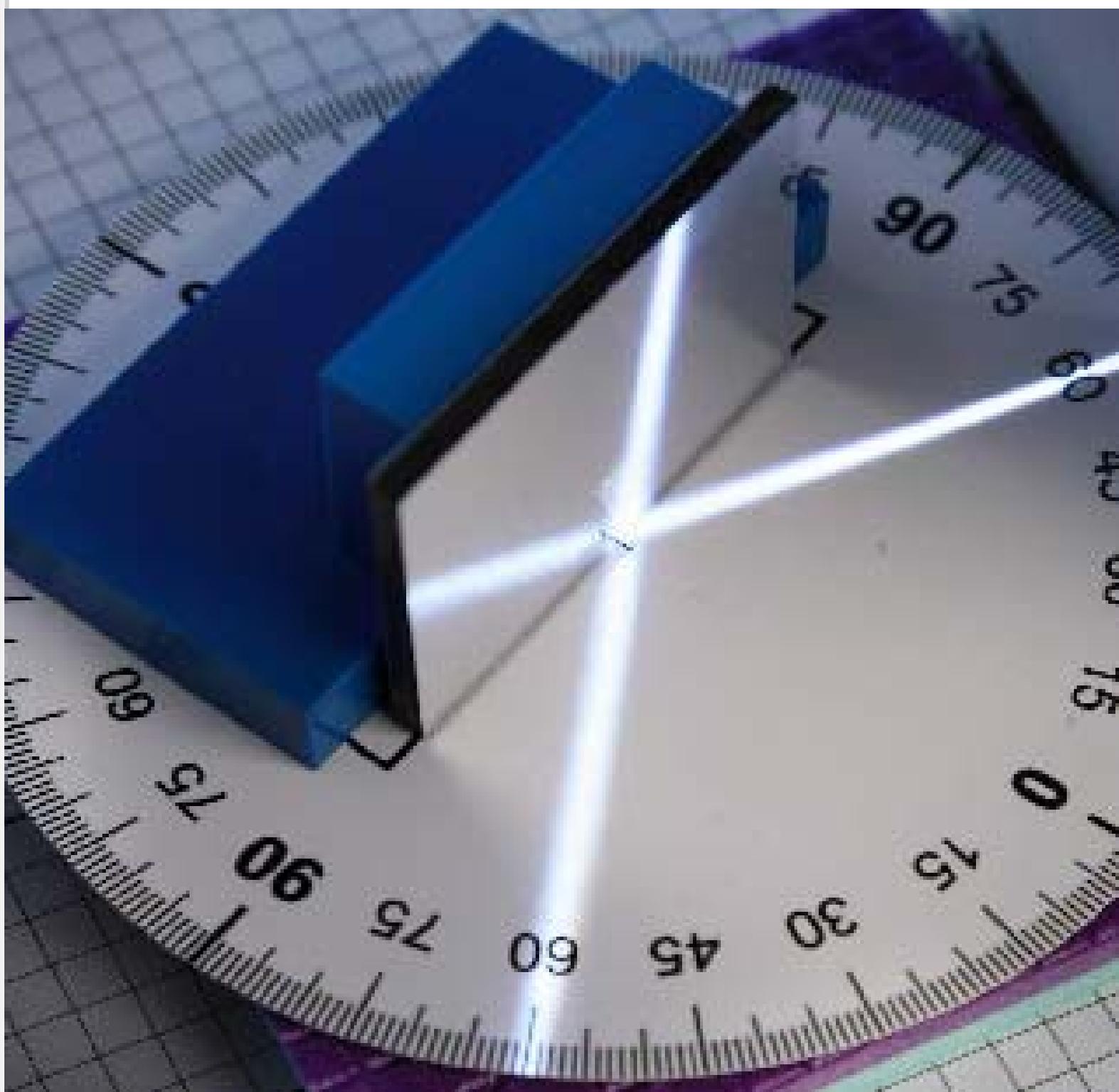


# Виртуальный курс физики

## Оптика

Геометрическая оптика. Задачи для самостоятельного решения





# Оптика

## Геометрическая оптика

### Рекомендации по решению задач

При решении задач по геометрической оптике рекомендуется:

- а) изобразить ход лучей в оптической системе, при этом сплошными линиями показать лучи, формирующие действительные изображения, а пунктирными линиями – продолжения лучей, которые образуют мнимые изображения;
- б) записать формулы, выражающие законы геометрической оптики, и соотношения, которые вытекают из геометрических построений;
- в) составить уравнение для нахождения неизвестной величины, провести соответствующие алгебраические преобразования и определить эту величину.

