

# ТОНКИЕ ЛИНЗЫ

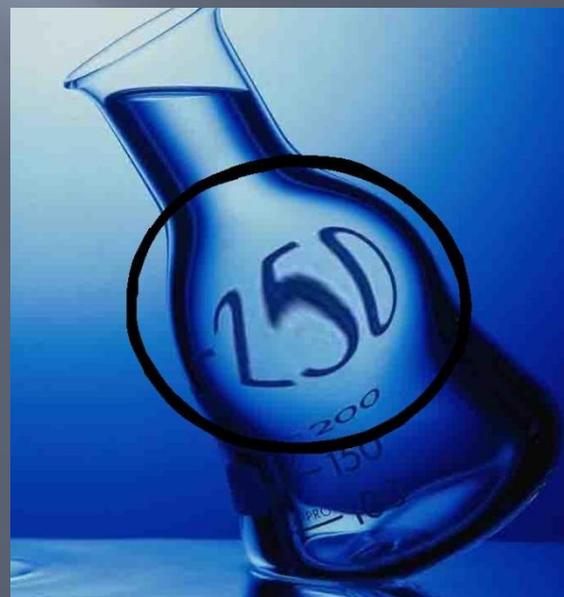
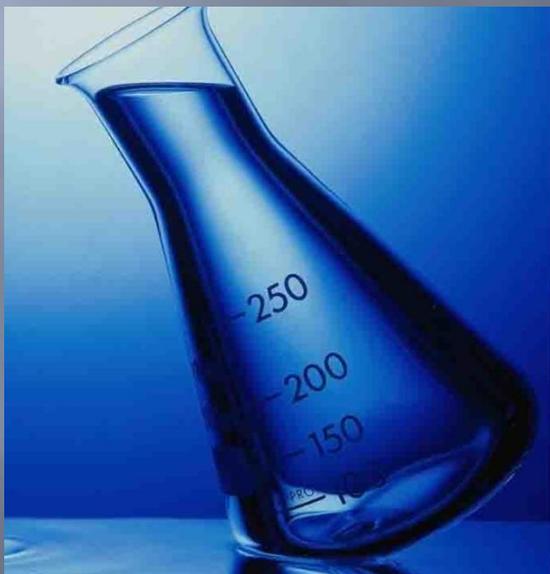
Отражение и преломление света используют для того, чтобы изменять направление лучей или, как говорят, управлять световыми пучками. На этом основано создание специальных оптических приборов, таких, например, как лупа, телескоп, микроскоп, фотоаппарат и другие. Главной частью большинства из них является линза. Например, очки - это линзы, заключенные в оправу. Уже этот пример показывает, какое значение имеет для человека применение линз.

Первое упоминание о линзах можно найти в древнегреческой пьесе Аристофана «Облака» (424 до н. э.), где с помощью выпуклого стекла и солнечного света добывали огонь.

Линзы получили широкое использование лишь с появлением очков примерно в 1280-х годах в Италии.

НАПРИМЕР НА ПЕРВОМ РИСУНКА КОЛБА ТАКАЯ, КАКОЙ МЫ ЕЁ ВИДИМ В ЖИЗНИ, А НА ВТОРОЙ, ЕСЛИ БУДЕМ СМОТРЕТЬ НА НЕЁ ЧЕРЕЗ ЛУПУ (ТА ЖЕ ЛИНЗА).

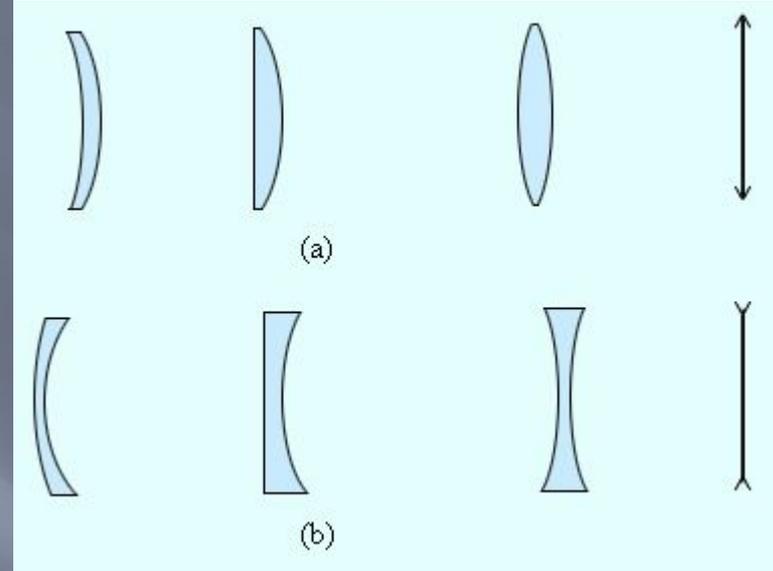
В ОПТИКЕ ЧАЩЕ ВСЕГО ИСПОЛЬЗУЮТ СФЕРИЧЕСКИЕ ЛИНЗЫ. ТАКИЕ ЛИНЗЫ ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ ТЕЛА, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ ИЗ ОПТИЧЕСКОГО ИЛИ ОРГАНИЧЕСКОГО СТЕКЛА, ОГРАНИЧЕННЫЕ ДВУМЯ СФЕРИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ.



