

1.

На дне водоема, глубина которого 2 м, находится предмет. На какой глубине увидит этот предмет наблюдатель, который смотрит на него сверху перпендикулярно поверхности воды? Показатель преломления  $n = 1,33$ .

(1,5 м)

2.

Определите боковое смещение луча после прохождения через плоскопараллельную пластинку толщиной 6 см, имеющую показатель преломления 1,6. Угол падения  $40^\circ$ .

(1,85 см)

3.

Величина прямого изображения предмета вдвое больше самого предмета. Расстояние между предметом и изображением равно 20 см. Чему равно фокусное расстояние собирающей линзы?

(0,4 м)

4.

Предмет, расположенный на двойном фокусном расстоянии от тонкой собирающей линзы, передвигают:

А) ближе к фокусу линзы;

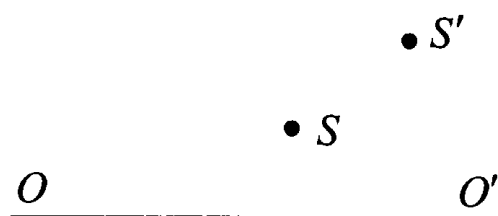
Б) дальше от линзы.

Как изменится его изображение при этом?

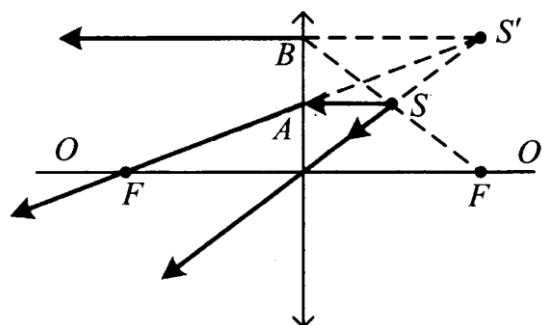
(12)

5.

Найдите построением положение тонкой линзы и ее фокусов на главной оптической оси, если известны положения источника  $S$  и его изображения  $S'$  (рис. 52.9, а,  $OO'$  — главная оптическая ось).



Ответ:



6.

Мнимое изображение предмета в рассеивающей линзе находится от нее на расстоянии в 2 раза меньшем, чем расстояние от линзы до предмета. Найдите расстояние от линзы до изображения, если фокусное расстояние линзы равно 50 см.

(25 см)

7.

Расстояние от предмета до экрана, где получается четкое изображение предмета, 4 м. Изображение в 3 раза больше самого предмета. Найдите фокусное расстояние линзы. (75 см)

8.

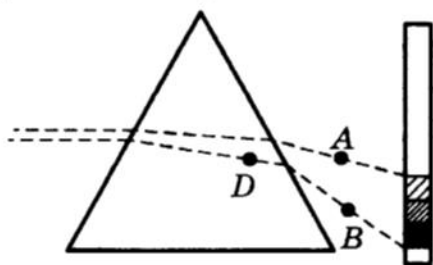
На экране с помощью тонкой линзы с фокусным расстоянием 40 см получено четкое изображение предмета с пятикратным увеличением. На каком расстоянии от линзы находится предмет? (48 см)

9.

Высота изображения человека ростом 160 см на фотопленке 2 см. Найдите оптическую силу объектива фотоаппарата, если человек сфотографирован с расстояния 9 м. (9 дптр)

10.

На стеклянную призму направляют пучок солнечного света и на экране наблюдают спектр (см. рис.). Обозначим:  $v_D$ ,  $v_A$ ,  $v_B$  — скорости света в точках D, A и B соответственно. Сравните скорости в этих точках.



Ответ:  $v_A = v_B > v_D$

11. Палка, наполовину погружённая в вертикальном положении в воду, отбрасывает на дно бассейна тень длиной  $l = 0,5$  м. Определите длину выступающей над водой части палки, если глубина воды равна  $h = 3$  м, а угол падения солнечных лучей равен  $\alpha = 30^\circ$ . (Показатель преломления воды —  $4/3$ .) ( $\approx 0,51$ )

12. В горизонтальное дно водоема глубиной 4 м вертикально вбита свая. При угле падения солнечных лучей на поверхность воды, равном  $30^\circ$ , свая отбрасывает на дно водоема тень длиной 3 м. Постройте ход лучей и найдите длину непогруженной части сваи. Коэффициент преломления воды  $n = \frac{4}{3}$ . ( $\approx 2,4$ )

13.