### Основные законы и соотношения

$$i = i'$$

– угол падения;  $i'$  – угол отражения.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2},$$

где  $i$  – угол падения;  $r$  – угол преломления;  $n_{21}$  – относительный показатель преломления 2-й среды относительно 1-й;  $n_1, n_2$  – абсолютные показатели преломления 1-й и 2-й сред;  $v_1, v_2$  – скорости света в 1-й и 2-й средах.

$$\sin i_{\text{пр}} = n_{21},$$

где  $i_{\text{пр}}$  – предельный угол полного внутреннего отражения;  $n_{21}$  – относительный показатель преломления ( $n_1 > n_2$ ).

$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

– оптическая сила линзы;  $d$  – расстояние от линзы до предмета;  $f$  – расстояние от линзы до изображения;  $F$  – фокусное расстояние.

$$k = \frac{A'B'}{AB} = \frac{f}{d}$$

– увеличение линзы;  $A'B'$  и  $AB$  – линейные размеры изображения и предмета;  $f$  и  $d$  – расстояние от линзы до изображения и предмета.

## Задачи для самостоятельного решения

1. Определите абсолютный показатель преломления скипидара и скорость распространения в нем света, если известно, что при угле падения  $45^\circ$  угол преломления равен  $30^\circ$ .

*Ответ:*  $2,1 \cdot 10^8$  м/с.

2. Скорость распространения света в некоторой жидкости равна  $240000$  км/с. На поверхность этой жидкости из воздуха падает луч света под углом  $25^\circ$ . Определите угол преломления луча.

*Ответ:*  $19,7^\circ$ .

3. Солнечные лучи падают на поверхность воды. Под каким углом будут направлены эти лучи после преломления в воде, если высота Солнца над горизонтом  $30^\circ$ ?

*Ответ:*  $40,6^\circ$ .

4. Луч света переходит из глицерина в воду. Определите угол преломления луча, если угол падения равен  $30^\circ$ . Абсолютный показатель преломления глицерина равен  $1,47$ .

*Ответ:*  $33,5^\circ$ .

5. Луч света переходит из глицерина в воздух. Каким будет угол преломления луча, если он падает под углом  $22^\circ$ ? Абсолютный показатель преломления глицерина равен  $1,47$ .

*Ответ:*  $33^\circ$ .

6. Луч света при переходе из льда в воздух падает на поверхность льда под углом  $15^\circ$ . Как будет направлен этот луч в воздухе? Абсолютный показатель преломления льда равен  $1,31$ .

*Ответ:* под углом  $20^\circ$ .

7. Луч света переходит из воды в стекло с абсолютным показателем преломления  $1,7$ . Определите угол падения луча, если угол его преломления равен  $28^\circ$ .

*Ответ:*  $37^\circ$ .

8. Луч света падает на границу раздела двух сред под углом  $30^\circ$ . Абсолютный показатель преломления первой среды  $2,4$ . Определите показатель преломления второй среды, если известно, что отраженный от границы раздела и преломленный лучи перпендикулярны друг другу.

*Ответ:*  $1,38$ .

9. Наблюдатель находится в воде на глубине 40 см. Над ним висит лампа, расстояние до которой, по его наблюдениям, равно 2,4 м. Определите истинное расстояние от поверхности воды до лампы.

*Ответ:* 1,5 м.

10. Палка длиной 2 м с изломом посередине погружена в пруд так, что наблюдателю, находящемуся на берегу и смотрящему приблизительно вдоль палки, она кажется прямой, составляющей угол  $30^\circ$  с горизонтом. Какой угол излома имеет палка? Показатель преломления воды равен  $4/3$ .

*Ответ:*  $172^\circ$ .

11. В дно пруда вертикально вбит шест высотой 1,25 м. Определите длину тени от шеста на дне пруда, если солнечные лучи падают на поверхность воды под углом  $38^\circ$ , а шест целиком находится под водой.

*Ответ:* 0,65 м.

