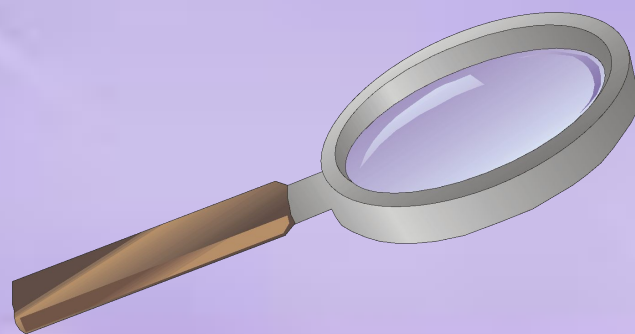


Линзы. Типы линз.
Изображение в тонких линзах.
Формула тонкой линзы.



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)

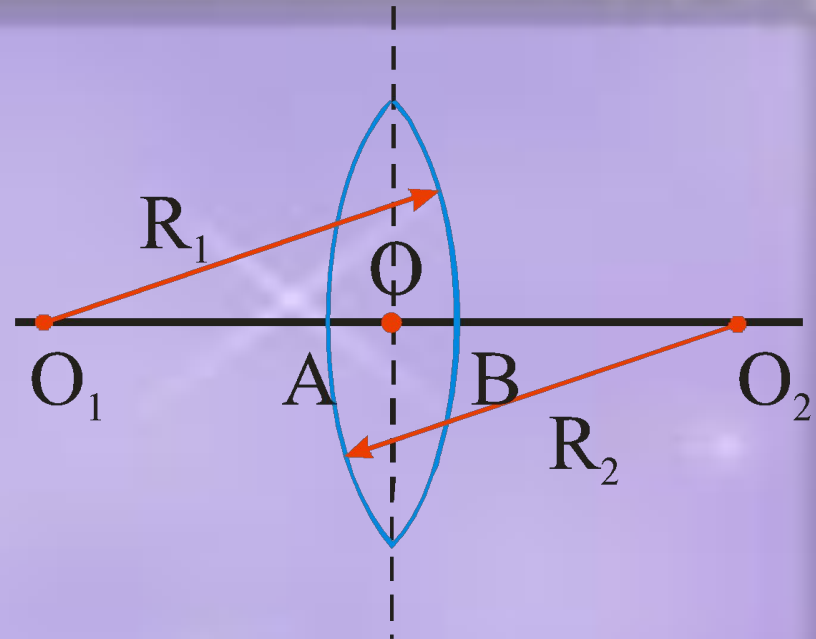
Линза – прозрачное тело (обычно стеклянное), ограниченное двумя сферическими поверхностями. Является одним из основных элементов оптических систем.

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)



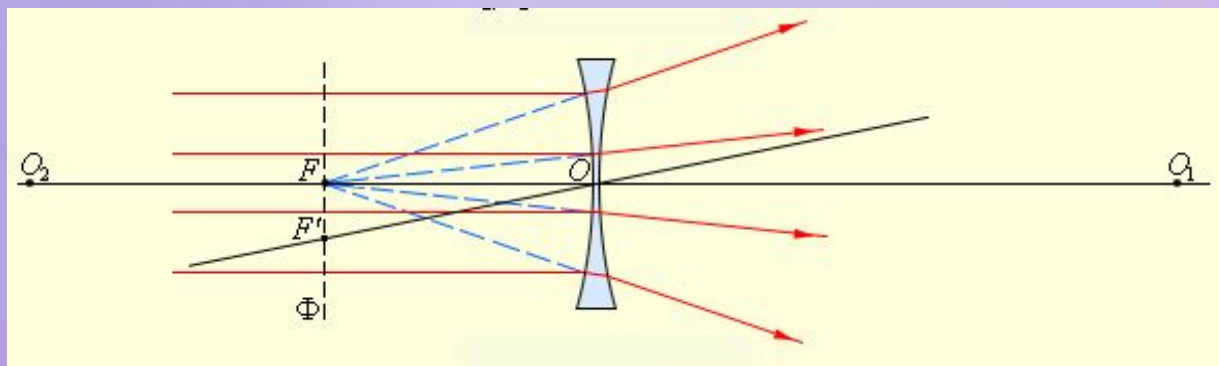
Любую прямую, проходящую через оптический центр линзы и не совпадающую с главной оптической осью называют **побочной оптической осью**.
Луч света, распространяющийся по какой-либо из оптических осей, проходит сквозь линзу без преломления

