

$$\frac{v_{\text{ч-з}} = 1,2 \text{ м/с}}{v_{\text{ч-и}} = ?}$$

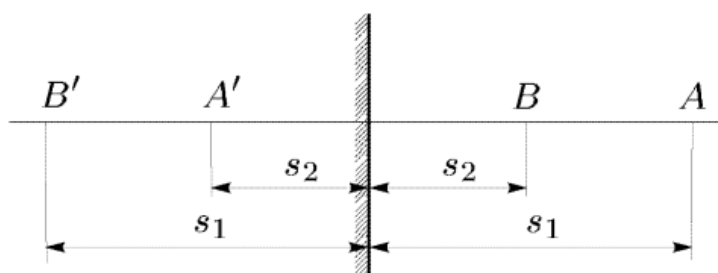


Рис. VIII.55

Из точки A человек перемещается в точку B , при этом он проходит относительно зеркала путь $(s_1 - s_2)$ за время t (рис. VIII.55). Если рассматривать движение человека относительно изображения, то он за то же время t сблизился с изображением на расстояние $(2s_1 - 2s_2) = 2(s_1 - s_2)$.

Запишем скорости:

$$v_{\text{ч-з}} = (s_1 - s_2)/t; \quad v_{\text{ч-и}} = 2(s_1 - s_2)/t.$$

Отсюда следует, что $v_{\text{ч-и}} = 2v_{\text{ч-з}}$; $v_{\text{ч-и}} = 2,4 \text{ м/с}$.

5. На одном берегу небольшого водоема стоит столб с фонарем наверху, на другом находится человек. На каком расстоянии от человека находится изображение фонаря в водоеме? Высота столба 5 м, рост человека 1,5 м; человек находится на расстоянии 26 м от столба.

$$L = 26 \text{ м}$$

$$H = 5 \text{ м}$$

$$h = 1,5 \text{ м}$$

$$l = ?$$

Фонарь является точечным источником света и излучает свет по всем направлениям. Из множества отраженных от поверхности воды лучей к глазу человека идет только один луч — OC (рис. VIII.57); AO — падающий луч, соответствующий отраженному OC .

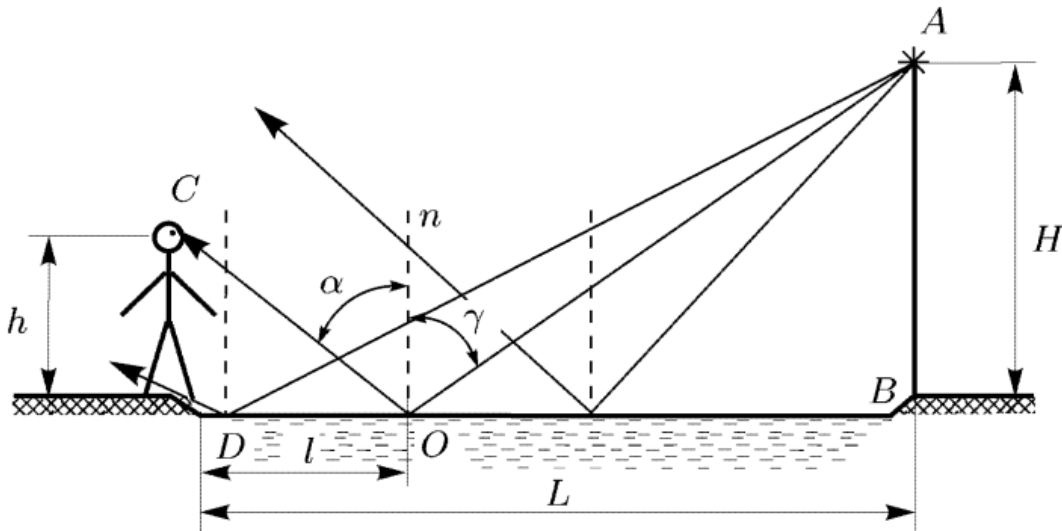


Рис. VIII.57

Человек видит изображение фонаря в точке O на поверхности водоема. В соответствии с законом отражения $\angle \alpha = \angle \gamma$; следовательно, равны и углы $\angle COD = \angle AOB$. Вследствие этого прямоугольные треугольники $\triangle ABO$ и $\triangle CDO$ подобны. Поэтому можно записать соотношение:

$$|DO|/|DC| = |OB|/|AB|.$$

В соответствии с обозначениями на рис. VIII.57 это соотношение можно переписать следующим образом: $l/h = (L - l)/H$. Отсюда найдем расстояние l от человека до точки O :

$$l = h \cdot L / (H + h); \quad [l] = \text{м} \cdot \text{м} / \text{м} = \text{м}; \quad l = 6 \text{ м}.$$

