

# Построение изображения

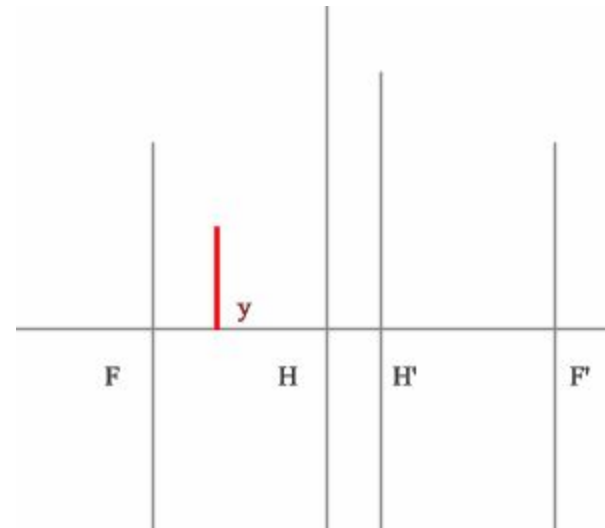
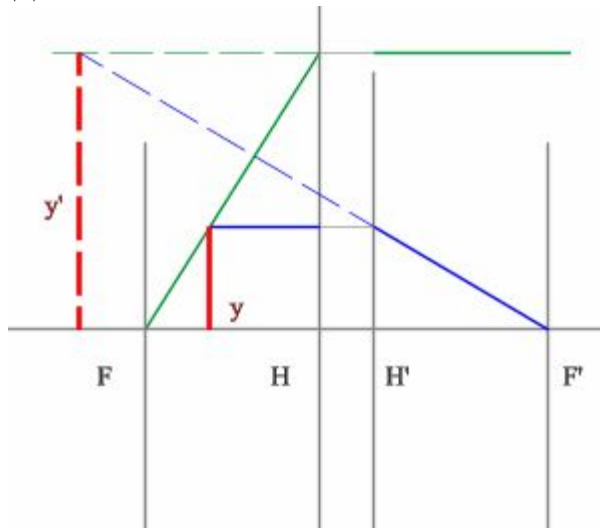
## Описание последовательности построения

Необходимы 2 луча, идущие через точку предмета. Пересечение преломленных лучей дает нам точку изображения.

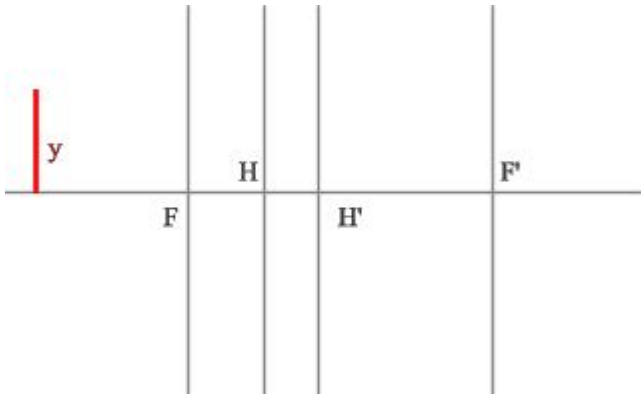
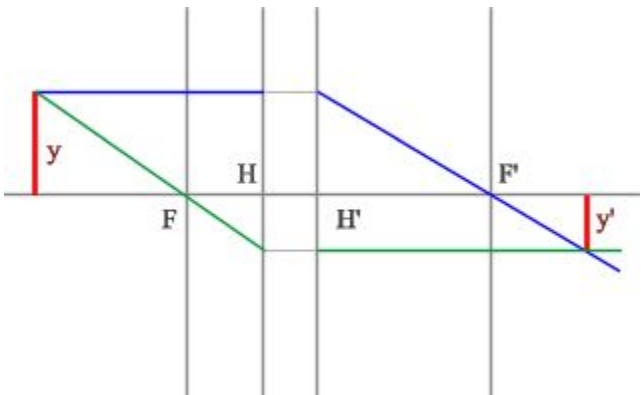
1. Проводим луч через край предмета параллельно оптической оси. Преломленный луч пройдет через точку заднего фокуса.
2. Проведем луч через край предмета и точку переднего фокуса. Далее луч пойдет параллельно оптической оси.
3. На пересечении построенных лучей находится искомое изображение точки предмета.

## *Положительная линза*

1. Если предмет находится между линзой и ее фокусом, то его изображение – увеличенное, мнимое, прямое, и расположено оно по ту же сторону от линзы, что и предмет, и дальше от линзы, чем предмет.



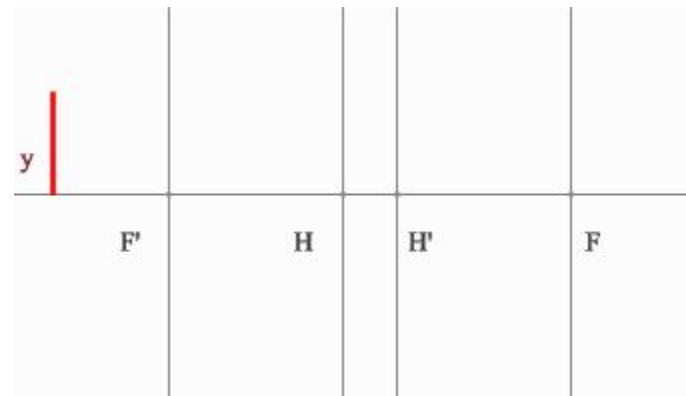
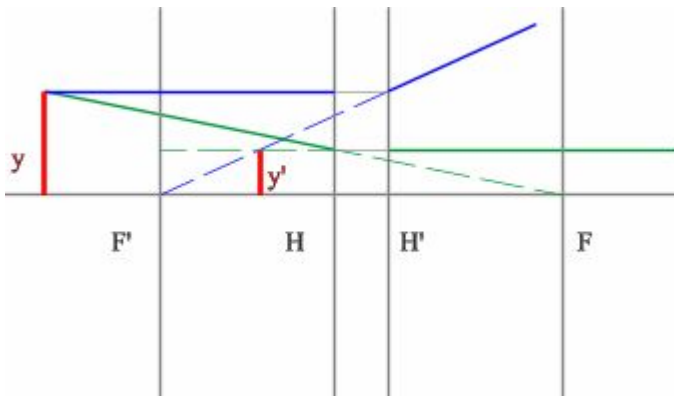
2. Если предмет находится между фокусом и двойным фокусом линзы, то линза дает его увеличенное, перевернутое, действительное изображение: оно расположено по другую сторону от линзы по отношению к предмету, за двойным фокусным расстоянием.



3. Если предмет находится за двойным фокусным расстоянием линзы, то линза дает уменьшенное, перевернутое, действительное изображение предмета, лежащее по другую сторону линзы между ее фокусом и двойным фокусом.

## *Отрицательная линза*

Отрицательная линза не дает действительных изображений, при всех положениях предмета дает уменьшенное, мнимое, прямое изображение, лежащее по ту же сторону от линзы, что и предмет.



## Построение изображения мнимого предмета

Построение изображения предмета, образованного пересечениями продолжений лучей в пространстве изображений решается так же, как и построение обычного предмета.

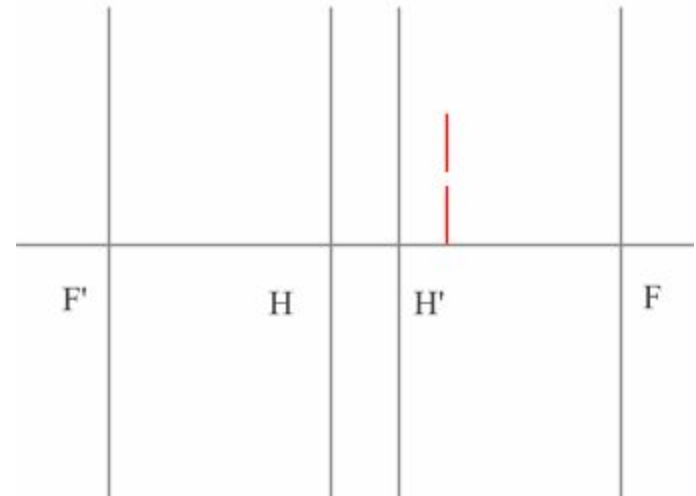
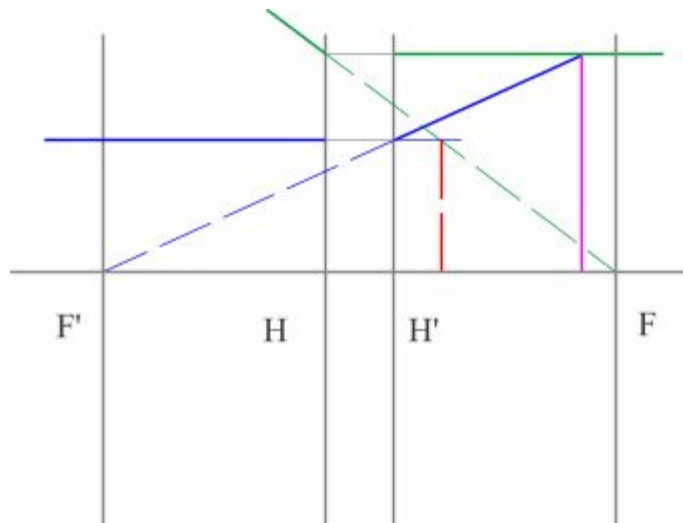
**! Вспомогательные лучи лишь направляются к мнимому предмету, но, как и положено, до него не доходят, преломляясь на главных плоскостях оптического элемента !**

Рассмотрим пример 1: **Красным** обозначен мнимый предмет с **отрицательной** линзой.

