

# Линза. Построение изображения в линзе

*Пою перед тобой в восторге похвалу  
Не камням дорогим, ни злату, но СТЕКЛУ.  
М.В. Ломоносов*

**Преломлением света** называют изменение направления распространения света, возникающее на границе раздела двух прозрачных сред или в толще среды с непрерывно изменяющимися свойствами.

Закон преломления света звучит: **луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, восстановленный к границе раздела двух сред в точке падения луча, лежат в одной плоскости.**

**Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных двух сред, равная отношению показателю преломления второй походу луча среды относительно первой.**

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}.$$



**Линза** — это слово латинское, которое переводится как *чечевица*. *Чечевица* — это растение, плоды которого очень похожи на горох, но горошины не круглые, а имеют вид пузатых лепешек. Поэтому все круглые стекла, имеющие такую форму, и стали называть линзами.

Первое упоминание о линзах можно найти в древнегреческой пьесе Аристофана «Облака» (424 год до нашей эры), где с помощью выпуклого стекла и солнечного света добывали огонь. А возраст самой древней из обнаруженных линз более 3000 лет. Это так называемая **линза Нимруда**. Она была найдена при раскопках одной из древних столиц Ассирии в Нимруде Остином Генри Лэйардом в 1853 году. Линза имеет форму близкую к овалу, грубо шлифована, одна из сторон выпуклая, а другая плоская. В настоящее время она хранится в британском музее — главном историко-археологическом музее Великобритании.

# Линза Нимруда

В современном понимании, линза — это прозрачное тело, ограниченное криволинейными поверхностями.



Чаще всего используются сферические линзы, у которых ограничивающими поверхностями выступают сферы или сфера и плоскость. В зависимости от взаимного размещения сферических поверхностей или сферы и плоскости, различают

выпуклые и вогнутые линзы

**Выпуклые линзы делятся на три вида — плоско выпуклые, двояковыпуклые и вогнуто-выпуклая; вогнутые линзы подразделяются на плосковогнутые, двояковогнутые и выпукло-вогнутые**



Любую выпуклую линзу можно представить в виде совокупностей плоскопараллельной стеклянной пластинки в центре линзы и усеченных призм, расширяющихся к середине линзы, а вогнутую — как совокупностей плоскопараллельной стеклянной пластинки в центре линзы и усеченных призм, расширяющихся к краям.

Если призма будет сделана из материала, оптически более плотного, чем окружающая среда, то она будет отклонять луч к своему основанию. Поэтому параллельный пучок света после преломления в выпуклой линзе станет сходящимся (такие называются **собирающими**), а в вогнутой линзе наоборот, параллельный пучок света после преломления станет расходящимся (такие линзы называются **рассеивающими**).

## Выпуклая линза



Собирающая линза

## Вогнутая линза



Рассеивающая линза



Для простоты и удобства, будем рассматривать **тонкие линзы**, толщина которых пренебрежимо мала, по сравнению с радиусами сферических поверхностей. Если линза **собирающая**, то ее обозначают прямой со стрелочками на концах, направленными от центра линзы, а если линза **рассеивающая**, то стрелочки направлены к центру линзы.

### Условное обозначение

собирающей линзы



рассеивающей



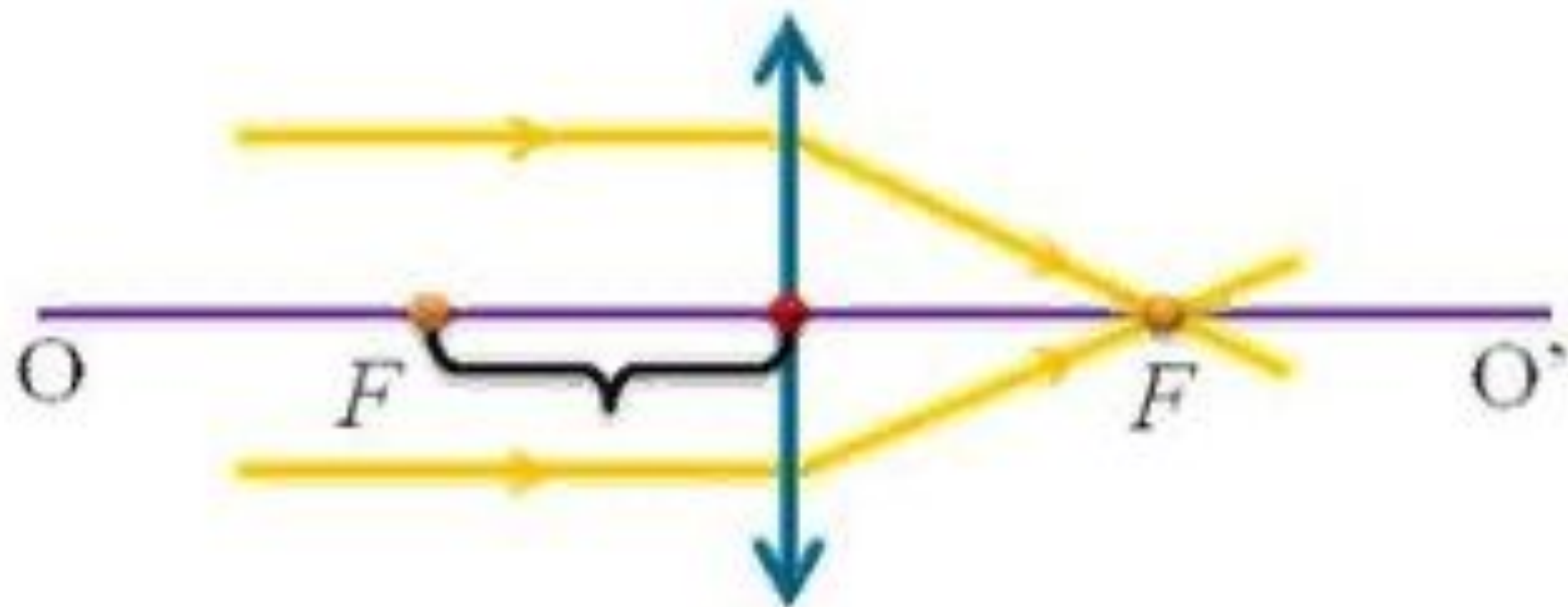
Оптический центр линзы — это точка, пройдя через которую лучи не испытывают преломления.

