

# 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

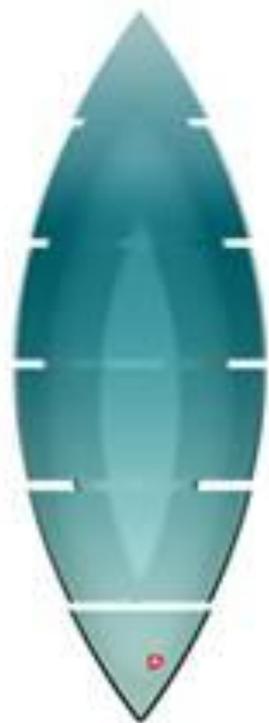
**Выпуклые линзы делятся на три вида — плоско выпуклые, двояковыпуклые и вогнуто-выпуклая; вогнутые линзы подразделяются на плосковогнутые, двояковогнутые и выпукло-вогнутые**



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

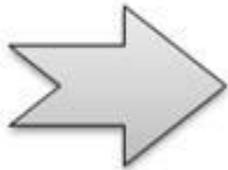


Рассеивающая линза

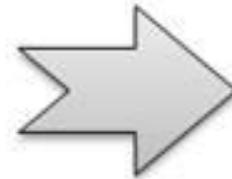
Для простоты и удобства, будем рассматривать **тонкие линзы**, толщина которых пренебрежимо мала, по сравнению с радиусами сферических поверхностей. Если линза **собирающая**, то ее обозначают прямой со стрелочками на концах, направленными от центра линзы, а если линза **рассеивающая**, то стрелочки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

### Условное обозначение

собирающей линзы



рассеивающей



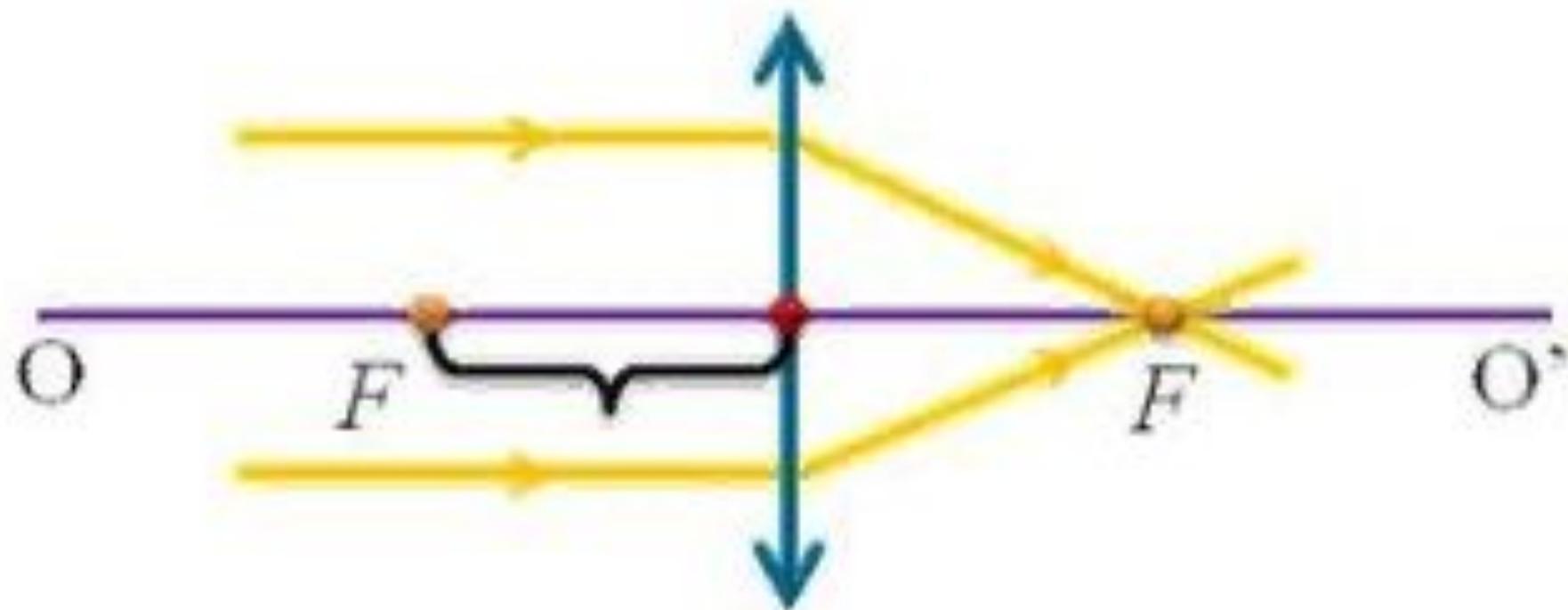
Оптический центр линзы — это точка, пройдя через которую лучи не испытывают преломления.