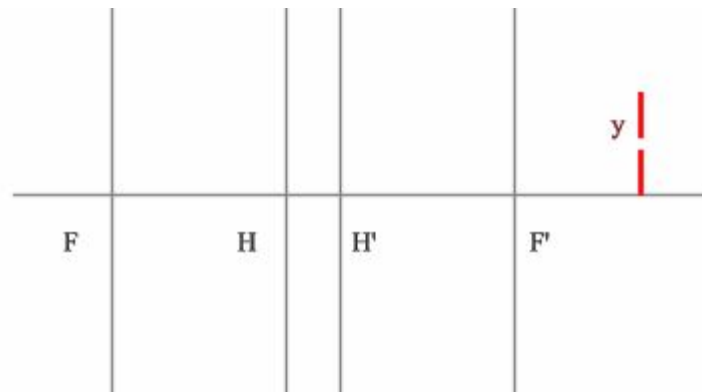
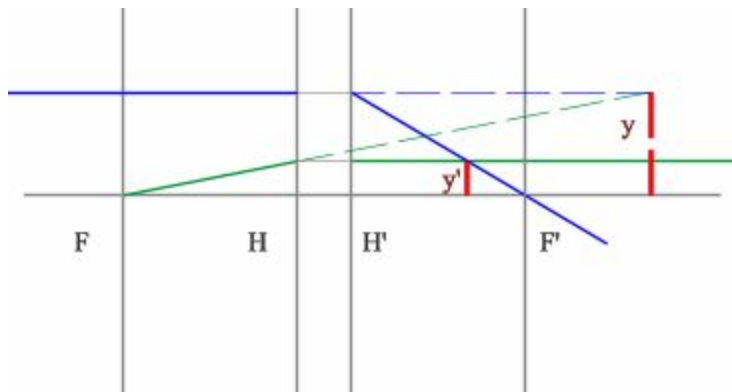
1. **Зеленый** луч проводим через край предмета и точку переднего фокуса. После оптического элемента луч пойдет параллельно оптической оси.

2. **Синий** луч направляется параллельно оси через точку предмета. По правилам преломления после оптического элемента, луч пройдет через задний фокус.

3. **Изображение** будет находиться на пересечении зеленого и синего лучей в пространстве изображений.



- Рассмотрим пример 2: **Красным** обозначен мнимый предмет с *положительной* линзой.
- Зеленый** вспомогательный луч так же проводим через передний фокус и край предмета. Не дойдя до мнимого предмета, луч преломится и пойдет параллельно оптической оси.
  - Синий** луч направляется параллельно оптической оси через точку предмета. После оптического элемента луч пойдет через задний фокус.
  - Изображение**  $y'$  будет находиться на пересечении зеленого и синего лучей в пространстве изображений.

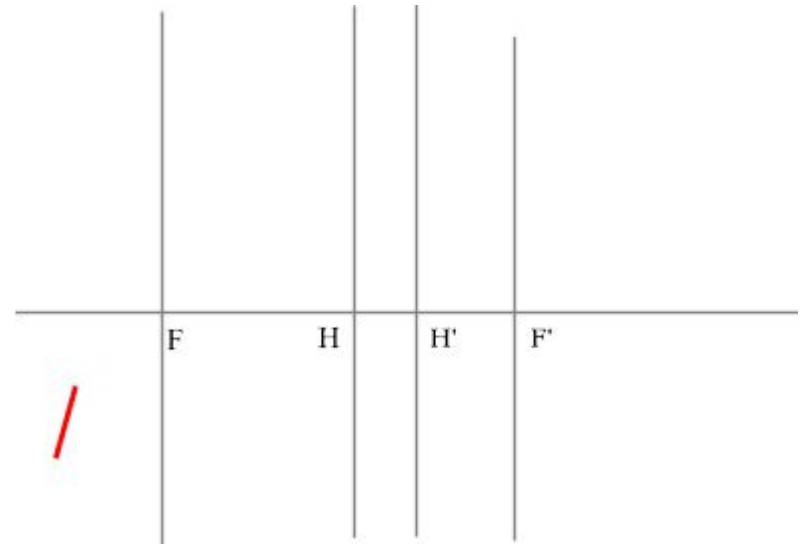
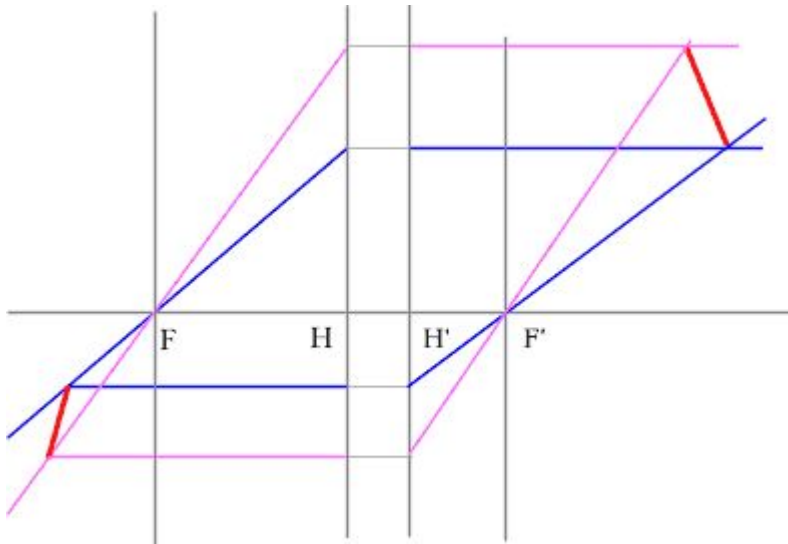


## Задача 1.

Построить изображение предмета. Положительная линза.

**Решение:**

1. Сначала строим изображение нижней точки предмета **розовыми** лучами.
2. Затем - изображения второй точки **синими** лучами.
3. Соединяя эти точки, получаем изображение предмета.

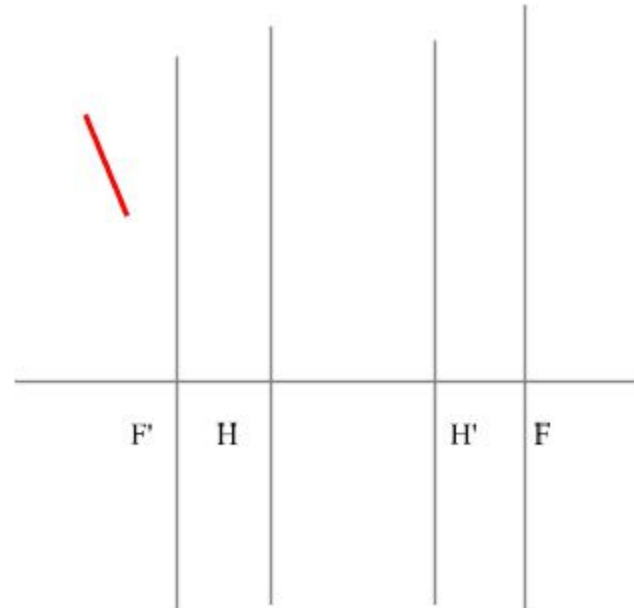
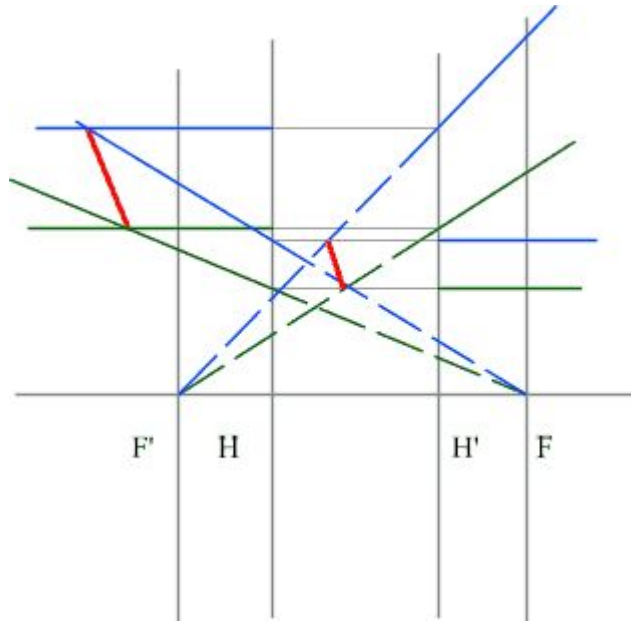


## Задача 2.

Построить изображение предмета. Отрицательная линза.