7. На какой угол отклонится луч от первоначального направления, упав на стекло под углом 60° к поверхности? Показатель преломления стекла равен 1,6.

$$\begin{array}{l} \gamma = 60^\circ \\ n_{\text{ст}} = 1,6 \end{array}$$

$$\varphi - ?$$

Из рис. VIII.58 видно, что искомый угол отклонения луча от первоначального направления равен

$$\varphi = \alpha - \beta,$$

α — угол падения, β — угол преломления.

Угол падения света на стекло равен $\alpha = 90^\circ - \gamma = 30^\circ$.

Найдем угол преломления β , считая, что первой средой является воздух ($n_1 = 1, n_2 = n_{\text{ст}}$):

$$\sin \alpha / \sin \beta = n_{\text{ст}},$$

$$\sin \beta = \sin \alpha / n_{\text{ст}}, \quad \sin \beta \approx 0,31;$$

$$\beta = \arcsin 0,31 \approx 18^\circ,$$

$$\varphi = \alpha - \beta = 12^\circ.$$

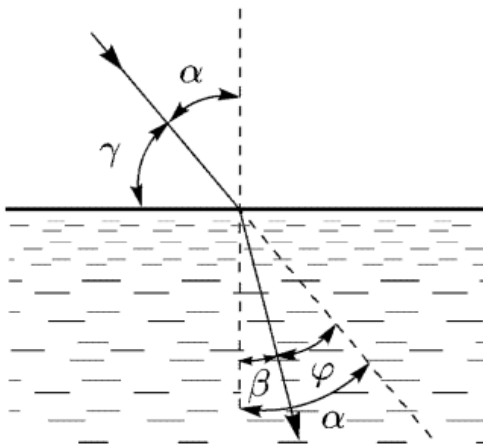


Рис. VIII.58

8. На дне ручья лежит камешек. Мальчик хочет толкнуть его палкой. Прицеливаясь, мальчик держит палку по лучу зрения под углом 30° к горизонту. На каком расстоянии от камешка воткнется палка в дно ручья, если его глубина 0,4 м? Где будет находиться кажущееся положение камешка, если на него смотреть сверху по вертикали?

$$\begin{array}{l} \gamma = 30^\circ \\ H = 0,4 \text{ м} \end{array}$$

$$n_1 = 1,33$$

$$n_2 = 1$$

$$d - ? \quad h - ?$$

1. Идущий от камешка луч AO преломляется на границе раздела вода — воздух и выходит из воды под углом $\gamma = 30^\circ$ к поверхности воды (рис. VIII.60). По направлению этого луча мальчик прицеливается и попадает в точку C на дне ручья, которая расположена на расстоянии d от камешка.

Из рис. VIII.60 видно, что $d \doteq l_1 - l_2$, где l_1, l_2 — расстояния точек C и A от основания перпендикуляра к поверхности воды в точке преломления луча (точка O).

Величины l_1 и l_2 найдем из $\triangle COD$ и $\triangle AOD$, соответственно:

$$l_1 = H \operatorname{tg} \beta; \quad l_2 = H \operatorname{tg} \alpha;$$

Значение угла $\beta = 90^\circ - \gamma = 60^\circ$, а угол падения α найдем из закона преломления:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{n_1}; \quad \sin \alpha = \frac{\sin \beta}{n_1} \approx 0,67.$$