Прямая, проходящая через оптический центр линзы, называется **оптической осью**.

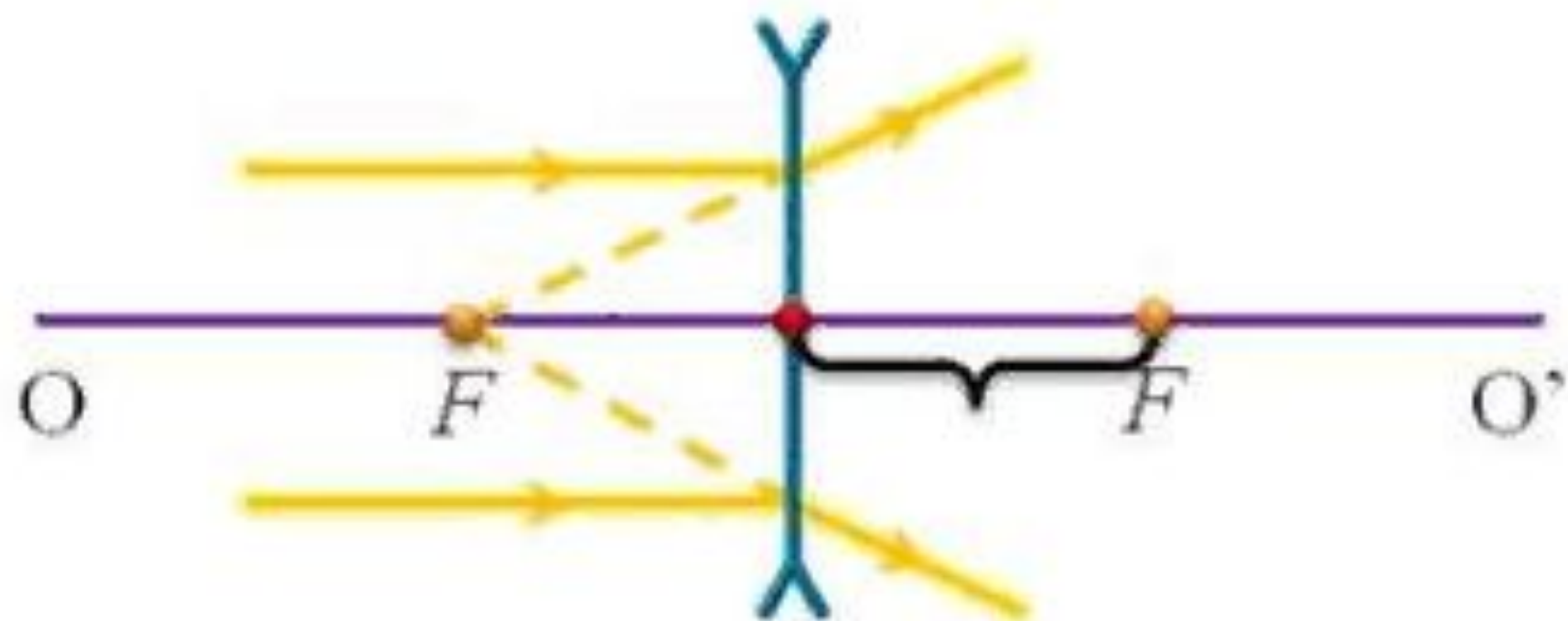
Оптическую ось, которая проходит через центры сферических поверхностей, которые ограничивают линзу, называют **главной оптической осью**.

Точка, в которой пересекаются лучи, падающие на линзу параллельно ее главной оптической оси (или их продолжения), называется **главным фокусом линзы**. У любой линзы существует два главных фокуса — передний и задний, т.к. она преломляет свет, падающий на нее с двух сторон. И оба этих фокуса расположены симметрично относительно оптического центра линзы.

## Собирающая линза



## Рассеивающая линза



Расстояние от оптического центра линзы до ее главного фокуса, называется **фокусным расстоянием**.