Типы линз

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



$$R_1 > 0$$

$$R_2 \rightarrow \infty$$

$$R_1 > 0$$

$$R_2 > 0$$

$$R_1 < 0$$

$$R_2 > 0$$

$$|R_1| > |R_2|$$

Рассеивающие



$$R_1 < 0$$

$$R_2 < 0$$

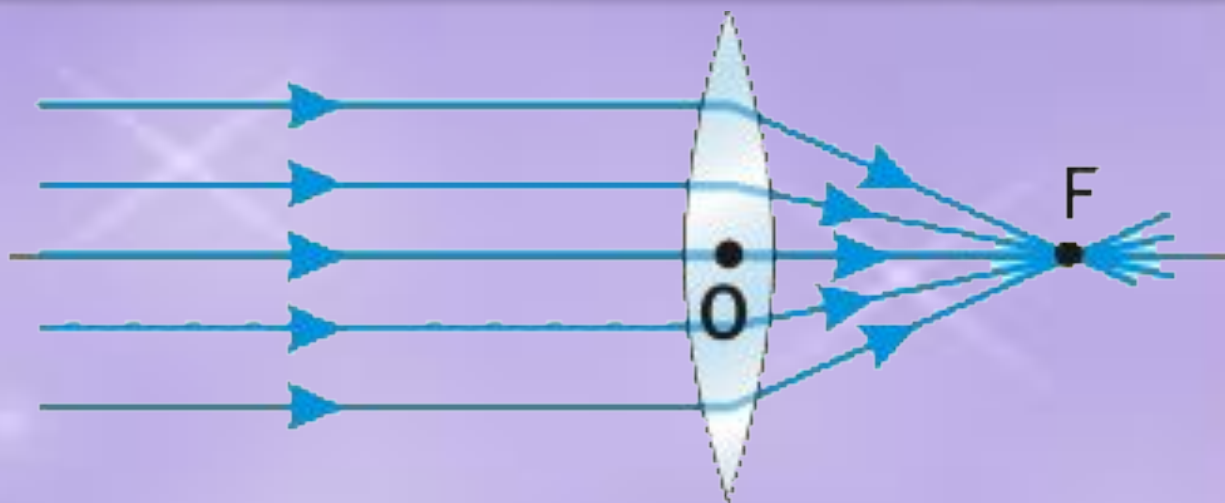
$$R_1 > 0$$

$$R_2 < 0$$

$$R_1 \rightarrow \infty$$

$$R_2 < 0$$

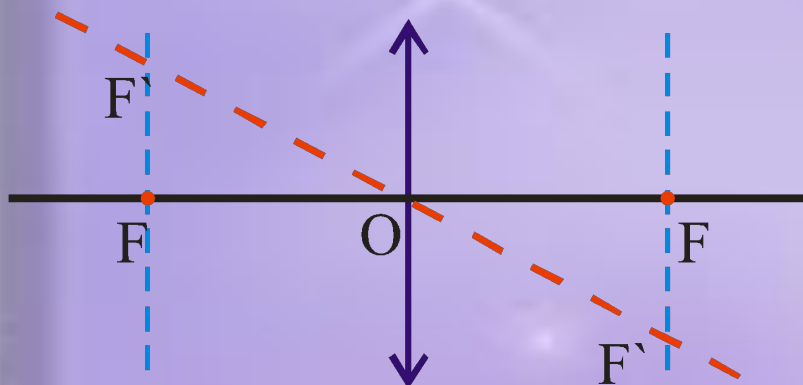
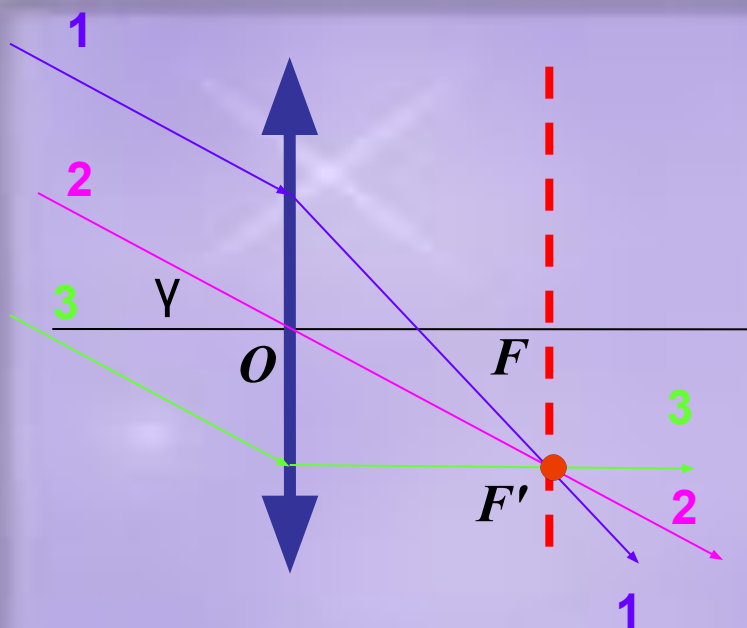
$$|R_1| < |R_2|$$



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: $[F]=\text{м}$ (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

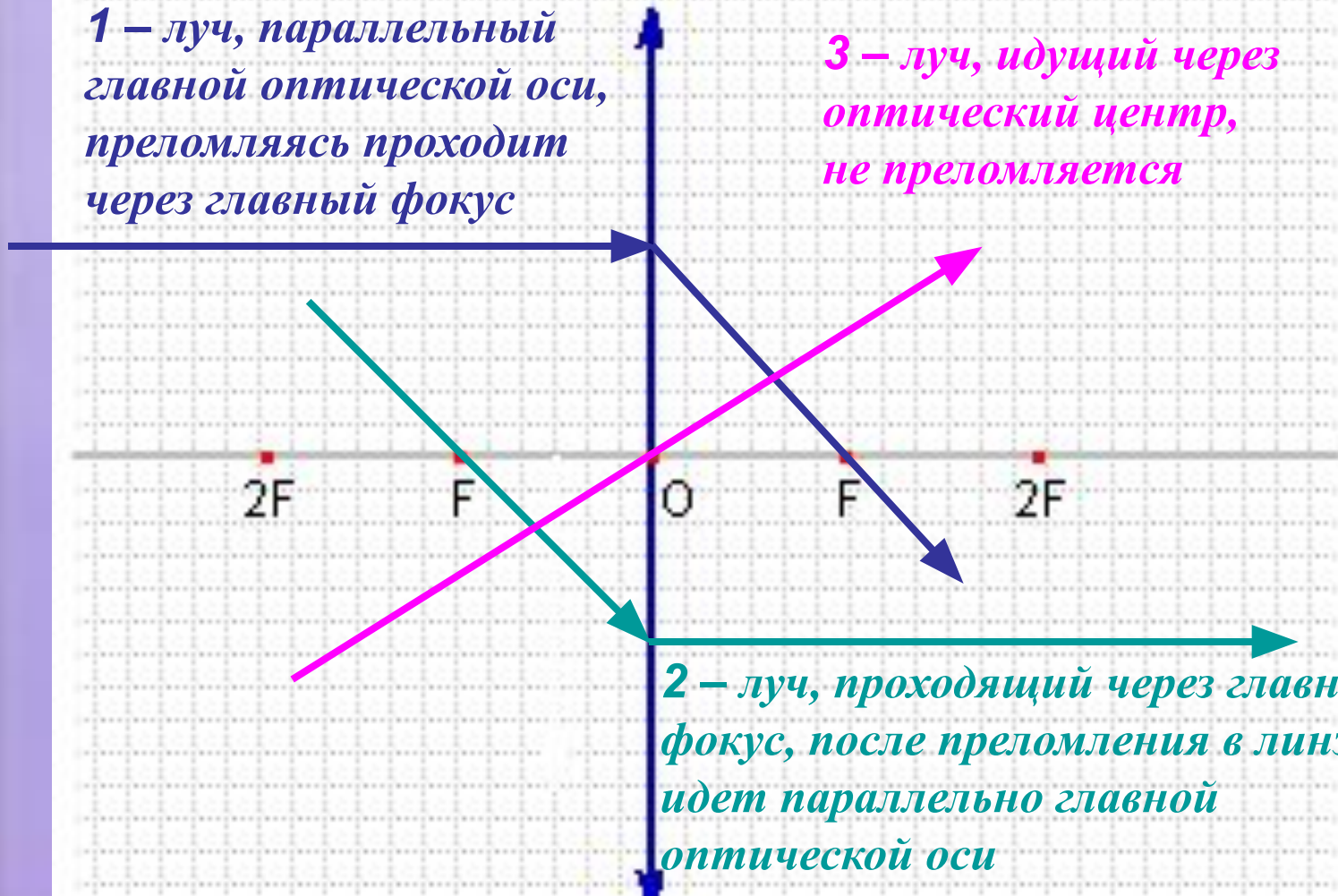
СИ: $[D] = 1/\text{м} = \text{дптр}$ (диоптрия)

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

Ход лучей в собирающей линзе:

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

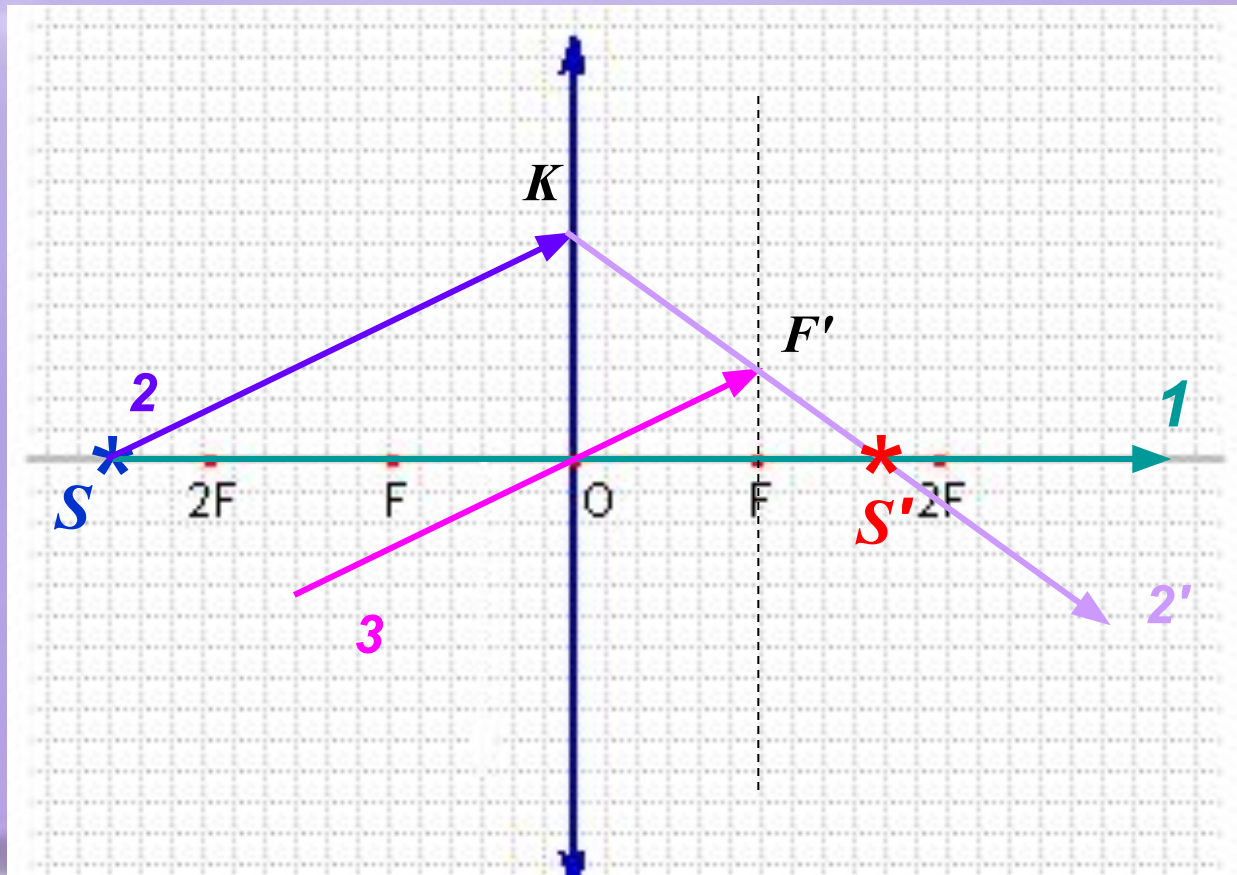
3 – луч, идущий через оптический центр, не преломляется



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.

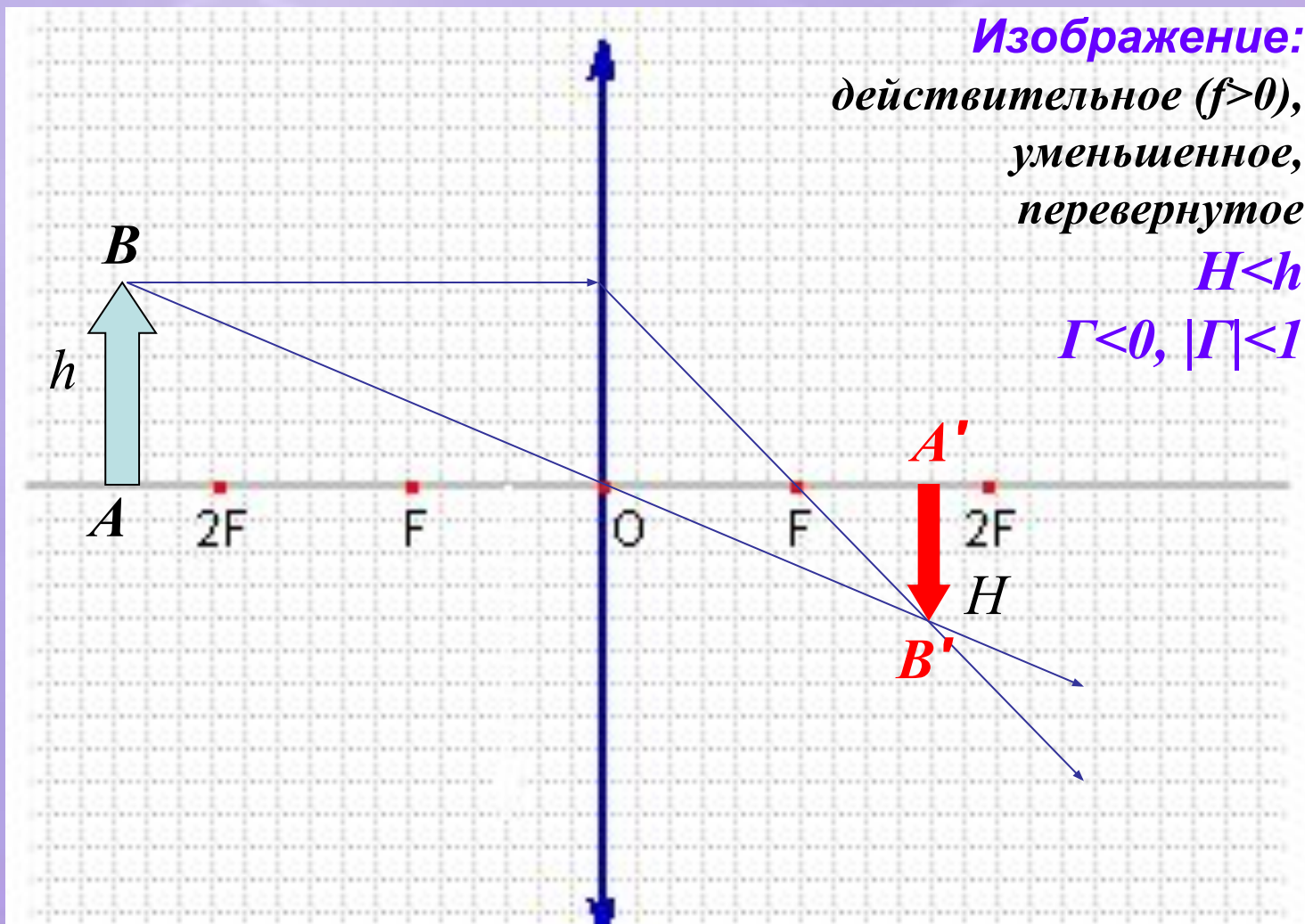


Увеличение линзы – отношение высоты изображения к высоте предмета.

