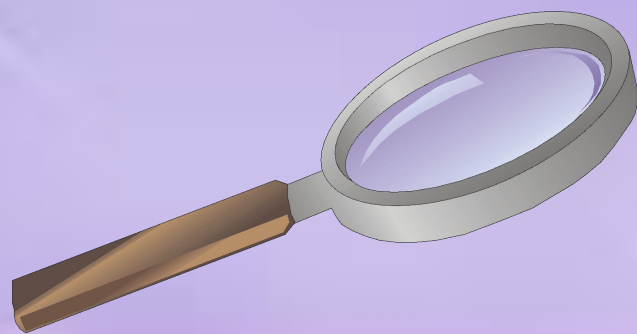


Линзы. Типы линз.

Изображение в тонких линзах.

Формула тонкой линзы.



# Цель:

## Познакомиться:

- с типами линз;
- с геометрическими характеристиками тонкой линзы.

## Дать определение:

Фокусного расстояния, фокальной плоскости и оптической силы тонкой линзы.

**Научиться** строить изображение в тонких линзах и характеризовать их.

**Вывести** формулу тонкой собирающей и рассеивающей линз.

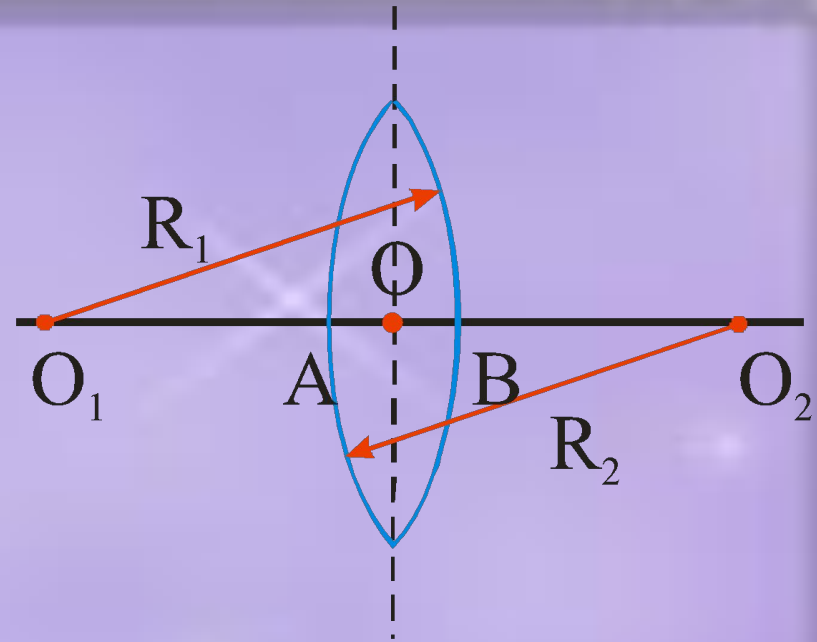
**Применять** полученные знания при решении задач на построение и расчет тонкой линзы (в том числе с помощью компьютера)

**Линза** – прозрачное тело (обычно стеклянное), ограниченное двумя сферическими поверхностями. Является одним из основных элементов оптических систем.

Линза, у которой толщина пренебрежимо мала по сравнению с радиусами кривизны ее поверхностей, называется **тонкой**. Главное свойство тонких линз заключается в том, что все приосевые лучи, вышедшие из какой-либо точки предмета и прошедшие сквозь тонкую линзу, собираются этой линзой снова в одной точке. Благодаря этому свойству с помощью линз можно получать изображения различных предметов.

## **Главная**

**оптическая ось** –  
прямая, на которой лежат  
центры обеих сферических  
поверхностей,  
ограничивающих линзу  
( $O_1O_2$ ) – является осью  
симметрии линзы.



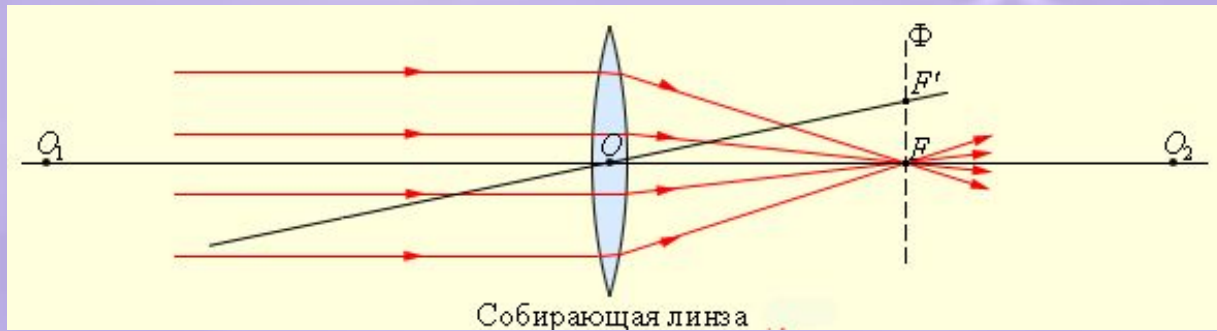
**Главная плоскость линзы** – плоскость,  
проходящая через центр линзы (точку  $O$ )  
перпендикулярно главной оптической оси.  
 $O$  – оптический центр линзы (свет, проходящий  
через эту точку – не преломляется)



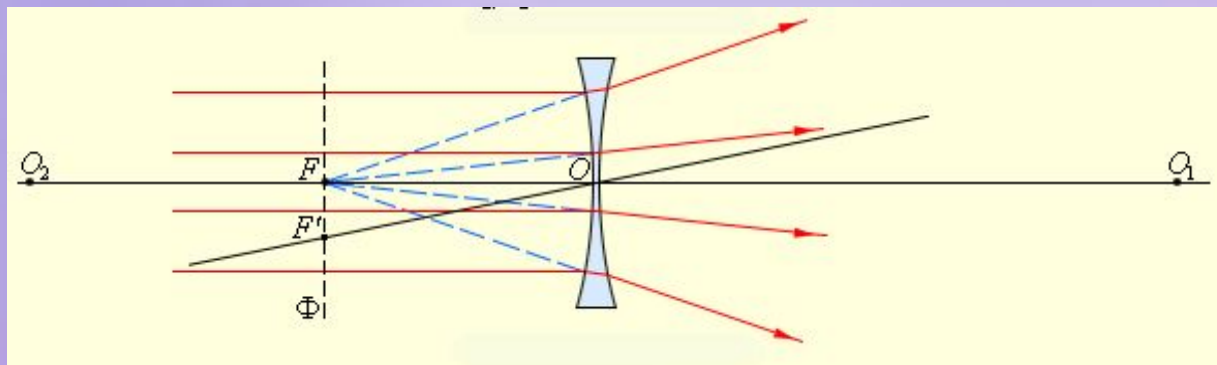
Любую прямую, проходящую через оптический центр линзы и не совпадающую с главной оптической осью называют **побочной оптической осью**. Луч света, распространяющийся по какой-либо из оптических осей, проходит сквозь линзу без преломления

# Живы линзы

**Собирающие линзы** – линзы, преобразующие параллельный пучок световых лучей в сходящийся.



**Рассеивающие линзы** – линзы, преобразующие параллельный пучок световых лучей в расходящийся.



# По форме ограничивающих поверхностей:

- плоско-выпуклая
- двояковыпуклая
- вогнуто-выпуклая
- двояковогнутая
- выпукло-вогнутая
- плоско-вогнутая