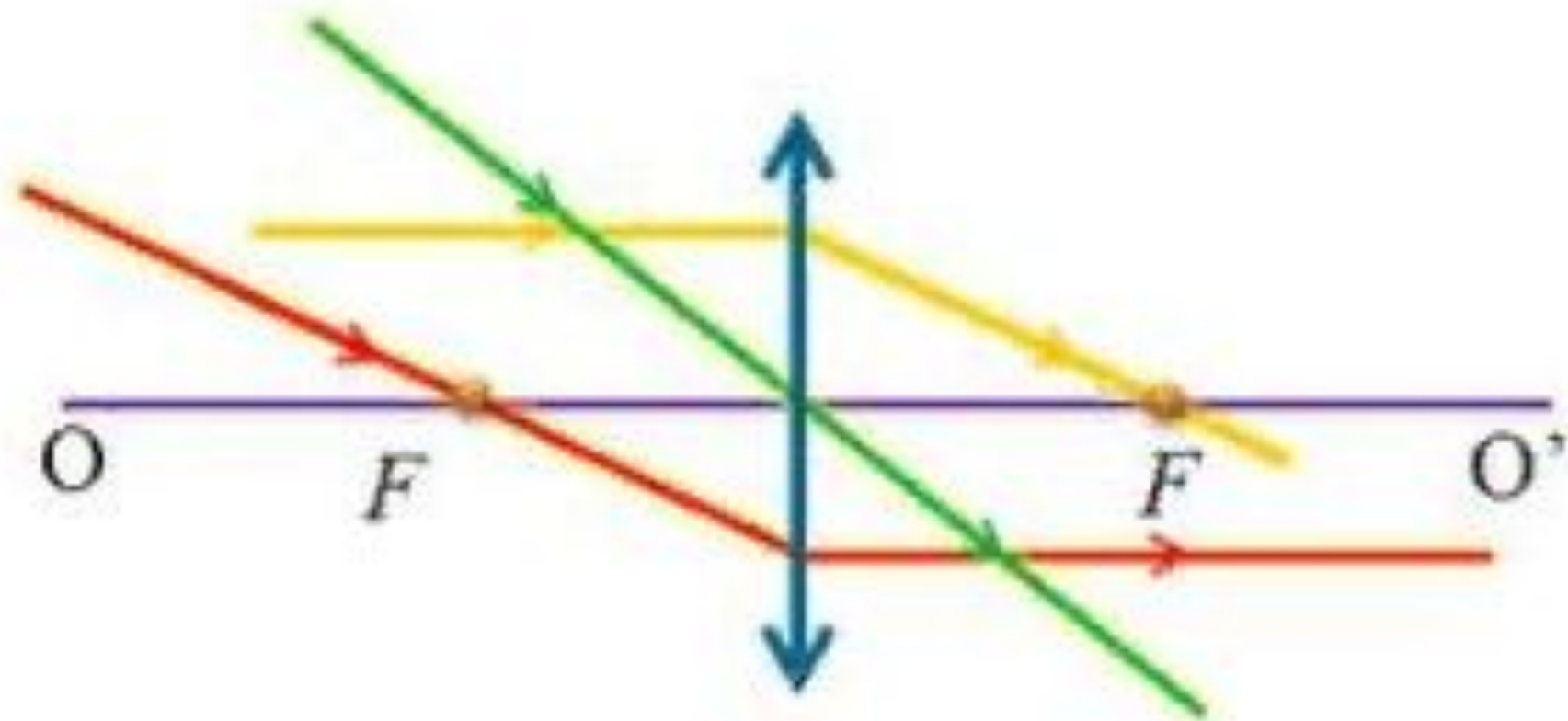
**Фокальная плоскость** — это плоскость, перпендикулярная главной оптической оси линзы, проходящая через ее главный фокус.

При построении изображений предметов в тонкой линзе пользуются тремя «**удобными лучами**»:

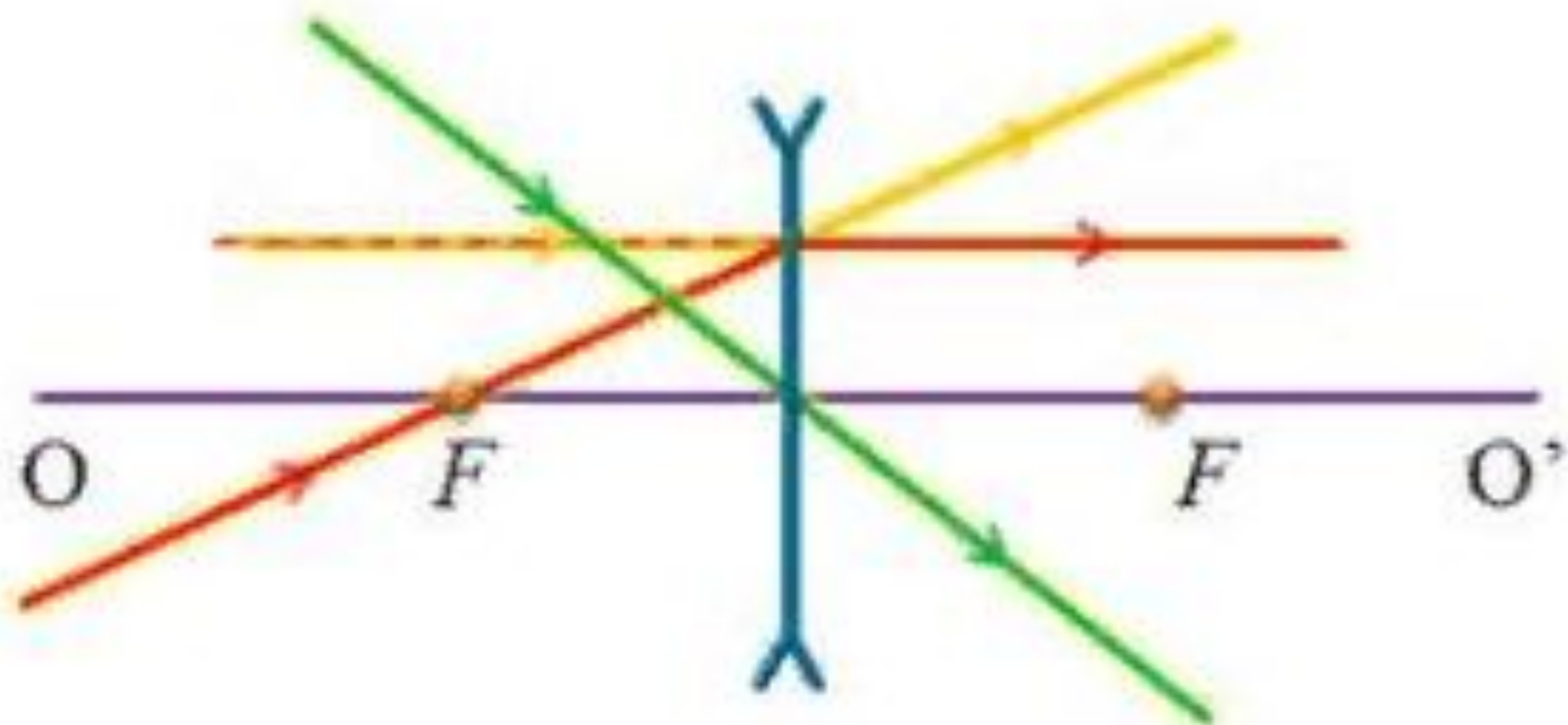
- лучи, идущие **параллельно главной оптической оси**, т.к. после преломления в линзе, они проходят через ее главный фокус;

- **лучи, которые идут к линзе через ее фокус**, после преломления будут направлены параллельно главной оптической оси;