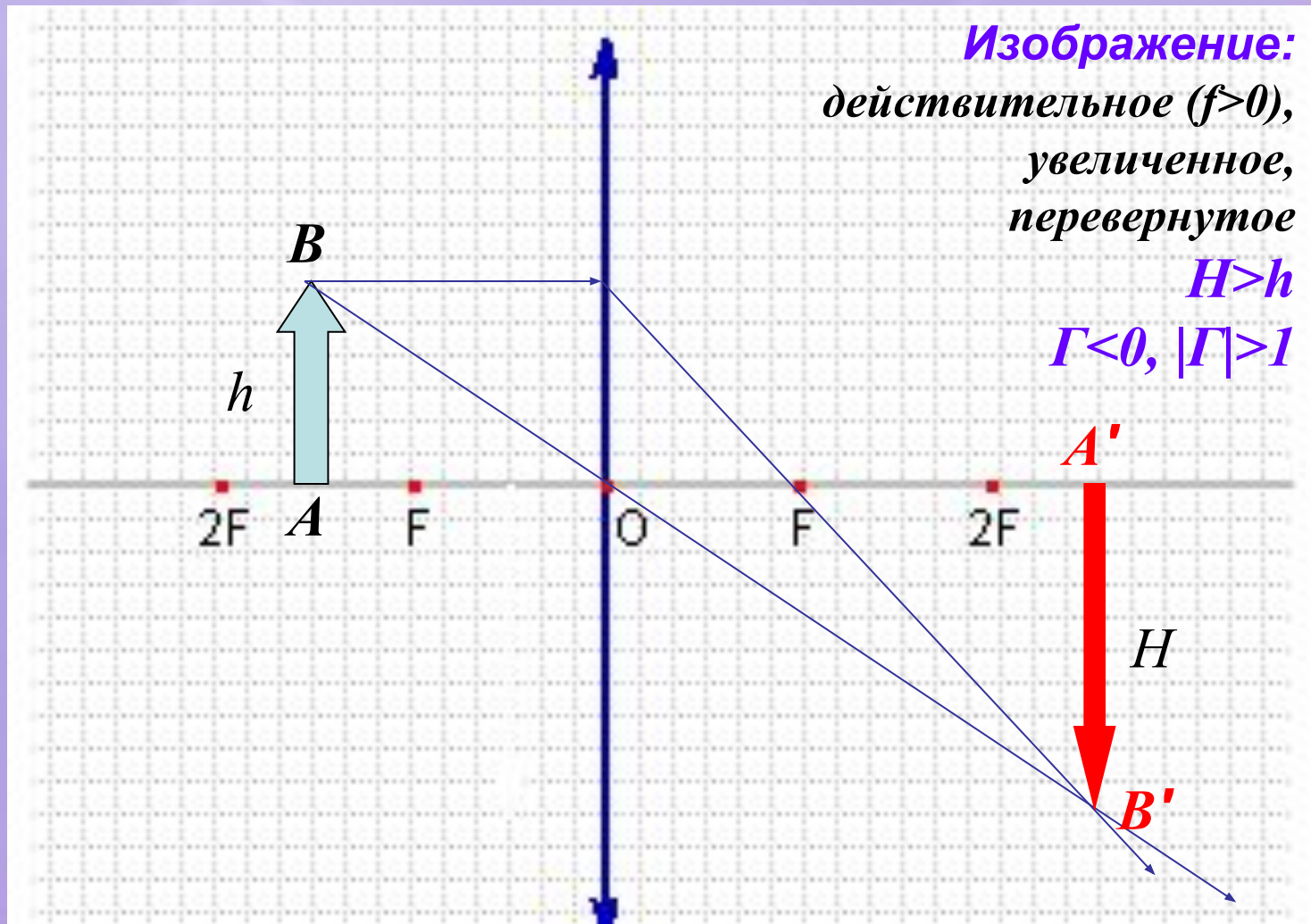
*При прямом изображении предмета в линзе увеличение положительно ($\Gamma > 0$), а при перевернутом – отрицательно ($\Gamma < 0$).
При увеличенном изображении предмета в линзе модуль увеличения больше единицы ($|\Gamma| > 1$), а при уменьшенном – меньше единицы ($|\Gamma| < 1$)*

$$\Gamma = H/h$$

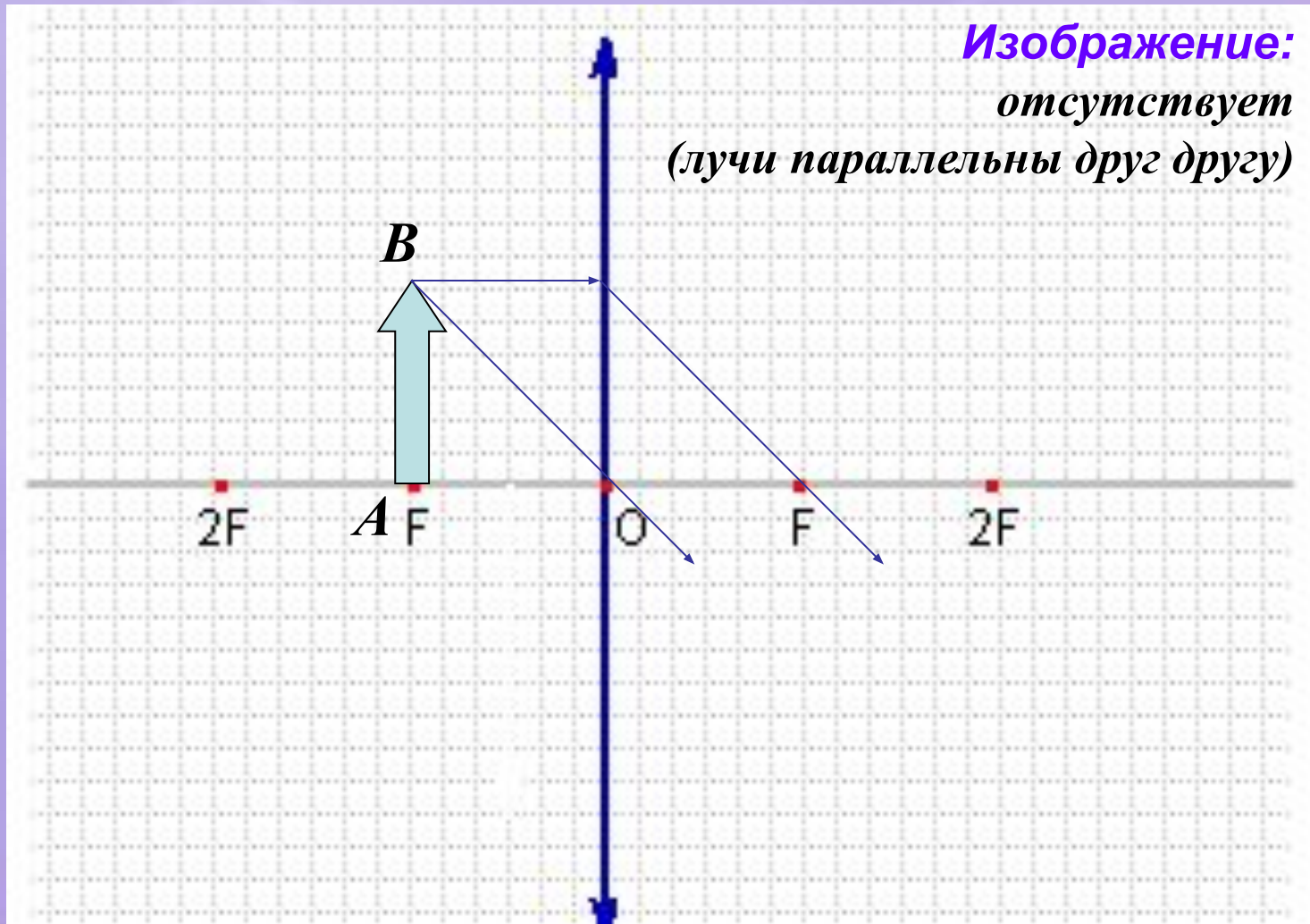
2. Предмет находится за двойным фокусом линзы ($d > 2F$)



