



§ 38.

Построение изображений в тонких линзах

На уроках биологии в окуляр микроскопа вы рассматривали клетки растений. А задумывались ли вы, как получается их увеличенное изображение? Главными частями микроскопа являются линзы. Именно они позволяют получать увеличенное или уменьшенное (например, в фотоаппарате) изображение предмета.

Какие изображения предмета создает линза?

Проведем опыт. На столе расположим экран, собирающую линзу и зажженную свечу (рис. 271, а), удаленную от линзы на расстояние d , большее, чем удвоенное фокусное, т. е. $d > 2F$. Будем передвигать экран до тех пор, пока не увидим на нем четкое изображение пламени свечи. Чем оно отличается от изображения, которое мы видели в зеркале, поместив перед ним эту же свечу? Во-первых, оно уменьшенное, во-вторых, перевернутое. Но самое главное, что это изображение, в отличие от мнимого изображения в зеркале, реально существует. На экране концентрируется энергия света. Чувствительный термометр, помещенный в изображение пламени свечи, покажет повышение температуры. Поэтому полученное в линзе изображение называют действительным, в отличие от мнимых изображений, наблюдаемых в плоском зеркале.

Подтвердим сказанное построением (рис. 271, б). Для получения изображения точки A достаточно использовать два луча, ход которых после преломления в линзе известен. Луч 1 идет параллельно главной оптической оси и после преломления в линзе проходит через главный фокус. Луч 2 идет через оптический центр и не меняет своего направления после прохождения сквозь линзу. Точка A' , являющаяся пересечением прошедших линзу лучей 1' и 2', есть действительное изображение точки A . Заметим, что через точку A' пройдет и любой другой луч, идущий от точки A после преломления. Благодаря этому энергия, излученная точкой A пламени свечи, будет сконцентрирована в точке A' .

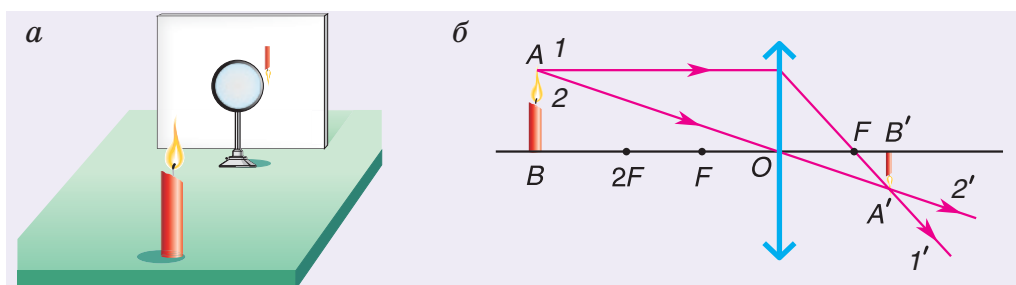


Рис. 271

Продолжим опыт. Поставим свечу на расстоянии $d = 2F$. Перемещая экран, мы увидим на нем действительное, перевернутое изображение пламени свечи, но размер его будет равен размеру пламени самой свечи (рис. 272). Сделайте сами построение изображения для этого случая.

Передвигая свечу ближе к линзе ($F < d < 2F$) и удаляя экран, мы увидим на нем действительное, перевернутое, увеличенное изображение пламени свечи (построение сделайте сами).

Наконец поставим свечу на расстоянии d от линзы, меньше фокусного, т. е. $d < F$. С той же стороны, где находится сама свеча, можно увидеть увеличенное, прямое изображение свечи (рис. 273, а). Подтвердим этот результат построением (рис. 273, б). Изображения свечи на экране не будет. Оно мнимое, так как образовано пересечением не самих преломленных лучей, а их продолжений. Такое прямое, увеличенное, мнимое изображение наблюдает через линзу (она называется лупой) мастер, ремонтирующий ваши часы или мобильный телефон (рис. 274).

А какие изображения предмета дает рассеивающая линза? Пусть параллельно главной оптической оси падает луч 1 (рис. 275). После линзы преломленный луч 1' идет так, что только его продолжение проходит через фокус. Луч 2 не испытывает преломления. Видно, что лучи 1' и 2' не пересекаются. В точке А' пересекаются их продолжения. Тогда изображение точки А, а значит, и всего предмета АВ — мнимое. Как все мнимые изображения, оно прямое, но уменьшенное. Даст ли