## Собирающая линза



## Рассеивающая линза



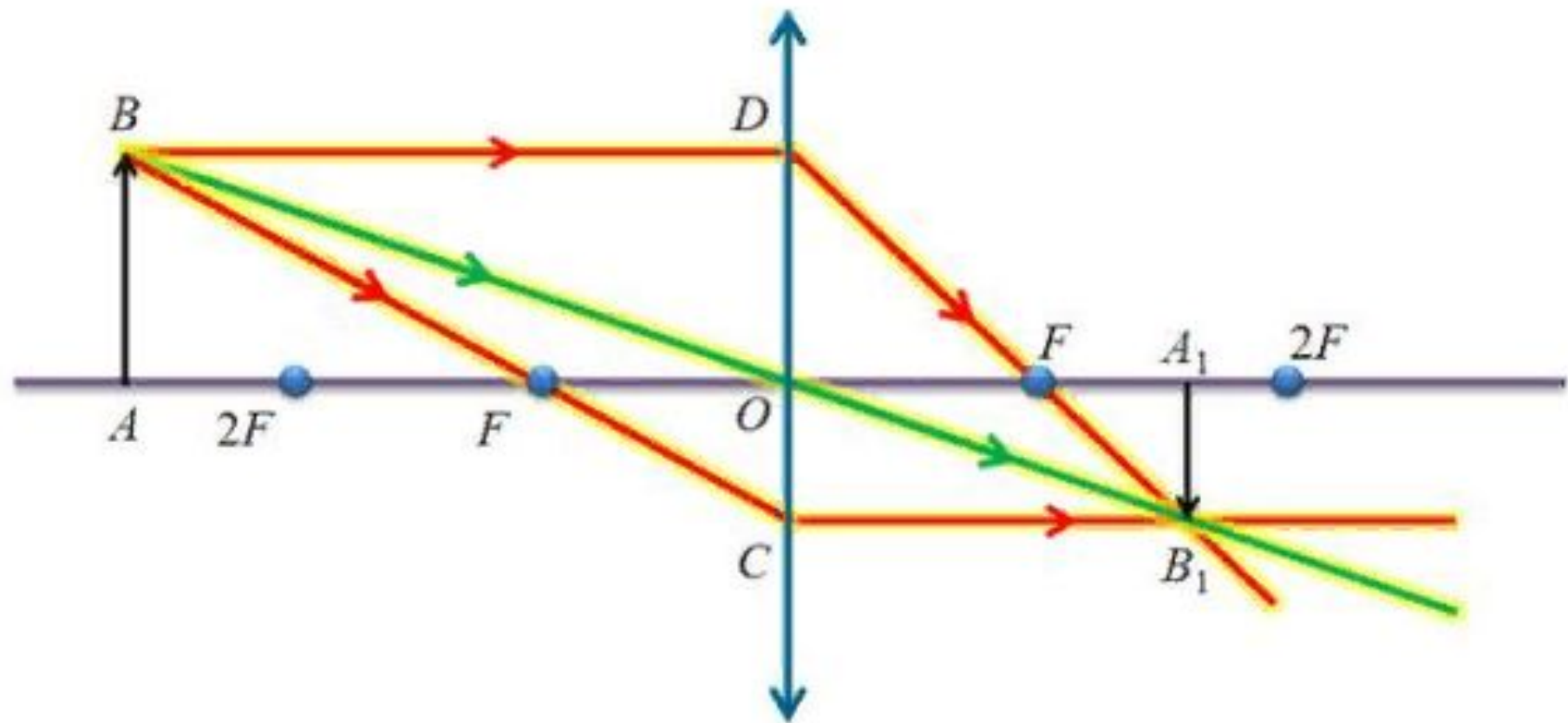
Рассмотрим собирающую линзу, фокусы и оптический центр которой заранее известны. Расстояние от предмета до линзы обозначим буквой  $d$ , а расстояние от линзы до изображения —  $f$ .

Построим изображение плоского предмета  $AB$ , находящегося на различных расстояниях от линзы.

Рассмотрим случай, когда предмет находится за двойным фокусом линзы.

Чтобы построить изображение точки  $B$ , направим луч  $BD$  параллельно главной оптической оси линзы. После преломления, этот луч пойдет через главный фокус линзы. Второй луч  $BC$  можно направить через фокус, тогда после преломления в линзе он будет идти параллельно главной оптической оси. В точке пересечения этих двух лучей и будет