**Решение:**

1. Сначала строим изображение верхней точки предмета **синими** лучами. Как и положено для рассеивающей линзы, пересекаться будут не сами лучи, а их продолжения.
2. Затем строим изображение второй точки **зелеными** лучами.
3. Соединяя эти точки, получаем изображение предмета.



## Построение предмета по заданному изображению

Построение предмета по изображению сводится к решению обратной задачи. Суть та же, что и в построении изображения.

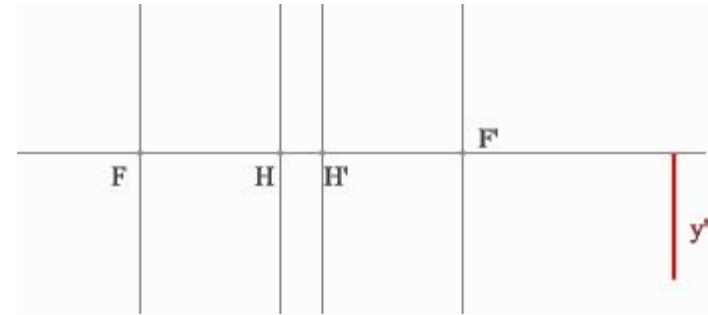
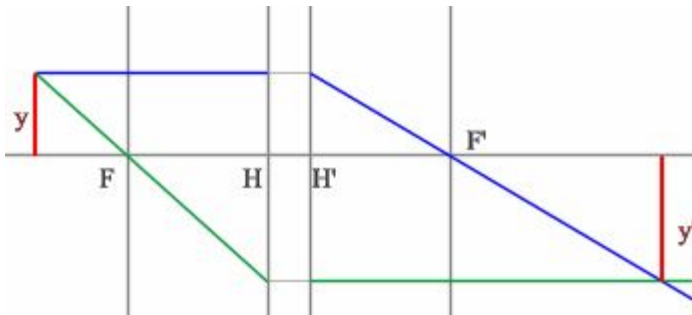
Необходимы 2 луча, идущие через точку изображения. Пересечение этих лучей в пространстве предметов, даст нам точку предмета.

1. Проводим луч через край изображения параллельно оптической оси. Преломленный луч пройдет через точку переднего фокуса.

2. Проведем луч через край изображения и точку заднего фокуса. В пространстве предметов луч пойдет параллельно оптической оси.

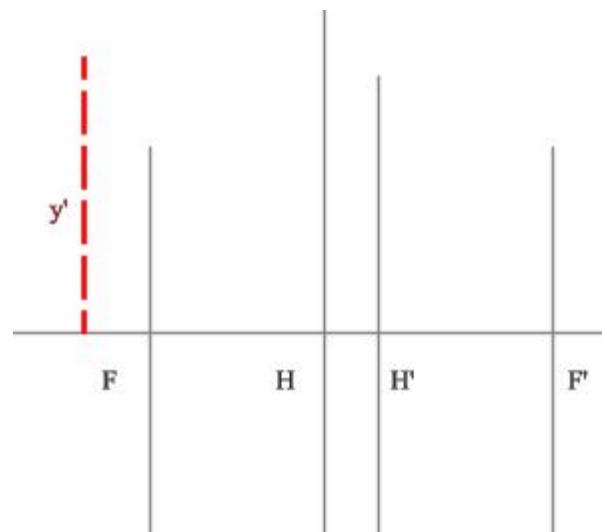
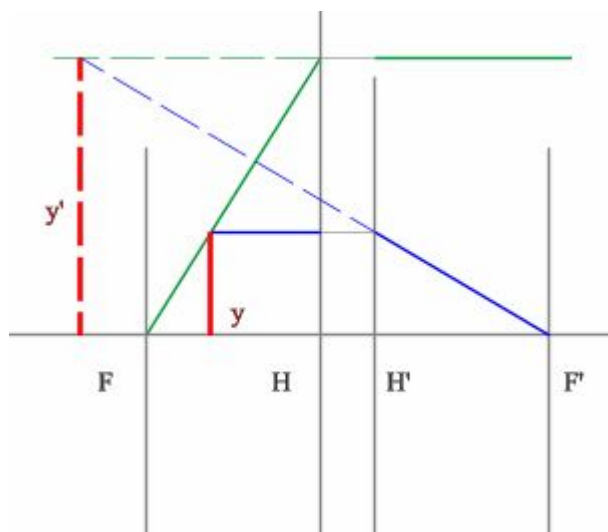
3. На пересечении построенных лучей находится искомое изображение точки предмета.

*Положительная линза (построение предмета для действительного изображения)*

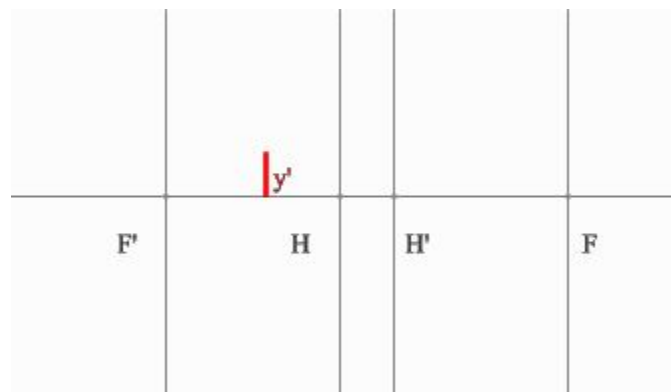
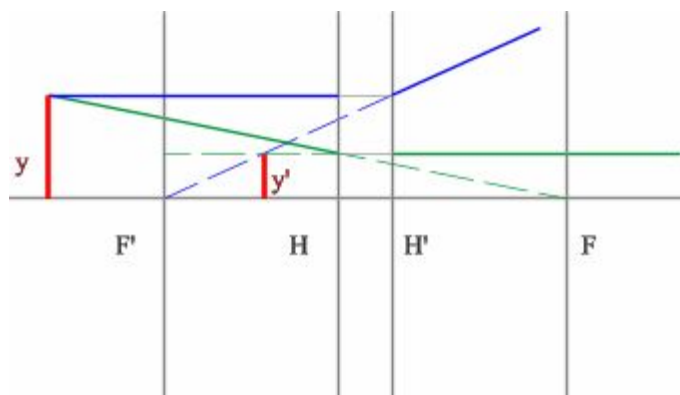




## *Положительная линза (построение предмета для мнимого изображения)*



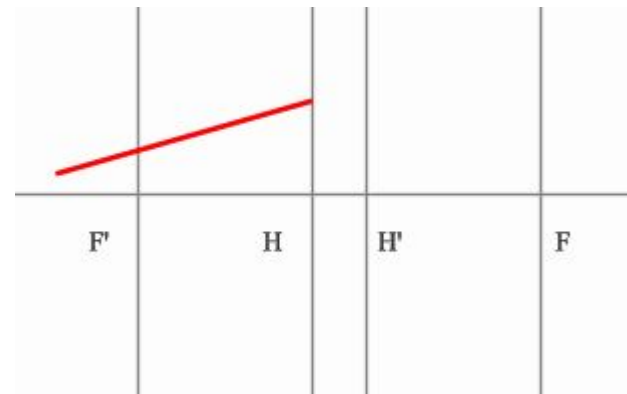
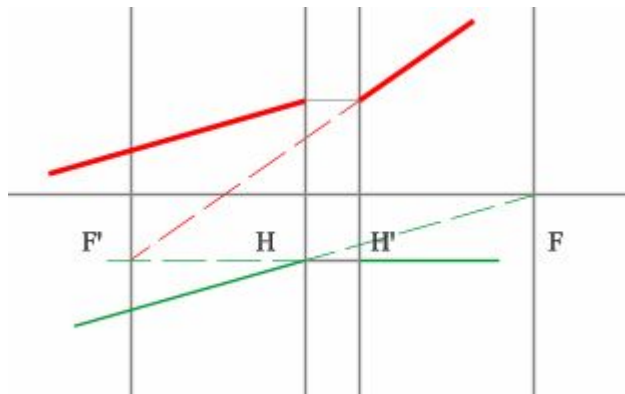
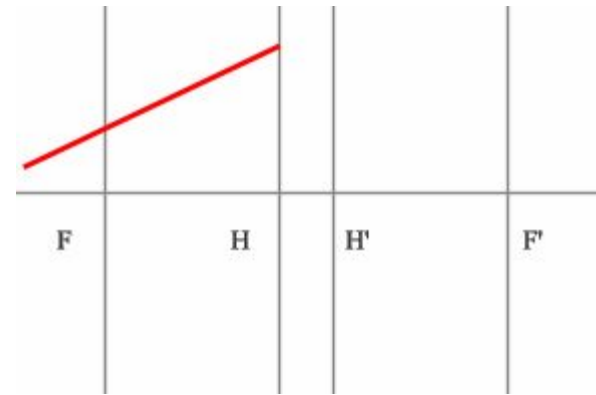
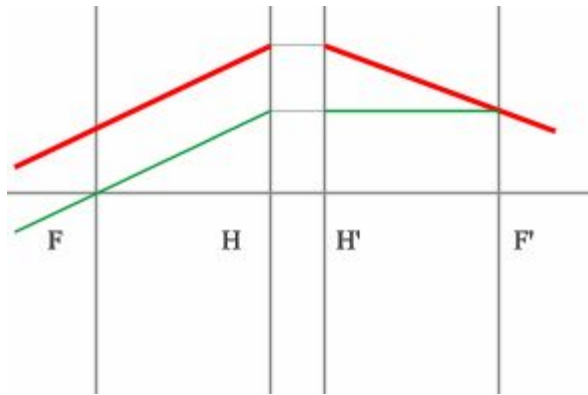
## *Отрицательная линза*