## Собирающие

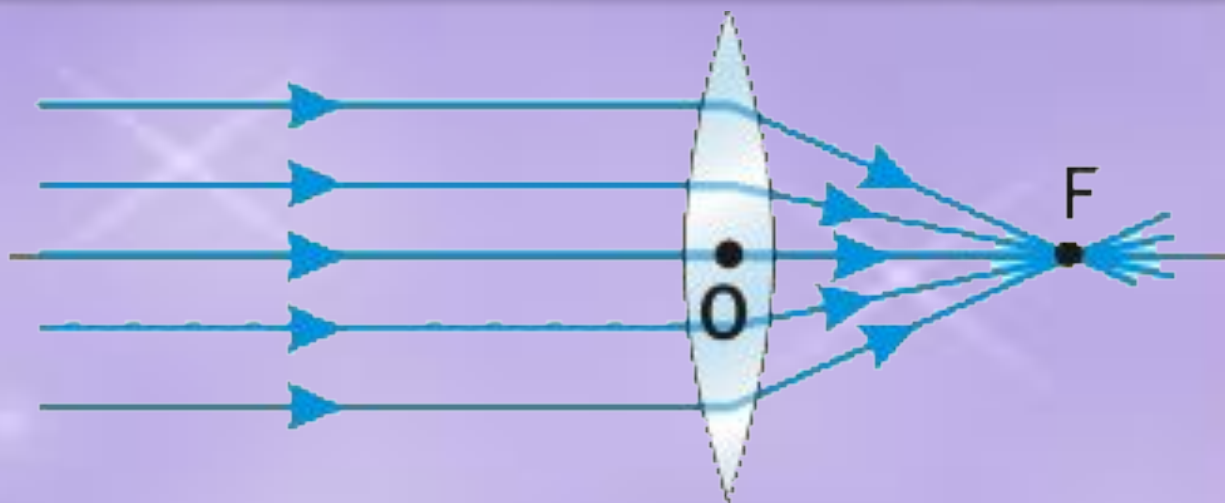


$R_1 > 0$	$R_1 > 0$	$R_1 < 0$
$R_2 \rightarrow \infty$	$R_2 > 0$	$R_2 > 0$
		$ R_1  >  R_2 $

## Рассеивающие



$R_1 < 0$	$R_1 > 0$	$R_1 \rightarrow \infty$
$R_2 < 0$	$R_2 < 0$	$R_2 < 0$
	$ R_1  <  R_2 $	

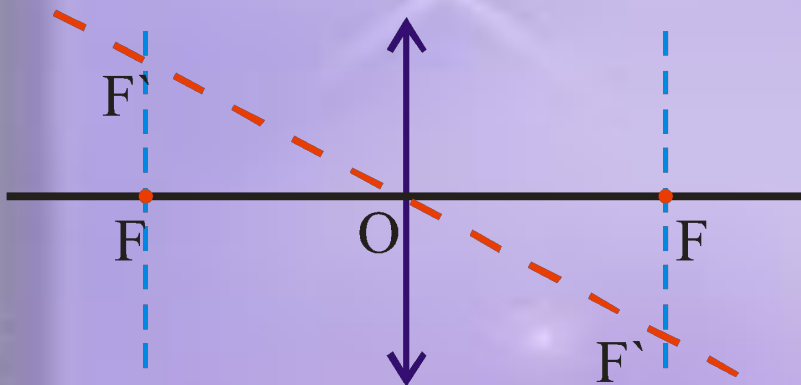
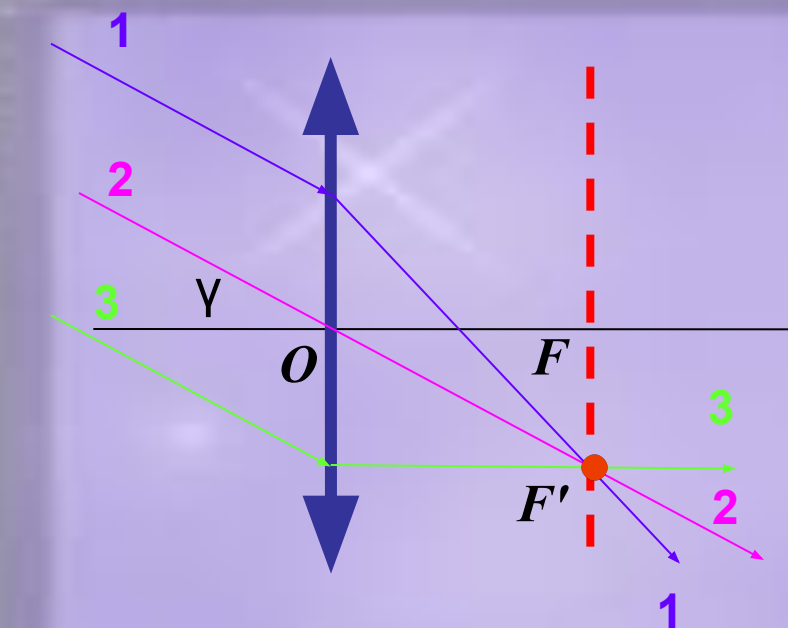


**Главный фокус** собирающей линзы ( $F$ ) – точка на главной оптической оси, в которой собираются лучи, падающие параллельно главной оптической оси, после преломления их в линзе.

**Фокусное расстояние ( $OF$ )** – расстояние от главного фокуса до центра линзы ( $O$ ). У собирающей линзы фокус действительный, потому – положительный.

**СИ:  $[F]=м$  (метр)**





**Фокальная плоскость** линзы – плоскость, проходящая через главный фокус линзы перпендикулярно главной оптической оси. Точки пересечения побочных оптических осей с фокальными плоскостями называются **побочным фокусом ( $F'$ )**. В побочном фокусе сходятся все лучи, падающие на линзу параллельно побочной оптической оси.

$$\frac{1}{F} = (n - 1) \frac{1}{R}$$

**Фокусное расстояние  
плоско-выпуклой линзы**

в вакууме определяется радиусом кривизны ее поверхности и абсолютным показателем преломления материала линзы.

**Фокусное расстояние  
двояковыпуклой линзы**

$$\frac{1}{F} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\frac{1}{F} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

**Фокусное расстояние  
вогнуто-выпуклой  
линзы**

**Оптическая сила** – величина, обратная  
фокусному расстоянию линзы

**СИ:  $[D] = 1/\text{м} = \text{дптр}$  (диоптрия)**

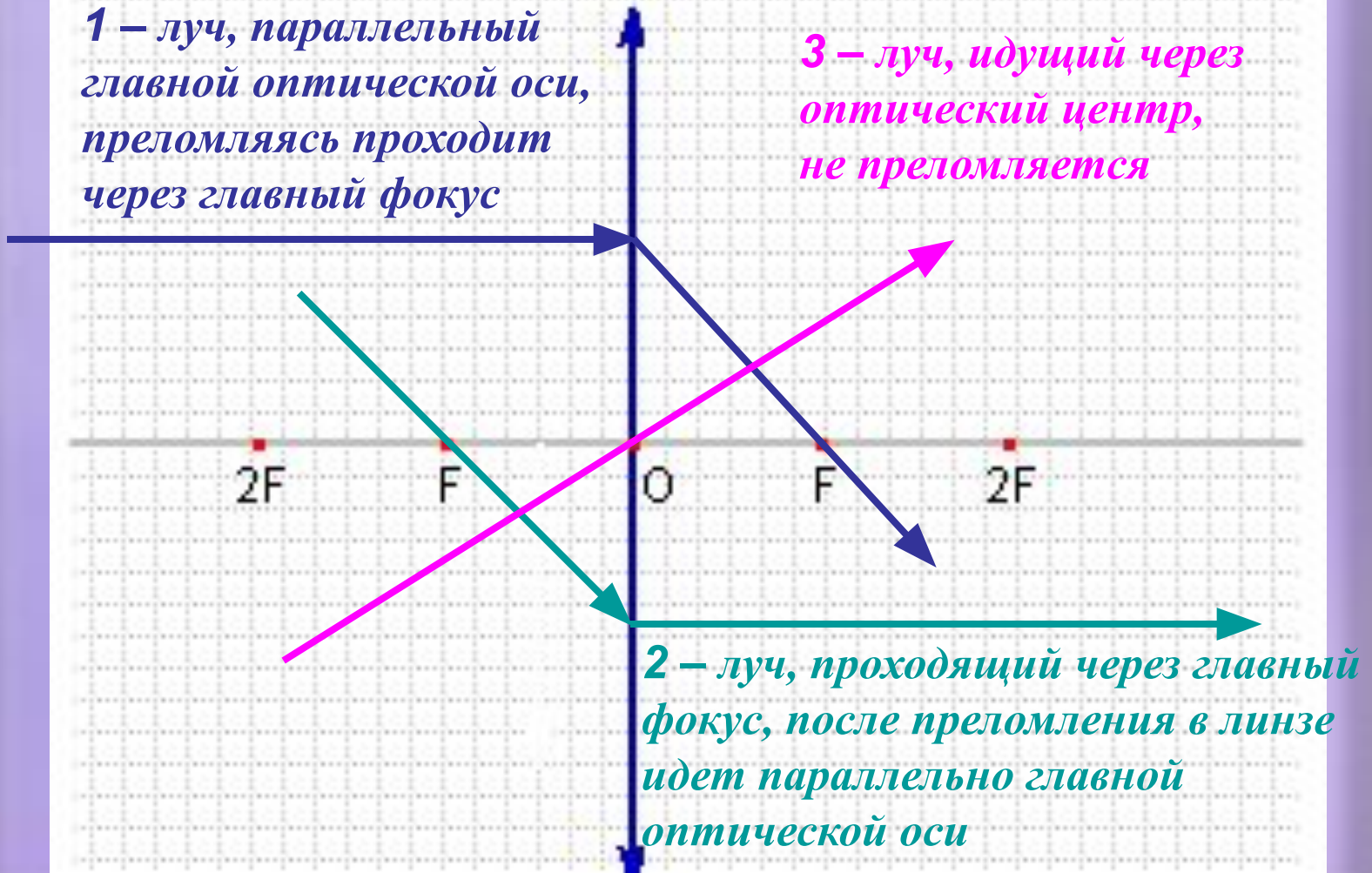
$$D = \frac{1}{F}$$

# Ход лучей

## в собирающей линзе:

1 – луч, параллельный главной оптической оси, преломляясь проходит через главный фокус