12. В дно водоема глубиной 1,5 м вбита свая, которая выступает над поверхностью воды на 30 см. Найдите длину тени от сваи на дне водоема, если угол падения солнечных лучей равен  $45^\circ$ .

*Ответ:* 1,05 м.

13. По озеру плавает круглый плот, радиус которого равен 8 м. Глубина озера 2 м. Определите радиус полной тени от плота на дне озера при освещении воды рассеянным светом. Показатель преломления воды  $4/3$ .

*Ответ:* 10,3 м.

14. Луч света падает под углом  $30^\circ$  на плоскопараллельную стеклянную пластинку и выходит из нее параллельно первоначальному лучу. Показатель преломления стекла равен 1,5. Какова толщина пластинки, если расстояние между лучами равно 1,94 см?

*Ответ:* 9,6 см.

15. Прямоугольная стеклянная пластинка толщиной 4 см имеет показатель преломления 1,6. На ее поверхность падает луч света под углом  $55^\circ$ . Определите, на какое расстояние сместится луч после выхода из пластинки в воздух.

*Ответ:* на 1,5 см.

16. Угол падения луча на поверхность стекла равен  $36^\circ$ . Определить угол преломления, если отраженный и преломленный лучи взаимно перпендикулярны.

*Ответ:*  $54^\circ$ .

17. Предельный угол полного внутреннего отражения на границе раздела двух сред равен  $30^\circ$ . Во сколько раз показатель преломления первой среды больше показателя преломления второй?

*Ответ:* в два раза.

18. Луч света падает на границу раздела двух сред под углом, равным предельному углу полного внутреннего отражения. Определить угол преломления луча.

*Ответ:*  $90^\circ$ .

19. Луч света распространяется по оптико-волоконной линии в течение 2 мкс. Чему равна длина линии, если предельный угол полного внутреннего отражения на границе раздела волокно–воздух равен  $60^\circ$ .

*Ответ:* 519 м.

20. Угол падения светового луча на границу раздела двух сред равен  $\pi/3$ , а угол преломления –  $40^\circ$ . Чему равен угол между отраженным и преломленным лучами?

*Ответ:*  $80^\circ$ .

21. Солнечные лучи падают под углом  $33^\circ$  к поверхности воды. Определите угол отражения лучей.

*Ответ:*  $57^\circ$ .

22. Положение Солнца над горизонтом определяется высотой, выраженной в градусах. Чему равен угол отражения солнечных лучей от оконных стекол при высоте Солнца над горизонтом  $36^\circ$ ?

*Ответ:*  $36^\circ$ .

23. Какова истинная глубина реки, если при определении на глаз ее глубина кажется равной 2 м? Показатель преломления воды принять равным 1,33.

*Ответ:* 1,7 м.

24. Луч света в одной среде проходит расстояние 0,3 м, а в другой за это же время – 0,25 м. Определить относительный показатель преломления второй среды относительно первой.

*Ответ:* 1,2.

25. Стеклопластиковая пластинка толщиной 3 мм имеет на противоположных сторонах царапины в виде тончайших прямых линий. При наведении микроскопа с верхней царапины на нижнюю тубус микроскопа пришлось опустить на 2 мм. Чему равен показатель преломления пластинки?

*Ответ:* 1,5.

26. Луч света падает на границу раздела вакуум–стекло. В стекле скорость света оказывается равной  $1,5 \cdot 10^8$  м/с. Определите показатель преломления стекла.

*Ответ:* 2.

27. На границу раздела двух сред под углом  $\pi/6$  падает луч света. При этом оказалось, что отраженный и преломленный лучи перпендикулярны. Чему равен абсолютный показатель преломления первой среды, если вторая среда – вакуум?

*Ответ:* 1,73.

28. Какой путь пройдет свет в воде за время, равное  $10^{-7}$  с, если его скорость в воде в 0,75 раз меньше, чем в вакууме?

*Ответ:* 22,5 м.

29. Среда имеет показатель преломления, равный 1,5. За какое время свет пройдет 1 м в этой среде?

*Ответ:* 5 нс.

30. Свет переходит из одной среды в другую, абсолютные показатели преломления которых равны соответственно 1,3 и 1,95. Определите тангенс угла падения луча, если известно, что угол между отраженным лучом и преломленным равен  $\pi/3$ .

*Ответ:* 1,5.