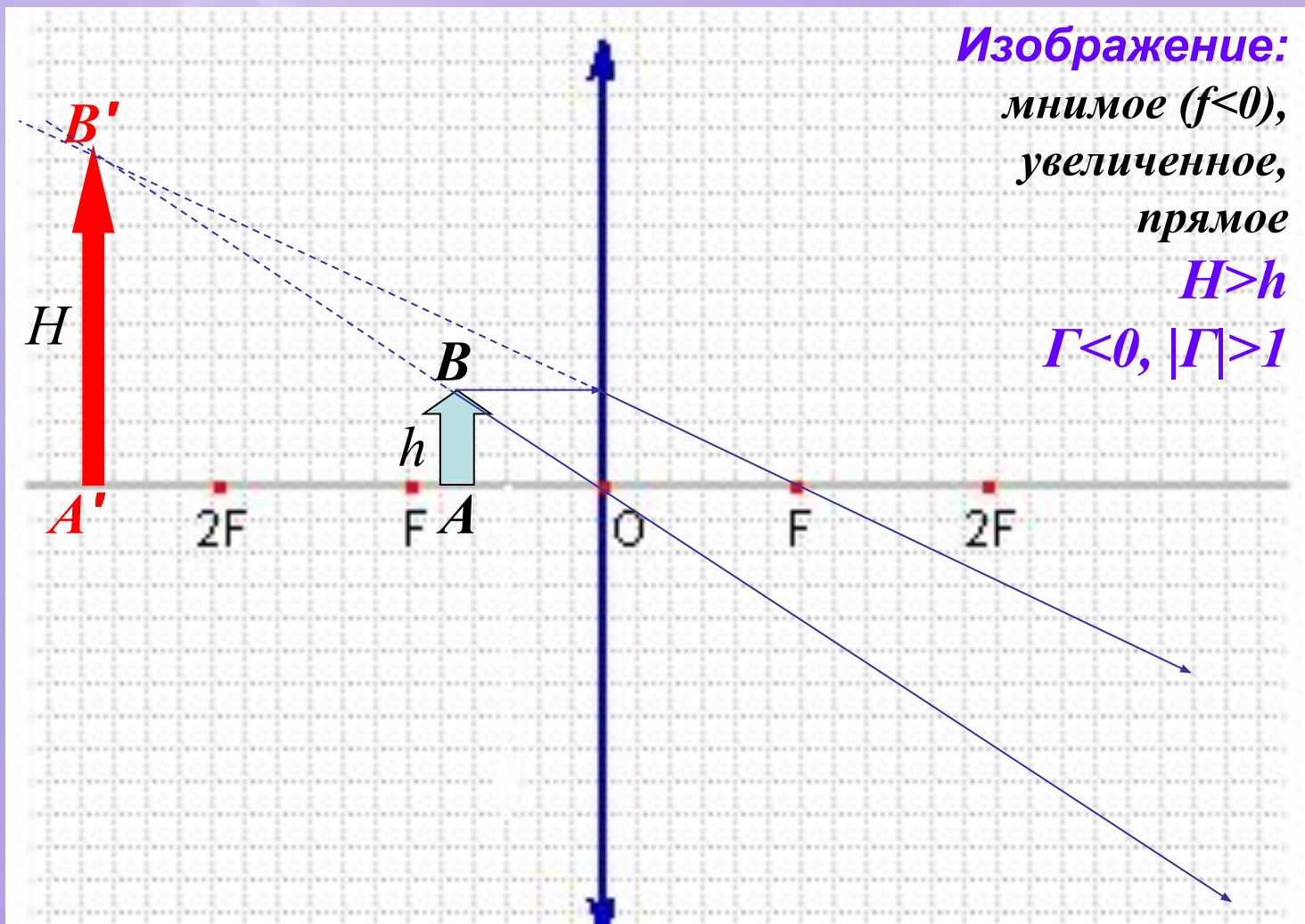
3. Предмет находится между двойным фокусом и фокусом линзы ($2F > d > F$)



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



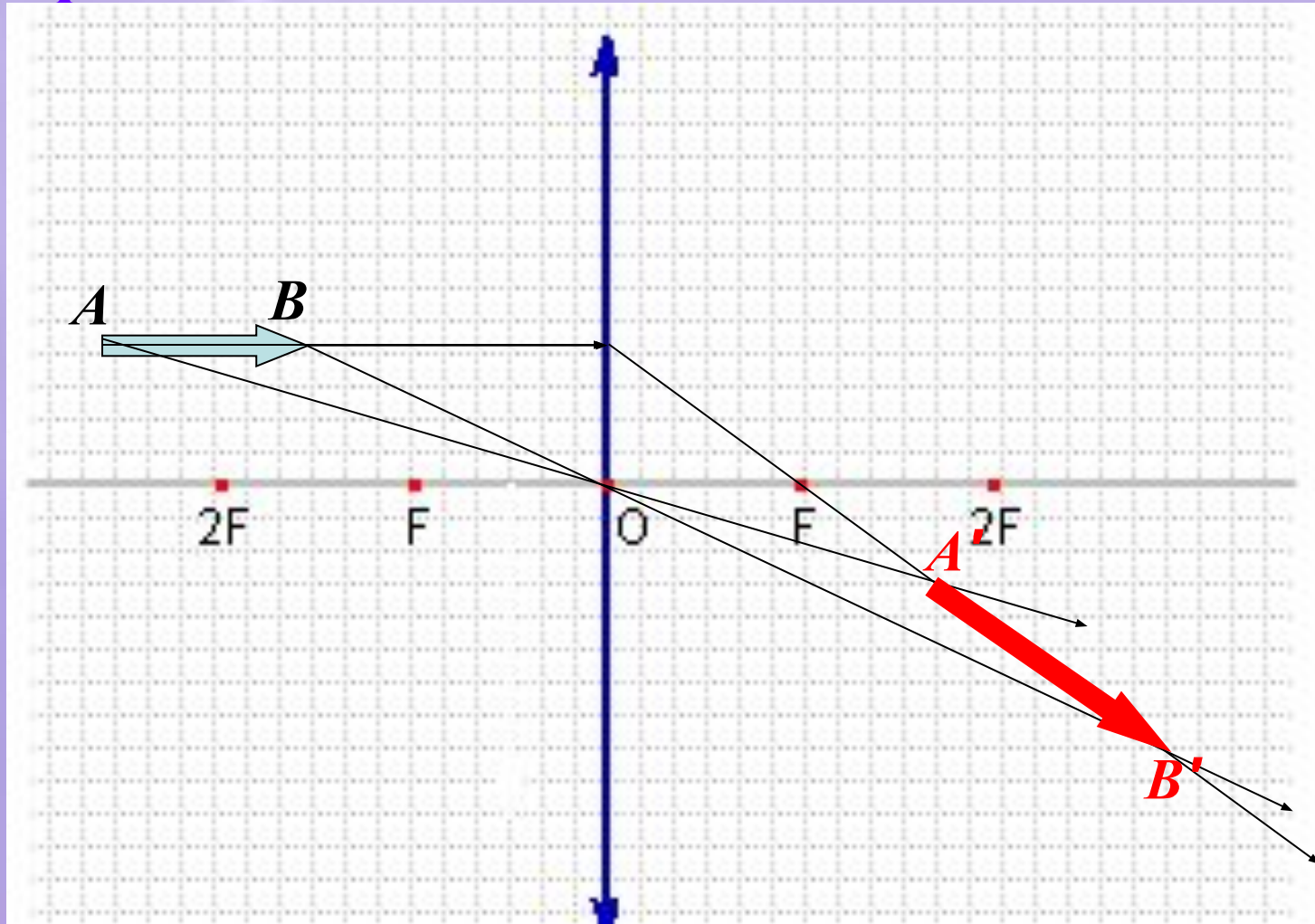
4. Предмет находится между главным фокусом и линзой ($d < F$)