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

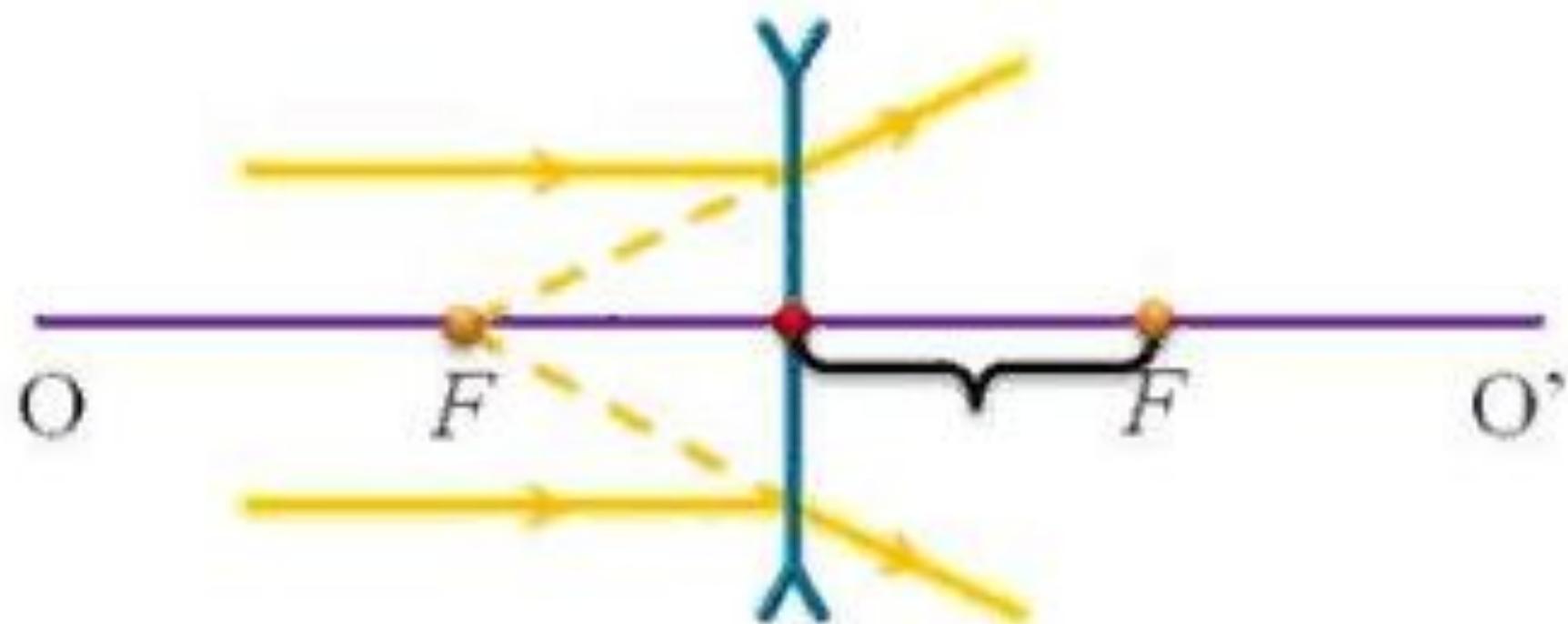
Оптическую ось, которая проходит через центры сферических поверхностей, которые ограничивают линзу, называют главной оптической осью.

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**.

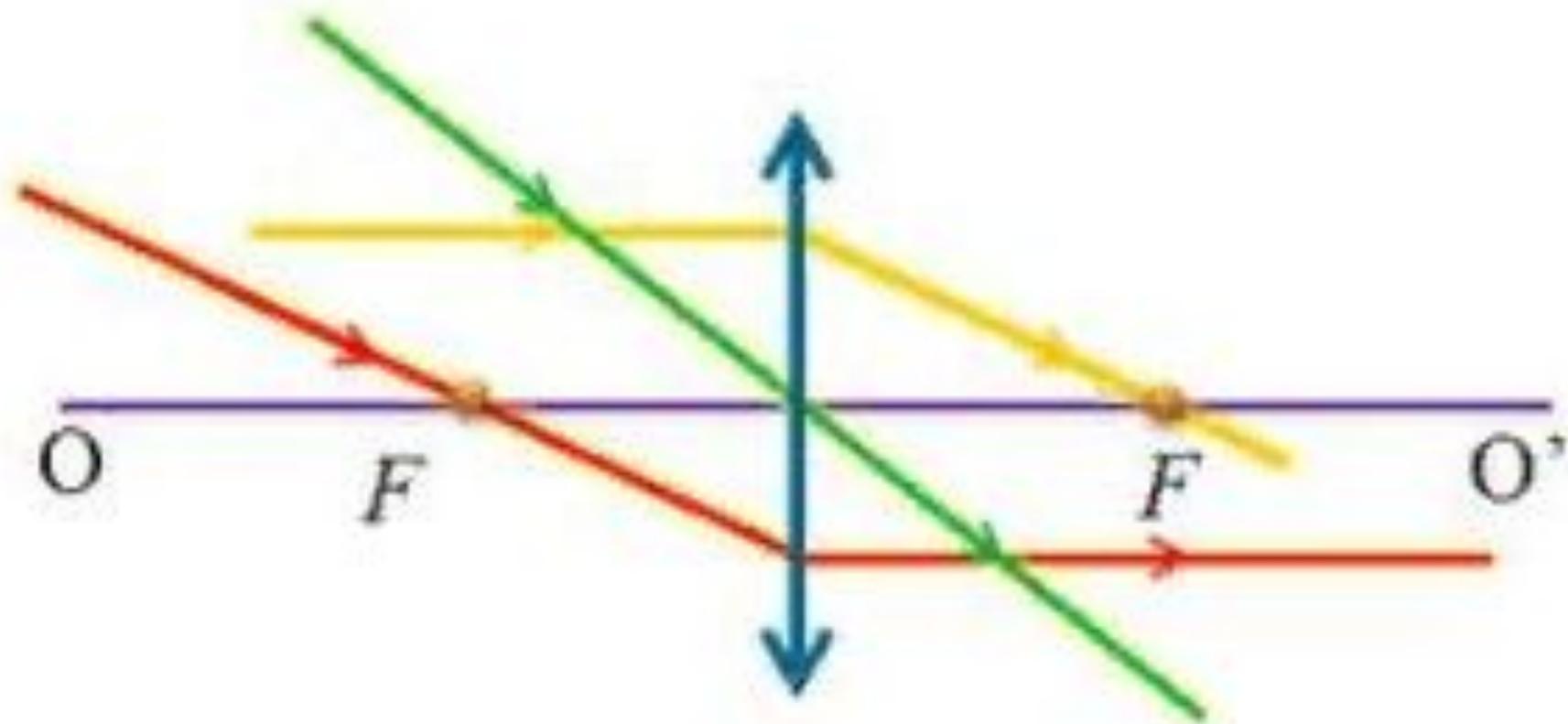
**Фокальная плоскость** — это плоскость, перпендикулярная главной оптической оси линзы, проходящая через ее главный фокус.

