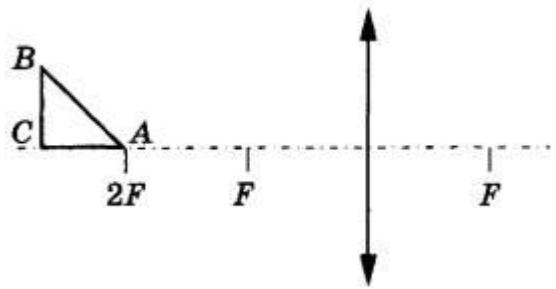


Примеры решения задач по теме «Оптическая сила линзы. Изображения, даваемые линзой. Глаз как оптическая система. Оптические приборы»

Задание1.

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 см. Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.



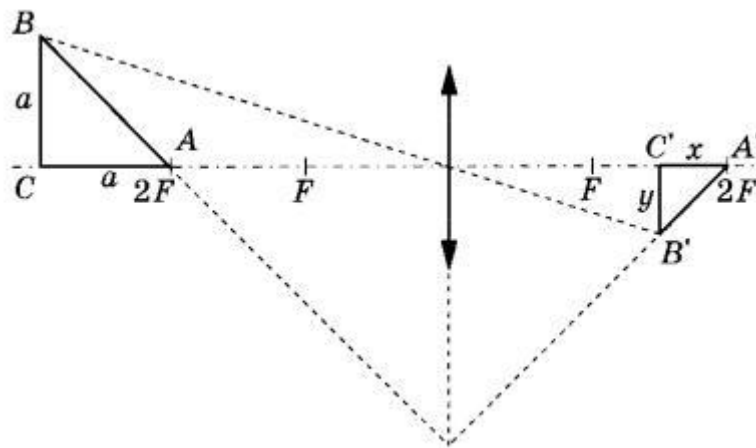
Решение.

Длину x горизонтального катета A'C' изображения находим по формуле линзы:

$$\frac{1}{2F+a} + \frac{1}{2F-x} = \frac{1}{F},$$

откуда

$$x = \frac{aF}{F+a} = \frac{a}{1+aD}.$$



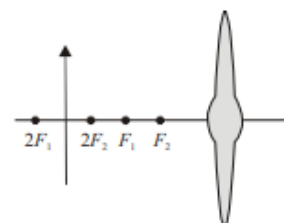
Длину y вертикального катета B'C' изображения находим из подобия:

$$y = a \cdot \frac{2F-x}{2F+a} = \frac{aF}{F+a} = \frac{a}{1+aD} = x.$$

Площадь изображения

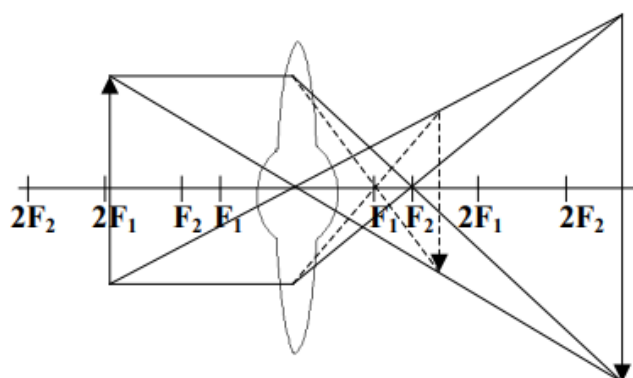
$$S_1 = \frac{1}{2} A'C' \cdot B'C' = \frac{a^2}{2 \cdot (1 + aD)^2} \approx 6,6 \text{ см}^2.$$

Задание 2. В центре собирающей линзы с фокусным расстоянием F_1 вырезано круговое отверстие и в него вставлена собирающая линза с меньшим фокусным расстоянием F_2 . Постройте изображение предмета, показанного на рисунке, в этой «двойной» линзе.

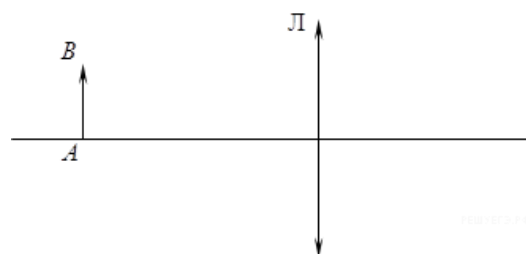


Решение.