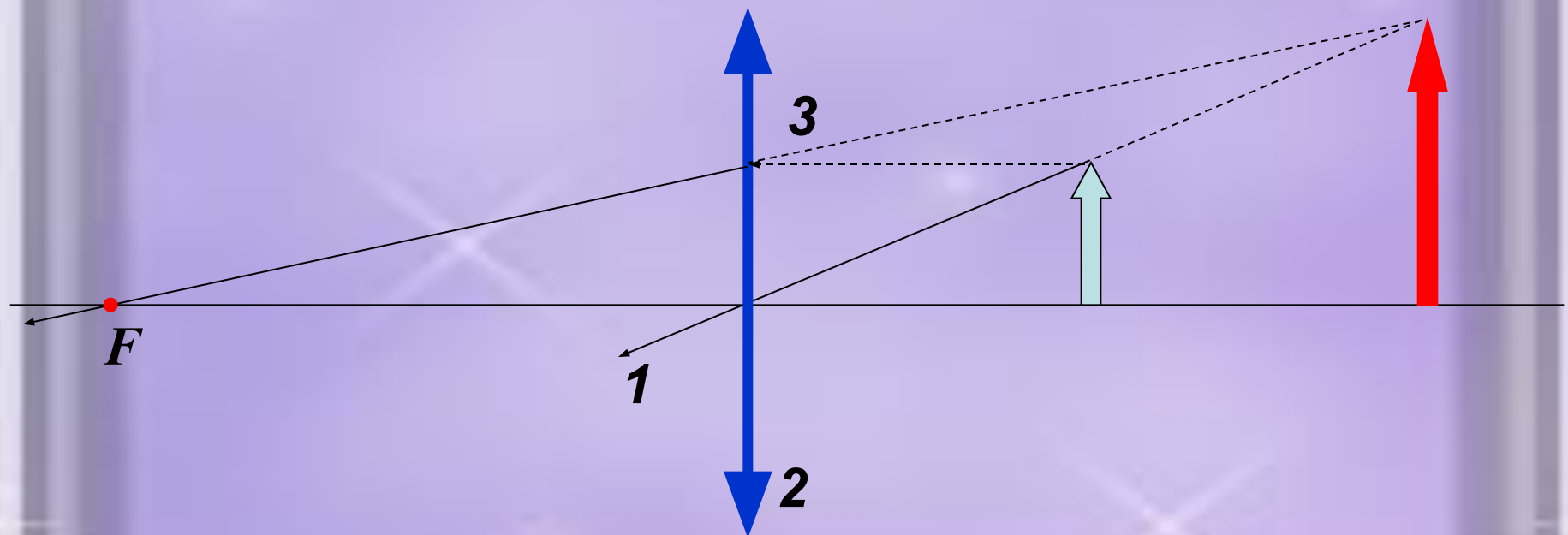
Заполните таблицу:

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$)
$d = 2F$				
$F < d < 2F$				
$d = F$				
$d < F$				

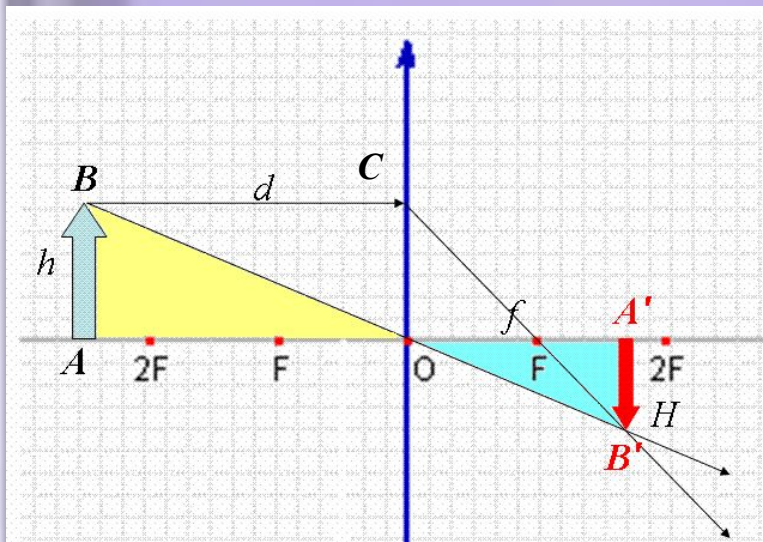
5. Линейный предмет, расположенный параллельно главной оптической оси.



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



Формула тонкой собирающей линзы



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

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

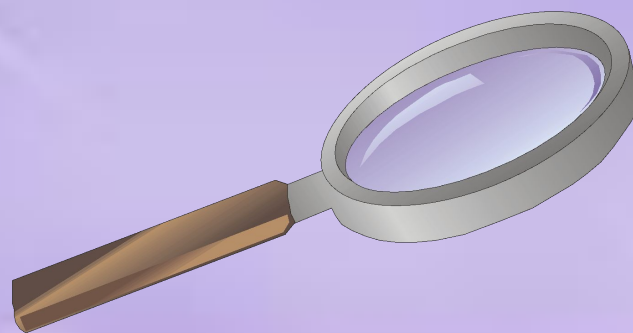
$\frac{f}{d} = \frac{f - F}{F}$ |разделим обе части на f

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

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

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 ($D < 0$)*

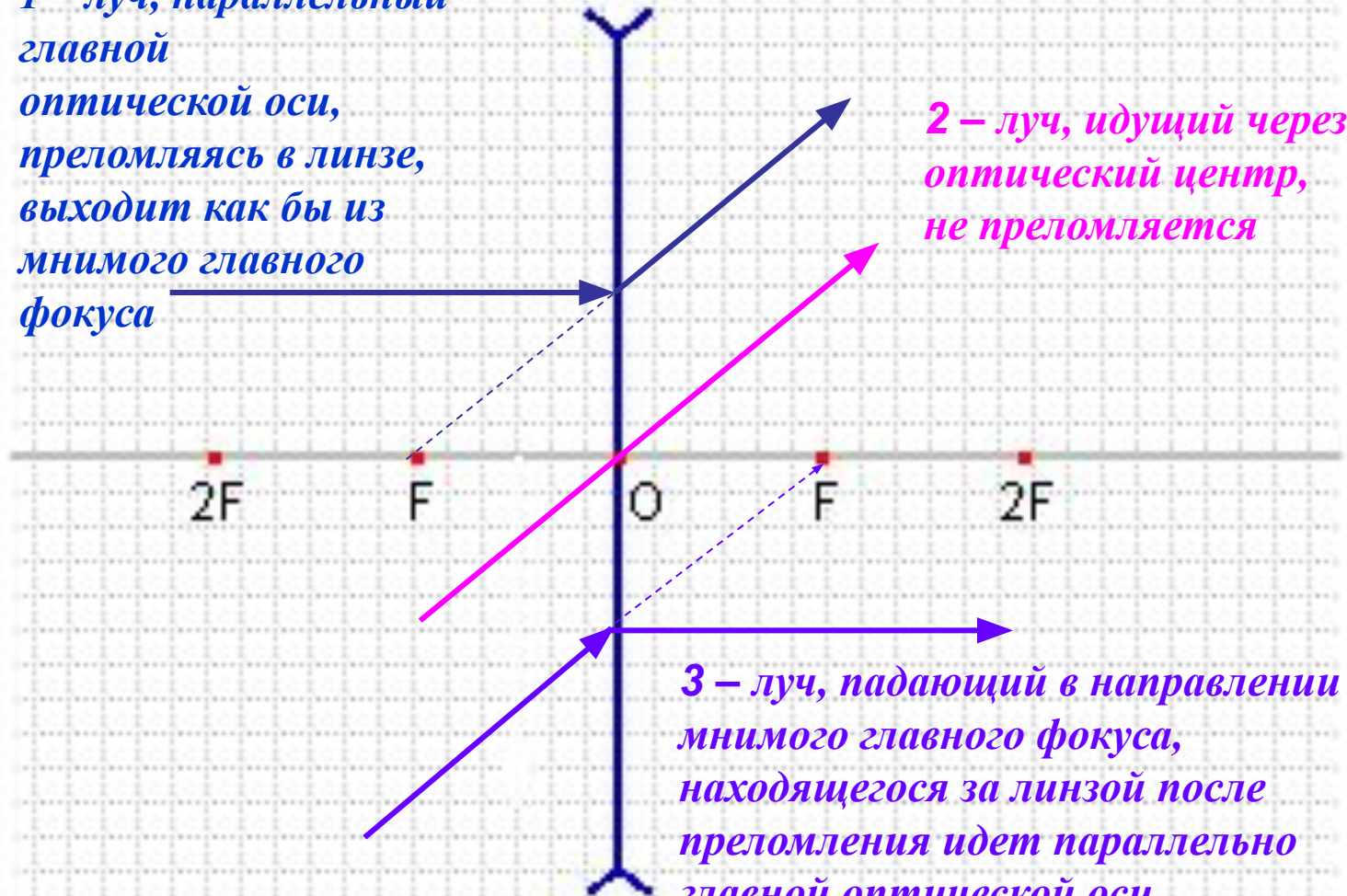
$$D = \frac{1}{F} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