# Построение хода лучей в оптической системе

## *Первый способ построения луча*

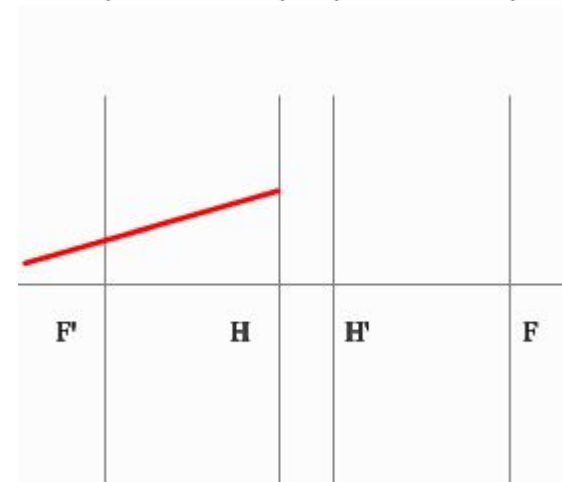
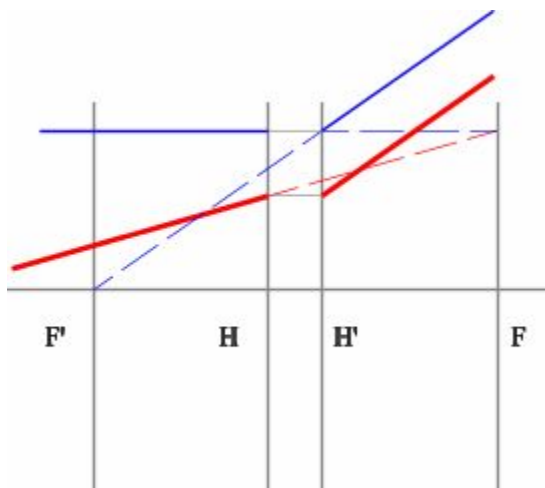
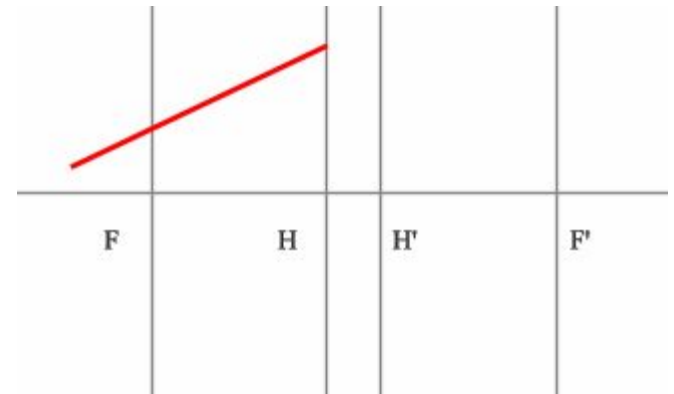
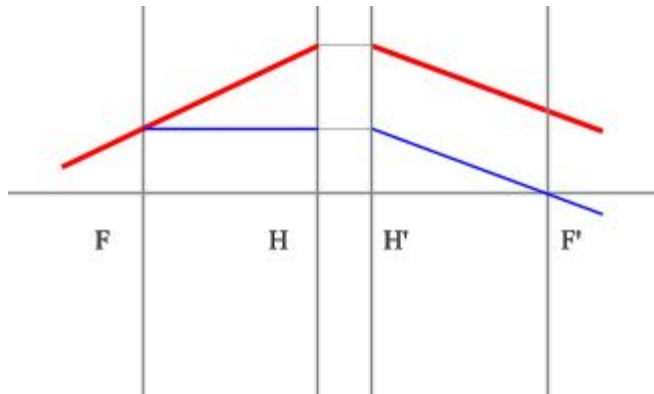
1. Проводим луч параллельно заданному лучу через точку переднего фокуса. Преломленный луч пойдет параллельно оптической оси.
2. Вспомним правило - о лучах, идущих параллельно друг другу.
3. Соединяем точку пересечения луча с задней фокальной плоскостью с точкой выхода заданного луча из линзы. Это и будет искомый луч.



## *Второй способ построения луча*

Основан на том же правиле, но действует от обратного.

1. Находим точку пересечения заданного луча с передней фокальной плоскостью.
2. Через эту точку проводим вспомогательный луч 1 параллельно оптической оси. Преломленный луч 1' как пойдет? - через точку заднего фокуса.
3. По правилу, такие лучи (исходящие из одной точки) как пойдут? - параллельно друг другу. Из точки пересечения заданного луча с линзой строим преломленный луч параллельно лучу 1'.



# Определение положения кардинальных точек и плоскостей системы

## Задача 3.

Определить положение фокальных плоскостей по заданному ходу луча. Система находится в однородной среде.

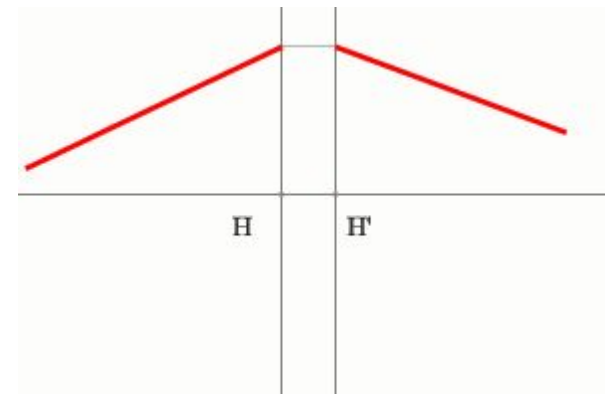
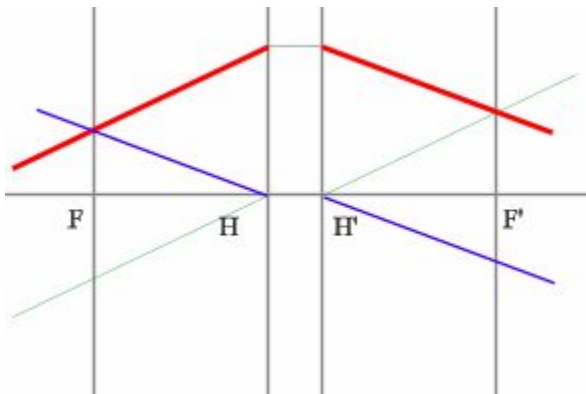
### Решение:

Для построения необходимо воспользоваться уже знакомым правилом: лучи, идущие параллельно друг другу, сойдутся в одной точке на задней фокальной плоскости.

### Последовательность построения:

1. Строим луч параллельный заданному лучу через центр линзы. В пространстве изображений этот луч идет под тем же углом.
2. Находим точку пересечения заданного и построенного лучей в пространстве изображений.
3. По правилу, точка пересечения находится на задней фокальной плоскости системы.
4. Если среда однородная, то построение передней фокальной плоскости можно не производить, отложив полученное расстояние от передней главной плоскости.

Но на рисунке показано получение и передней и задней фокальных плоскостей с помощью построения:



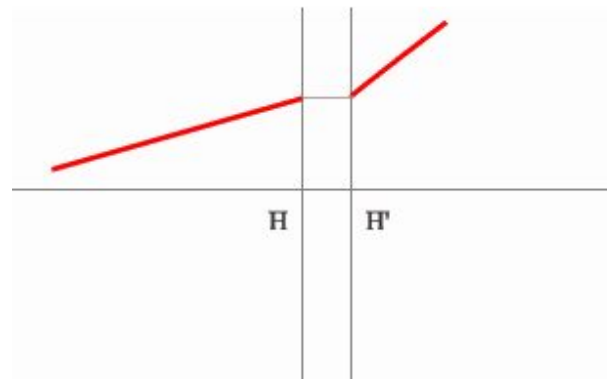
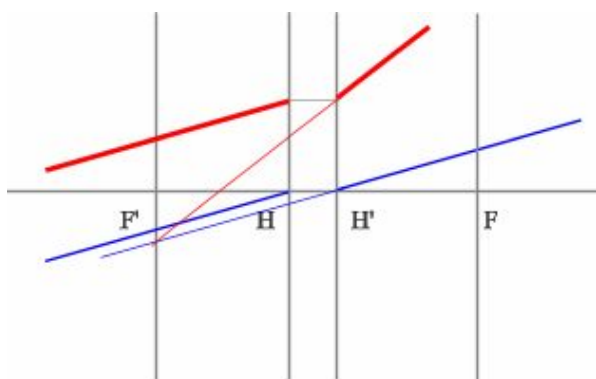
#### Задача 4.