Каждая линза дает изображение всего предмета, поэтому в данной системе возникает два изображения, каждое из которых строится по обычным правилам.

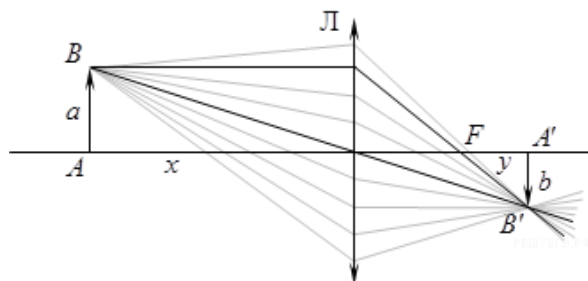


Задание 3. С помощью тонкой линзы на экране получают изображение объекта AB , расположенного параллельно ей. После чего линзу закрывают ободком из чёрного картона. Нарисуйте ход лучей и объясните, что произойдёт с изображением на экране.



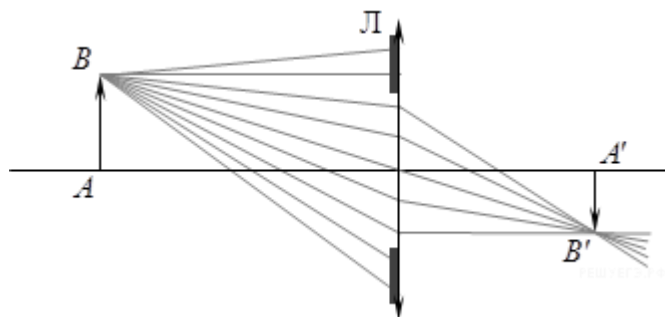
Решение.

Изображение было получено на экране, значит, оно *действительное*, а объект AB расположен от линзы на расстоянии больше фокусного. Построим изображение $A'B'$. Луч, идущий параллельно главной оптической оси, после преломления в линзе проходит через фокус, а луч, прошедший через пересечение главной оптической оси и линзы, не преломляется. Пересечение лучей даёт точку B' . Все прочие лучи, идущие от B и преломляющиеся в линзе, также проходят через точку B' .



Расстояние от изображения до линзы не зависит от высоты объекта, значит, изображение $A'B'$ перпендикулярно главной оптической оси. Из построения получаем, что изображение *перевернутое*.

После того как линзу закрыли ободком, часть лучей стала поглощаться картоном. Ход непоглощённых лучей остался без изменения. Следовательно, изображение на экране останется на месте, только будет тусклее.



Задание 4. На экране с помощью тонкой линзы получено изображение стержня с пятикратным увеличением. Стержень расположен перпендикулярно главной оптической оси, и плоскость экрана также перпендикулярна этой оси. Экран передвинули на 30 см вдоль главной оптической оси линзы. Затем, при неизменном положении линзы, передвинули стержень так, чтобы изображение снова стало резким. В этом случае получено изображение с трехкратным увеличением. Определите фокусное расстояние линзы.

Решение.

Увеличение линзы в первом и втором случаях:

$$5 = H_1/h = f_1/d_1$$

$$\text{отсюда} \quad d_1 = f_1/5 \quad (1)$$

$$3 = H_2/h = f_2/d_2$$

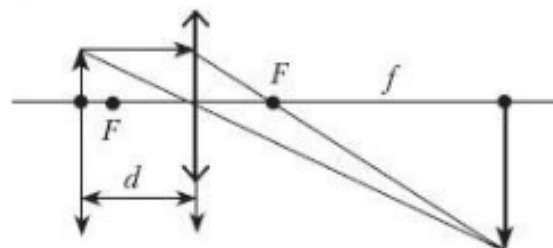
$$\text{отсюда} \quad d_2 = f_2/3 \quad (2)$$

Формула линзы в первом и втором случаях:

$$1/F = 1/d_1 + 1/f_1 \quad (3)$$

$$1/F = 1/d_2 + 1/f_2 \quad (4)$$

Так как во втором случае изображение уменьшилось, значит, предмет передвинули от фокуса ближе к двойному фокусному расстоянию, а экран приблизили к линзе.