$$\alpha = \arcsin 0,67 \approx 42^\circ.$$

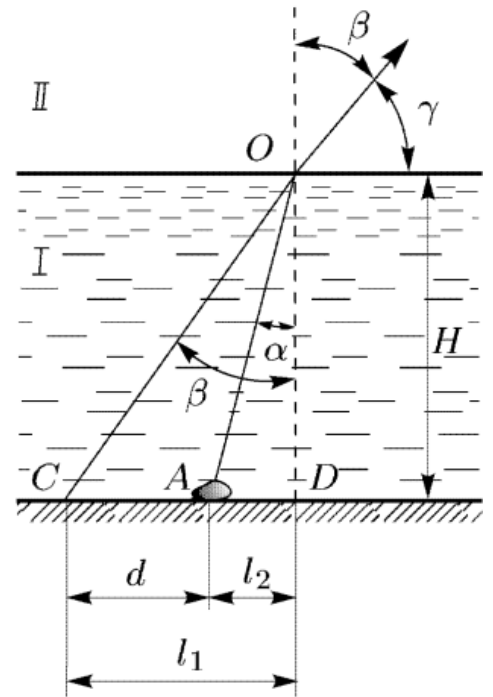


Рис. VIII.60

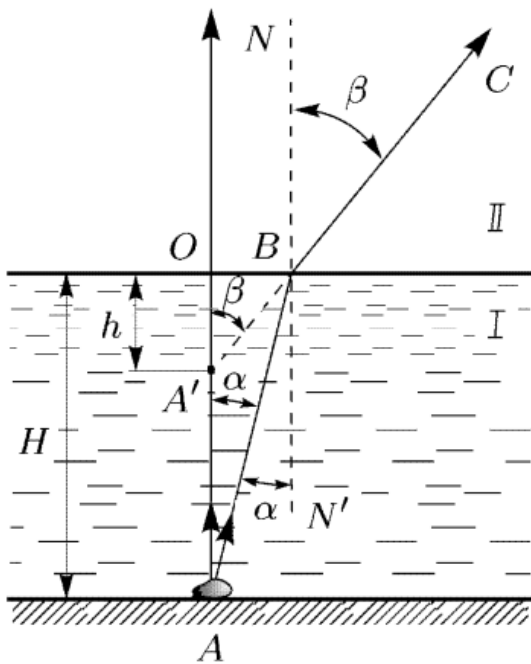


Рис. VIII.61

(РЕШЕНИЕ НЕПОЛНОЕ!!!)

Теперь вычислим l_1, l_2 и d :

$$l_1 = H \cdot \operatorname{tg} \beta = H \cdot \operatorname{tg} 60^\circ \approx 0,69 \text{ (м)}$$

$$l_2 = H \cdot \operatorname{tg} \alpha = H \cdot \operatorname{tg} 42^\circ \approx 0,36 \text{ (м)}$$

$$d = l_1 - l_2 = 0,33 \text{ (м)}.$$

9. Определите смещение светового луча при прохождении его через стеклянную пластинку толщиной 4 см, если угол падения равен 70° . Показатель преломления стекла 1,5.

$$l = 4 \text{ см}$$

$$\alpha = 70^\circ$$

$$n_c = 1,5$$

$$d - ?$$

Луч света AB дважды преломляется на верхней и нижней гранях пластинки (рис. VIII.64). Выходящий из пластинки луч CD параллелен падающему лучу AB , но смещается относительно него на расстояние $|CE| = d$. Значение смещения можно найти из $\triangle BCE$: $d = |BC| \cdot \sin \varphi$, где $\varphi = \alpha - \beta$.

Угол преломления β найдем из закона преломления:

$$\sin \alpha / \sin \beta = n_c; \quad \sin \beta = \sin \alpha / n_c = \sin 70^\circ / n_c;$$

$$\sin \beta = 0,626;$$

$$\beta = \arcsin 0,626 \approx 39^\circ.$$

Длину отрезка BC найдем из $\triangle BCF$:

$$|BC| = |BF| / \cos \beta = l / \cos \beta.$$

С учетом этого найдем смещение:

$$d = \frac{l \sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta} = \frac{l \sin 31^\circ}{\cos 39^\circ};$$

$$d \approx 2,65 \text{ см.}$$

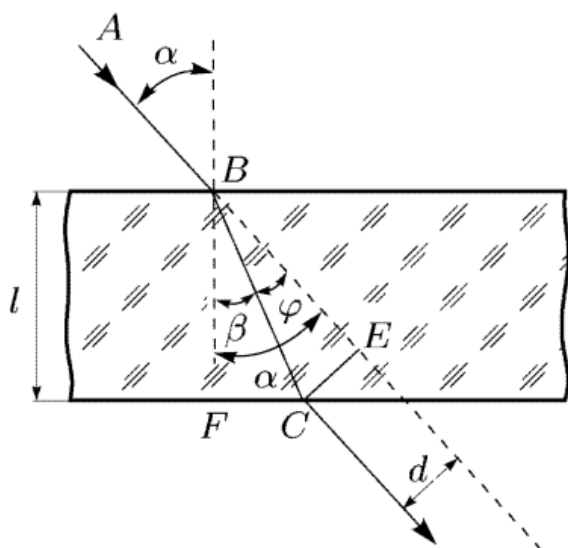


Рис. VIII.64

10. Найдите, на каком расстоянии от собирающей линзы с фокусным расстоянием 30 см надо поставить предмет, чтобы получить его изображение, увеличенное в 10 раз. Где получится изображение предмета?

$$F = 0,3 \text{ м}$$

$$\Gamma = 10$$

$$d - ? \quad f - ?$$

Собирающая линза может давать увеличенное изображение, которое является при одном расположении предмета действительным, а при другом — мнимым. Поэтому задача допускает два решения.