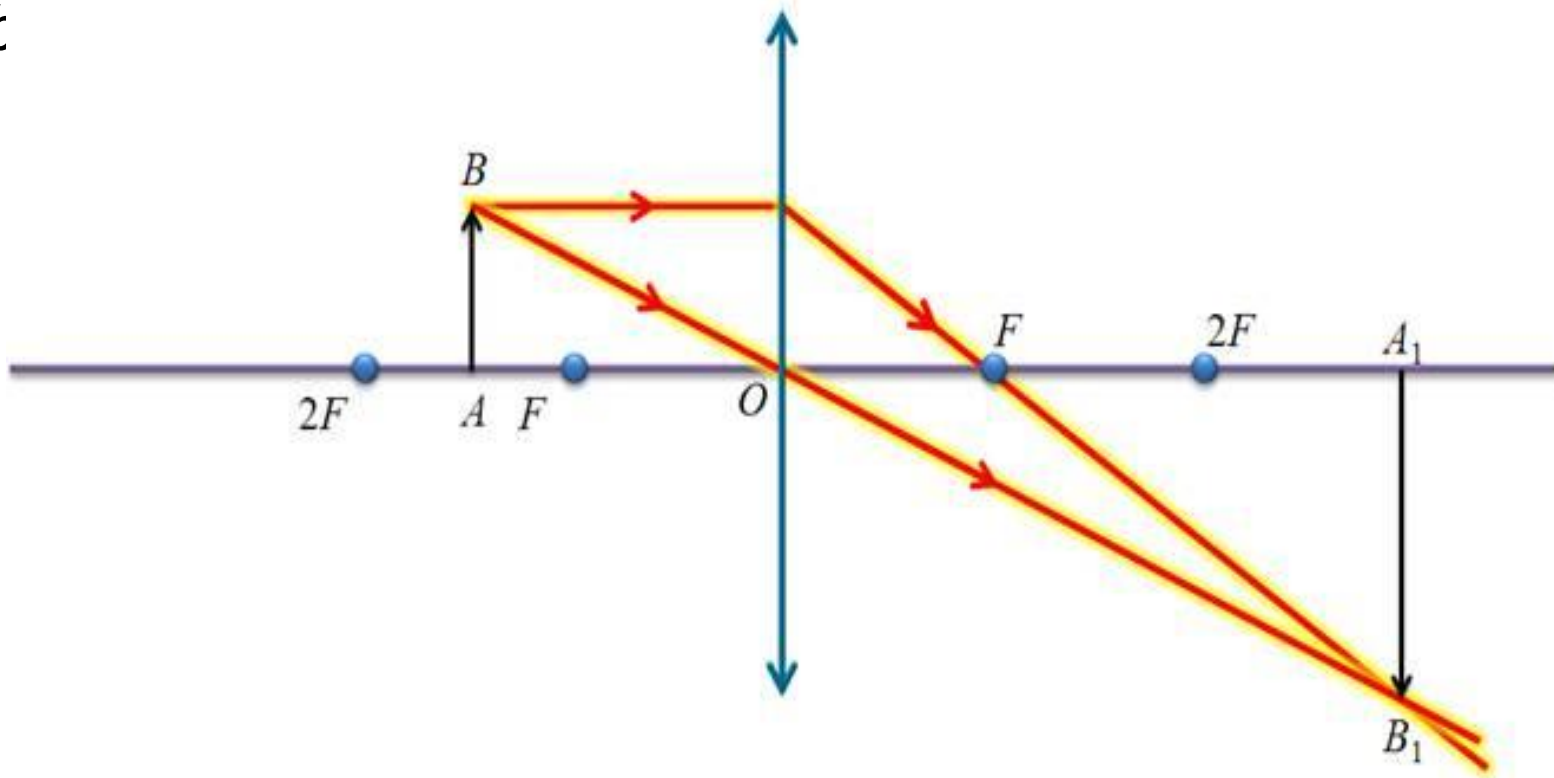
Г.к. предмет перпендикулярен главной оптической оси, то достаточно опустить перпендикуляр из точки  $B_1$ , чтобы получить вторую точку изображения — точку  $A_1$ . **Так можно делать только тогда, когда предмет перпендикулярен главной оптической оси.**

Можно использовать и луч  $BO$ , проходящий через оптический центр линзы.

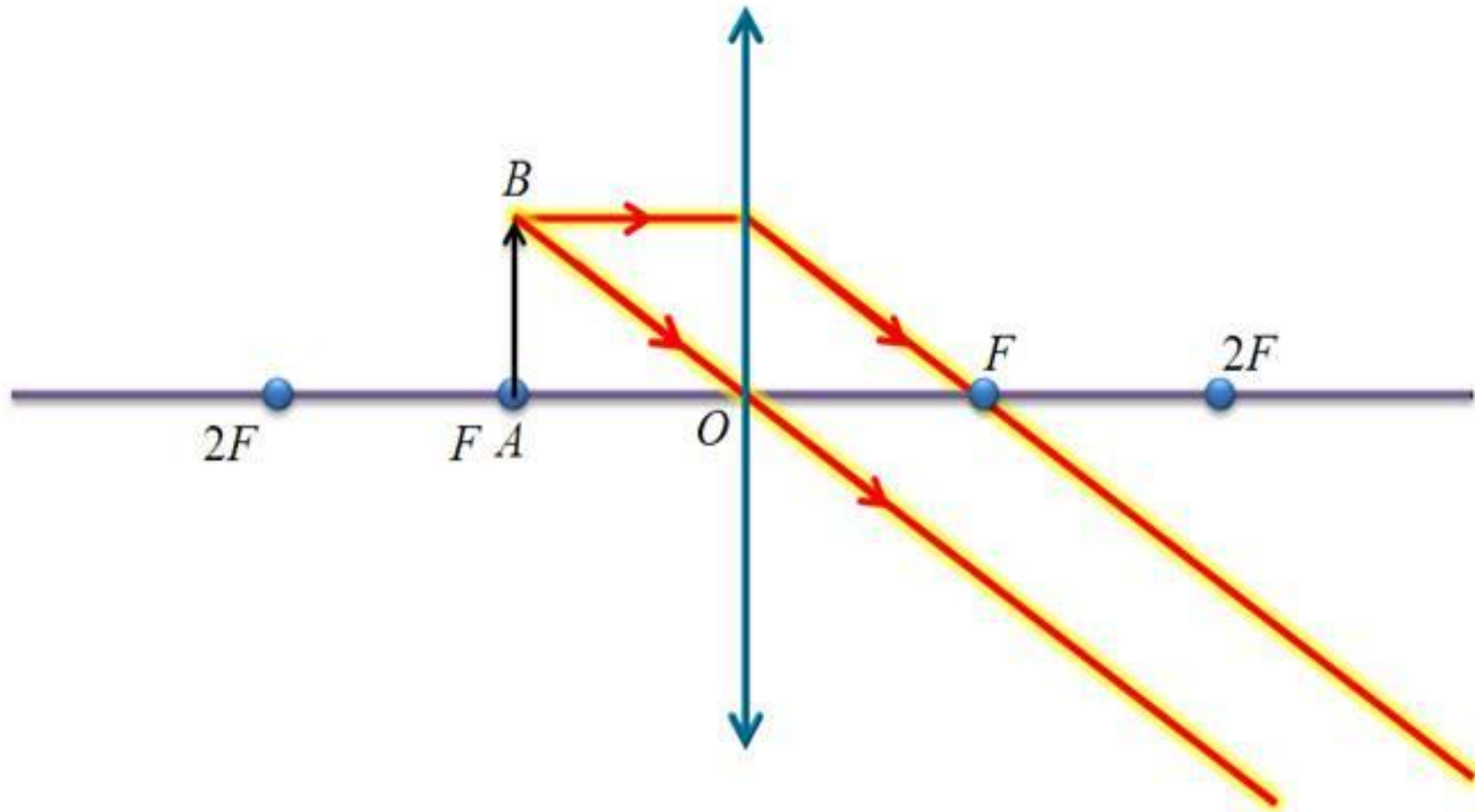
**Для построения изображения точки достаточно использовать два из трех «удобных» лучей, ход которых через линзу нам заранее известен.**

Охарактеризуем полученное изображение. Во-первых, оно **действительное**, так как получилось на пересечении преломленных лучей. Во-вторых, оно **перевернутое**. В-третьих, как можно видеть из построения, оно **уменьшенное**.