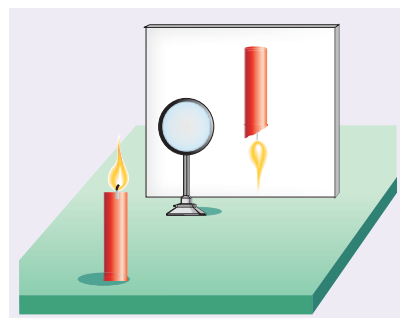


Рис. 272

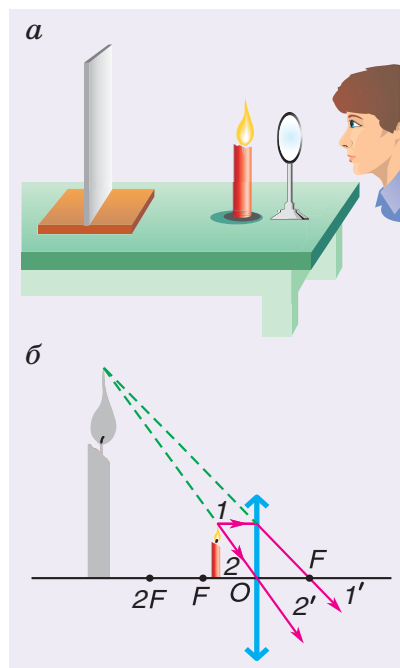


Рис. 273



Рис. 274

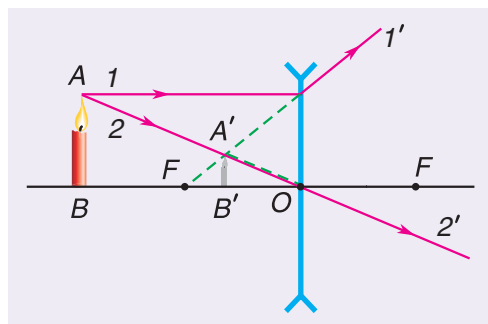


Рис. 275

рассеивающая линза действительное изображение, если менять положение предмета? Может ли оно быть увеличенным? Ответьте на эти вопросы сами, сделав соответствующие построения изображений предмета в тетради.

■ Главные выводы

1. Собирающая линза дает как действительные, так и мнимые изображения, рассеивающая — только мнимые.
2. Все мнимые изображения — прямые, все действительные — перевернутые.
3. Для нахождения изображения точки наиболее целесообразно использовать луч, идущий параллельно главной оптической оси линзы, и луч, идущий через ее оптический центр.

? Контрольные вопросы

1. Чем отличаются действительные изображения от мнимых?
2. Какие виды изображений дает собирающая линза?
3. На каком расстоянии от собирающей линзы нужно расположить предмет, чтобы получить изображение: а) уменьшенное; б) равное предмету; в) увеличенное (прямое и перевернутое)?
4. Какие изображения дает рассеивающая линза? Почему?
5. Какие лучи целесообразно использовать, чтобы найти изображение точки?
6. Может ли двояковогнутая линза дать действительное изображение предмета?



Пример решения задачи

С помощью стеклянной линзы на экране, удаленном от линзы на расстояние $f = 36$ см, получено увеличенное в 3 раза изображение предмета. Определите расстояние от предмета до линзы и оптическую силу линзы.

Дано:

$$H = 3h$$

$$f = 36 \text{ см}$$

$$d — ?$$

$$D — ?$$

Решение

Построим изображение предмета в линзе (рис. 276). Поскольку изображение есть на экране, то оно действительное. Кроме того, оно увеличенное, значит, предмет находится между фокусом и двойным фокусом, а линза собирающая.

По условию размер предмета AB в 3 раза меньше размера изображения $A'B'$. Из подобия треугольников AOB и $A'O'B'$ следует, что таким же будет и соотношение их сторон BO и $O'B'$. Значит, искомое расстояние d будет в 3 раза меньше заданного расстояния f . Это дает первый ответ:

$d = \frac{1}{3}f = 12$ см. Для ответа на второй

вопрос используем подобие другой пары треугольников — CFO и $A'FB'$. И здесь подобные стороны треугольников различаются в 3 раза. Так как

одна из них — OF равна фокусному расстоянию F линзы, а другая — FB' равна разности $f - F$, то их связь можно записать так: $3F = f - F$, или $4F = f = 36$ см. Вычислив значение фокусного расстояния $F = \frac{1}{4}f = 9$ см, найдем и искомое значение оптической силы D

линзы: $D = \frac{1}{F} = \frac{1}{0,09 \text{ м}} \approx 11$ дптр.

Ответ: $d = 12$ см; $D \approx 11$ дптр.

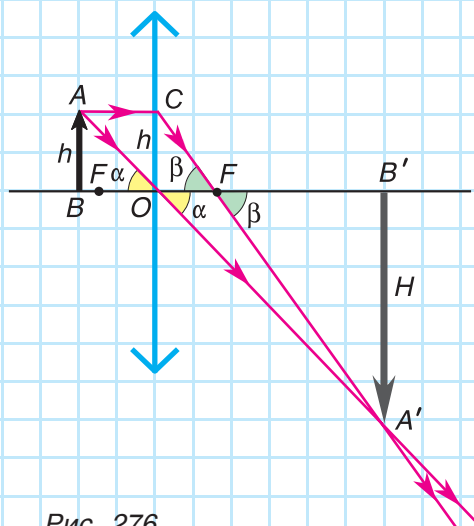


Рис. 276

Упражнение 26

1. Изображение S' светящейся точки S относительно главной оптической оси CC' показано на рисунке 277, а, б. Какая была использована линза? Определите построением ее положение.

2. Свеча находится на расстоянии $d = 20$ см от линзы, а ее изображение на экране — на расстоянии $f = 60$ см от линзы. Во сколько раз размеры изображения отличаются от размеров самой свечи? Чему равна оптическая сила линзы?

3. Найдите построением положение фокальной плоскости представленной на рисунке 278 тонкой линзы.

 4. Чему равна оптическая сила комбинации трех стеклянных линз (рис. 279): двояковогнутой и двух плосковыпуклых?

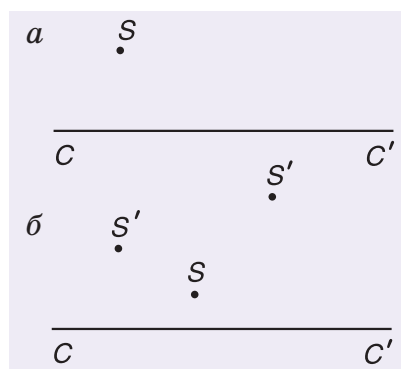


Рис. 277

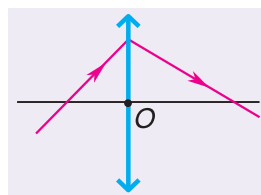


Рис. 278



Рис. 279