1. Если изображение действительное, то формула линзы для этого случая запишется в виде

$$1/F = 1/d + 1/f.$$

Добавим к этому уравнению формулу (1.6) и решим полученную систему двух уравнений относительно неизвестных d и f :

$$\Gamma = f/d,$$

$$f = \Gamma d, \quad 1/F = 1/d + 1/(\Gamma d) = (\Gamma + 1)/(\Gamma d),$$

$$d = F(\Gamma + 1)/\Gamma, \quad d = 0,33 \text{ м}, \quad f = 3,3 \text{ м}.$$

2. Если изображение является мнимым, то формула линзы запишется в виде

$$1/F = 1/d - 1/f.$$

В остальном решение аналогично рассмотренному выше случаю:

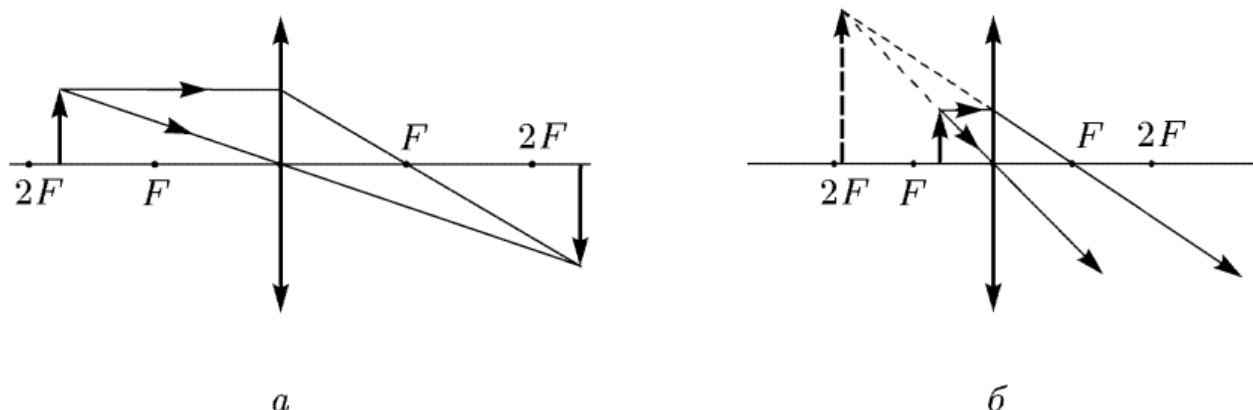


Рис. VIII.66

$$\Gamma = f/d, \quad f = \Gamma d, \quad 1/F = 1/d - 1/(\Gamma d) = (\Gamma - 1)/(\Gamma d),$$

$$d = F(\Gamma - 1)/\Gamma, \quad d = 0,27 \text{ м}, \quad f = 2,7 \text{ м}.$$

Сравнивая полученные значения величины d с фокусным расстоянием, видим, что действительное изображение получается, если $F < d < 2F$, а мнимое, если $d < F$. Построим изображение предмета в обоих случаях (рис. VIII.66 *a*, *б*).

11. Чему равна постоянная дифракционной решетки, если красная линия с длиной волны $7 \cdot 10^{-7}$ м в спектре второго порядка получается на расстоянии 0,25 м от центральной светлой полосы на экране. Расстояние от экрана до дифракционной решетки равно 43,3 см. Дифракция наблюдается при нормальном падении па решетку параллельных лучей белого света.

$$\begin{aligned} \lambda &= 7 \cdot 10^{-7} \text{ м} \\ k &= 2 \\ h &= 0,25 \text{ м} \\ l &= 0,433 \text{ м} \\ \hline d &= ? \end{aligned}$$

