

Формула тонкой линзы. Увеличение линзы

Выведем формулу, связывающую три величины: расстояние d от предмета до линзы, расстояние f от изображения до линзы и фокусное расстояние F .

Из подобия треугольников AOB и A_1B_1O (см. рис. 8.37) следует равенство

$$\frac{BO}{OB_1} = \frac{AB}{A_1B_1}.$$

Из подобия треугольников COF и FA_1B_1 имеем:

$$\frac{CO}{A_1B_1} = \frac{OF}{FB_1}.$$

Так как $AB = CO$, то

Отсюда

$$\frac{AB}{A_1B_1} = \frac{OF}{FB_1}.$$

или

$$\frac{BO}{OB_1} = \frac{OF}{FB_1},$$
$$\frac{d}{f} = \frac{F}{f - F}.$$

Учитывая свойство пропорции, имеем:

$$fF + Fd = fd.$$

Поделив все члены полученного равенства на произведение Ffd , получим

$$\boxed{\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}}, \quad (8.10)$$

или

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D. \quad (8.11)$$

Уравнение (8.10), как и (8.11), принято называть **формулой тонкой линзы**. Величины d , f и F могут быть как положительными, так и отрицательными. Отметим (без доказательства), что, применяя формулу линзы, нужно ставить знаки перед членами уравнения согласно следующему правилу. Если линза собирающая, то ее фокус действительный, и перед членом $\frac{1}{F}$ ставят знак

«+». В случае рассеивающей линзы $F < 0$ и в правой части формулы (8.10) будет стоять отрицательная величина. Перед членом $\frac{1}{|d|}$ ставят знак «+», если изображение действительное, и знак «—» в случае мнимого изображения. Наконец, перед членом $\frac{1}{|d|}$ ставят знак «+» в случае действительной светящейся точки и знак «-», если она мнимая (т. е. на линзу падает сходящийся пучок лучей, продолжения которых пересекаются в одной точке).

В том случае, когда F , f или d неизвестны, перед соответствующими членами $\frac{1}{F}$, $\frac{1}{f}$ или $\frac{1}{d}$ ставят знак «+». Но если в результате вычислений фокусного расстояния или расстояния от линзы до изображения либо до источника получается отрицательная величина, то это означает, что фокус, изображение или источник мнимые.

Увеличение линзы. Изображение, получаемое с помощью линзы, обычно отличается своими размерами от предмета. Различие размеров предмета и изображения характеризуют *увеличением*.

Линейным увеличением называют отношение линейного размера изображения к линейному размеру предмета.

Для нахождения линейного увеличения обратимся снова к рисунку 8.37. Если высота предмета АВ равна h , а высота изображения A_1B_1 равна H , то

$$\Gamma = \frac{H}{h} \quad (8.12)$$

есть линейное увеличение.

Из подобия треугольников АОВ и OA_1B_1 следует, что

$$\frac{H}{h} = \frac{|f|}{|d|}.$$

Следовательно, увеличение линзы равно отношению расстояния от изображения до линзы к расстоянию от линзы до предмета:

$$\Gamma = \frac{|f|}{|d|}. \quad (8.13)$$

Линзы являются основной частью фотоаппарата, проекционного аппарата, микроскопа, телескопа. В глазу тоже есть линза — хрусталик.

Примеры решения задач

1. На рисунке 8.39 показано расположение главной оптической оси MN линзы, светящейся точки S и ее изображения S₁. Найдите построением оптический центр линзы и ее фокусы. Определите, собирающей или рассеивающей является эта линза, действительным или мнимым является изображение.

Решение. Луч, проходящий через оптический центр линзы, не отклоняется от своего направления. Поэтому оптический центр O совпадает с точкой пересечения прямых SS₁ и MN (рис. 8.40). Проведем луч SK, параллельный главной оптической оси. Преломленный луч KS₁ пройдет через фокус. Зная, что луч, падающий на линзу через фокус, после преломления идет параллельно главной оптической оси, находим другой фокус. Линза является собирающей, а изображение — действительным.

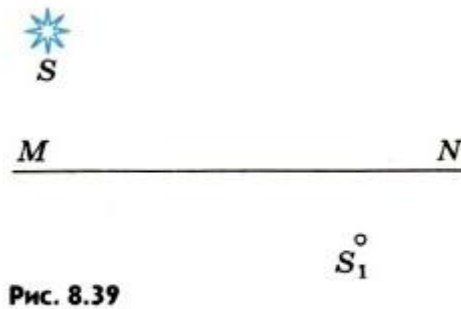


Рис. 8.39

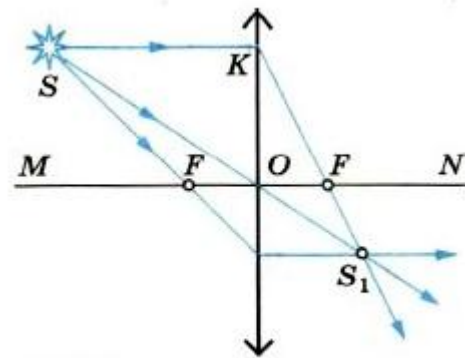


Рис. 8.40

2. Изображение предмета имеет высоту H = 2 см. Какое фокусное расстояние F должна иметь линза, расположенная на расстоянии f = 4 м от экрана, чтобы изображение данного предмета на экране имело высоту h = 1 м?

Решение. Из формулы линзы

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

находим фокусное расстояние:

$$F = \frac{fd}{d + f}.$$

Увеличение линзы можно выразить так:

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}.$$

Отсюда

$$d = \frac{hf}{H}.$$

Поэтому

$$F = \frac{hf}{H + h} \approx 8 \text{ (см)}.$$

Упражнение

1. С помощью линзы на вертикальном экране получено действительное изображение электрической лампочки. Как изменится изображение, если закрыть верхнюю половину линзы?
2. Фотоаппарат дает на пленке изображение человеческого лица. Поясните с помощью чертежа, почему изображение леса, виднеющегося вдали за человеком, получается нерезким. В какую сторону следует сместить объектив, чтобы лес был изображен четко? Будет ли при этом четким изображение лица?
3. Почему ныряльщик без маски плохо различает предметы под водой?
4. Постройте изображение предмета, помещенного перед собирающей линзой, в следующих случаях: 1) $d > 2F$; 2) $d = 2F$; 3) $F < d < 2F$; 4) $d < F$.
5. На рисунке 8.41 линия ABC изображает ход луча через тонкую рассеивающую линзу. Определите построением положения главных фокусов линзы.

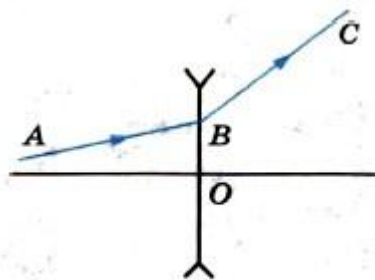


Рис. 8.41

6. Постройте изображение светящейся точки в рассеивающей линзе, используя три «удобных» луча.
7. Светящаяся точка находится в фокусе рассеивающей линзы. На каком расстоянии от линзы находится изображение? Постройте ход лучей.

ЗАДАНИЕ

1. Изучив тему, кратко записать её в рабочую тетрадь.

2. Вопросы (уметь устно отвечать)

1. Какую линзу называют тонкой?

2. Что называется главным фокусом линзы?

3. Какие лучи удобно использовать для построения изображения в линзе?

4. Что называется увеличением линзы?

3. Решить не менее трех задач из упражнения.

4. Адрес моей электронной почты: elenakutuzova8@yandex.ru