

### § 9. Построение изображений, даваемых тонкой линзой

Предположим, что у нас есть тонкая собирающая линза  $L$ . Поместим слева от нее на расстоянии, большем фокусного, вертикальную стрелку  $AB$ .

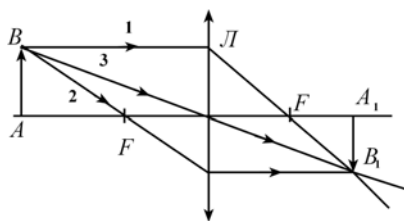


Рис. 9.1

Пусть луч 1 из точки  $B$  на линзу параллельно главной оптической оси. Преломившись в линзе, луч пойдёт через задний фокус вправо вниз. Луч 2 пустим из точки  $B$  через передний фокус. Преломившись в линзе, он пойдёт вправо параллельно главной оптической оси. Существует точка  $B_1$ , в которой оба луча пересекутся.  $B_1$  есть изображение точки  $B$ . Любой другой луч, например 3, вышедший из точки  $B$  и прошедший сквозь линзу, должен пройти и через точку  $B_1$ . Аналогичным образом построим изображение точки  $A$  и других точек, образующих стрелку  $AB$ . Итак, имея линзу и предмет  $AB$ , мы построили его изображение.

Отметим два достаточно общих свойства линзы: прямую линию она отображает в прямую; если в пространстве предметов прямая перпендикулярна главной оптической оси, то и её изображение окажется перпендикулярным этой оси. Вообще говоря, углы в пространстве предметов и пространстве изображений различны. Это прекрасно иллюстрирует рис. 9.2.

Пустим луч 1 из точки  $B$  на линзу параллельно главной оптической оси. Преломившись в линзе, луч пойдёт через задний фокус вправо вниз. Луч 2 пустим из точки  $B$  через передний фокус. Преломившись в линзе, он пойдёт вправо параллельно главной оптической оси. Существует точка  $B_1$ , в которой оба луча пересекутся.  $B_1$  есть изображение точки  $B$ . Любой другой луч, например 3, вышедший из точки  $B$  и прошедший сквозь линзу, должен пройти и через точку  $B_1$ . Аналогичным образом построим изображение точки  $A$  и других точек, образующих стрелку  $AB$ . Итак, имея линзу и предмет  $AB$ , мы построили его изображение.

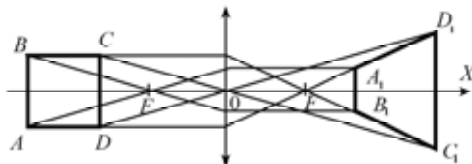


Рис. 9.2

Квадрат  $ABCD$  линза «превратила» в трапецию  $A_1B_1C_1D_1$ . Если справа и слева от линзы находится одна и та же среда, то для построения изображения точки часто оказывается удобным использовать ещё один «замечательный» луч — тот, который идёт через центр линзы. На рис. 9.1 он отмечен как луч 3. Этот луч, проходя через линзу, не меняет своего направления и так же, как и первые два луча, проходит через точку  $B_1$ . Иногда такие лучи, проходящие через центр линзы, за их «несгибаемость» называют *побочной оптической осью*. Но с лучами, проходящими через центр линзы, нужно быть внимательными. Если слева и справа от линзы находятся среды с различными показателями преломления (например, вода и воздух), то таких испытаний побочная ось не выдерживает и... сгибается!

Для изображений **действительных** предметов, даваемых тонкими собирающими линзами, полезно запомнить следующую таблицу.

Расстояние от линзы до предмета	Изображение прямое или перевёрнутое	Изображение действительное или мнимое	Изображение увеличенное или уменьшенное
$a < F$	прямое	мнимое	увеличенное
$F < a < 2F$	перевёрнутое	Действительное	увеличенное
$a > 2F$	перевёрнутое	Действительное	уменьшенное

Эта таблица – для положительной линзы. Если вы попытаетесь заполнить такую таблицу для **отрицательной линзы**, то убедитесь, что она всегда даёт **прямое, мнимое, уменьшенное** изображение действительного предмета. Отсюда, в частности, следует важный вывод: прямое изображение действительного предмета всегда мнимое.

**Задача 9.1.** Показать с помощью построения (рис. 9.3) направление, вдоль которого пришёл к линзе луч  $AB$ .

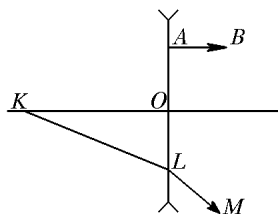


Рис. 9.3

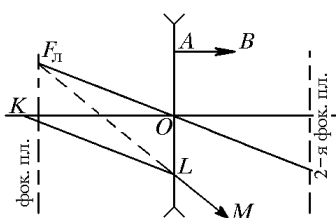


Рис. 9.4

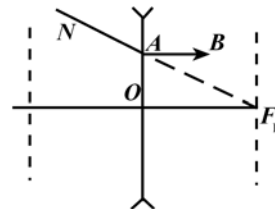


Рис. 9.5

**Решение.** Прежде всего, при решении задач подобного рода ищут фокальные плоскости. Для этого следует провести через оптический центр  $O$  линзы побочную ось, параллельную одной из половинок луча, преломившегося в линзе. Проведем побочную ось параллельно лучу  $KL$ . Проверьте самостоятельно, что эта методика работает и для луча  $LM$ . Продолжим луч  $LM$  влево до пересечения в точке  $F_л$  с побочной оптической осью. Эта точка лежит в фокальной плоскости. Другая фокальная плоскость находится справа от линзы на том же расстоянии. Теперь проводим через оптический центр линзы вторую побочную ось параллельно лучу  $AB$ . В нашем случае она совпадает с оптической осью системы. Интересующий нас луч должен пройти через точку  $A$  и точку  $F_п$  пересечения построенной оси с фокальной плоскостью (рис. 9.5). Таким образом, луч  $AB$  до преломления в линзе распространялся вдоль прямой  $NA$ .