## ВИДЫ ЛИНЗ

Линзой называется прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями. Если толщина самой линзы мала по сравнению с радиусами кривизны сферических поверхностей, то линзу называют тонкой.

Линзы бывают собирающими (выпуклыми) и рассеивающими (вогнутыми). Собирающая линза в середине толще, чем у краев, рассеивающая линза, наоборот, в средней части тоньше.



### собирающие (a)

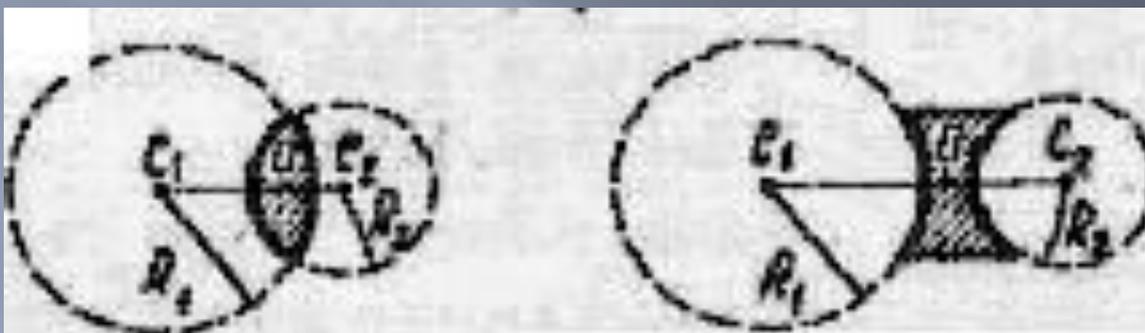
- двояковыпуклая
- плоско-выпуклая
- вогнуто-выпуклая

### рассеивающие (b)

- выпукло-вогнутая
- плоско-вогнутая
- двояковогнутая

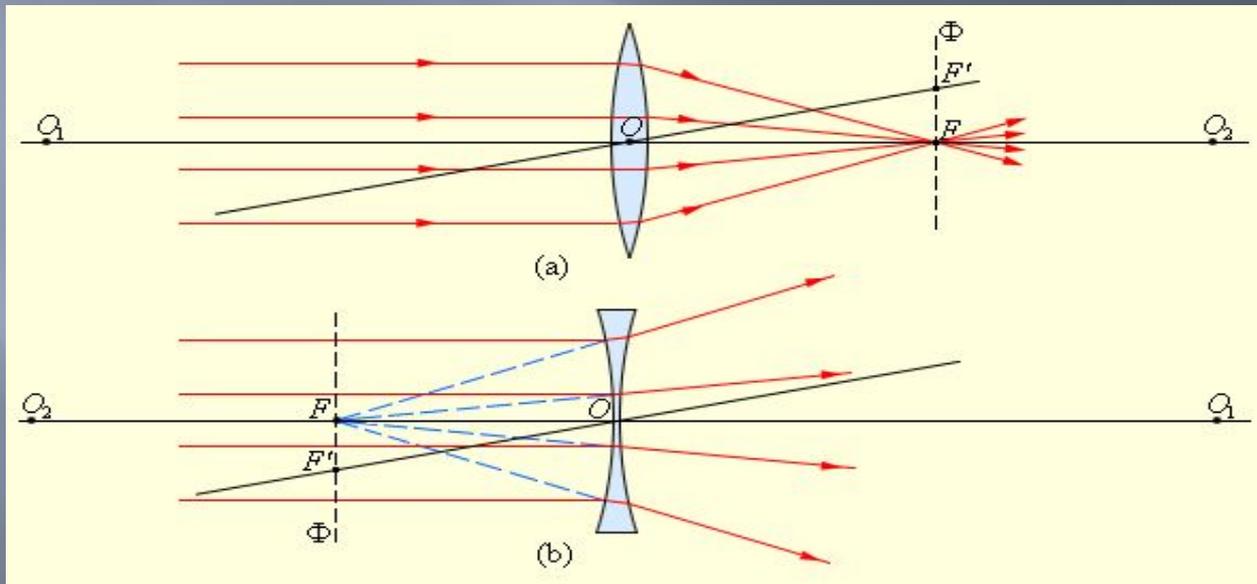
Мы будем рассматривать только сферические линзы, то есть линзы, ограниченные двумя шаровыми (сферическими) поверхностями.