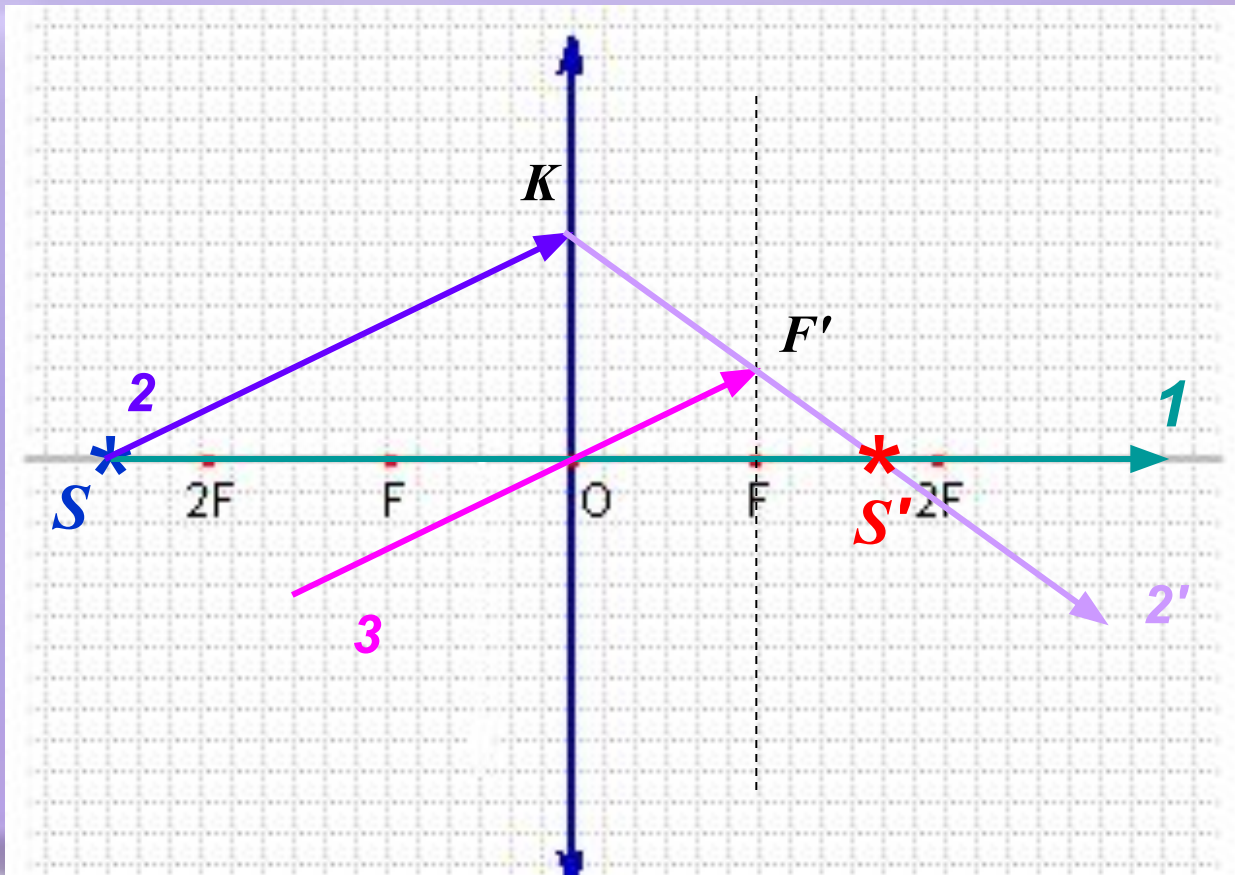
3 – луч, идущий через оптический центр, не преломляется



2 – луч, проходящий через главный фокус, после преломления в линзе идет параллельно главной оптической оси

# Построение изображений в тонкой линзе.

1. Точечный источник света, находящийся на главной оптической оси.