31. В воздухе длина волны света равна 600 нм, а при переходе в воду становится равной 420 нм. При этом падающий и преломленный лучи оказываются перпендикулярными друг другу. Найти угол падения луча из воздуха на стекло.

*Ответ:*  $55^\circ$ .

32. Находясь на дне озера, водолаз видит солнце под углом  $30^\circ$  к вертикали. Определите, каким станет этот угол, когда водолаз выйдет из воды. Показатель преломления воды равен 1,33.

*Ответ:*  $37^\circ$ .

33. На высоте 1,5 м над поверхностью воды висит лампочка. На какой высоте видит ее водолаз, находящийся в воде? Показатель преломления воды равен 1,33.

*Ответ:* 2 м.

34. Над поверхностью воды выступает половина столба, вбитого в дно. Найти длину тени столба, если Солнце находится под углом  $30^\circ$  к вертикали, длина столба равна 2 м, а показатель преломления воды составляет 1,33.

*Ответ:* 1 м.

35. На поверхности озера глубиной 2 м плавает плот, имеющий форму круга с радиусом 8 м. Солнце находится в зените. Чему равен радиус круглой тени на дне озера, если показатель преломления воды равен 1,33?

*Ответ:* 5,72 м.

36. Луч света падает на поверхность раздела двух прозрачных сред под углом  $30^\circ$ , а преломляется при этом под углом  $45^\circ$ . Чему будет равен предельный угол полного внутреннего отражения для данных сред?

*Ответ:*  $45^\circ$ .

37. Скорость света в первой среде равна  $2,8 \cdot 10^8$  м/с, а во второй –  $2 \cdot 10^8$  м/с. Каким будет угол преломления, если свет падает из второй среды в первую под углом  $30^\circ$ ?

*Ответ:*  $44,43^\circ$ .

38. Если свет падает из воды в воздух, то угол полного внутреннего отражения равен  $45^\circ$ , а если из стекла в воздух, то  $42^\circ$ . Чему равен этот угол в системе стекло–вода?

*Ответ:*  $71,14^\circ$ .

39. В дне батискафа имеется иллюминатор диаметром 0,4 м. Стекло этого иллюминатора имеет очень небольшую толщину. Чему равна площадь обзора на дне, если показатель воды равен 1,4, а батискаф висит в воде на высоте 5 м от дна?

*Ответ:*  $82 \text{ м}^2$ .

40. На грань призмы с преломляющим углом, равным  $3^\circ$ , под углом  $0^\circ$  падает луч. Показатель преломления стекла, из которого сделана призма, равен 1,5. На какой угол отклонится луч после прохождения призмы?

*Ответ:*  $1,5^\circ$ .

41. Призма, выполненная из стекла с коэффициентом преломления 1,5, имеет форму равностороннего треугольника. Чему равен угол между лучом, упавшим перпендикулярно на одну из граней призмы, и лучом, вышедшим из призмы?

*Ответ:*  $60^\circ$ .

42. Плоскопараллельная пластинка имеет толщину, равную 1 см. На эту пластинку из воздуха под углом  $60^\circ$  падает луч света. Показатель преломления пластинки равен 1,33. Найти расстояние между лучом, отраженным от верхней поверхности пластинки, и лучом, сначала преломленным в пластинке, затем отразившимся от ее нижней поверхности и после второго преломления вышедшим в воздух.

*Ответ:* 0,49 м.

43. Прямоугольная призма выполнена из стекла с коэффициентом преломления, равным двум, и имеет острый угол при вершине  $30^\circ$ . Перпендикулярно боковой грани падает луч света. На какой угол отклонится этот луч после прохождения призмы?

*Ответ:*  $60^\circ$ .

44. Луч света падает под углом  $30^\circ$  на боковую поверхность равнобедренной призмы с преломляющим углом  $60^\circ$ . Каким должен быть показатель преломления призмы, при котором свет не будет проходить через вторую боковую грань?

*Ответ:* 1,52.

45. Равнобедренная призма имеет преломляющий угол, равный  $45^\circ$ , а показатель преломления стекла, из которого изготовлена призма, равен двум. Каким должен быть наибольший угол падения луча на боковую грань призмы, при котором луч не выйдет из призмы?

*Ответ:*  $31,2^\circ$ .