Линзы, ограниченные двумя выпуклыми поверхностями, называются двояковыпуклыми; линзы, ограниченные двумя вогнутыми поверхностями, называются двояковогнутыми



На этом рисунке изображены сечения двух линз с центрами в точке  $O$ . Первая линза - **выпуклая**, вторая - **вогнутая**. Точка  $O$  - оптический центр линзы.

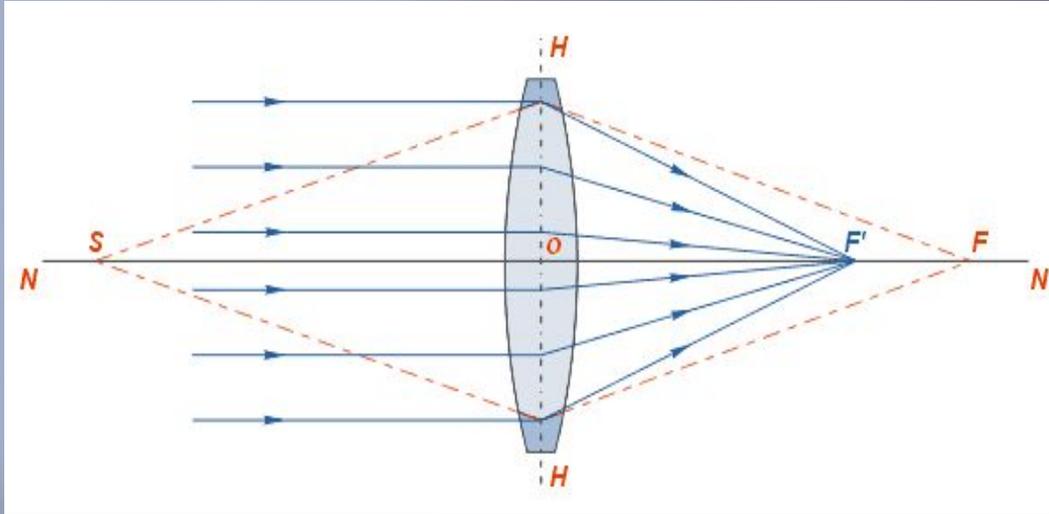
Прямая, проходящая через центры кривизны  $O_1$  и  $O_2$  сферических поверхностей, называется **главной оптической осью** линзы. В случае тонких линз приближенно можно считать, что главная оптическая ось пересекается с линзой в одной точке, которую принято называть **оптическим центром** линзы  $O$ . Луч света проходит через оптический центр линзы, не отклоняясь от первоначального направления. Все прямые, проходящие через оптический центр, называются **побочными оптическими осями**. В случае, когда изображение точки находится на наклонной линии, проходящей через центр линзы под углом к оптической оси. Плоскость, перпендикулярная оптической оси, расположенная в фокусе линзы, называется **фокальной плоскостью**.