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

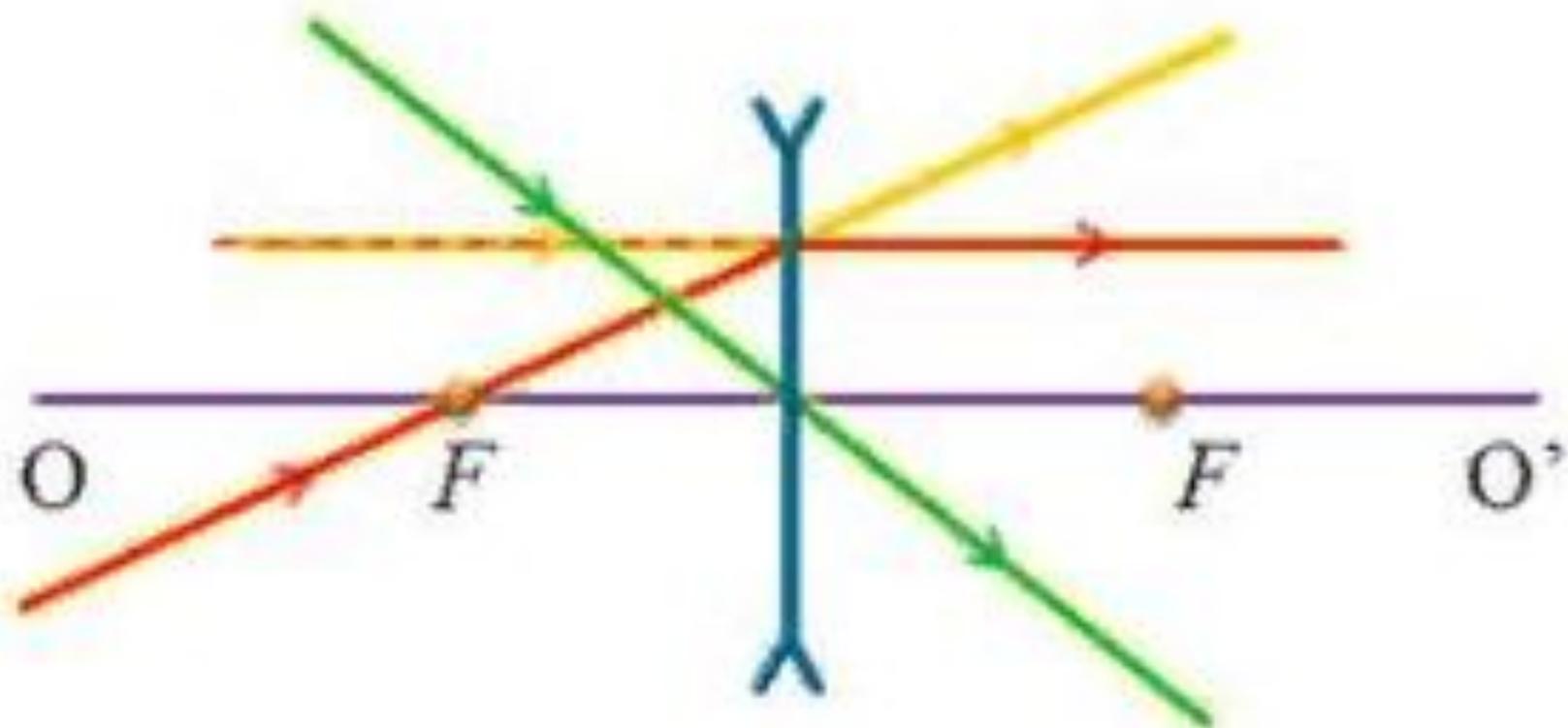
- лучи, идущие **параллельно главной оптической оси**, т.к. после преломления в линзе, они проходят через ее главный фокус;