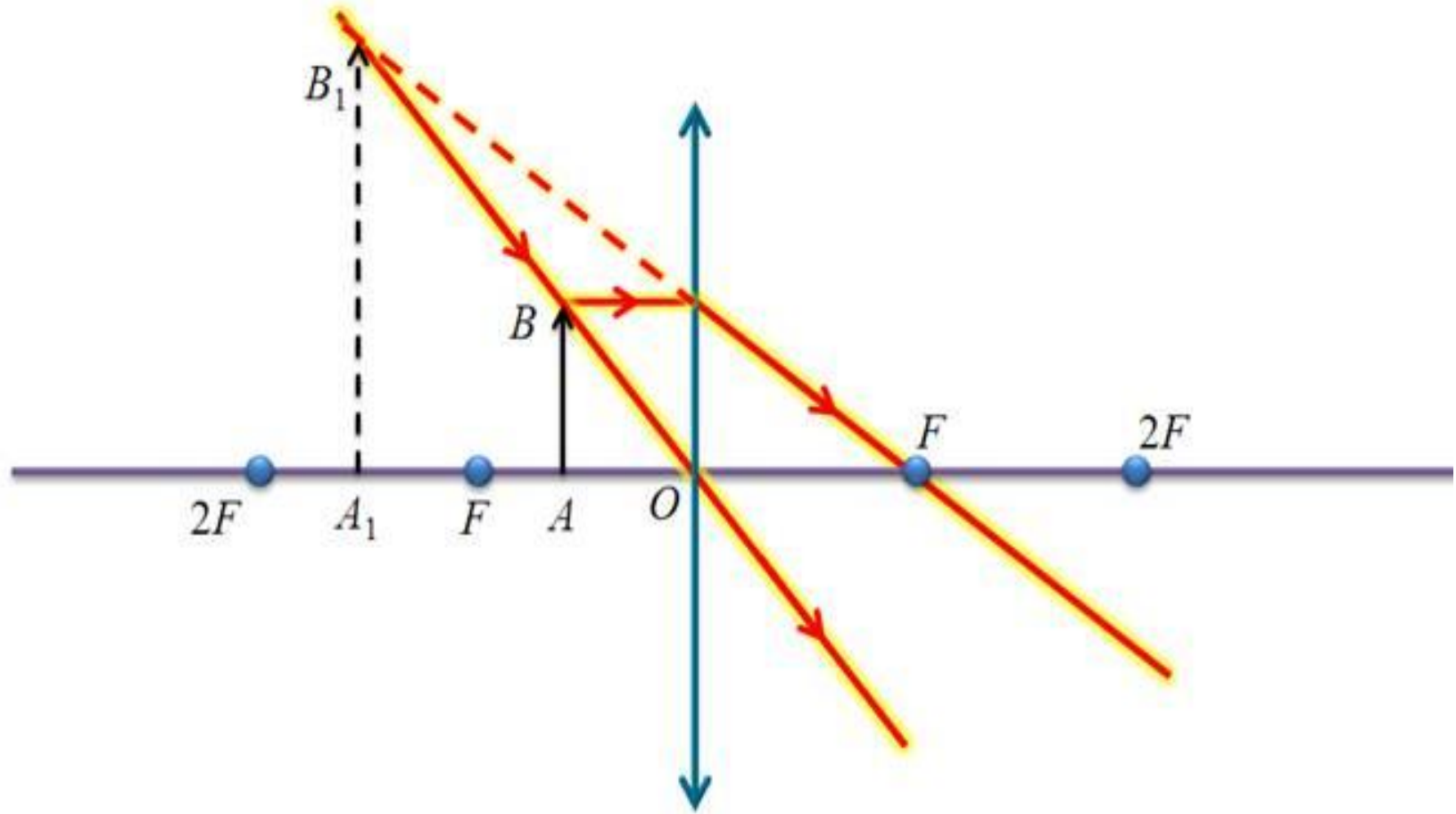
Аналогичным способом, можно построить и охарактеризовать изображение предмета, находящегося на других расстояниях от линзы: *Между первым и вторым  $\phi$*