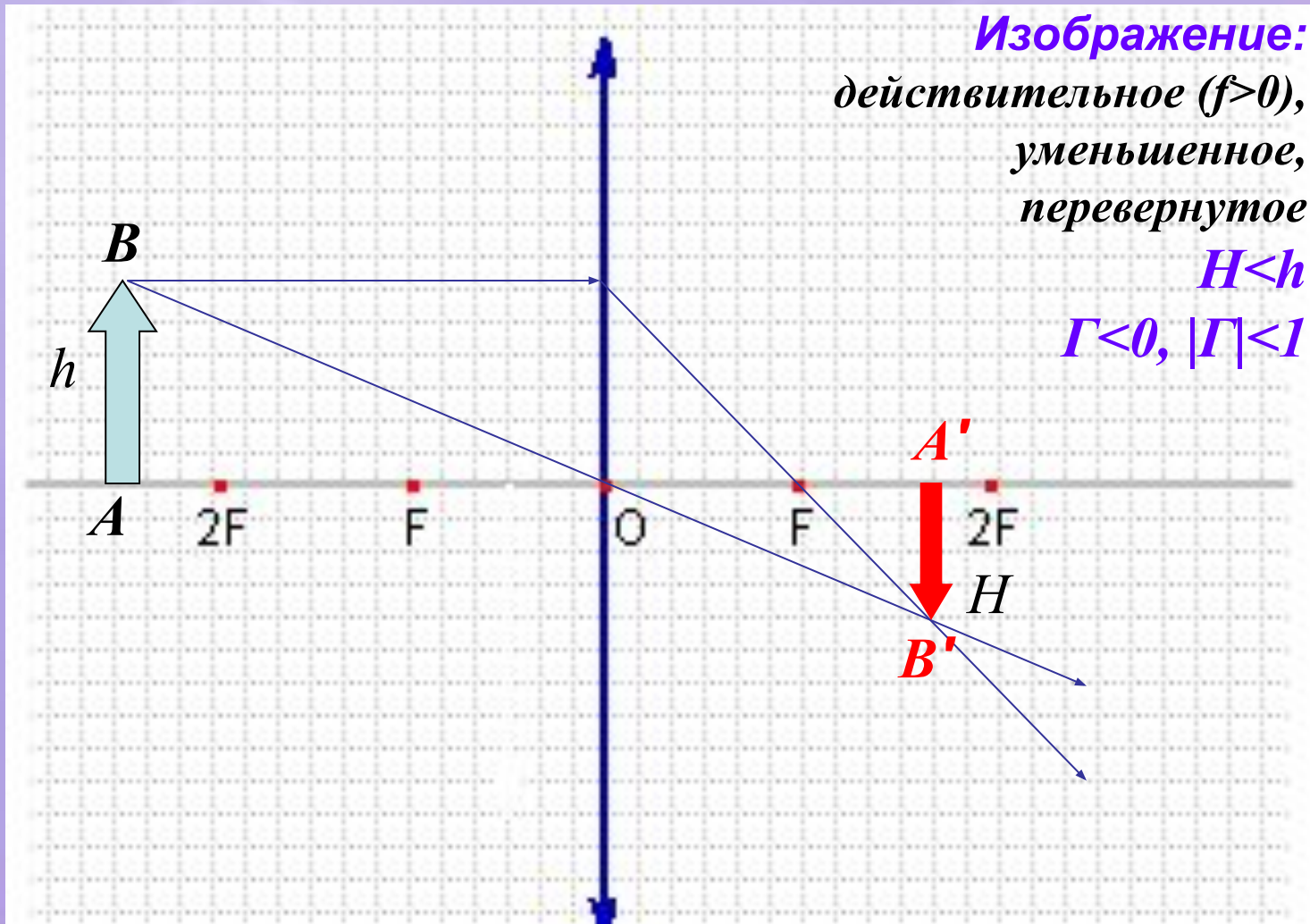


**Увеличение линзы** – отношение высоты изображения к высоте предмета.

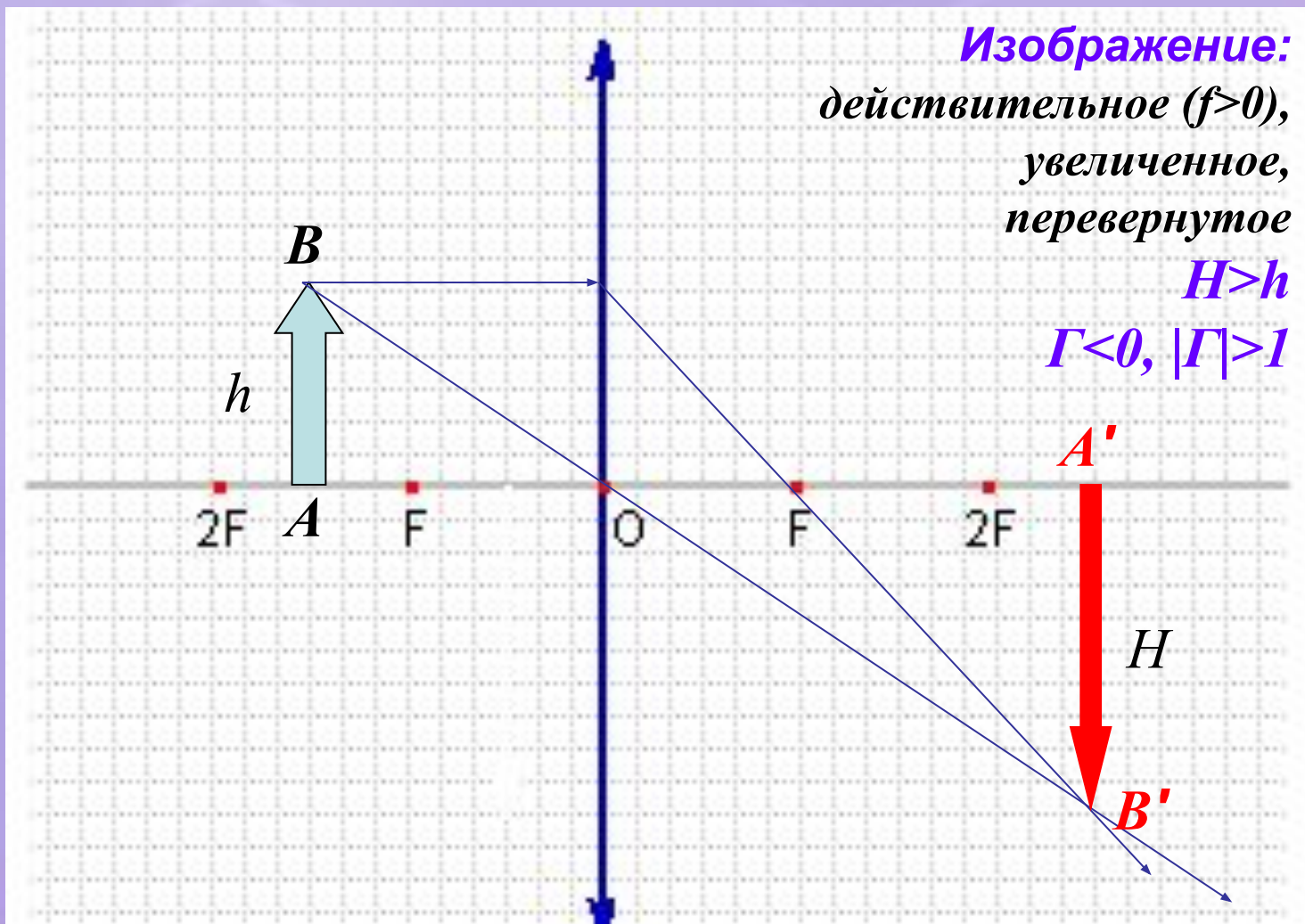
*При прямом изображении предмета в линзе увеличение положительно ( $\Gamma > 0$ ), а при перевернутом – отрицательно ( $\Gamma < 0$ ).  
При увеличенном изображении предмета в линзе модуль увеличения больше единицы ( $|\Gamma| > 1$ ), а при уменьшенном – меньше единицы ( $|\Gamma| < 1$ )*

$$\Gamma = H/h$$

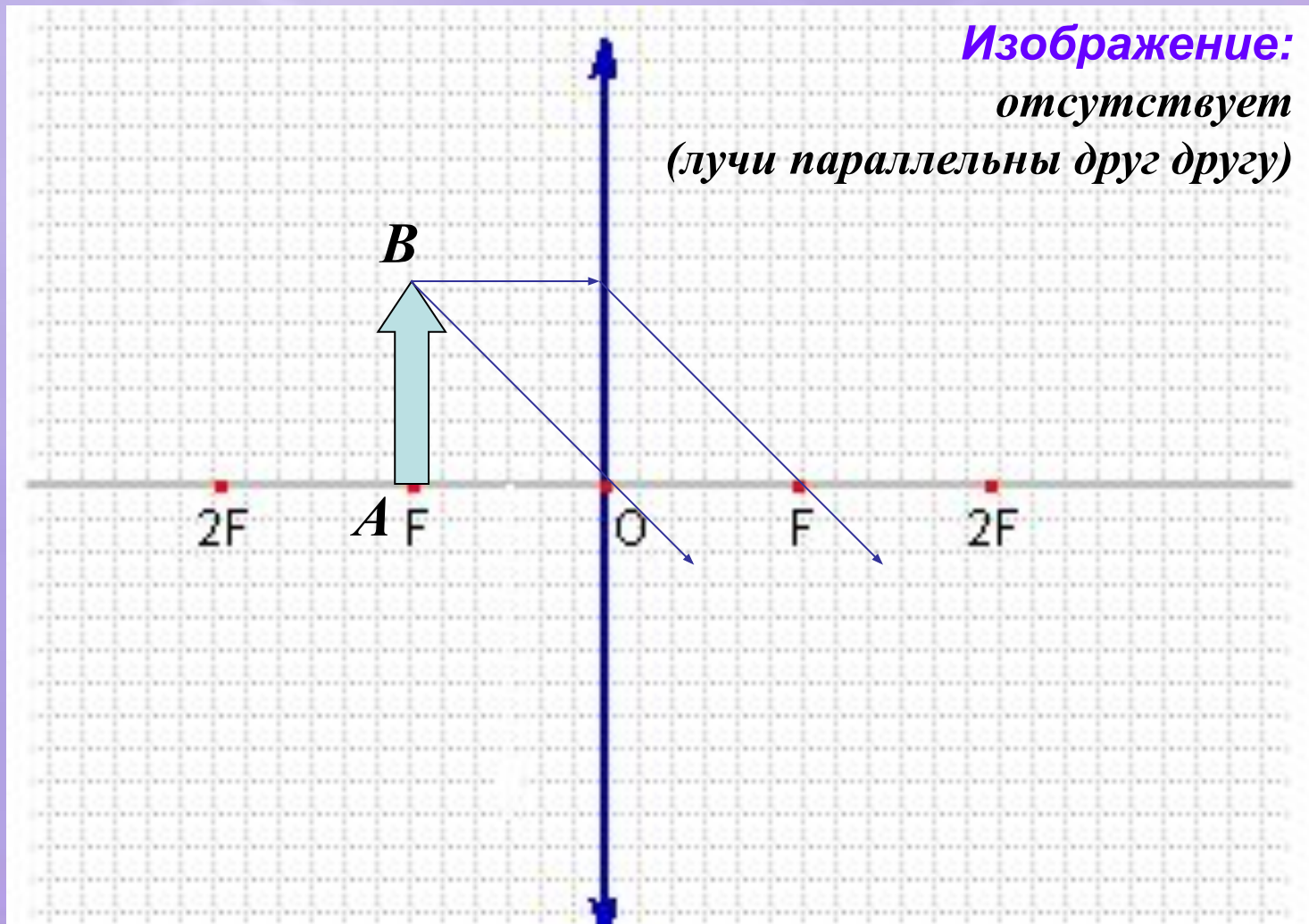
## 2. Предмет находится за двойным фокусом линзы ( $d > 2F$ )