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

## Собирающая линза



## Рассеивающая линза

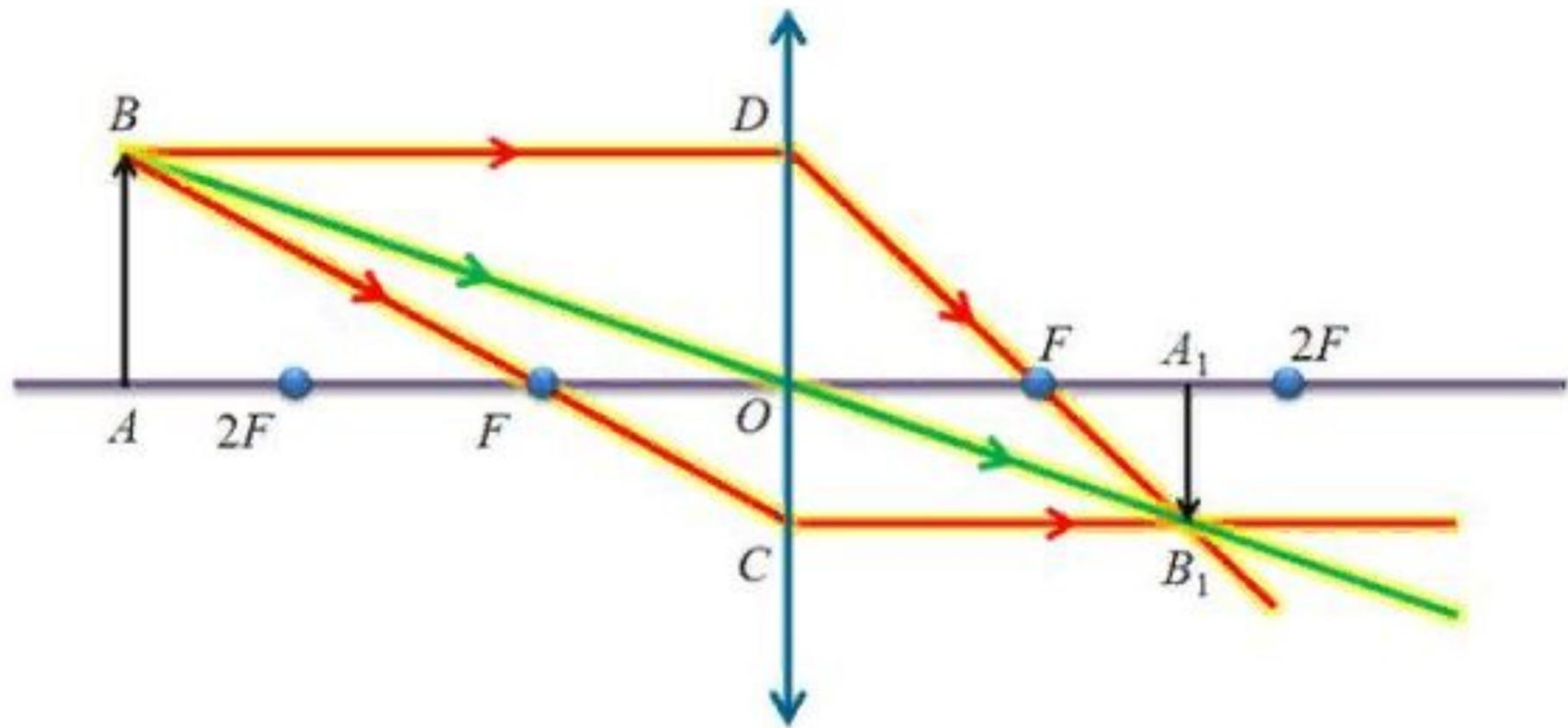


Рассмотрим собирающую линзу, фокусы и оптический центр которой заранее известны. Расстояние от предмета до линзы обозначим буквой  $d$ , а расстояние от линзы до изображения —  $f$ .