46. Предмет находится на расстоянии 5 м от его изображения в плоском зеркале. На каком расстоянии от зеркала находится изображение предмета?

*Ответ:* 2,5 м.

47. Материальная точка приближается к зеркалу таким образом, что вектор ее скорости перпендикулярен плоскости зеркала. С какой скоростью сближаются точка и ее изображение, если точка движется со скоростью 10 м/с?

*Ответ:* 20 м/с.

48. На дне сосуда с водой, уровень которой находится на высоте 0,2 м, лежит зеркало, а на высоте 0,3 м над поверхностью воды находится точечный источник света. На какой глубине наблюдатель будет видеть изображение этого источника? Показатель преломления воды равен 1,33.

*Ответ:* 0,4 м.

49. Луч света, выходящий из воды, попадает на зеркало, расположенное под углом  $60^\circ$  к горизонту, а затем отражается от него вертикально вверх. Под каким углом к вертикали распространяется луч в воде? Показатель преломления воды равен 1,33.

*Ответ:*  $40,6^\circ$ .

50. На стеклянную пластинку сверху под углом  $60^\circ$  падает луч света. Из пластинки выходят два отраженных луча, один из которых отражается от верхней грани пластинки, а второй – от нижней. Расстояние между этими лучами равно 0,02 м. Чему равна толщина пластинки, если ее показатель преломления 1,33?

*Ответ:* 3,1 см.

51. Узкий параллельный пучок световых лучей падает на собирающую линзу с фокусным расстоянием, равным  $\sqrt{6}$  м, под углом  $30^\circ$  к главной оптической оси. Найти расстояние от точки, в которой соберутся лучи, до главной оптической оси.

*Ответ:* 1,41 м.

52. Пучок лучей, параллельных главной оптической оси, после преломления в линзе расходится. Продолжения лучей пересекаются на расстоянии 16 см от линзы. Найти оптическую силу линзы.

*Ответ:*  $-6,25$  дптр.

53. Фокусное расстояние собирающей линзы 10 см, расстояние от предмета до переднего фокуса 5 см, а линейный размер предмета 2 см. Определить размер действительного изображения. Ответ привести в сантиметрах.

*Ответ:* 4 см.

54. Рассеивающую линзу с оптической силой  $-0,5$  дптр перемещают вдоль главной оптической оси относительно предмета. Найти перемещение, при котором линейное увеличение возрастет с 0,2 до 0,5.

*Ответ:* 6 см.

55. Предмет находится на расстоянии 30 см от собирающей линзы, а его действительное изображение – на расстоянии 75 см от нее. Определить линейное увеличение линзы.

*Ответ:* 2,5.

56. Узкий параллельный пучок лучей пересекает оптический центр линзы под углом  $30^\circ$  к главной оптической оси. Точка пересечения лучей за линзой находится на расстоянии 1 м от ее оптического центра. Найти фокусное расстояние линзы. Ответ привести в сантиметрах.

*Ответ:* 86,5 см.

57. Фокусное расстояние линзы равно  $-40$  см. Чему равна оптическая сила линзы?

*Ответ:*  $-2,5$  дптр.

58. Линейный размер действительного изображения предмета в два раза больше самого предмета. Чему равно расстояние от линзы до изображения, если предмет находится на расстоянии 0,4 м от линзы?

*Ответ:* 0,8 м.

59. Оптическая сила тонкой собирающей линзы равна 4 дптр. Определите фокусное расстояние линзы. Ответ привести в сантиметрах.

*Ответ:* 25 см.

60. На тонкую собирающую линзу падает сходящийся пучок лучей. Продолжения лучей пересекаются за линзой на расстоянии 50 см, а преломленные лучи – на расстоянии 25 см. Обе точки лежат на главной оптической оси. Найти фокусное расстояние линзы.

*Ответ:* 0,5 м.

61. Предмет находится на расстоянии 0,7 м от тонкой собирающей линзы. На каком расстоянии от линзы находится изображение этого предмета, если размеры изображения и предмета одинаковы?

*Ответ:* 0,7 м.

62. Световые лучи, распространяющиеся параллельно главной оптической оси линзы, после преломления расходятся, а их продолжения пересекаются в точке, находящейся на расстоянии 0,5 м от ее оптического центра. Определить фокусное расстояние линзы.