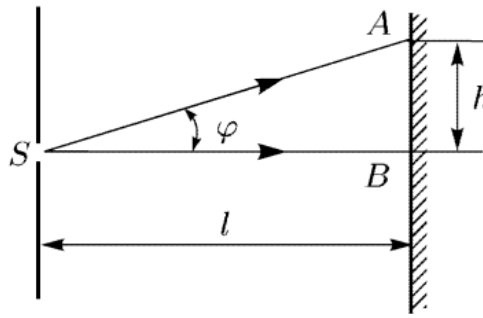


Рис. VIII.92

Из формулы для дифракционной решетки можно найти d , если предварительно определить значение угла φ . Из $\triangle ASB$ (рис. VIII.92) найдем $\text{tg } \varphi = h/l \approx 0,58$; $\varphi = \text{arctg } 0,577 \approx 30^\circ$; $\sin 30^\circ = 0,5$.

$$d \sin \varphi = k\lambda; \quad d = k\lambda / \sin \varphi; \quad d = 2,8 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

12. Дифракционная решетка, имеющая порядок $0,03 \text{ мм}$, освещается светом с длиной волны 600 нм . Расстояние между центральной полосой и спектром четвертого порядка равно 45 мм . На каком расстоянии от дифракционной решетки находится экран?

$$\begin{aligned} d &= 3 \cdot 10^{-5} \text{ м} \\ \lambda &= 6 \cdot 10^{-7} \text{ м} \\ h_k &= 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ м} \\ k &= 4 \\ \hline l &= ? \end{aligned}$$

Из формулы для дифракционной решетки следует, что

$$\sin \varphi = k\lambda / d. \quad (a)$$

Из $\triangle SOL$ (рис. VIII.93) можно найти также $\sin \varphi$:

$$\sin \varphi = h_k / |LS| = h_k / \sqrt{l^2 + h_k^2}. \quad (б)$$

Совместим уравнения (a) и (б):

$$k\lambda / d = h_k / \sqrt{l^2 + h_k^2}.$$

Из полученного уравнения следует, что искомое расстояние

$$l = h_k \sqrt{d^2 - k^2 \lambda^2} / (k\lambda);$$

$$[l] = \text{м} \sqrt{\text{м}^2} / \text{м} = \text{м};$$

$$l \approx 0,56 \text{ м.}$$

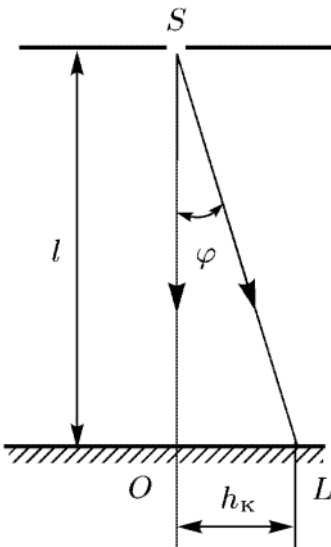


Рис. VIII.93

Примечание: так как угол φ обычно мал, то с хорошим приближением можно считать, что $\sin \varphi \approx \text{tg } \varphi = h_k / l$. Тогда уравнение для нахождения искомой величины будет выглядеть проще:

$$k\lambda / d = h_k / l; \quad \text{отсюда} \quad l = dh_k / (k\lambda); \quad l \approx 0,56 \text{ м.}$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Предмет находится от плоского зеркала на расстоянии 20 см. На каком расстоянии от предмета окажется его изображение, если предмет отодвинуть на 10 см от зеркала?

2. Каким должен быть угол падения светового луча, чтобы отраженный луч составлял с падающим угол 50° ?

3. Как изменится угол между падающим и отраженным лучами, если угол падения уменьшить на 10° ?

4. Угол между падающим и отраженным лучами 30° . Каким будет угол отражения, если угол падения увеличить на 15° ?

5. Плоское зеркало поворачивается на угол 27° . На какой угол повернется отраженный от зеркала луч?

6. Горизонтальный луч света падает на плоское зеркало, расположенное вертикально. На какой угол повернется луч, отраженный от зеркала при повороте последнего на угол α ?

7. Луч света падает под углом 35° к поверхности зеркала. Чему равны угол отражения и угол между падающим и отраженным лучами?

8. Человек, идущий по шоссе, увидел в защитном стекле встречного автомобиля отражение Солнца. Под каким углом к горизонту наклонено стекло, если угловая высота Солнца над горизонтом 18° , а попадающий в глаз луч направлен горизонтально? Солнце, автомобиль и человек расположены в одной вертикальной плоскости.

9. Луч света, направленный горизонтально, падает на вертикально стоящий экран. Если на пути луча поместить плоское зеркало, то световое пятно на экране сместится вверх на 3,5 см. Определите угол падения луча на зеркало, если расстояние от зеркала до экрана равно 50 см.