На дне ручья лежит камешек. Мальчик хочет попасть в него палкой. Прицеливаясь, он держит палку в воздухе под углом  $45^\circ$ . На каком расстоянии от камешка воткнется в дно ручья палка, если его глубина 32 см? Показатель преломления воды  $4/3$ . (12 см)

14.

Солнце составляет с горизонтом угол, синус которого 0,6. Шест высотой 170 см вбит в дно водоема глубиной 80 см. Найдите длину тени на дне водоема, если показатель преломления воды  $4/3$ .

(1,8 м)

15.

На дне водоема глубиной 2 м лежит зеркало. Луч света, пройдя через воду, отражается от зеркала и выходит из воды. Найдите расстояние между точкой входа луча в воду и точкой выхода луча из воды, если показатель преломления воды 1,33, а угол падения входящего луча  $30^\circ$ .

(1,62 м)

16. На экране с помощью тонкой линзы получено изображение предмета с пятикратным увеличением. Предмет находится на главной оптической оси, а плоскость экрана перпендикулярна этой оси. Экран передвинули на 30 см вдоль главной оптической оси линзы. Затем при неизменном положении линзы передвинули предмет, чтобы изображение снова стало резким. В этом случае получено изображение с трехкратным увеличением. Определите фокусное расстояние линзы. (15 см)

17. На экране с помощью тонкой линзы получено изображение предмета с пятикратным увеличением. Предмет передвинули вдоль главной оптической оси линзы. Затем экран при неизменном положении линзы передвинули на 30 см, чтобы изображение снова стало резким. В этом случае получено изображение с трехкратным увеличением. На сколько передвинули предмет? (2 см)

18. В плоскости, параллельной плоскости тонкой собирающей линзы, вращается точечный источник света по окружности с центром на главной оптической оси. Источник удален от линзы на расстояние 15 см. Скорость изображения равна 10 м/с, фокусное расстояние линзы составляет 10 см. Нарисуйте чертеж и покажите ход лучей. Найдите скорость источника. (5 м/с)

19. Линза, фокусное расстояние которой 15 см, дает на экране изображение предмета с пятикратным увеличением. Экран передвинули вдоль главной оптической оси линзы. Затем при неизменном положении линзы передвинули предмет, чтобы изображение снова стало резким. В этом случае получено изображение с трехкратным увеличением. На сколько пришлось сдвинуть предмет относительно его первоначального положения? (2 см)

20. Предмет находится на главной оптической оси на расстоянии  $a = 16$  см от собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 8$  см. Предмет перемещают на расстояние 20 см от линзы и на 3 см от главной оптической оси. Сделайте рисунок с построением хода лучей. Определите, на какое расстояние сместилось изображение предмета относительно начального положения. (10/3 см)

21. На экране с помощью тонкой линзы получено изображение предмета с пятикратным увеличением. Экран передвинули на 30 см вдоль главной оптической оси линзы. Затем при неизменном положении линзы передвинули предмет, чтобы изображение снова стало резким. В этом случае получилось изображение с трехкратным увеличением. На

сколько пришлось передвинуть предмет относительно его первоначального положения? **(2 см)**

22. Линза, фокусное расстояние которой 15 см, дает на экране изображение предмета с пятикратным увеличением. Экран передвинули вдоль главной оптической оси линзы. Затем при неизменном положении линзы передвинули предмет, чтобы изображение снова стало резким. В этом случае получено изображение с трехкратным увеличением. На сколько пришлось сдвинуть предмет относительно его первоначального положения? **(2 см)**

23. На оси ОХ в точке  $x_1 = 0$  находится оптический центр тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием  $F_1 = -20$  см, а в точке  $x_2 = 20$  см — тонкой собирающей линзы. Главные оптические оси обеих линз лежат на оси ОХ. На рассеивающую линзу вдоль оси ОХ падает параллельный пучок света из области  $x < 0$ . Пройдя данную оптическую систему, лучи собираются в точке с координатой  $x = 60$  см. Найдите фокусное расстояние собирающей линзы  $F_2$ . **(20 см)**

24. На оси ОХ в точке  $x_1 = 0$  находится оптический центр тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F_1 = 30$  см, а в точке  $x_2 = 15$  см — тонкой рассеивающей линзы. Главные оптические оси обеих линз лежат на оси ОХ. На собирающую линзу по оси ОХ падает параллельный пучок света из области  $x < 0$ . Пройдя оптическую систему, пучок остается параллельным. Найдите фокусное расстояние  $F_2$  рассеивающей линзы. **(-15 см)**