### 3. Предмет находится между двойным фокусом и фокусом линзы ( $2F > d > F$ )

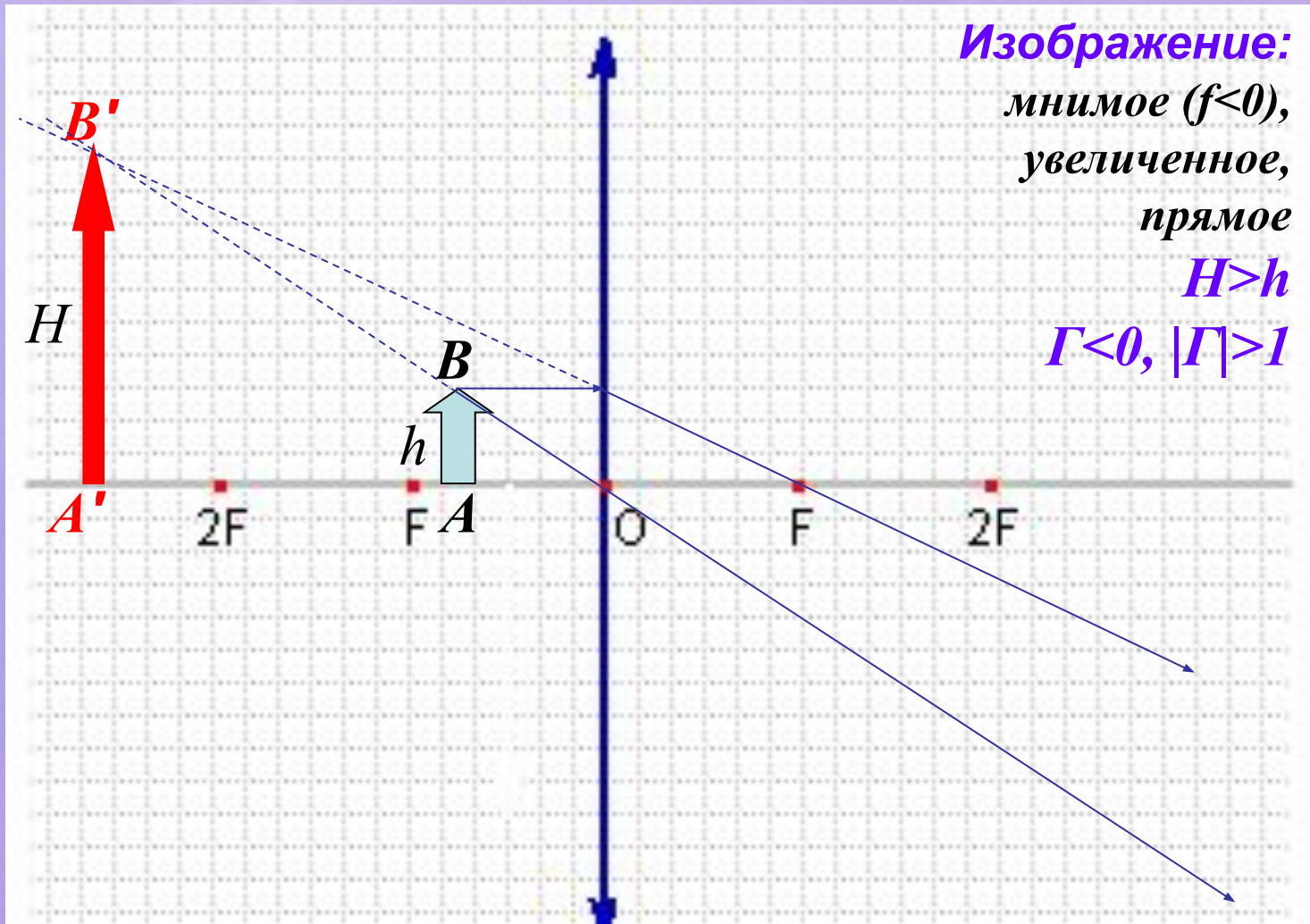


### 3. Предмет находится на фокусном расстоянии от линзы ( $d=F$ )





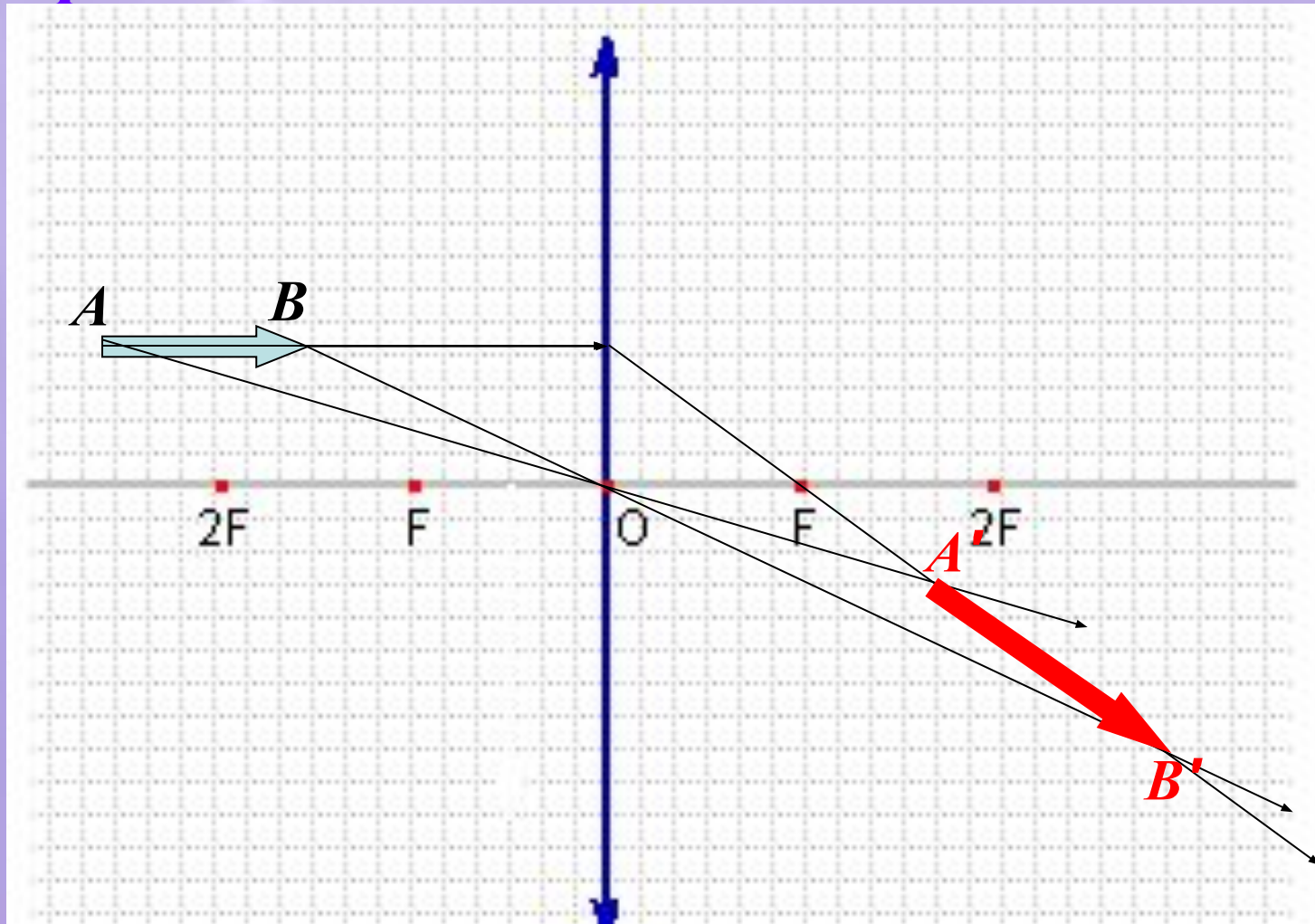
#### 4. Предмет находится между главным фокусом и линзой ( $d < F$ )