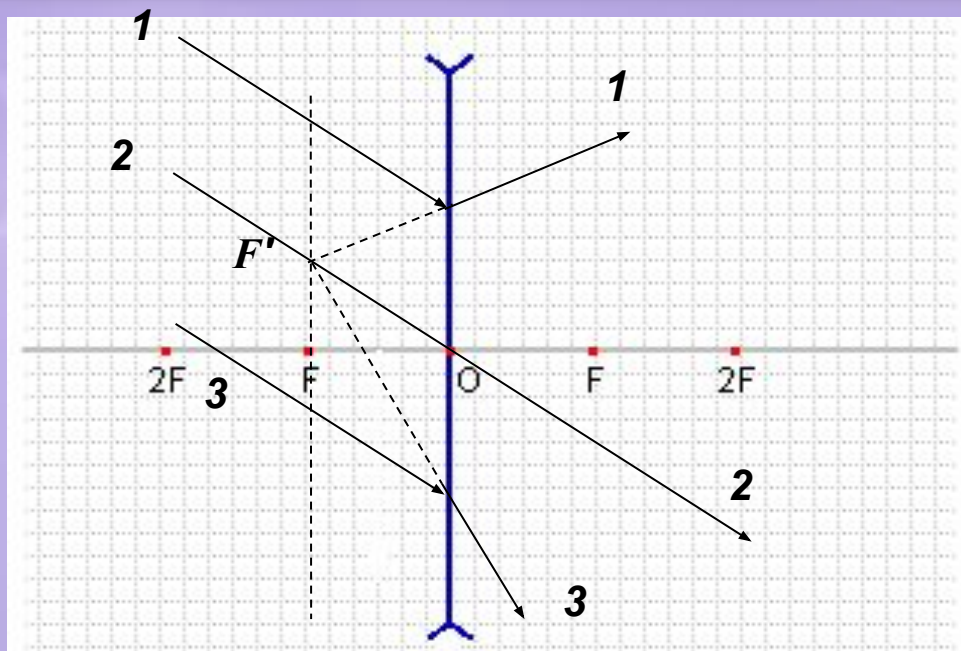
Основные лучи для рассеивающей линзы

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

2 – луч, идущий через оптический центр, не преломляется

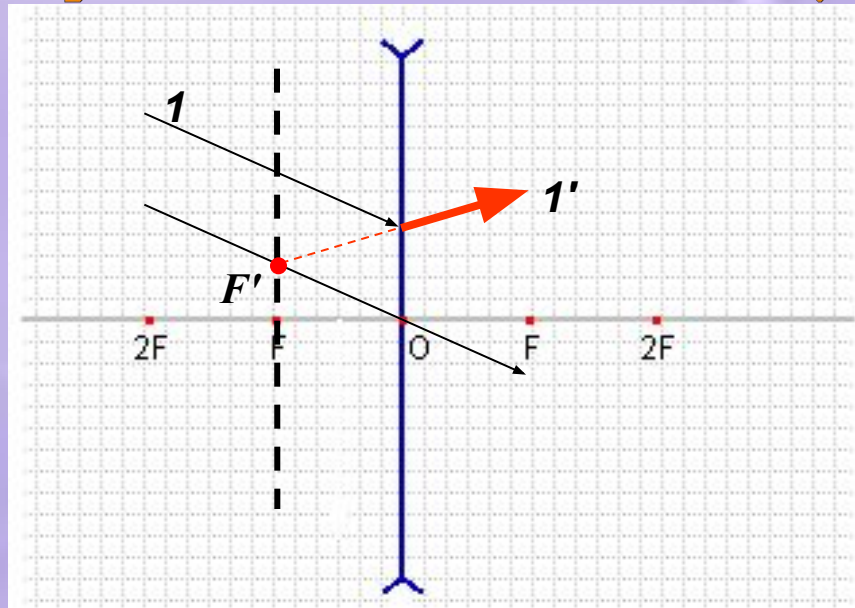
3 – луч, падающий в направлении мнимого главного фокуса, находящегося за линзой после преломления идет параллельно главной оптической оси