Определить положение фокальных плоскостей по заданному ходу луча. Система находится в однородной среде.

**Решение:**

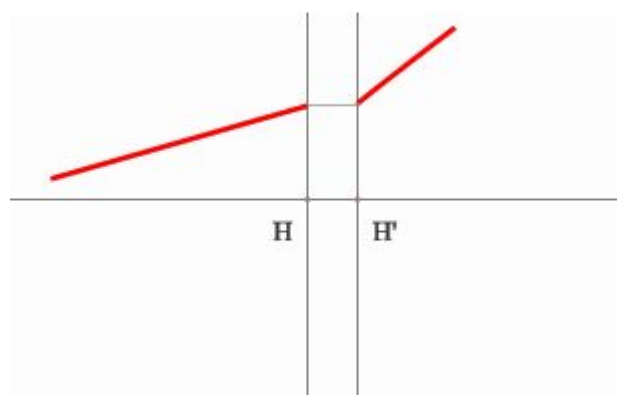
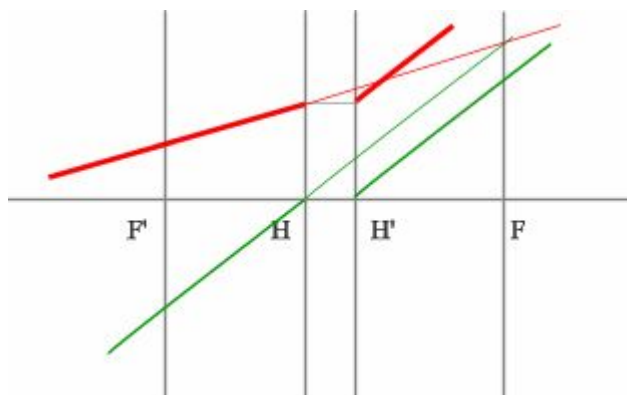
Строим **синий** луч, параллельный заданному в пространстве предметов.

Находим точку пересечения этого луча с заданным в пространстве изображений. Как видно из рисунка, пересекутся лишь продолжения лучей, что говорит о рассеивающем характере системы. Через точку пересечения проходит задняя фокальная плоскость.



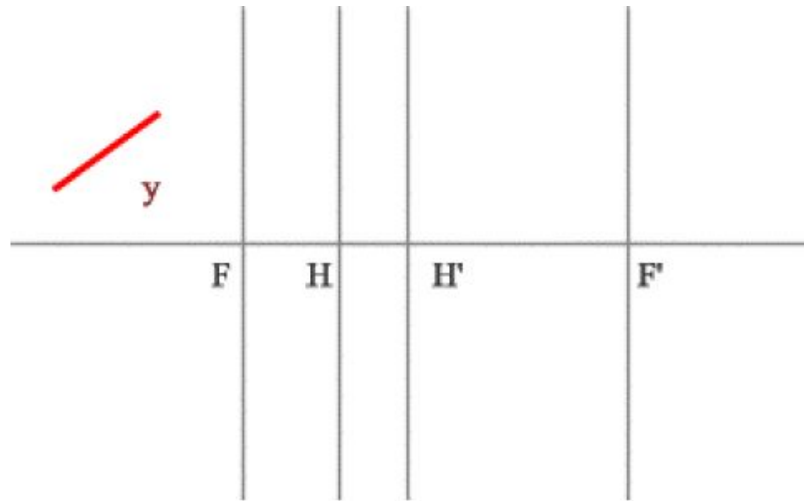
Поиск передней фокальной плоскости основан на том же принципе:

В пространстве изображений строим через центр линзы **зеленый** луч, параллельный заданному. В пространстве предметов этот луч пойдет под тем же углом и пересечет заданный луч в плоскости переднего фокуса системы. Найдя пересечение лучей, находим передний фокус.

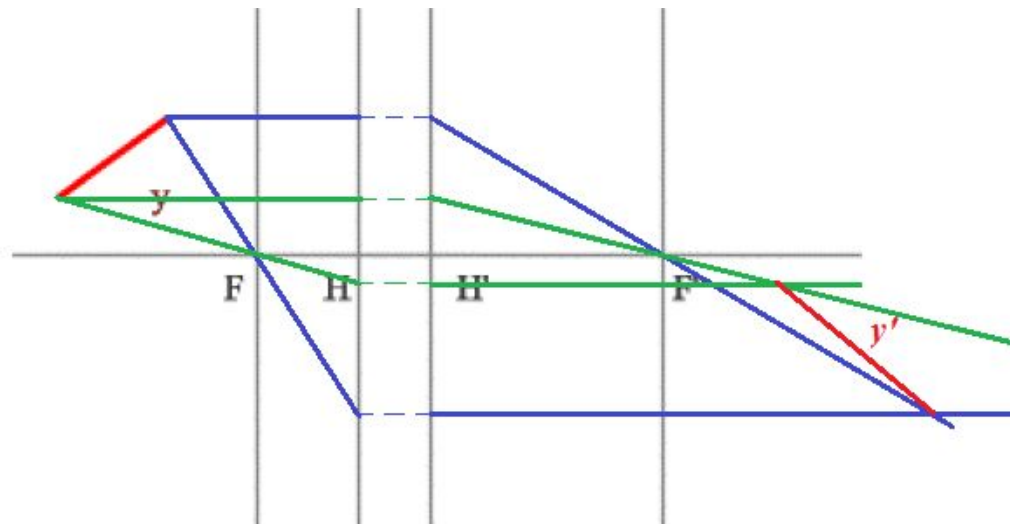
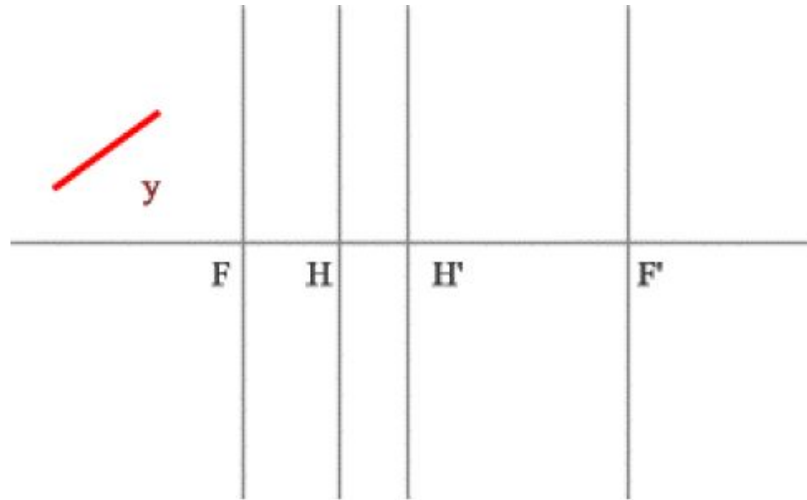


### Задача 5.

Найти изображение.