25. На оси ОХ в точке  $x_1 = 0$  находится оптический центр тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием  $F_1 = -20$  см, а в точке  $x_2 = 20$  см — тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F_2 = 30$  см. Главные оптические оси обеих линз лежат на оси  $x$ . Свет от точечного источника  $S$ , расположенного в точке  $x < 0$ , пройдя данную оптическую систему, распространяется параллельным пучком. Найдите координату  $x$  точечного источника. **(-20 см)**

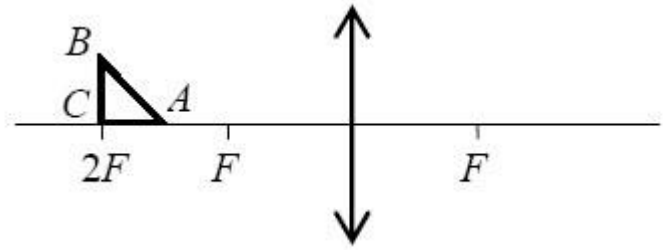
26. Человек читает книгу, держа ее на расстоянии 50 см от глаз. Если это для него расстояние наилучшего видения, то какой оптической силы очки позволят ему читать книгу на расстоянии 25 см? **(2 дптр)**

27. Объективы современных фотоаппаратов имеют переменное фокусное расстояние. При изменении фокусного расстояния «наводка на резкость» не сбивается. Условимся считать изображение на плёнке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на плёнке получается изображение пятна диаметром не более 0,05 мм. Поэтому если объектив находится на фокусном расстоянии от плёнки, то резкими считаются не только бесконечно удалённые предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния  $d$ . Оказалось, что это расстояние равно 5 м, если фокусное расстояние объектива 50 мм. Как изменится это расстояние, если, не меняя «относительного отверстия» изменить фокусное расстояние объектива до 25 мм? («Относительное отверстие» — это отношение фокусного расстояния к диаметру входного отверстия объектива.) При расчётах считать объектив тонкой линзой. Сделайте рисунок, поясняющий образование пятна. **(1,25 м)**

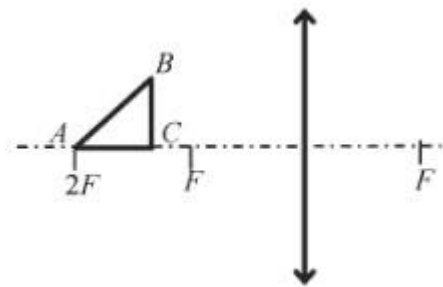
28. Условимся считать изображение на плёнке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на плёнке получается изображение пятна диаметром не более 0,05 мм. Поэтому если объектив находится на фокусном расстоянии от плёнки, то резкими считаются не только бесконечно удалённые предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния  $d$ . Найдите фокусное расстояние

объектива, если при «относительном отверстии»  $a = 4$  резкими оказались все предметы далее 12,5 м. («Относительное отверстие» — это отношение фокусного расстояния к диаметру входного отверстия объектива.) Сделайте рисунок, поясняющий образование пятна. (50 мм)

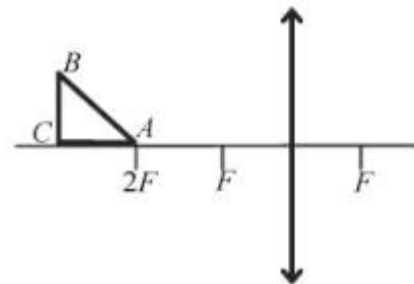
29. Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC площадью  $50 \text{ см}^2$  расположен перед тонкой собирающей линзой так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы. Фокусное расстояние линзы 50 см. Вершина прямого угла C лежит дальше от центра линзы, чем вершина острого угла A. Расстояние от центра линзы до точки C равно удвоенному фокусному расстоянию линзы (см. рисунок). Постройте изображение треугольника ABC и найдите площадь получившейся фигуры. ( $62,5 \text{ см}^2$ )