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



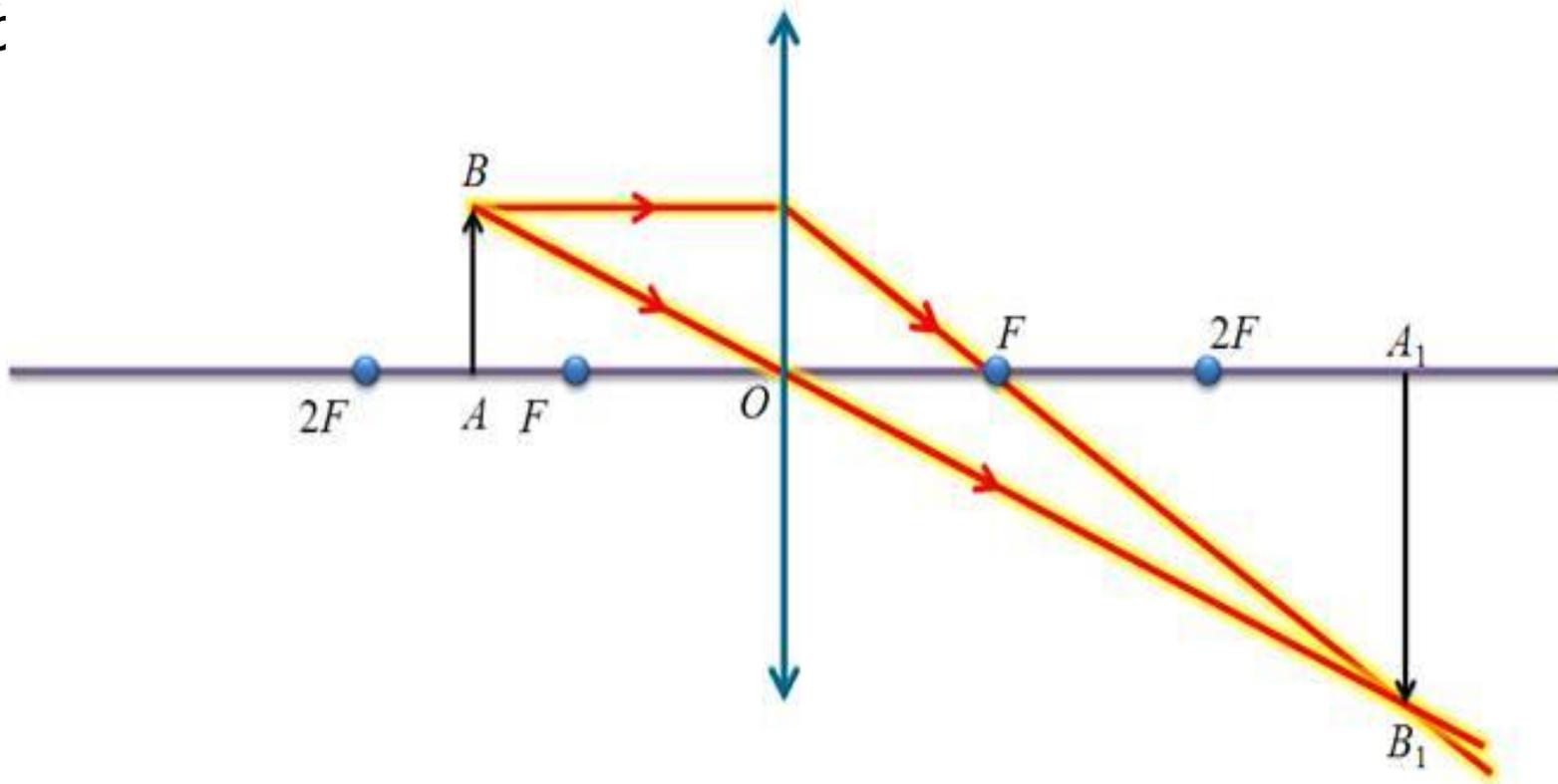
Г.к. предмет перпендикулярен главной оптической оси, то достаточно опустить перпендикуляр из точки  $B_1$ , чтобы получить вторую точку изображения — точку  $A_1$ . **Так можно делать только тогда, когда предмет перпендикулярен главной оптической оси.**

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

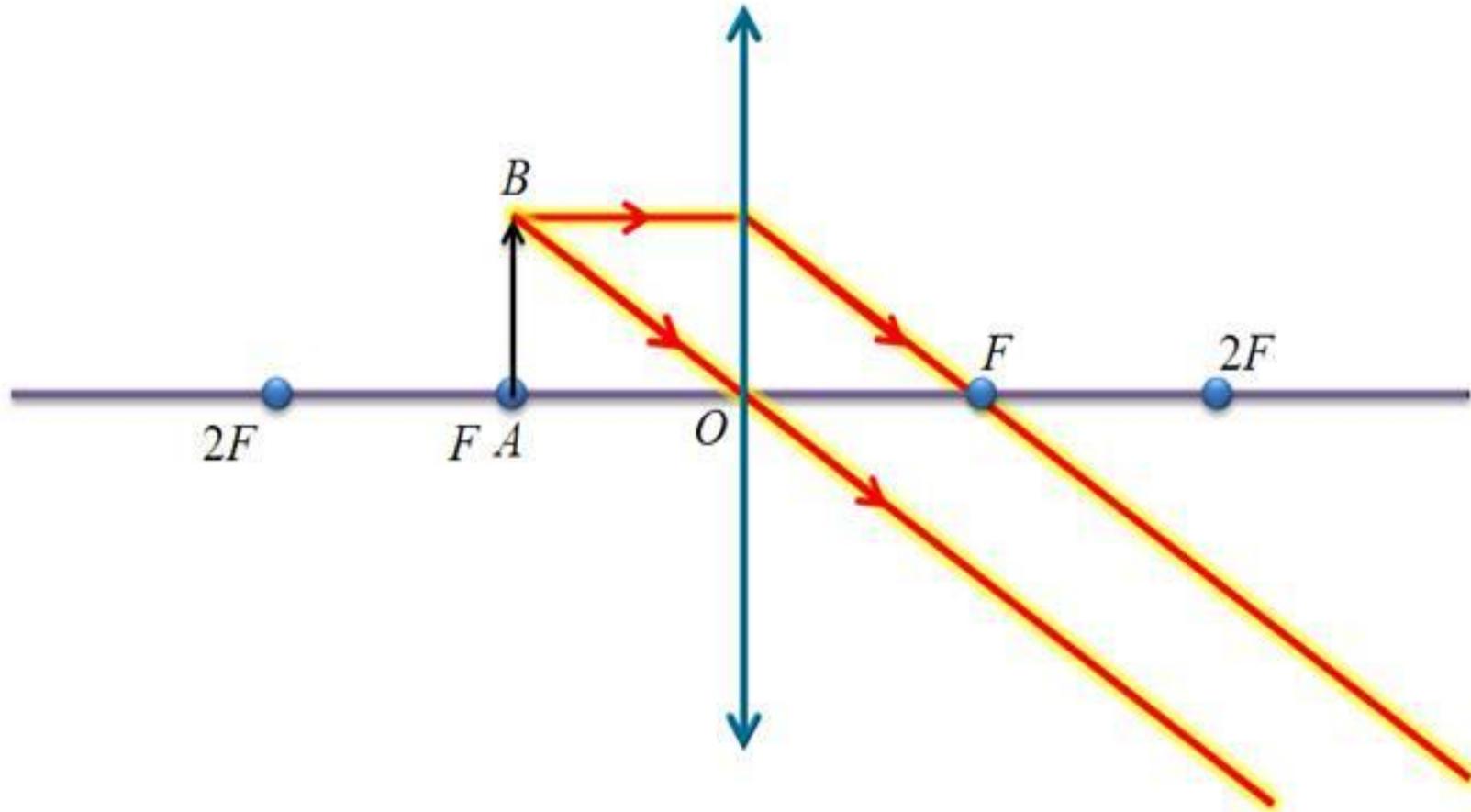
**Для построения изображения точки достаточно использовать два из трех «удобных» лучей, ход которых через линзу нам заранее известен.**