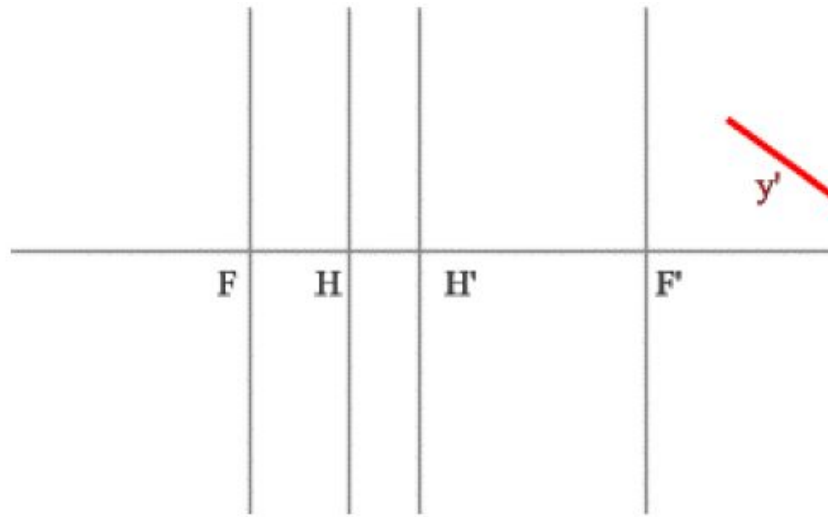


**Задача 5.**  
Решение.



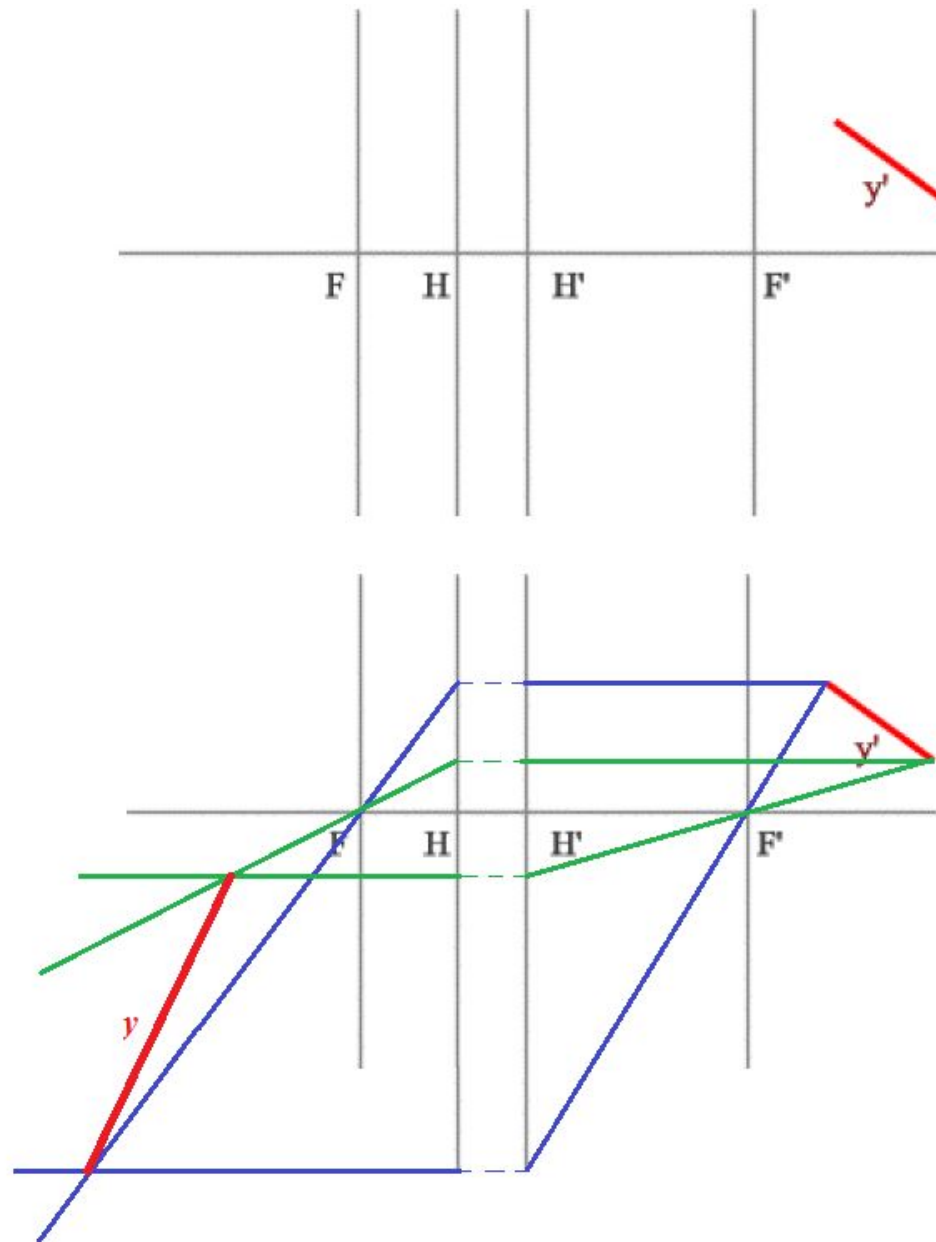
**Задача 6.**

Найти предмет.



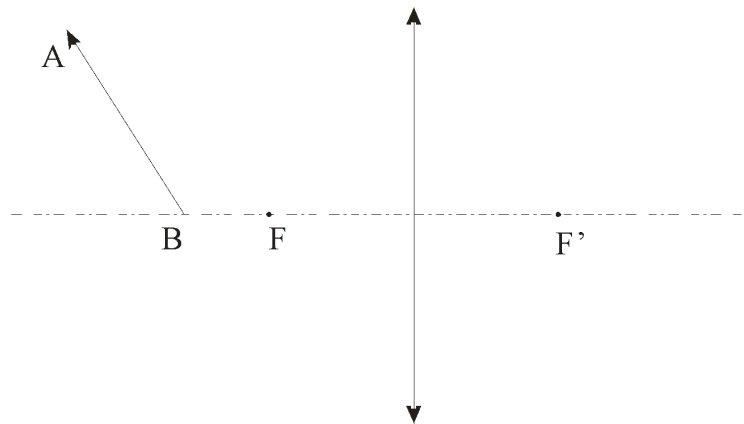


**Задача 6.**  
Решение.



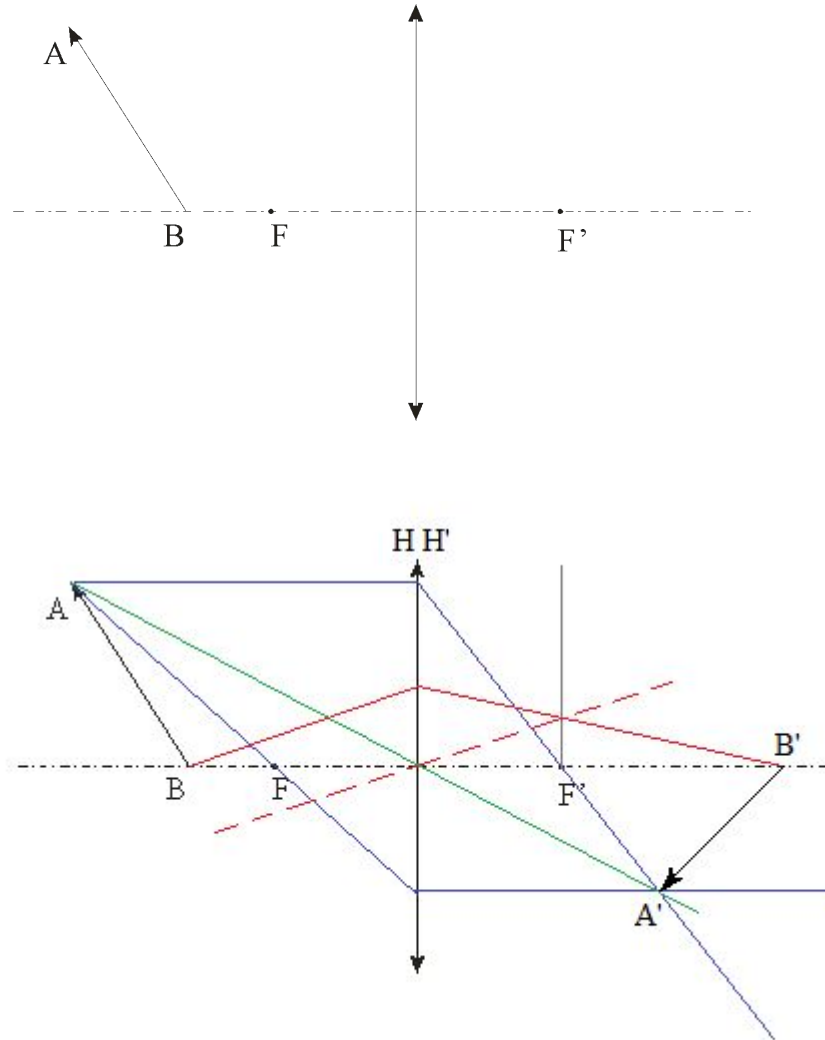
### Задача 7.

Построить изображение в собирающей линзе плоского предмета АВ.



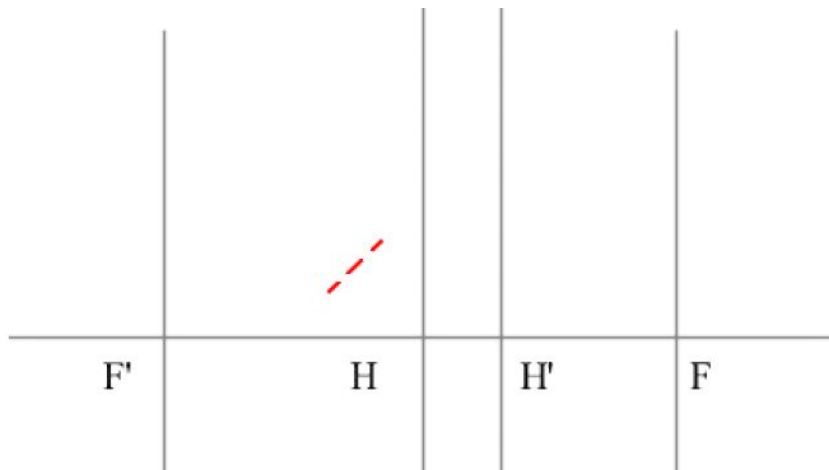
### Задача 7.