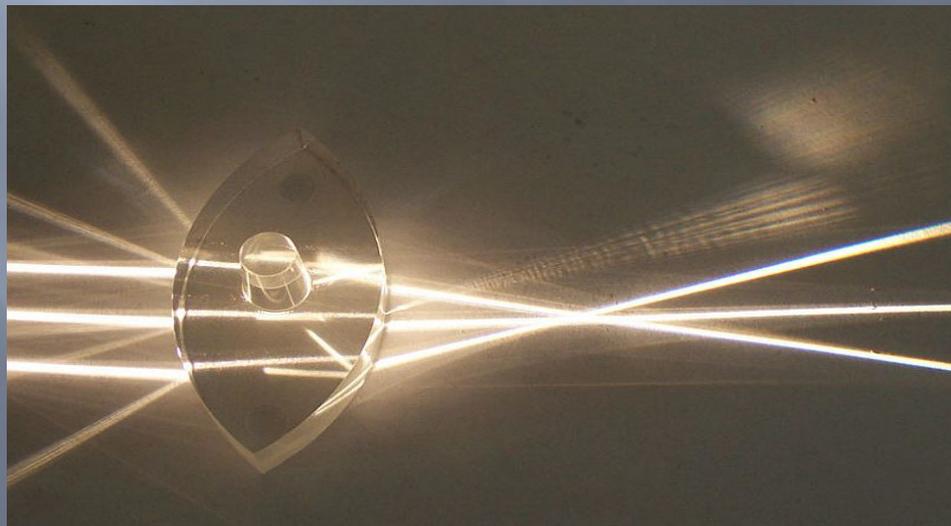
(a)  
собирающая

(b)  
рассеивающая

# СОБИРАТЕЛЬНАЯ ЛИНЗА

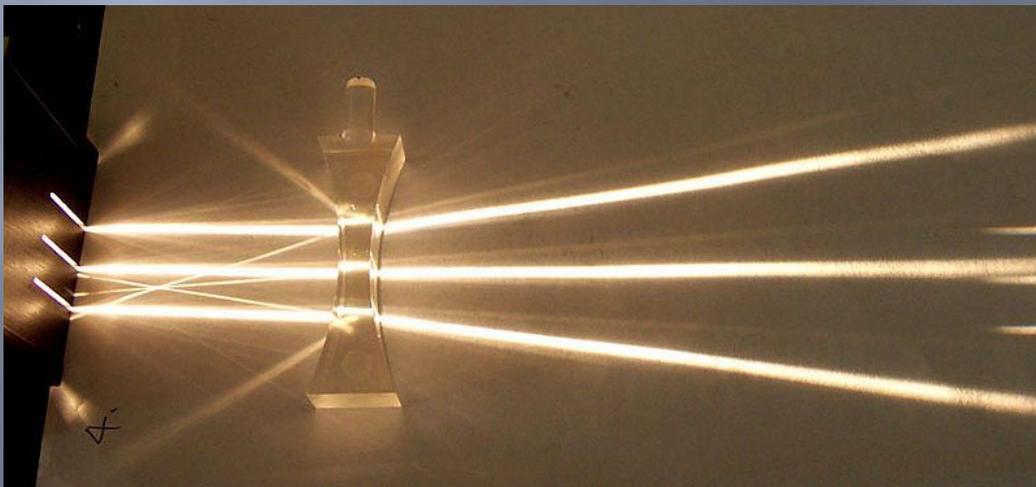
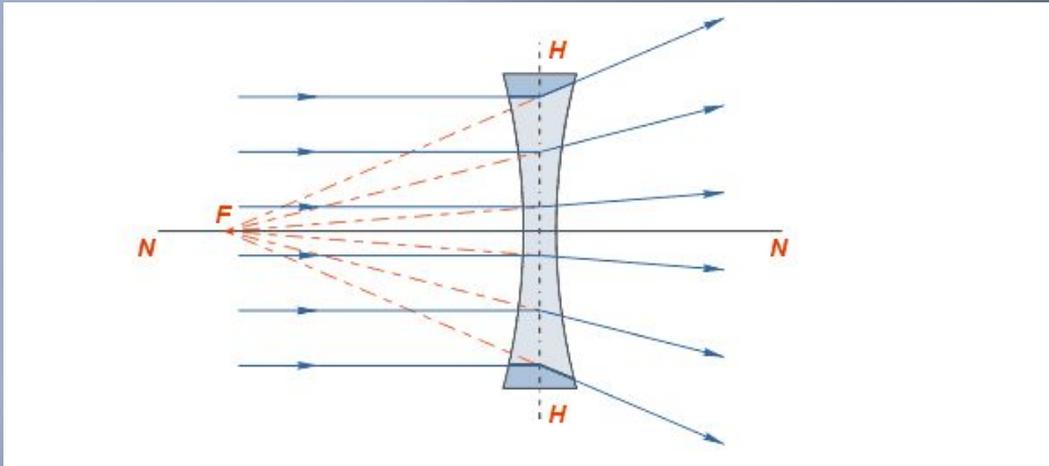


Если на некотором расстоянии перед собирающей линзой поместить светящуюся точку  $S$ , то луч света, направленный по оси, пройдёт через линзу не преломившись, а лучи, проходящие не через центр, будут преломляться в сторону оптической оси и пересекутся на ней в некоторой точке  $F$ , которая и будет изображением точки  $S$ . Эта точка носит название **сопряжённого фокуса**, или просто **фокуса**.