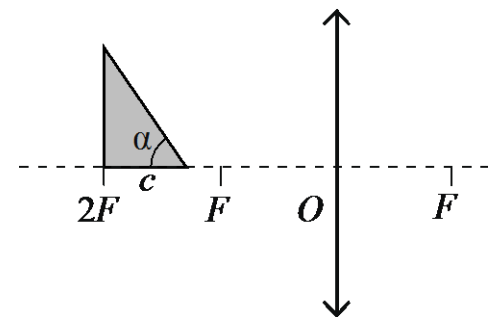
30. Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC площадью  $50 \text{ см}^2$  расположен перед тонкой собирающей линзой так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы. Фокусное расстояние линзы равно 50 см. Вершина прямого угла C лежит ближе к центру линзы, чем вершина острого угла A. Расстояние от центра линзы до точки A равно удвоенному фокусному расстоянию линзы (см. рисунок). Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры. ( $\approx 78 \text{ см}^2$ )



31. Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC расположен перед тонкой собирающей линзой оптической силой 2,5 дптр так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы (см. рисунок). Вершина прямого угла C лежит дальше от центра линзы, чем вершина острого угла A. Расстояние от центра линзы до точки A равно удвоенному фокусному расстоянию линзы,  $AC = 4 \text{ см}$ . Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры. ( $\approx 6,5 \text{ см}^2$ )

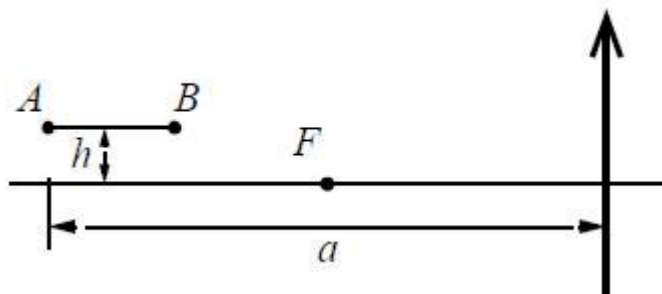


32. Прямоугольный треугольник расположен перед собирающей линзой с фокусным расстоянием  $F = 20 \text{ см}$ , как показано на рисунке. Катет треугольника, расположенный на главной оптической оси, имеет длину  $c = 2 \text{ см}$ , а его гипотенуза составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  с главной оптической осью линзы. Определите тангенс угла, который составляет с главной оптической осью линзы гипотенуза даваемого линзой изображения этого треугольника. Постройте изображение треугольника в линзе. ( $\approx 1,56$ )

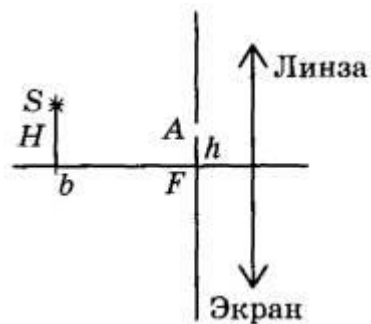


33. На экране, перпендикулярном главной оптической оси некоторой тонкой линзы, получили действительное изображение небольшого предмета, находящегося на расстоянии  $a = 25 \text{ см}$  от этой линзы, с линейным увеличением  $\Gamma = 2$ . После замены этой линзы на другую, находящуюся в том же месте и на том же расстоянии до предмета, увеличение изображения предмета при новом положении экрана, соответствующем резкому изображению, стало больше в  $n = 2,5$  раза. Чему равна оптическая сила  $D_2$  второй линзы? (4,8 дптр)

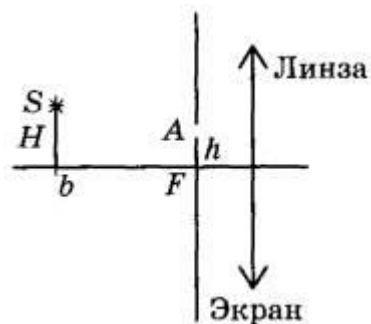
34. Тонкая палочка АВ длиной  $l = 10$  см расположена параллельно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии  $h = 15$  см от неё (см. рисунок). Конец А палочки располагается на расстоянии  $a = 40$  см от линзы. Постройте изображение палочки в линзе и определите его длину  $L$ . Фокусное расстояние линзы  $F = 20$  см. **(25 см)**