Построить изображение в собирающей линзе плоского предмета АВ.



### Задача 8.

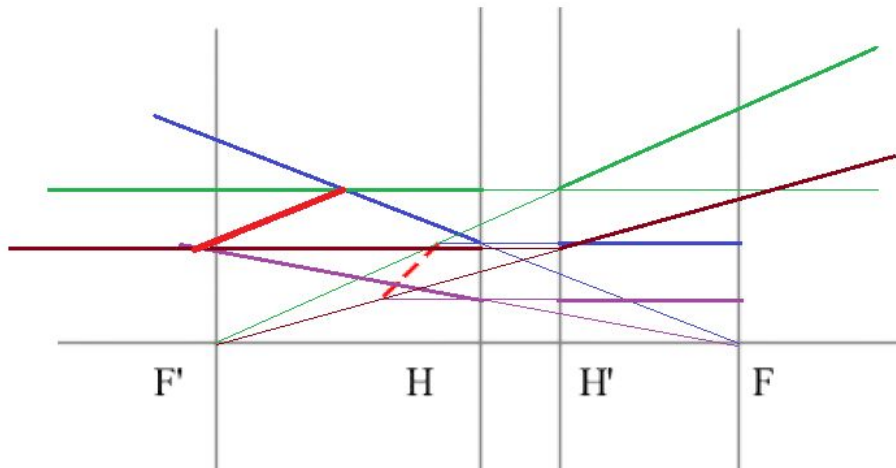
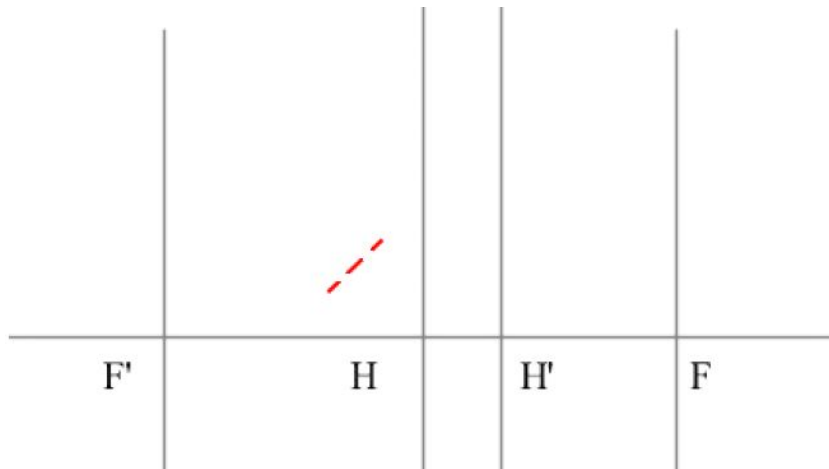
Построить предмет, дающий изображение, показанный на рисунке.



### Задача 8.

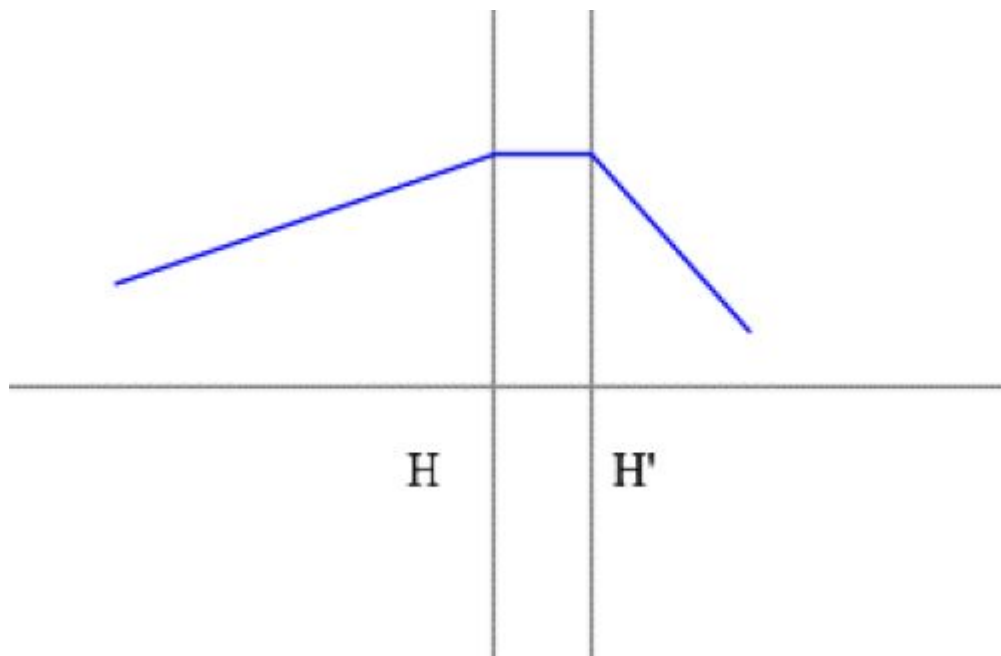
Построить предмет, дающий изображение, показанный на рисунке.

Решение.



### Задача 9.

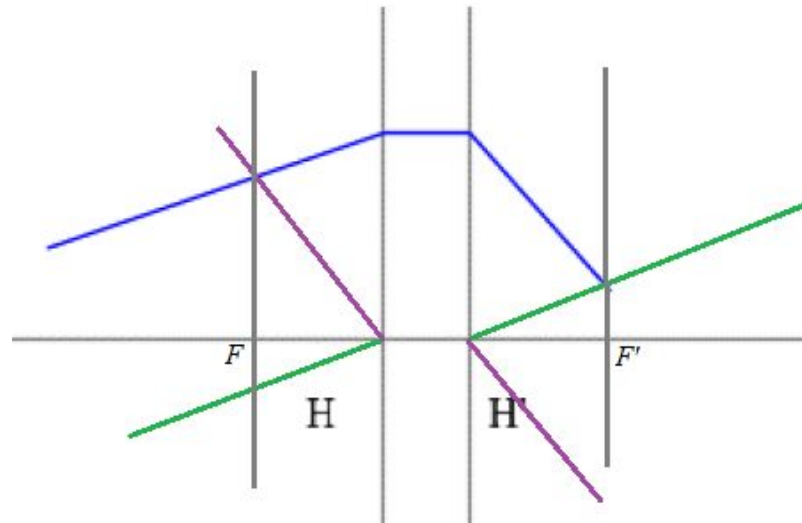
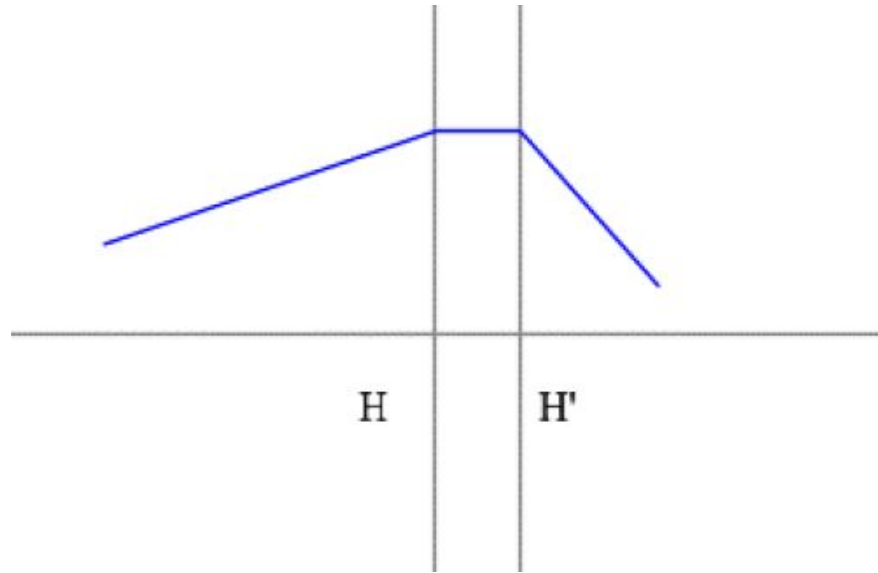
Определить положение фокальных плоскостей для линзы, находящейся в однородной среде.



### Задача 9.

Определить положение фокальных плоскостей для линзы, находящейся в однородной среде.

Решение.