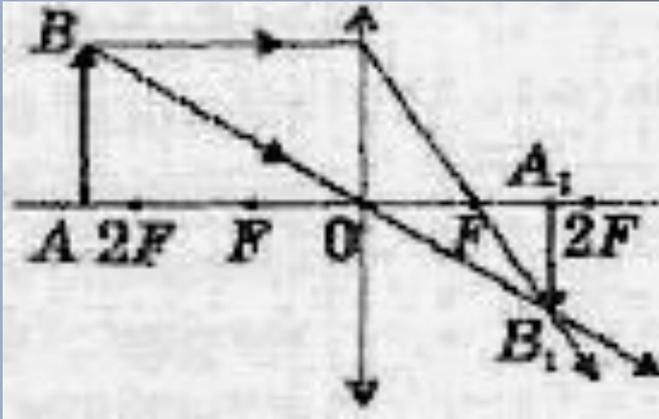
Если на линзу будет падать свет от очень удалённого источника, лучи которого можно представить идущими параллельным пучком, то по выходе из неё лучи преломятся под большим углом и точка  $F$  переместится на оптической оси ближе к линзе. При данных условиях точка пересечения лучей, вышедших из линзы, называется фокусом  $F'$ , а расстояние от центра линзы до фокуса — **фокусным расстоянием**.

# Рассеивающая линза

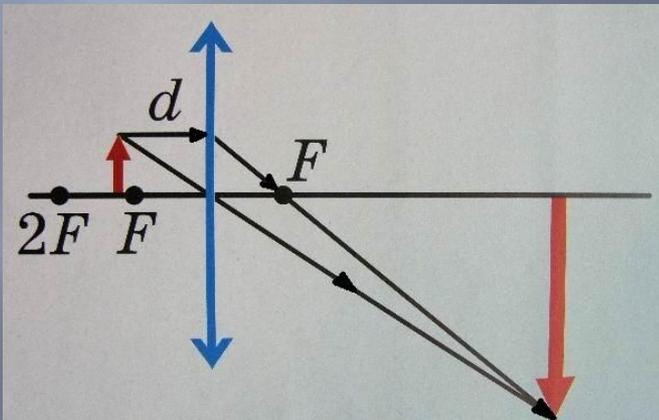


Лучи, падающие на рассеивающую линзу, по выходе из неё будут преломляться в сторону краёв линзы, то есть рассеиваться. Если эти лучи продолжить в обратном направлении так, как показано на рисунке пунктирной линией, то они сойдутся в одной точке  $F$ , которая и будет **фокусом** этой линзы. Этот фокус будет **мнимым**.

# Построение изображений в тонкой собирающей линзе



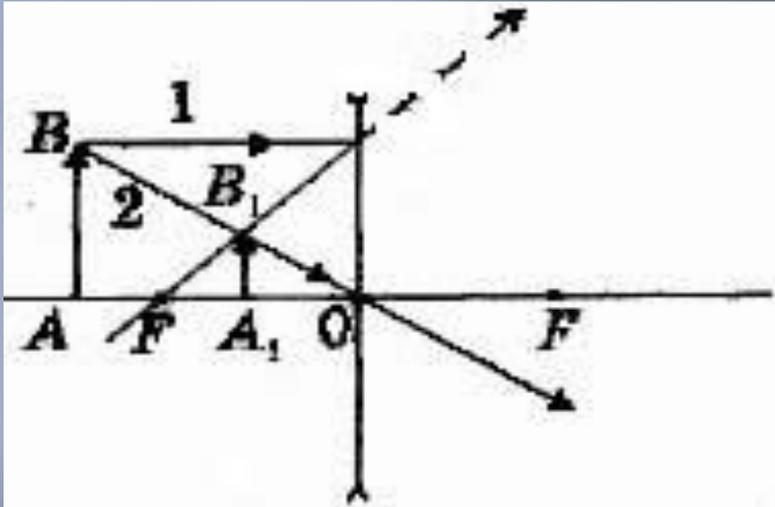
Для построения изображения в линзе важную роль играет расстояние предмета от линзы, которое обозначают буквой  $d$ . Фокусное расстояние, как и сам фокус, обозначают буквой  $F$ . Введем понятие двойного фокусного расстояния, которое обозначают  $2F$ . Пусть предмет (стрелка  $AB$ ) находится за двойным фокусным расстоянием от собирающей линзы:  $d > 2F$ . Чтобы построить изображение точки  $B$ , используем два «удобные» луча: первый луч проведем параллельно к главной оптической оси, после преломления он пройдет через главный фокус; другой луч проходит через оптический центр линзы не преломляясь. На пересечении преломленных лучей находится точка  $B_1$  — изображение точки  $B$ . Поскольку стрелка  $AB$  перпендикулярна к главной оптической оси, то её изображение также перпендикулярно к главной оптической оси.