*Ответ:*  $-0,5$  м.

63. Ось  $X$  прямоугольной системы координат  $(X, Y)$  совпадает с главной оптической осью линзы. Определить  $x$  – координату оптического центра линзы, если источнику света в точке  $(10, 5)$  соответствует действительное изображение в точке  $(50, -15)$ .

*Ответ:* 20 ед. дл.

64. Оптическая сила линзы равна 2,5 дптр. Определить предельно большое расстояние между предметом и линзой, при котором получается прямое изображение предмета.

*Ответ:* 0,4 м.

65. Предмет и его действительное изображение находятся на расстоянии 40 см от плоскости линзы. Определить ее фокусное расстояние.

*Ответ:* 0,2 м.

66. Расстояние между предметом и его равным действительным изображением равно 2 м. Определить оптическую силу линзы.

*Ответ:* 2 дптр.

67. Предмет находится на двойном фокусном расстоянии от тонкой собирающей линзы. Определить линейное увеличение.

*Ответ:* 1.

68. Оптическая сила тонкой собирающей линзы равна 2 дптр. С помощью такой линзы получено действительное изображение, равное предмету. На каком расстоянии от линзы находится предмет?

*Ответ:* 1 м.

69. Действительное изображение предмета в два раза больше самого предмета. Определить расстояние между предметом и изображением, если расстояние от предмета до линзы равно 0,1 м.

*Ответ:* 0,3 м.

70. Пучок лучей, параллельных главной оптической оси собирающей линзы, фокусируется на расстоянии 8 см от нее. Найти оптическую силу линзы.

*Ответ:* 12,5 дптр.

71. Узкий параллельный пучок лучей падает на линзу под углом  $30^\circ$  к главной оптической оси. Найти фокусное расстояние линзы, если лучи фокусируются на расстоянии 20 см от главной оптической оси. Ответ привести в сантиметрах.

*Ответ:* 34,6 см.

72. Узкий параллельный пучок лучей пересекает оптический центр линзы с фокусным расстоянием  $\sqrt{3}$  м под углом  $30^\circ$  к главной оптической оси. Найти расстояние между оптическим центром линзы и точкой, в которой сфокусируются лучи.

*Ответ:* 2 м.

73. Линза дает трехкратное увеличение предмета, находящегося в 10 см от ее плоскости. Определить ее фокусное расстояние. Изображение мнимое. Ответ привести в сантиметрах.

*Ответ:* 15 см.

74. С помощью линзы на экране получено изображение предмета, которое по площади в четыре раза больше, чем сам предмет. Предмет удален от линзы на 30 см. Найти ее фокусное расстояние.

*Ответ:* 0,2 м.

75. Предмет расположен на расстоянии 50 см от линзы с оптической силой 2,5 дптр. Во сколько раз увеличится изображение предмета, если его приблизить к линзе на 5 см?

*Ответ:* в два раза.

76. На тонкую собирающую линзу с фокусным расстоянием 50 см падает сходящийся пучок лучей так, что продолжения лучей пересекаются в ее заднем фокусе. На каком расстоянии от линзы сходятся преломленные лучи?

*Ответ:* 0,25 м.

77. Ось  $X$  прямоугольной системы координат  $(X, Y)$ , где  $x$  и  $y$  даны в метрах, совпадает с главной оптической осью линзы. Найти оптическую силу линзы, если источнику света в точке  $(10, 5)$  соответствует действительное изображение в точке  $(40, -10)$ .

*Ответ:* 0,15 ед. дл.<sup>-1</sup>

78. Предмет расположен на расстоянии 50 см от плоскости линзы с оптической силой 2,5 дптр. Найти минимальное расстояние, на которое следует переместить предмет, чтобы получить изображение, равное по высоте предмету.

*Ответ:* 0,2 м.

79. Перемещая линзу между предметом и экраном, нашли два положения, в которых она дает на экране четкое изображение предмета. Найти высоту предмета, зная, что высота первого изображения 2 см, а высота второго 8 см.

*Ответ:* 0,04 м.

80. Предмет длиной 10 см расположен вдоль главной оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием 50 см. Во сколько раз длина изображения больше длины предмета, если ближайшая к линзе точка предмета расположена на расстоянии 60 см от плоскости линзы?

*Ответ:* в 12,5 раза.