*В главном фокусе линзы*

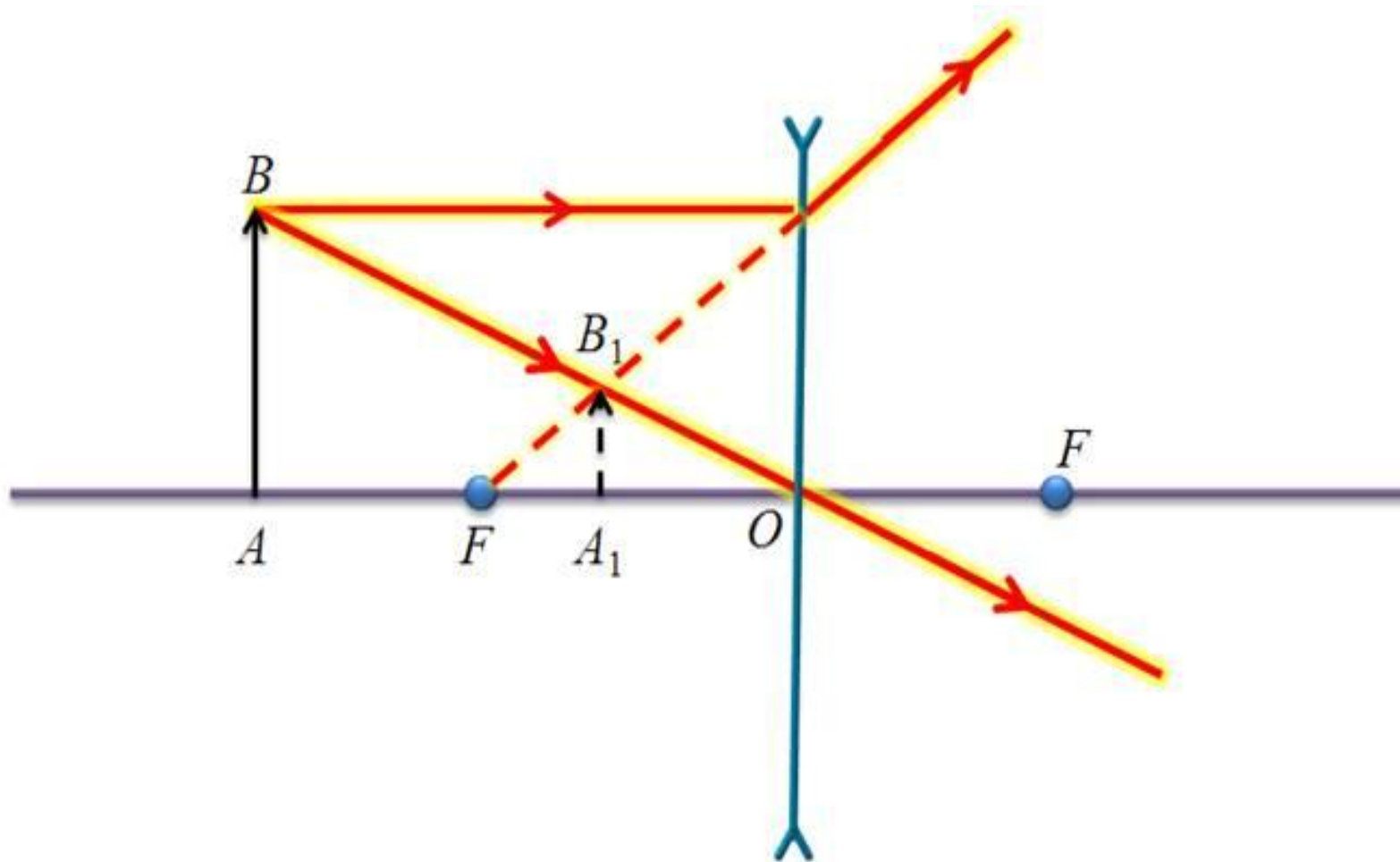


*Между фокусом и линзой.*



Когда предмет располагается **между фокусом и линзой**, то преломленные лучи расходятся, а пересекаться будут только их продолжения. Изображение предмета будет **мнимым, увеличенным, прямым** и находится со стороны изображаемого предмета.

При построении изображения действительного предмета в рассеивающей линзе поступают точно также как и в случае с собирающей. У рассеивающей линзы **фокус мнимый**, поэтому **изображение, даваемое рассеивающей линзой, всегда мнимое, уменьшенное, прямое** и находится между линзой и ее фокусом со стороны изображаемого предмета.



*Если основание предмета находится на главной оптической оси, но сам предмет не перпендикуляре ней, то все три «удобных» луча будут сливаться в один, который совпадает с главной оптической осью линзы.*

Для удобства уберем предмет, оставив только точку, изображение которой надо построить.

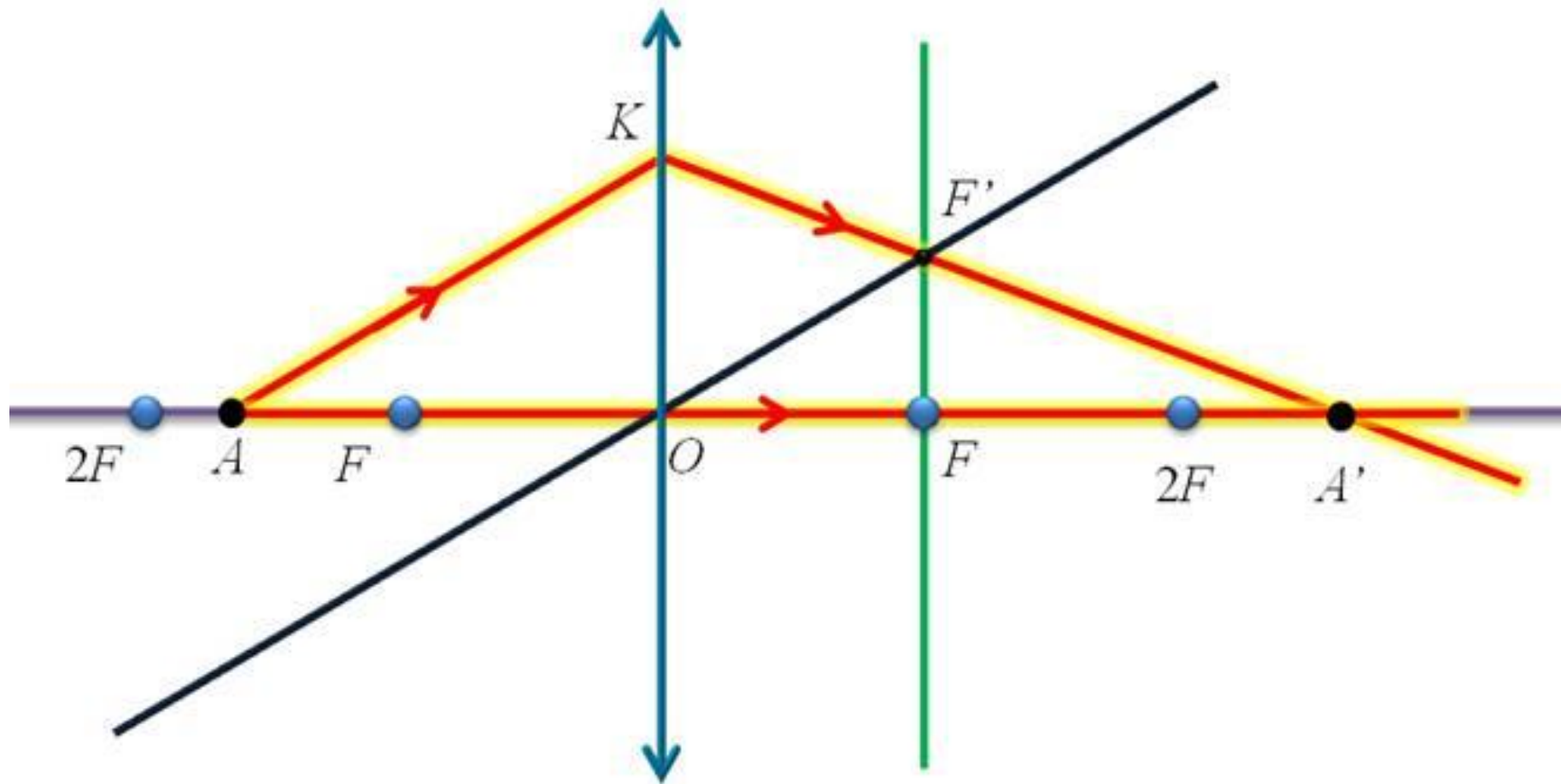
Проведем два луча: первый луч  $AO$ , вдоль главной оптической оси (он проходит через оптический центр линзы, не испытывая преломления), второй луч, например  $AK$ , падающий на линзу в произвольной точке  $K$ . Такой луч, после преломления в линзе, не пойдет через ее главный фокус. Для того чтобы найти дальнейший ход этого луча нам необходимо совершить несколько операций