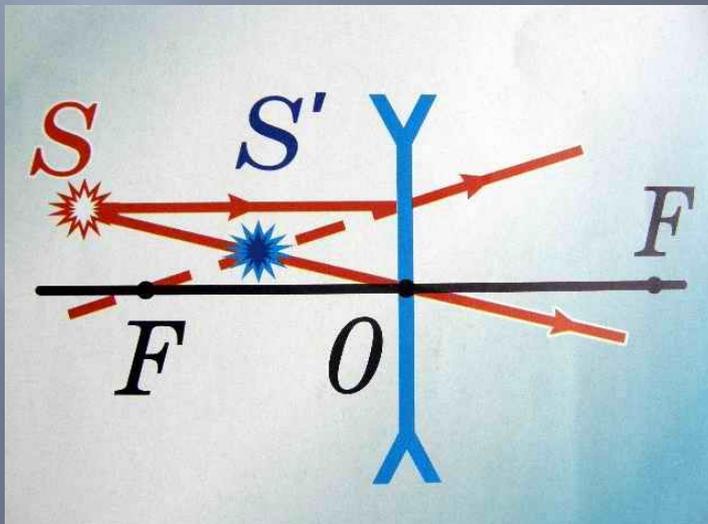
Имеем изображение  $A_1 B_1$  - уменьшенное, обратное, действительное и расположенное между фокусом и двойным фокусом.

Изображение, созданное линзой, характеризуют по размерам, прямое или обратное, действительное или воображаемое, и показывают расположение относительно линзы.

## Построение изображений в рассеивающей линзе



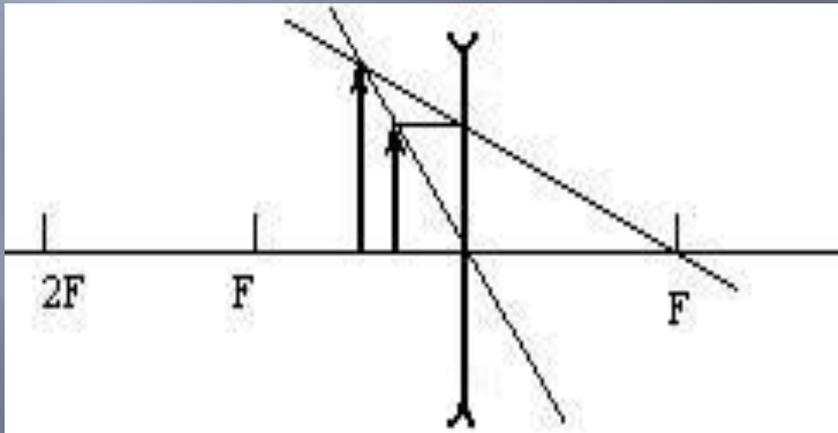
Предмет  $AB$  находится за фокусом рассеивающей линзы. Снова используем «удобные» лучи: первый луч идёт параллельно к главной оптической оси и преломляется линзой так, что его продолжение проходит через фокус (пунктир на рисунке); второй луч, не преломляясь, проходит через оптический центр линзы. На пересечении второго луча и продолжении хода первого луча имеем изображение точки  $B$  - точку  $B_1$ . Опускаем перпендикуляр на главную оптическую ось из точки  $B_1$  и получаем точку  $A_1$  - изображение точки  $A$ .