10. Небольшой предмет находится перед плоским зеркалом и движется по вертикали со скоростью 3 см/с, а зеркало перемещается в горизонтальном направлении со скоростью 4 см/с. С какой скоростью движется изображение в системе отсчета, связанной с Землей?

11*. Плоское зеркало вращается с частотой $0,5 \text{ с}^{-1}$. С какой линейной скоростью будет перемещаться «зайчик» по сферическому экрану радиусом 10 м, если зеркало находится в центре кривизны экрана?

12. Луч от подводного источника света падает на поверхность воды под углом 35° . Под каким углом он выйдет в воздух?

13. Свет падает на границу раздела двух сред, причем при угле падения 30° угол преломления равен 40° . Найдите показатель преломления второй среды, если для первой он равен 1,6.

14. Определите показатель преломления и скорость света в слюде, если при угле падения 60° угол преломления равен 32° .

15. Найдите абсолютный показатель преломления среды, если скорость распространения света в ней 200000 км/с.

16. Найдите значение угла преломления в масле, если свет идет из воздуха и угол его падения равен 45° . Показатель преломления масла равен 1,3.

17. Водолаз определил угол преломления луча в воде, который оказался равным 32° . Под каким углом к поверхности воды падают лучи света?

18. Солнечные лучи падают на поверхность воды при угловой высоте Солнца над горизонтом 30° . Под каким углом пойдут эти лучи в воде после преломления?

19. Абсолютные показатели преломления алмаза и стекла, соответственно, равны 2,42 и 1,5. Каково соотношение толщин этих веществ, если время распространения света в них одинаково?

20. На какой угол отклонится луч от первоначального направления, упав под углом 45° на поверхность стекла? на поверхность алмаза?

21. Под каким углом должен падать луч на поверхность стекла, чтобы угол преломления был в два раза меньше угла падения?

22. Найдите угол падения луча на поверхность воды, если известно, что он больше угла преломления на 10° .

23. Луч света падает на поверхность воды под углом 40° . Под каким углом должен упасть луч на поверхность стекла, чтобы угол преломления остался таким же, как и в первом случае?

24. На какой угол отклоняется луч света от своего первоначального направления при переходе из стекла в воздух, если угол падения 30° , а показатель преломления стекла равен 1,5.

25. Луч света переходит из воздуха в пластину из льда под углом 45° и преломляется в ней под углом 30° . Определите показатель преломления и предельный угол полного внутреннего отражения для льда.

26. Луч света падает на границу раздела стекла с показателем преломления 1,57 и воды. Определите предельный угол полного внутреннего отражения.

27. Определите предельный угол полного внутреннего отражения для воды, стекла, алмаза.

28. Луч света идет из скипидара в воздух. Предельный угол полного внутреннего отражения в этом случае равен 42° . Определите скорость света в скипидаре.

29. Предельный угол полного внутреннего отражения плексигласа равен 42° . Определите скорость света в плексигласе.

30. Найдите предельный угол полного внутреннего отражения кедрового масла на границе с воздухом, если свет в кедровом масле распространяется со скоростью $2 \cdot 10^8$ м/с.

31. Выйдет ли световой луч из воды в воздух, если угол падения равен 45° ? 50° ?

32. Предельный угол полного отражения для спирта равен 47° . Найдите показатель преломления спирта.

33. Перед линзой, оптическая сила которой +2,5 дптр, на расстоянии 30 см находится предмет высотой 20 см. Определите, на каком расстоянии от линзы надо поместить экран и каков будет размер изображения.

34. Изображение предмета, помещенного перед собирающей линзой на расстоянии 40 см, получено по другую сторону линзы в натуральную величину. Определите линейное увеличение линзы, расстояние от линзы до изображения предмета, фокусное расстояние и оптическую силу линзы. Постройте ход лучей от предмета до изображения и укажите, каким оно будет.

35. На каком расстоянии от собирающей линзы надо расположить предмет, чтобы его изображение получилось на двойном фокусном расстоянии от линзы? Чему равно в этом случае увеличение?

36. Перед двояковыпуклой линзой, оптическая сила которой +2,5 дптр, на расстоянии 30 см находится предмет высотой 20 см. Определите фокусное расстояние линзы, расстояние от линзы до изображения предмета, линейное

увеличение линзы, высоту изображения предмета и укажите, какое изображение дает линза.