35. Главная оптическая ось тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 20$  см и точечный источник света S находятся в плоскости рисунка. Точка S находится на расстоянии  $b = 60$  см от плоскости линзы и на расстоянии  $H$  от её главной оптической оси. В левой фокальной плоскости линзы находится тонкий непрозрачный экран с маленьким отверстием А, находящимся в плоскости рисунка на расстоянии  $h = 4$  см от главной оптической оси линзы. Пройдя через отверстие в экране и линзу, луч SA от точечного источника пересекает её главную оптическую ось на расстоянии  $x = 16$  см от плоскости линзы. Найдите величину  $H$ . Дифракцией света пренебечь. Постройте рисунок, показывающий ход луча через линзу. **(5,6 см)**

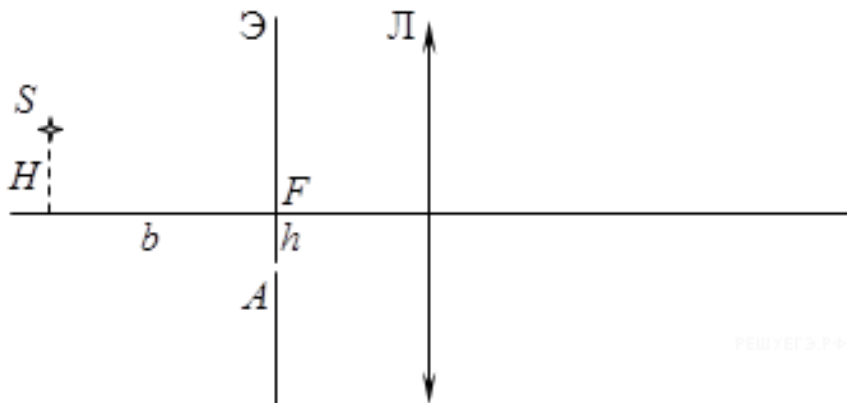


36. Главная оптическая ось тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 20$  см и точечный источник света S находятся в плоскости рисунка. Точка S находится на расстоянии  $b = 70$  см от плоскости линзы и на расстоянии  $H = 5$  см от её главной оптической оси. В левой фокальной плоскости линзы лежит тонкий непрозрачный экран с маленьким отверстием А, находящимся в плоскости рисунка на расстоянии  $h = 4$  см от главной оптической оси линзы. На каком расстоянии  $x$  от плоскости линзы луч SA от точечного источника, пройдя через отверстие в экране и линзу, пересечёт её главную оптическую ось? Дифракцией света пренебечь. Постройте рисунок, показывающий ход луча через линзу. **(18 см)**



37. На расстоянии  $b$  от собирающей линзы находится точечный источник света, расположенный на высоте  $H$  от главной оптической оси. В фокальной плоскости линзы расположен экран с маленькой щелью А на расстоянии  $h$  от главной оптической оси. Изобразите ход луча SA и определите, на каком расстоянии  $x$  от плоскости линзы этот луч пересечёт главную оптическую ось.

$F = 20$  см,  
 $h = 4$  см,  
 $b = 70$  см,  
 $H = 5$  см.



**Решение.**

Построим изображение источника  $S'$ ,

используя свойства тонкой линзы:

луч, идущий параллельно оптической оси,  
после преломления в линзе проходит через её

фокус;

луч, идущий через середину линзы, не преломляется.

Луч  $SA$  после преломления в линзе также пройдёт через

точку  $S'$ .

Теперь вычислим, где он пересекает оптическую ось. Луч преломляется в линзе на расстоянии  $y$  от оптической оси. Из подобия треугольников находим, что

$$\frac{H+h}{b-F} = \frac{H+y}{b} \Leftrightarrow y = \frac{b(H+h)}{b-F} - H = \frac{bh+HF}{b-F}.$$

По формуле тонкой линзы находим положение  $S'$ :

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{b'} = \frac{1}{F} \Leftrightarrow b' = \frac{bF}{b-F},$$

$$\frac{H'}{H} = \frac{b'}{b} \Leftrightarrow H' = \frac{Hb'}{b} = \frac{HF}{b-F}.$$

Из подобия треугольников находим, что

$$\frac{y}{x} = \frac{H'}{x-b'} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow x = \frac{yb'}{y-H'} = \frac{\frac{bh+HF}{b-F} \cdot \frac{bF}{b-F}}{\frac{bh+HF}{b-F} - \frac{HF}{b-F}} = \frac{F(bh+HF)}{h(b-F)} = \frac{20 \cdot (70 \cdot 4 + 5 \cdot 20)}{4 \cdot (70 - 20)} = 38 \text{ см.}$$

Ответ: ход луча изображён на рисунке,  $x = 38$  см.