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**.

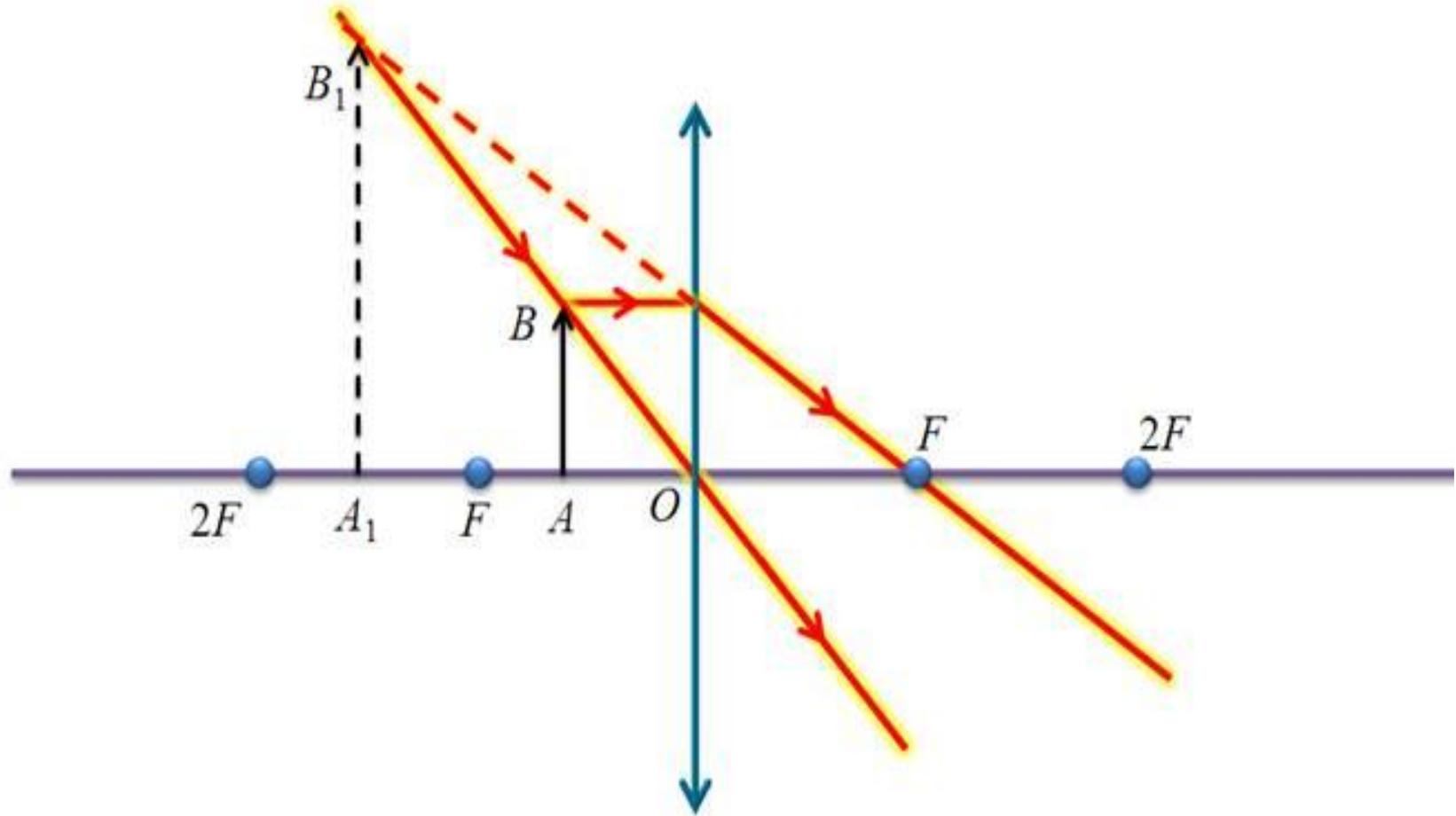
Аналогичным способом, можно построить и охарактеризовать изображение предмета, находящегося на других расстояниях от линзы: *Между первым и вторым  $\phi$*