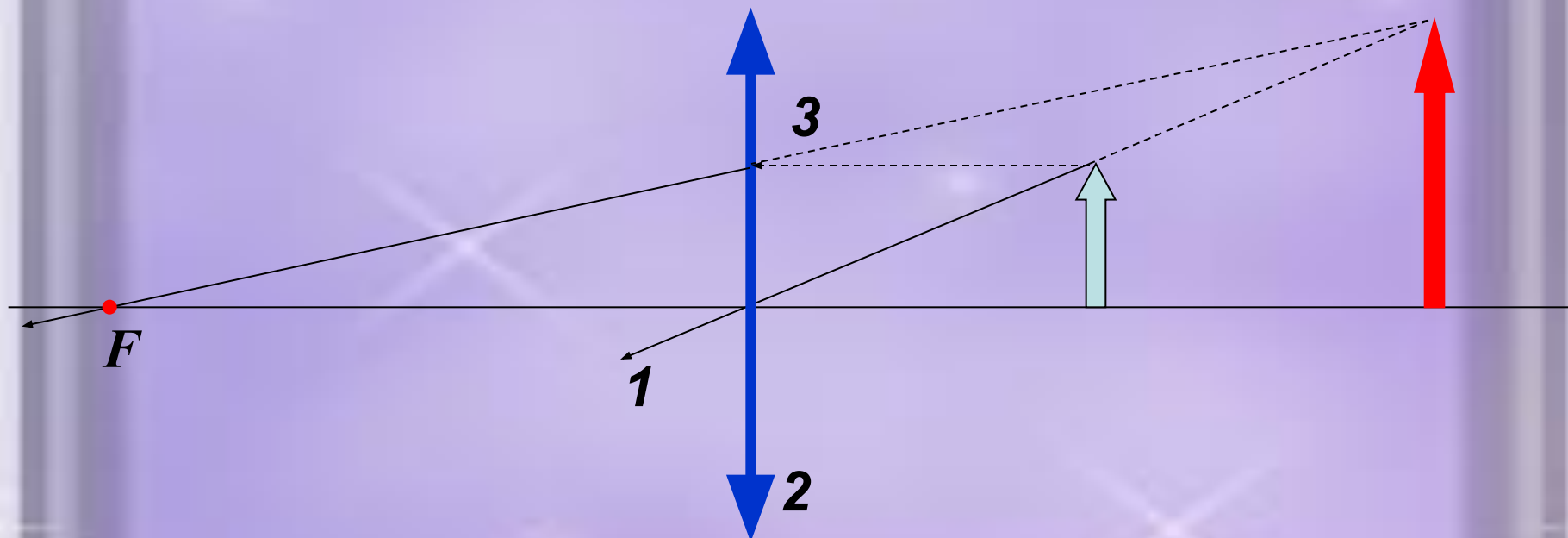
# Заполните таблицу:

Предмет	Изображение			
Расстояние от предмета до линзы ( $d$ )	Расстояние от линзы до изображения ( $f$ )	Тип	Ориентация	Размер
$d > 2F$	$F < f < 2F$	Действ.	Переверн. ( $\Gamma < 0$ )	Уменьш. ( $ \Gamma  < 1$ )
$d = 2F$				
$F < d < 2F$				
$d = F$				
$d < F$				

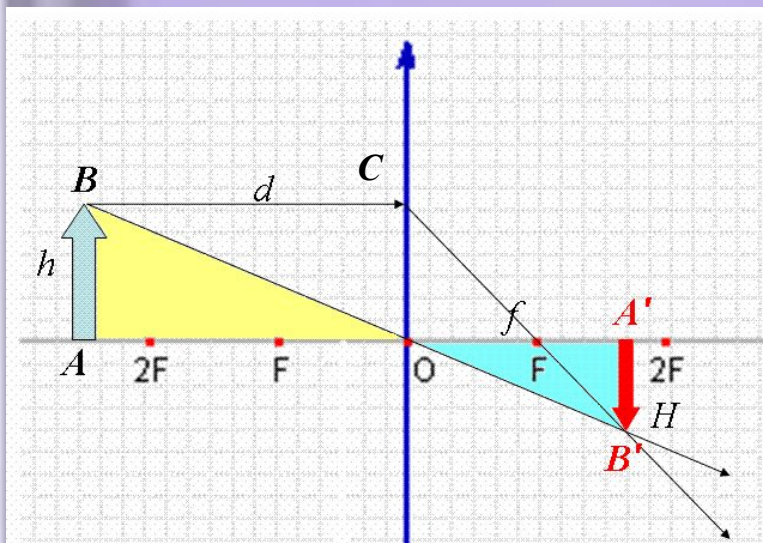
## 5. Линейный предмет, расположенный параллельно главной оптической оси.



*6. Графическое определение положения  
оптического центра и главного фокуса  
линзы.*



# Формула тонкой собирающей линзы



$\triangle AOB$  подобен  $\triangle A'OB'$ , поэтому  $|\Gamma| = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$

$\triangle CFO$  подобен  $\triangle A'FB'$ , тогда  $|\Gamma| = \frac{H}{h} = \frac{f - F}{F}$

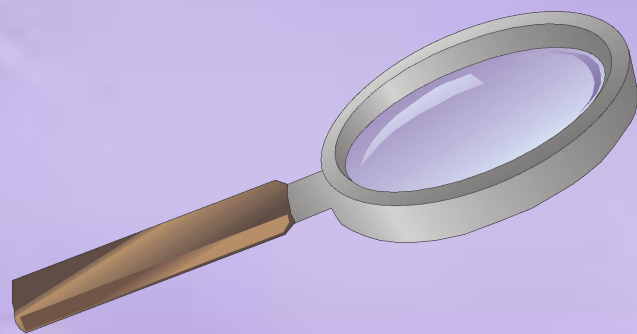
$\frac{f}{d} = \frac{f - F}{F}$  |разделим обе части на  $f$

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

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

**Формула тонкой линзы (для  $d > 2F$ )**

*Рассеивающие  
линзы.*



# Ход лучей

## в рассеивающей линзе

Рассеивающая линза **отклоняет** параллельно падающие на нее лучи от главной оптической оси .

**Главный фокус** рассеивающей линзы – точка на главной оптической оси, через которую проходят **продолжения** расходящегося пучка лучей, возникающего после преломления в линзе лучей, параллельных главной оптической оси.

Фокус рассеивающей линзы **всегда мнимый**.