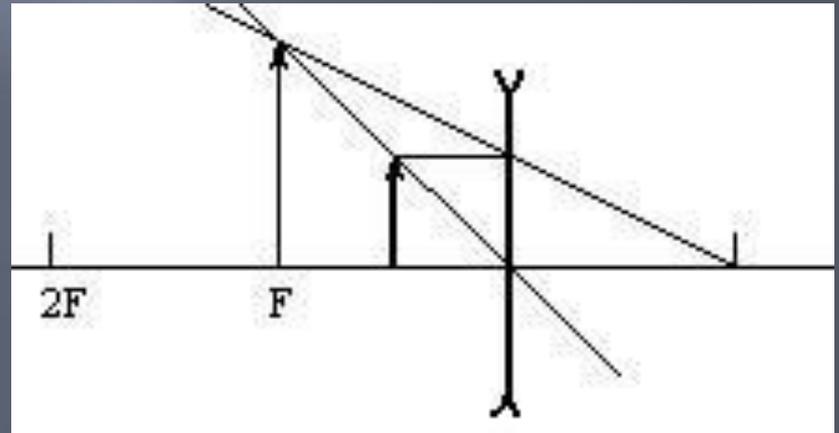
Следовательно,  $A_1 B_1$  - уменьшенное, прямое, воображаемое изображение, расположенное между воображаемым фокусом и линзой.

Рассмотрим несколько случаев построения изображений в зависимости от места, где находится предмет.

На этом рисунке предмет находится на расстоянии в  $1/3$  фокусного от линзы, и мы получаем изображение предмета посередине между фокусом и линзой.



На рисунке справа изображен тот случай, когда предмет находится ровно между линзой и фокусом линзы, значит увеличенное изображение получится прямо в фокусе.



# Оптическая сила линзы

Для характеристики линз используют величину, которая называется оптической силой.

**Оптическая сила линзы** — величина, обратная к фокусному расстоянию линзы, выраженному в метрах.

Обозначают оптическую силу буквой  $D$ . За единицу оптической силы взята диоптрия (дптр).

**Одна диоптрия** - это оптическая сила линзы, фокусное расстояние которой равно 1 м.

Оптическую силу собирающих линз считают положительной, а рассеивающих линз – отрицательной.

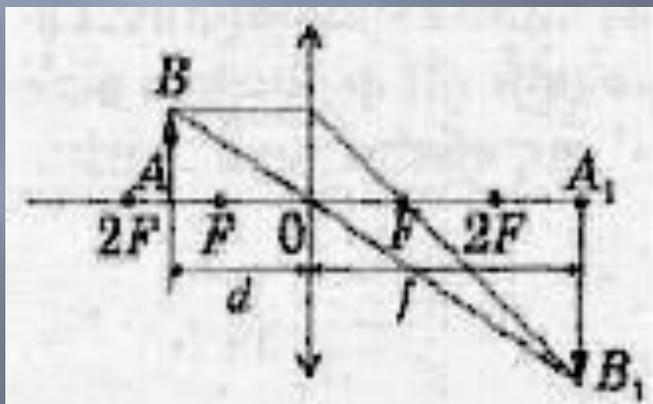
$$D = \frac{1}{F} \quad [D] = \frac{1}{1 \text{ м}} = 1 \text{ м}^{-1} = 1 \text{ дптр}$$

# Формула тонкой линзы

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

Формула тонкой линзы связывает между собой три величины: расстояние от предмета до линзы  $d$ , расстояние от линзы до изображения  $f$  и фокусное расстояние линзы  $F$ :

В формуле тонкой линзы фокусное расстояние  $OF$  обозначается буквой  $F$ . Если линза собирающая, то  $> 0$ , если линза рассеивающая, то перед ставится знак «минус». Если изображение действительное, то  $> 0$ ; если изображение воображаемое, то перед ставится знак «минус». Все величины в формулу линзы подставляются в метрах.



# Увеличение

Изображение, даваемое линзой, как правило отличается своими размерами от предмета. Различие размеров предмета и изображения характеризуют увеличением.

**Увеличением** называют величину, которая определяется отношением размеров изображения  $H$  к размерам предмета  $h$ .

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

Обозначают увеличение буквой  $\Gamma$  :

Используя построение изображения в линзе, можно доказать, что увеличение можно определить также по формуле:

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