*В главном фокусе линзы*

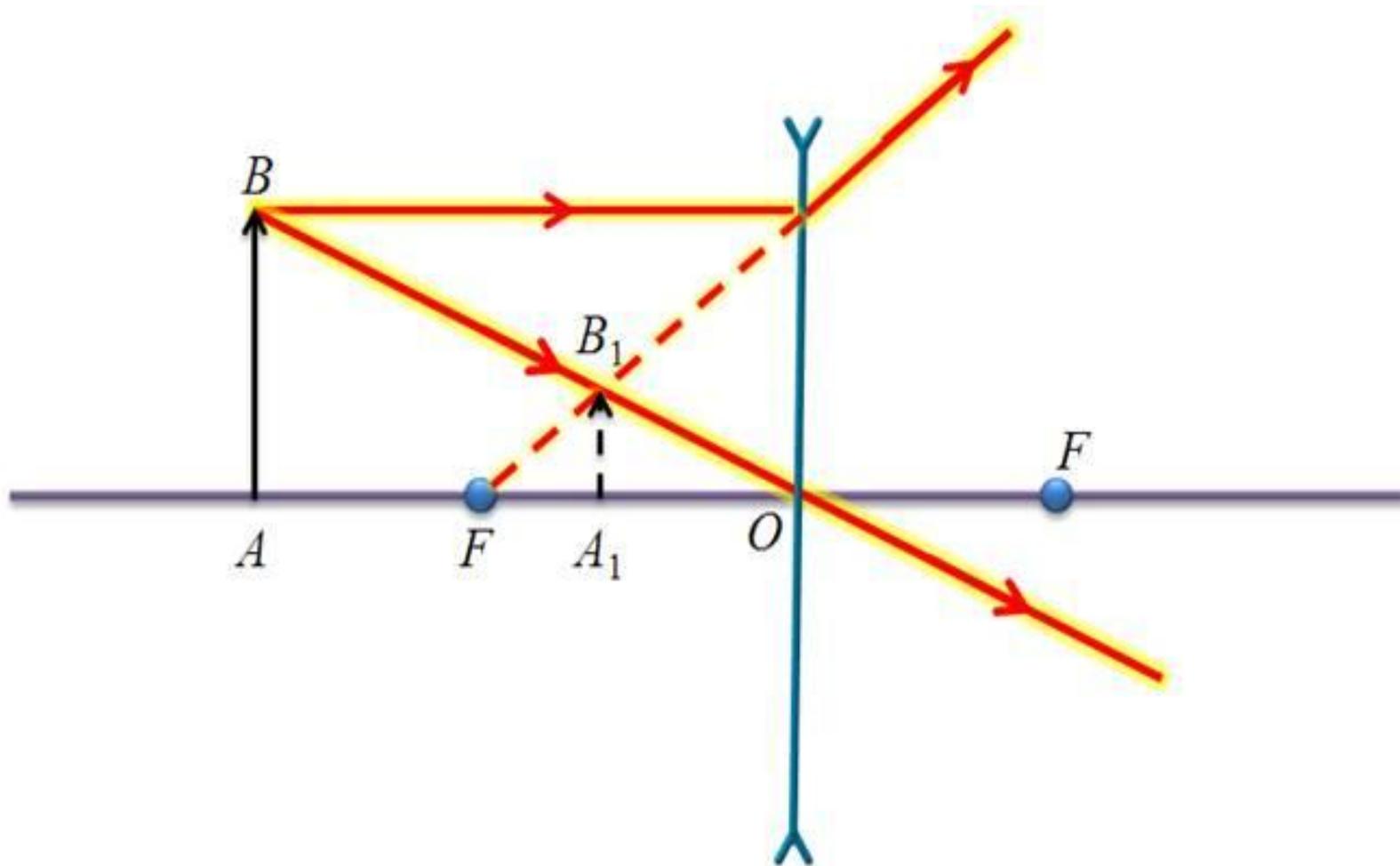


*Между фокусом и линзой.*



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.*

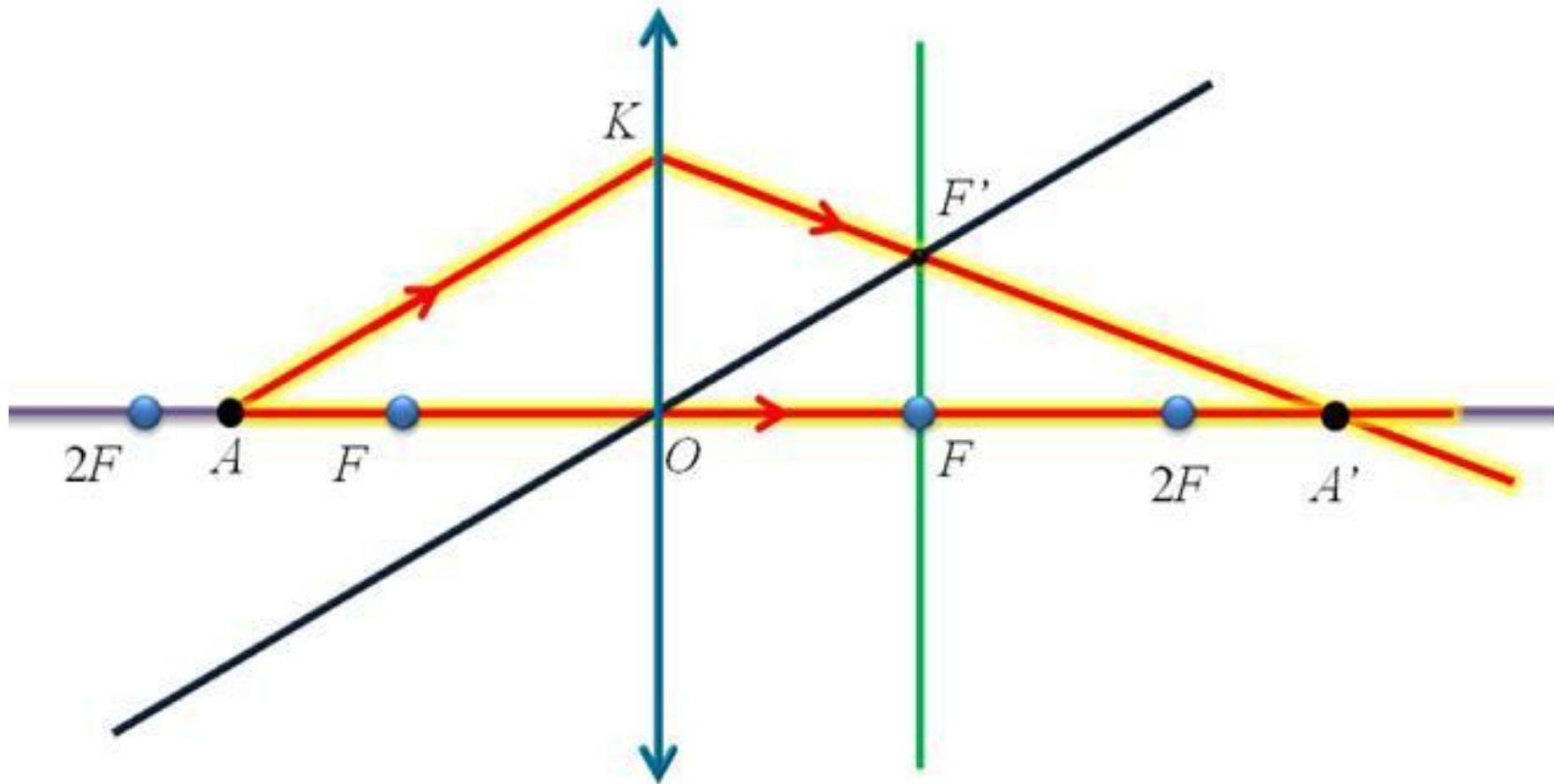
Для удобства уберем предмет, оставив только точку, изображение которой надо построить.