$$\frac{1}{F} = (n - 1) \left( -\frac{1}{|R|} \right)$$

*Формула связи фокуса рассеивающей линзы с ее радиусом кривизны*

*Оптическая сила  
рассеивающей линзы ( $D < 0$ )*

$$D = \frac{1}{F} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

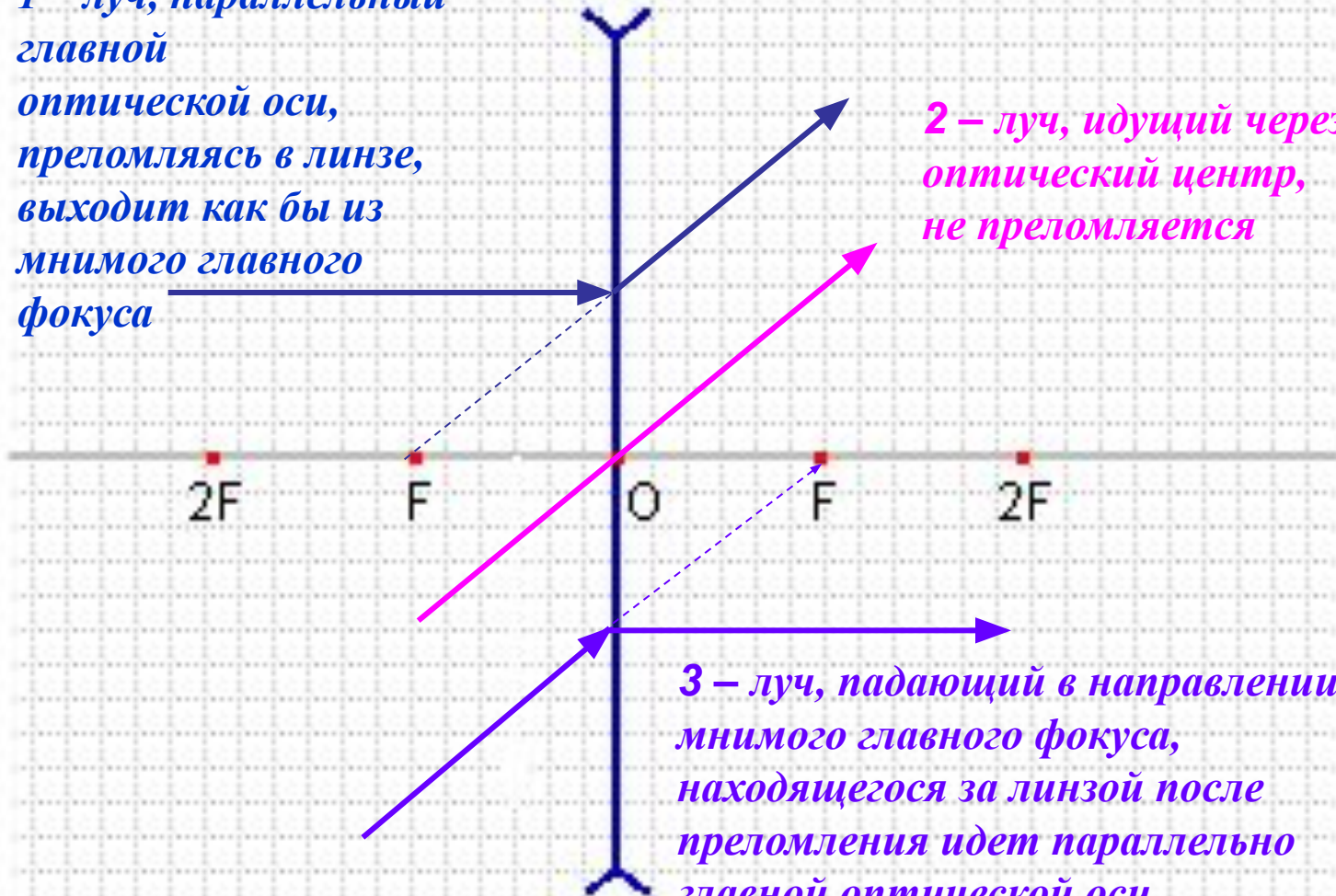


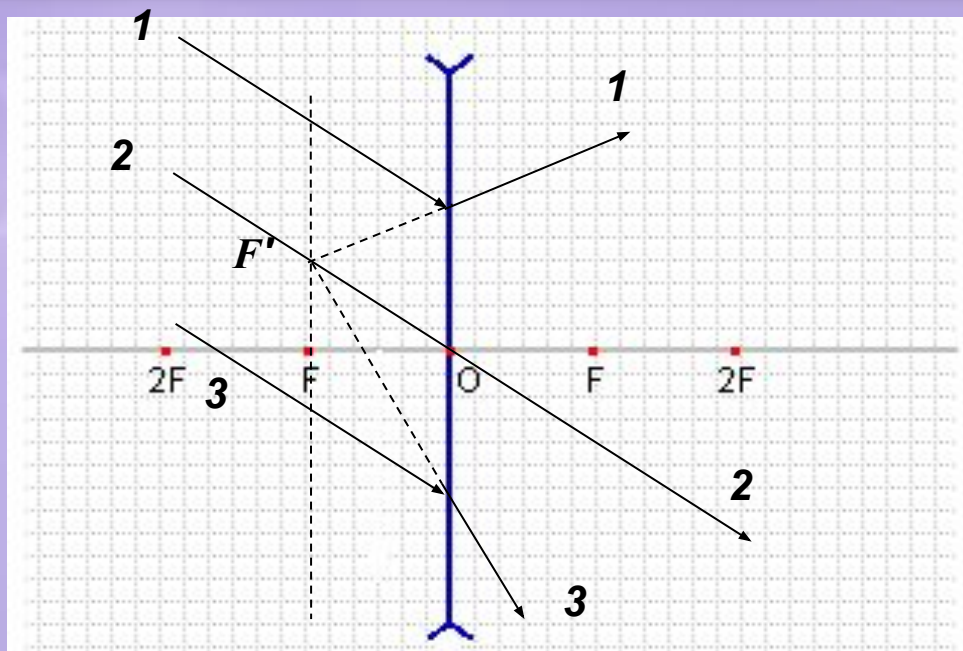
# Основные лучи для рассеивающей линзы

1 – луч, параллельный главной оптической оси, преломляясь в линзе, выходит как бы из мнимого главного фокуса

2 – луч, идущий через оптический центр, не преломляется

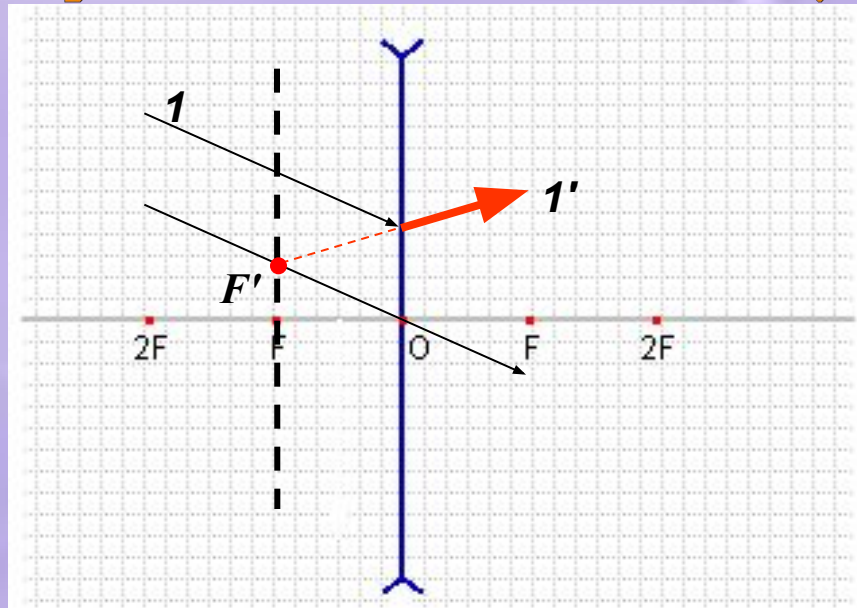
3 – луч, падающий в направлении мнимого главного фокуса, находящегося за линзой после преломления идет параллельно главной оптической оси





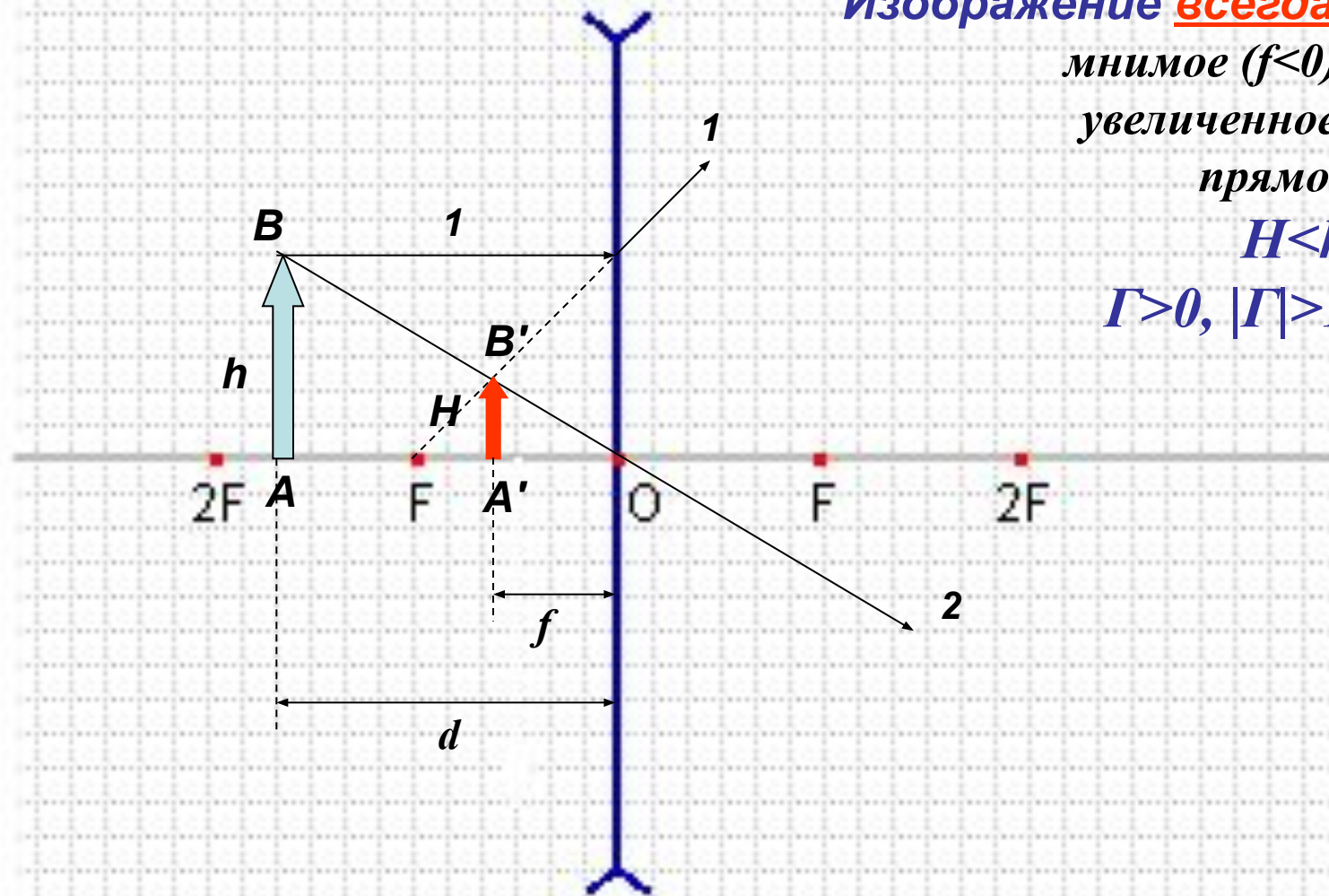
Если пучок параллельных лучей падает на тонкую рассеивающую линзу под небольшим углом к главной оптической оси, то продолжения преломленных лучей пересекаются в одной точке  $F'$  фокальной плоскости линзы – в ее **побочном фокусе**.