37. На каком расстоянии от собирающей линзы с фокусным расстоянием 20 см получится изображение предмета, если сам предмет находится от линзы на расстоянии 15 см?

38. Каково фокусное расстояние и оптическая сила собирающей линзы, дающей мнимое изображение предмета, помещенного перед ней на расстоянии 40 см? Расстояние от линзы до изображения равно 1,2 м.

39. Как надо поместить собирающую линзу с фокусным расстоянием 13 см, предмет и экран, чтобы получить пятикратное увеличение?

40. Собирающая линза, расположенная на расстоянии 4 см от предмета, дает мнимое, увеличенное в пять раз, изображение предмета. Какова оптическая сила линзы?

41. Расстояние между лампой и экраном 3,2 м. Определите, на каком расстоянии от лампы надо установить линзу, чтобы получить четкое изображение лампы, увеличенное в 3 раза.

42. Расстояние между лампочкой и экраном равно 1 м. На каком расстоянии от лампочки нужно поместить линзу с фокусным расстоянием 9 см, чтобы на экране получилось ее четкое изображение?

43. Расстояние от предмета до экрана равно 90 см. Где надо поместить между ними линзу с фокусным расстоянием 20 см, чтобы получить на экране изображение предмета?

44. Собирающая линза дает на экране четкое изображение предмета, которое в 2 раза больше этого предмета. Расстояние от предмета до линзы на 6 см превышает ее фокусное расстояние. Найдите расстояние от линзы до экрана.

45. Изображение предмета в собирающей линзе с расстояния 15 м получилось высотой 30 мм, а с расстояния 9 м – высотой 56 мм. Найдите фокусное расстояние линзы.

46. Предмет находится на расстоянии 1,5 м от экрана, на котором с помощью собирающей линзы получается увеличенное изображение размером 18 мм. Затем экран отодвигают на 3 м и снова получают увеличенное изображение размером 96 мм. Определите размер предмета и фокусное расстояние линзы.

47. Предмет расположен на расстоянии 1,6F от линзы. Его приблизили к линзе на 0,8F. Насколько при этом переместилось изображение предмета, если оптическая сила линзы 2,5 дптр?

48. С какого наименьшего расстояния можно сфотографировать здание длиной 100 м и высотой 60 м, если фокусное расстояние объектива 50 мм, а размер кадра на пленке 24 мм x 36 мм?

49. При фотографировании с расстояния 200 м высота дерева на негативе оказалась равной 5 мм. Какова действительная высота дерева, если фокусное расстояние объектива 50 мм?

50. Объектив фотоаппарата имеет фокусное расстояние 50 мм. На каком расстоянии от объектива должен быть помещен предмет, чтобы снимок получился в $1/9$ натуральной величины?

51. Изображение предмета на матовом стекле фотоаппарата с расстояния 15 м получилось высотой 60,6 мм, а с расстояния 9 м – высотой 101,6 мм. Найдите фокусное расстояние объектива.

52. С высоты одного километра сфотографирована река. Какова ширина реки, если на снимке она равна 8 см? Оптическая сила объектива фотоаппарата равна 12,5 дптр.

53. На снимке, сделанном камерой с фотообъективом, фокусное расстояние которого 13,5 см, при длине камеры 15 см, получилось изображение предмета размером 2 см. Каков действительный размер предмета?

54. Какова длина волны желтого света паров натрия в стекле с показателем преломления 1,56? Длина волны этого света в воздухе 589 нм.

55. Длина волны красного света в вакууме 720 нм. Определите длину волны красного света в среде, в которой скорость света равна 200000 км/с.

56. Скорость светового луча в некоторой среде равна 240000 км/с, а длина волны – 8 мкм. Определите величину показателя преломления и частоту колебаний.

57. Определите длину световой волны, частота колебаний которой равна $5 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$ в вакууме.

58. Как изменится длина волны при нормальном падении света на границу раздела воздух – стекло? Показатель преломления стекла n , длина волны в воздухе λ_0 –

59. Световые волны в некоторой жидкости имеют длину волны 500 нм и частоту $4,5 \cdot 10^{14}$ Гц. Определите абсолютный показатель преломления этой жидкости.

60. Длина волны желтого света в воздухе равна 580 нм, а в жидкости 400 нм. Определите оптическую плотность жидкости.

61. При переходе лучей из воды в вакуум длина волны их увеличилась на 0,12 мкм. Определите длину волны этих лучей в вакууме и в воде.