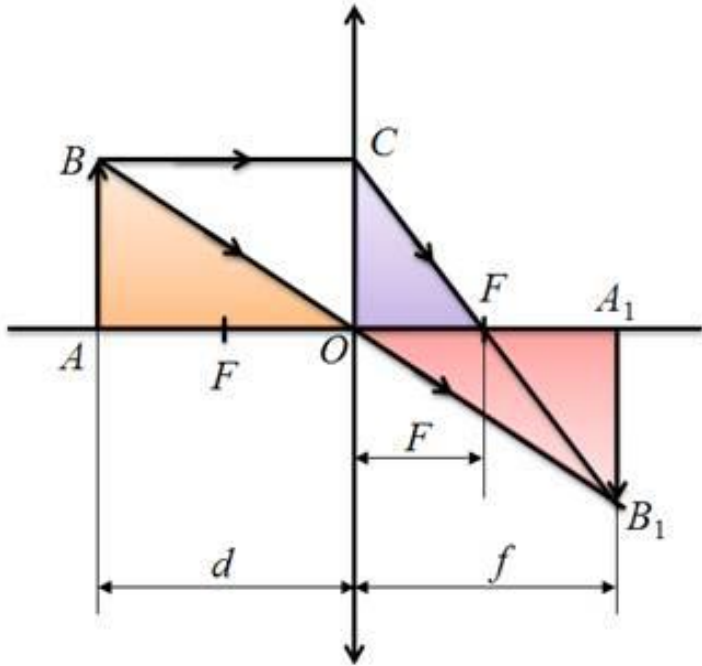
Проведем побочную оптическую ось, параллельную нашему лучу  $AK$ . Начертим заднюю фокальную плоскость в случае собирающей линзы или переднюю — в случае рассеивающей линзы.

Побочная оптическая ось пересеклась с фокальной плоскостью в точке, которую называют **побочным фокусом линзы  $F'$** . Через этот побочный фокус и пойдут все параллельные побочной оптической оси лучи после преломления в собирающей линзе, или их продолжения в рассеивающей, а следовательно, и наш луч  $AK$ .

Преломленный луч (или его продолжение) пересечет оптическую ось в точке  $A_1$ , которая и является изображением точки  $A$ .



**Выведем формулу, которая свяжет три величины — расстояние от предмета до линзы, расстояние от линзы до изображения и фокус линзы. Рассмотрим собирающую линзу, предмет  $AB$  и его изображение в этой линзе  $A_1B_1$ .**



Формула тонкой линзы в общем виде:

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

Величину, равную обратному фокусному расстоянию линзы, выраженному в метрах, называют **оптической силой линзы**

$D$  измеряется в диоптриях

$$D = \frac{1}{F}$$

$$[D] = [\text{дптр}]$$

Впервые формулу тонкой линзы вывел Иоганн Кеплер в 1604 году. Он изучал преломления света при малых углах падения в линзах различной конфигурации.

Для практического использования формулы тонкой линзы, применяют **правило знаков**:

для собирающей линзы, действительных источника и изображения, фокусное расстояние, расстояние от предмета до линзы и от линзы до изображения  
считают **положительными**;

для рассеивающей линзы, мнимых источника и изображения, фокусное расстояние, расстояние от предмета до линзы и от линзы до изображения считают **отрицательными**.

Предмет или источник является мнимым только в том случае, если на линзу падает пучок **сходящихся лучей**, продолжения которых пересекаются в одной точке. Различие между размерами предмета и размерами его изображения характеризуется

**линейным (или поперечным) увеличением линзы.**

Линейное увеличение линзы — это отношение линейного размера изображения к линейному размеру предмета, равно отношению расстояния от линзы до изображения к расстоянию от предмета до линзы, обозначается – G.

$$G = \frac{H}{h}$$

$H$  - линейный размер изображения,  $h$  - линейный размер предмета.

$$G = \frac{f}{d}$$

$D$  - расстояние от предмета до линзы,  $f$  - расстояние от линзы до изображения.