# Построение хода и произвольного луча



- 1). Построить фокальную плоскость
- 2). Построить произвольный луч 1.
- 3). Построить  $F'O \parallel 1$ ,  $F'O \cap F'F = F'$
- 4). Из точки  $F'$  построить преломленный луч

# Изображение предмета в рассеивающей линзе



Изображение всегда:

мнимое ( $f < 0$ ),

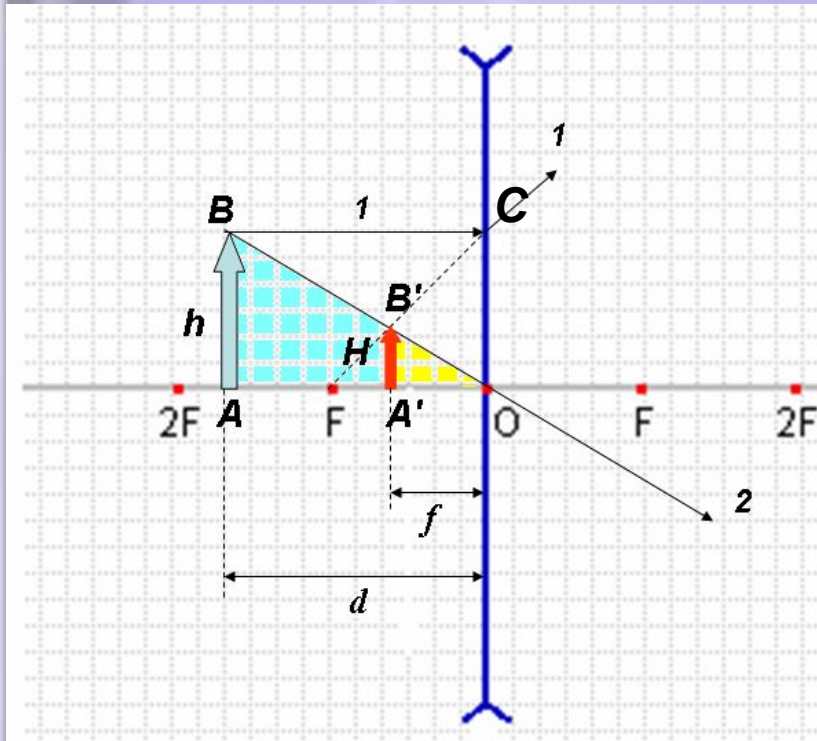
увеличенное,

прямое

$H < h$

$\Gamma > 0, |\Gamma| > 1$

# Формула тонкой рассеивающей линзы



$\triangle AOB$  подобен  $\triangle A'OB'$ , поэтому  $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{|f|}{d}$

(мы учли, что  $f < 0$ )

$\triangle CFO$  подобен  $\triangle A'FB'$ , тогда  $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{|F| - |f|}{|F|}$ ,

для рассеивающей линзы  $F < 0$

$\frac{|f|}{d} = \frac{|F| - |f|}{|F|}$ . Разделим обе части уравнения на  $|f|$ .

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{|f|} - \frac{1}{|F|}$$

$$-\frac{1}{|F|} = \frac{1}{d} - \frac{1}{|f|}$$

**Формула тонкой  
рассеивающей линзы**

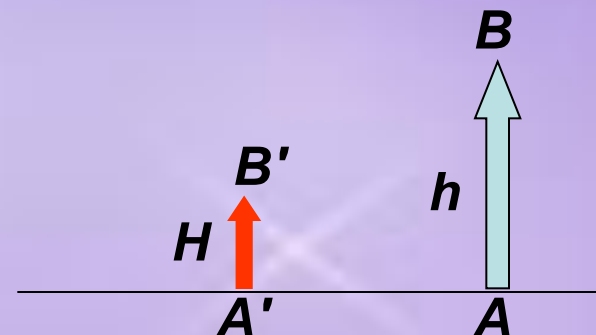
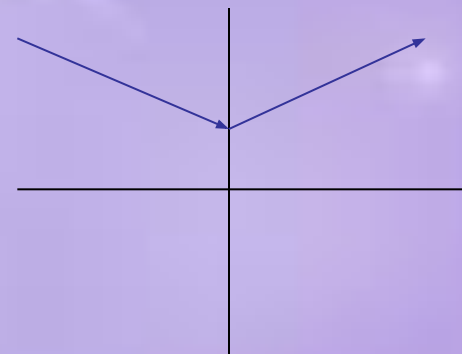
# Недостатки линз.

Реальным линзам свойственны некоторые дефекты. Один из них - сферическая абберация. Она заключается в том, что выпуклая линза лучи, отстоящие далеко от главной оптической оси, собирает в точке (фокусе), расположенной ближе к линзе, чем близко прилегающие лучи: у вогнутой линзы — аналогичная картина.

Один из способов борьбы со сферической абберацией — использование только параксиальных пучков, т. е. пучков, близких к главной оптической оси. Для этого линзу диафрагмируют, пропуская через нее более узкий пучок. Но этим уменьшается энергия пучка и освещенность изображения. Второй способ ослабления изображенный за линзой, увидит прямое мнимое увеличенное изображение.

# Решите задачи:

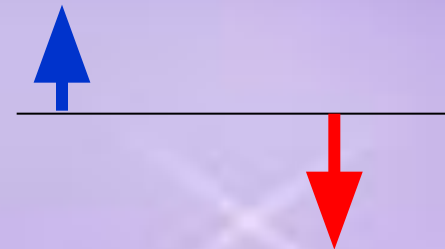
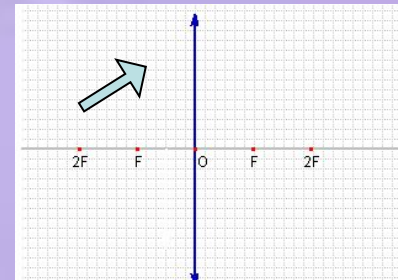
1. Плоско-вогнутая линза имеет радиус кривизны 20 см. найдите фокусное расстояние и ее оптическую силу.
2. Известен ход падающего и преломленного рассеивающей линзой лучей. Найдите построением главные фокусы линзы.
3. Точечный источник света находится в главном фокусе рассеивающей линзы ( $F=10$  см). На каком расстоянии будет находиться его изображение?
4. Сформулируйте по рисунку условие задачи и решите ее.



*Задачи на построение решите в любом графическом редакторе.*

# Решите задачи:

1. Двояковыпуклая линза сделана из стекла ( $n=1,5$ ) с радиусами кривизны  $9,2$  м. Найдите ее оптическую силу.
2. Постройте изображение предмета (см.рис.).
3. Собирающая линза находится на расстоянии  $1$  м от лампы накаливания и дает изображение ее спирали на экране на расстоянии  $0,25$  м от линзы. Найдите фокусное расстояние линзы.
4. Сформулируйте по рисунку условие задачи и решите ее.



*Задачи на построение решите в любом графическом редакторе.*