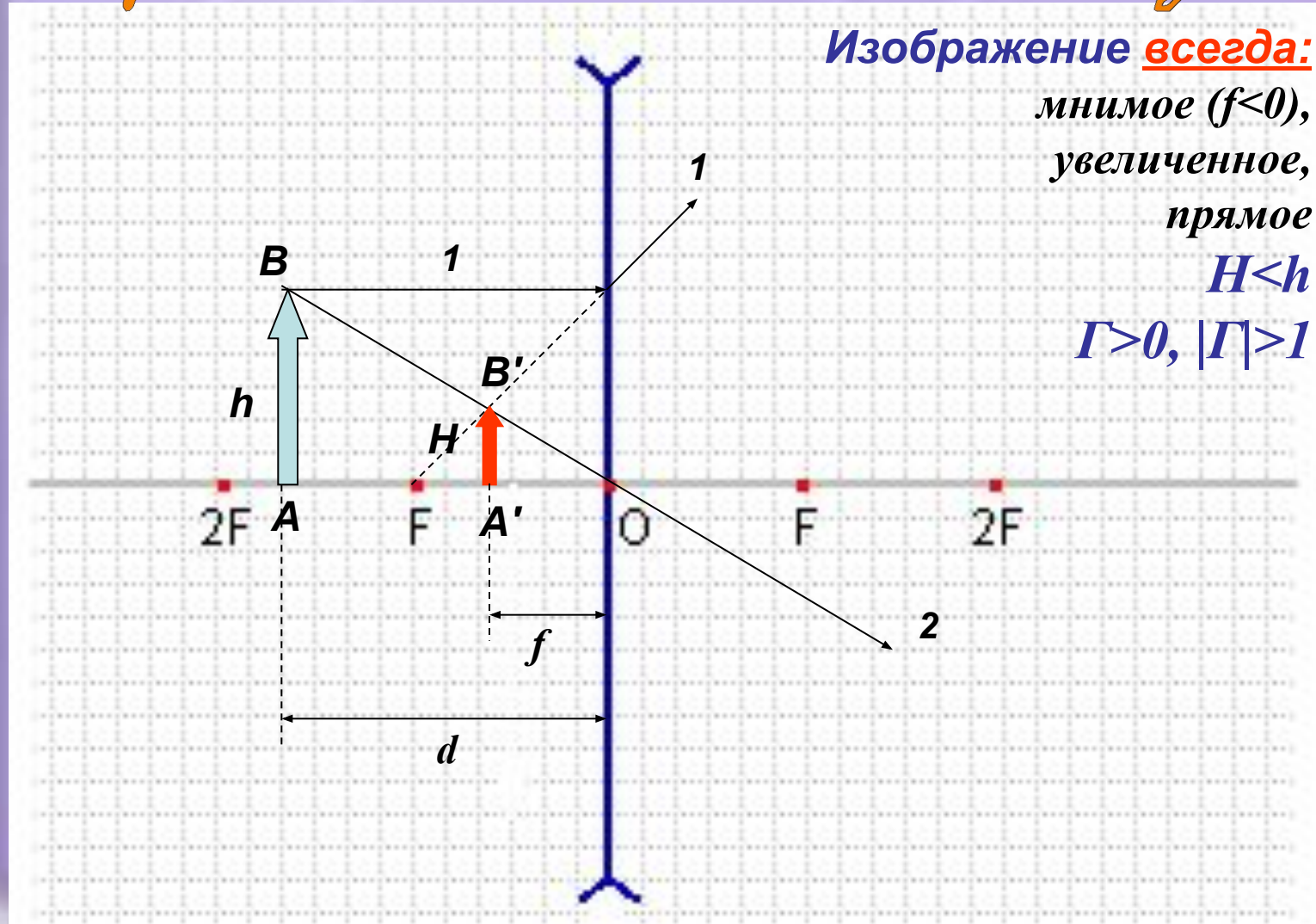
Если пучок параллельных лучей падает на тонкую рассеивающую линзу под небольшим углом к главной оптической оси, то продолжения преломленных лучей пересекаются в одной точке F' фокальной плоскости линзы – в ее **побочном фокусе**.

Построение хода произвольного луча

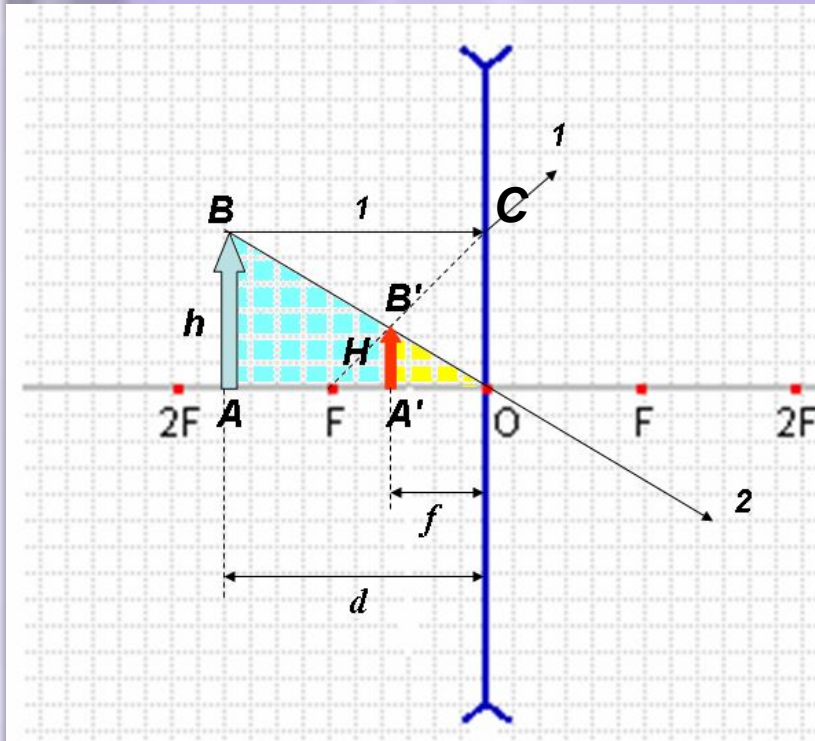


- 1). Построить фокальную плоскость
- 2). Построить произвольный луч 1.
- 3). Построить $F'O \parallel 1$, $F'O \cap F'F = F'$
- 4). Из точки F' построить преломленный луч

Изображение предмета в рассеивающей линзе



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**

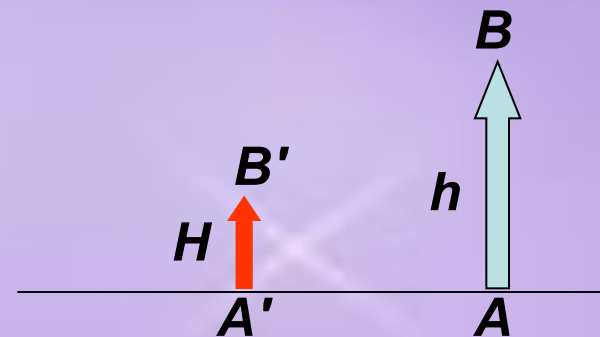
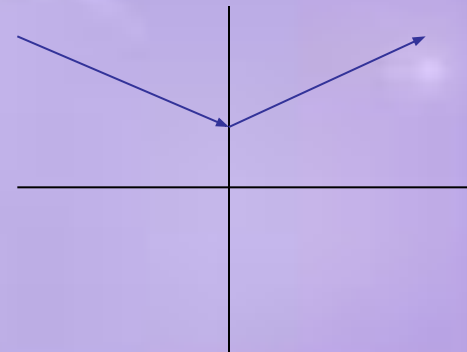
Недостатки линз.

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:

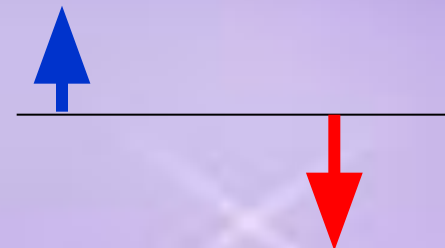
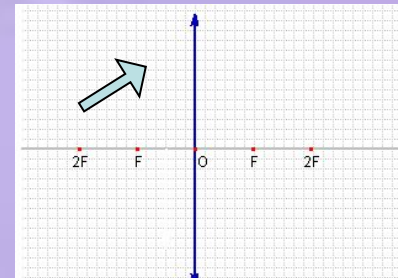
1. Плоско-вогнутая линза имеет радиус кривизны 20 см. найдите фокусное расстояние и ее оптическую силу.
2. Известен ход падающего и преломленного рассеивающей линзой лучей. Найдите построением главные фокусы линзы.
3. Точечный источник света находится в главном фокусе рассеивающей линзы ($F=10$ см). 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.