Уравнение из условия:

$$D_2 - d_1 = 0,3 \quad (5)$$

Подставим d_1 и d_2 из (1) и (2) в (3), (4), (5) и, после упрощения, получим:

$$f_1 = 6F \quad (*)$$

$$f_2 = 4F \quad (**)$$

$$f_2/3 - f_1/5 = 0,3 \quad (***)$$

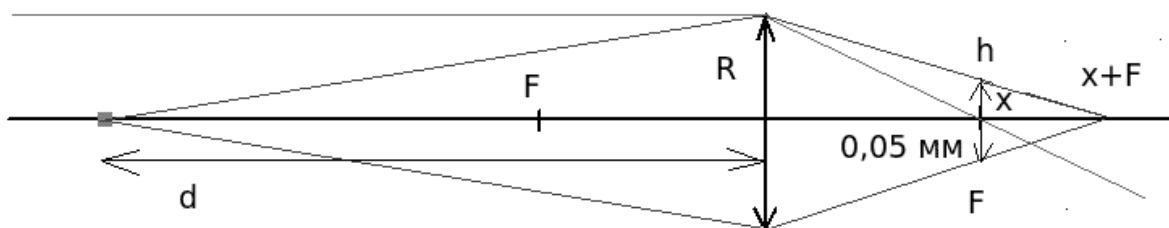
Подставим f_1 и f_2 из (*) и (**) в (***):

$$4F/3 - 6F/5 = 0,3$$

Отсюда $F = 0,15$ м.

Задание 5. 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.

Решение.



Из рисунка видно, что размер пятна определяется размером входного отверстия. Обозначим радиус входного отверстия объектива R , радиус

допустимого пятна h , расстояние от пленки до точки, где пересекаются лучи, через x .

Тогда согласно формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{F + x} = \frac{1}{F}$$

Из условия подобия треугольников, имеем

$$\frac{R}{F + x} = \frac{h}{x}$$

Из первого уравнения:

$$x_1 = \frac{F_1 d_1}{d_1 - F_1} - F_1 = 0,5 \text{ мм}$$

Из второго уравнения для радиуса отверстия в первом случае находим:

$$R_1 = h \frac{F_1 + x_1}{x_1} = 2,525 \text{ мм}$$

Для второго случая радиус входного отверстия равен:

$$\frac{F_1}{R_1} = \frac{F_2}{R_2} \quad R_2 = R_1 \frac{F_2}{F_1} = 1,263 \text{ мм}$$

Из второго уравнения определим x_2

$$x_2 = \frac{F_2 h}{R_2 - h} = 0,5 \text{ мм}$$

Из первого равенства находим:

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{F_2} - \frac{1}{F_2 + x_2}, \quad d = 1,25 \text{ м}$$

Задание 6. 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?

Решение

Обозначим оптическую силу глаза D_1 , оптическую силу очков D_2 , расстояние от центра хрусталика до сетчатки глаза обозначим f , расстояние до книги без очков d_1 , с очками d_2 . Тогда для случая чтения без очков по формуле линзы следует:

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f} = D_1$$

Для случая чтения с очками:

$$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f} = D_1 + D_2$$

Из равенств 1 и 2 следует:

$$\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} = D_2$$

Подставляя числовые значения и получаем: $D_2 = 2$ дптр

Задание 7. Получить изображение точечного источника, расположенного на главной оптической оси тонкой собирающей линзы за двойным фокусным расстоянием

Решение

1. Построим фокальную плоскость 1.
2. Выбираем произвольный луч 2.
3. Через оптический центр линзы проводим побочную оптическую ось 3 параллельную выбранному направлению луча 2.
4. Луч 2 после преломления в линзе должен пройти через точку пересечения фокальной плоскости и побочной оптической оси. Через точку пересечения фокальной плоскости и вспомогательной оси проводим луч 4, который укажет положение изображения источника. В качестве второго луча используем луч 5, идущий вдоль главной оси и не испытывающий преломления ввиду нормального падения.