62. Как и во сколько раз изменится расстояние между соседними интерференционными полосами на экране в опыте Юнга, если зеленый светофильтр ($\lambda_1 = 500 \text{ нм}$) заменить красным ($\lambda_2 = 650 \text{ нм}$)?

63. Расстояние между соседними максимумами освещенности при интерференции равно 1,2 мм. Расстояние между когерентными источниками равно 1 мм, расстояние от источников света до экрана – 2 м. Найдите длину волны света.

64. Два когерентных источника испускают свет с длиной волны 600 нм. Определите расстояние между нулевым и первым максимумом яркости, если расстояние между источниками равно 1 мм, а расстояние от источников до экрана – 4 м.

65. Расстояние между двумя когерентными источниками света равно 0,5 мм, расстояние до экрана – 5 м. В зеленом свете интерференционные полосы получились на расстоянии 5 мм друг от друга. Найдите длину волны зеленого света.

66. Найдите длину волны монохроматического света, если на экране, удаленном на 2 м от двух мнимых изображений одного источника света, на каждые 10 мм приходится 4 темные полосы. Расстояние между мнимыми источниками света равно 0,4 мм.

67. Определите постоянную дифракционной решетки, если на решетке длиной 2,5 см нанесено 12500 штрихов.

68. На дифракционную решетку с периодом 4 мкм падает нормально монохроматический свет. При этом максимуму четвертого порядка

соответствует отклонение луча от первоначального направления на угол 30° . Определите длину волны света.

69. Дифракционная решетка содержит 500 штрихов на 1 мм. На решетку падает свет с длиной волны 500 нм. Под каким углом виден первый максимум?

70. Длина волны красной линии кадмия равна 643,8 нм. Каков угол отклонения луча в спектре первого порядка, если дифракционная решетка имеет 5684 штриха на 1 см?

71. На дифракционную решетку падает нормально свет. При этом максимуму второго порядка для линии 0,65 мкм соответствует угол 45° . Найдите угол, соответствующий максимуму третьего порядка для линии, 0,5 мкм.

72. Определите длину волны линии в дифракционном спектре второго порядка, совпадающей с линией спектра третьего порядка, у которой длина волны 400 нм.

73. Период дифракционной решетки равен 3 мкм. Найдите наибольший порядок спектра для желтого света – длина волны 580 нм.

74. Найдите наибольший порядок спектра желтой линии натрия с длиной волны 589 нм, если период дифракционной решетки равен 2 мкм.

75. Определите, какую наибольшую длину волны можно наблюдать в спектре дифракционной решетки, имеющей 500 штрихов на 1 мм.

76. Определите наибольший порядок спектра, который может дать дифракционная решетка, имеющая 500 штрихов на 1 мм, если длина волны падающего света равна 590 мкм. Какую наибольшую длину волны можно наблюдать в спектре этой решетки?

77. Какова ширина всего спектра первого порядка (длины волн заключены в пределах от 0,38 до 0,76 мкм). полученного на экране, отстоящем на 3 м от дифракционной решетки с периодом 0,01 мм?

78. Дифракционная решетка, на каждом миллиметре которой нанесены 75 штрихов, освещается монохроматическим светом с длиной волны 500 нм. На экране, параллельном решетке, видна интерференционная картина: расстояние от центральной светлой полосы до второй полосы равно 11,25 см. Определите расстояние экрана от решетки.

79. На каком расстоянии от дифракционной решетки нужно поставить экран, чтобы расстояние между центральной полосой и спектром четвертого порядка было равно 50 мм для света с длиной волны 500 нм? Постоянная дифракционной решетки равна 0,02 мм.

80. Период дифракционной решетки равен 0,016 мм. Красная линия спектра второго порядка расположена на расстоянии 14,2 см от средней линии. Расстояние от решетки до экрана равно 1,5 м. Определите длину волны красных лучей и ширину спектра второго порядка. Длина волны фиолетовых лучей равно 400 нм.

ОТВЕТЫ

1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
11.		
12.		
13.		
14.		
15.		
16.		
17.		
18.		
19.		
20.		
21.		
22.		
23.		
24.		
25.		
26.		
27.		
28.		
29.		
30.		
31.		
32.		
33.		
34.		
35.		
36.		
37.		
38.		
39.		
40.		
41.		
42.		
43.		
44.		
45.		
46.		
47.		
48.		
49.		
50.		
51.		
52.		
53.		

54.		
55.		
56.		
57.		
58.		
59.		
60.		

Полное решение отдельных задач.