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

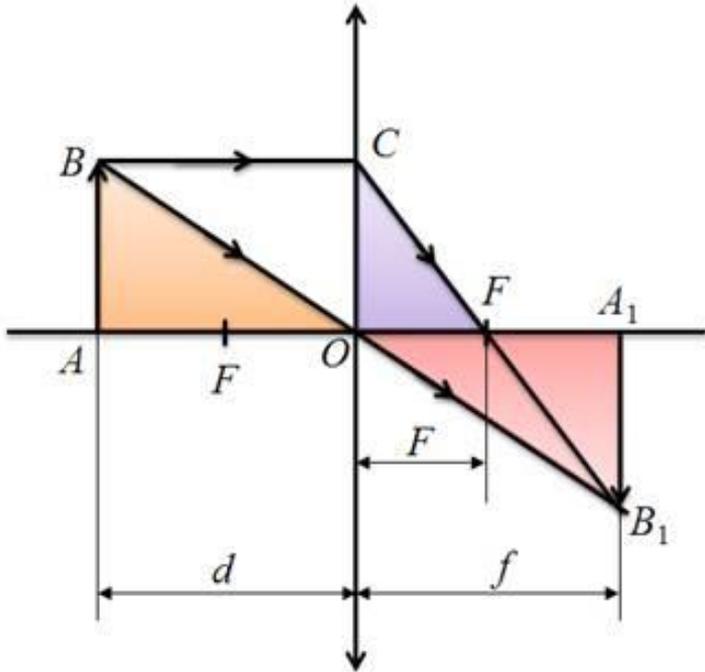
Проведем побочную оптическую ось, параллельную нашему лучу  $AK$ . Начертим заднюю фокальную плоскость в случае собирающей линзы или переднюю — в случае рассеивающей линзы.

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.