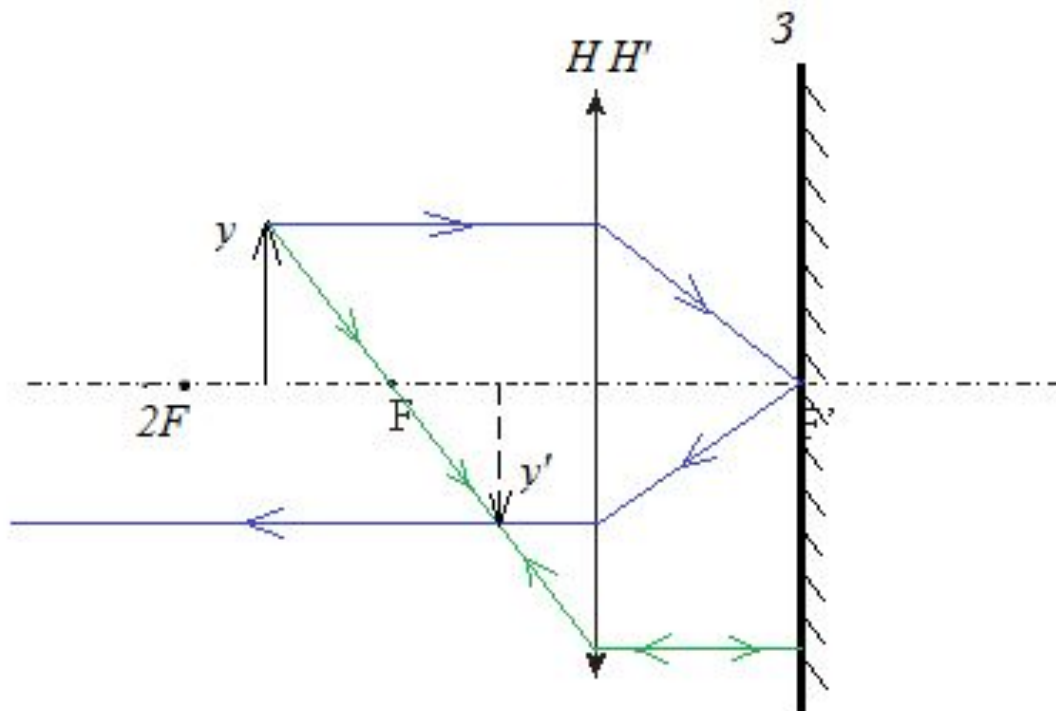
### **Задача 10.**

В задней фокальной плоскости положительной линзы расположено плоское зеркало. Предмет находится перед линзой, между передним фокусом и двойным фокусом. Построить изображение предмета.



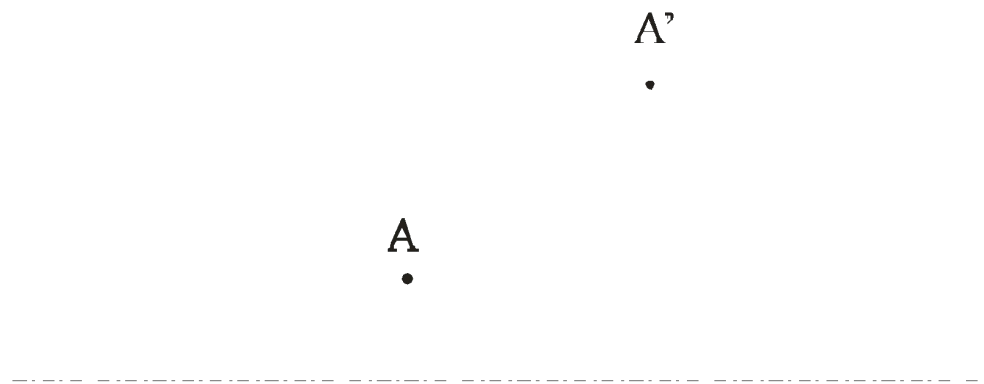
### Задача 10.

В задней фокальной плоскости положительной линзы расположено плоское зеркало. Предмет находится перед линзой, между фокусом и двойным фокусом. Построить изображение предмета.



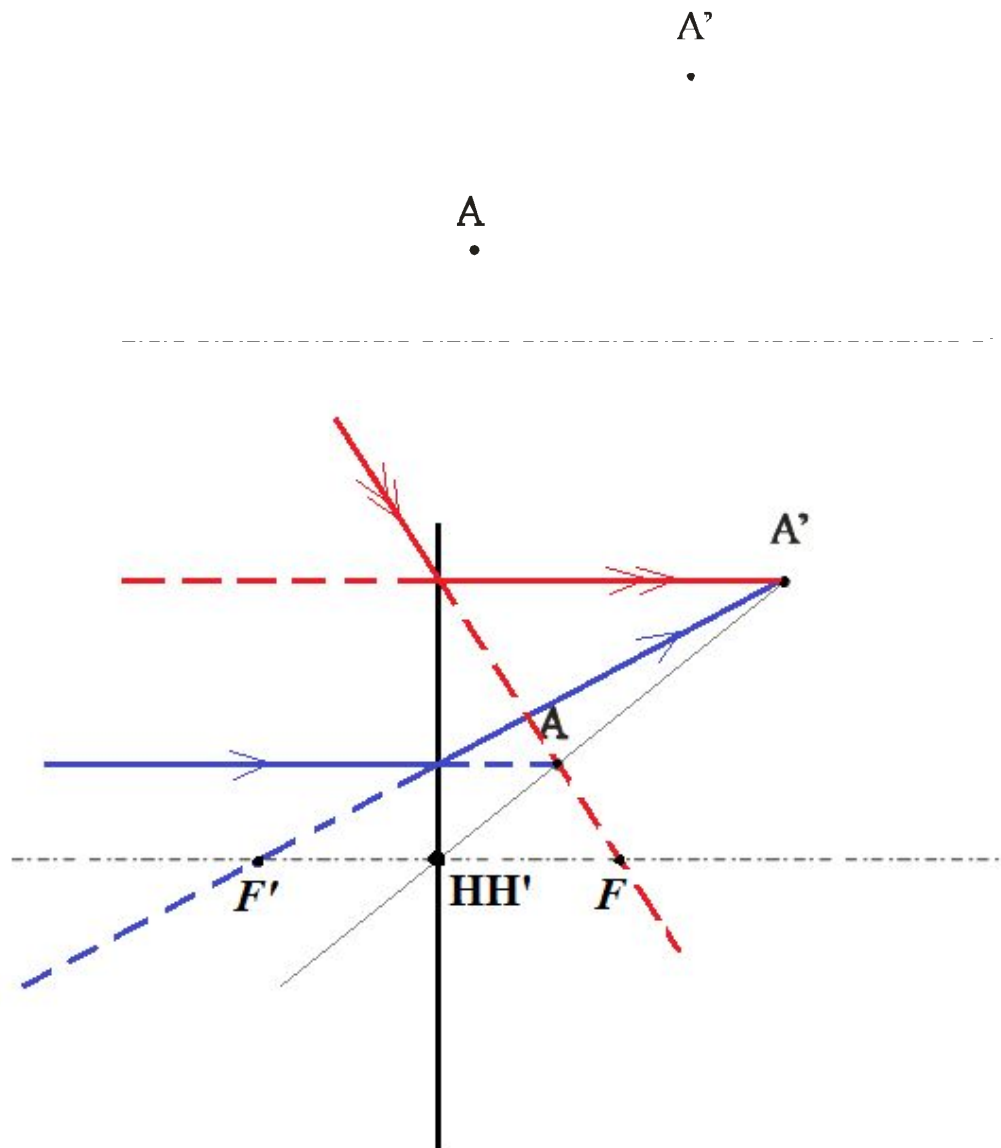
### Задача 11.

На рисунке показано положение оптической оси и точки предмета и изображения для некоторой линзы в воздухе. Графически найти положение линзы и ее фокуса.



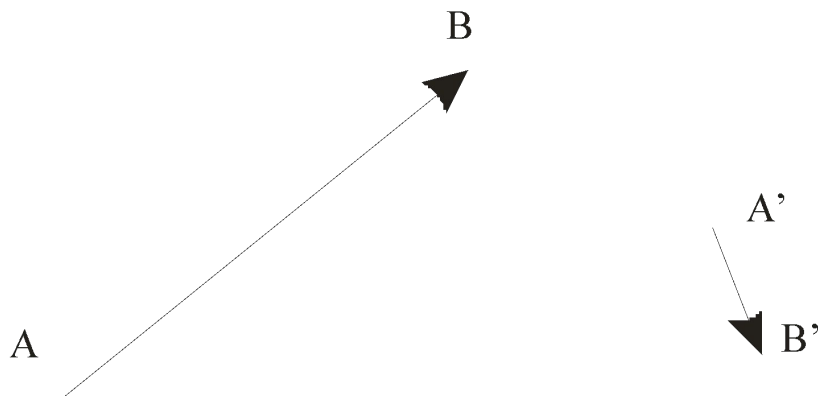
### Задача 11.

На рисунке показано положение оптической оси и точки предмета и изображения для некоторой линзы в воздухе. Графически найти положение линзы и ее фокуса.



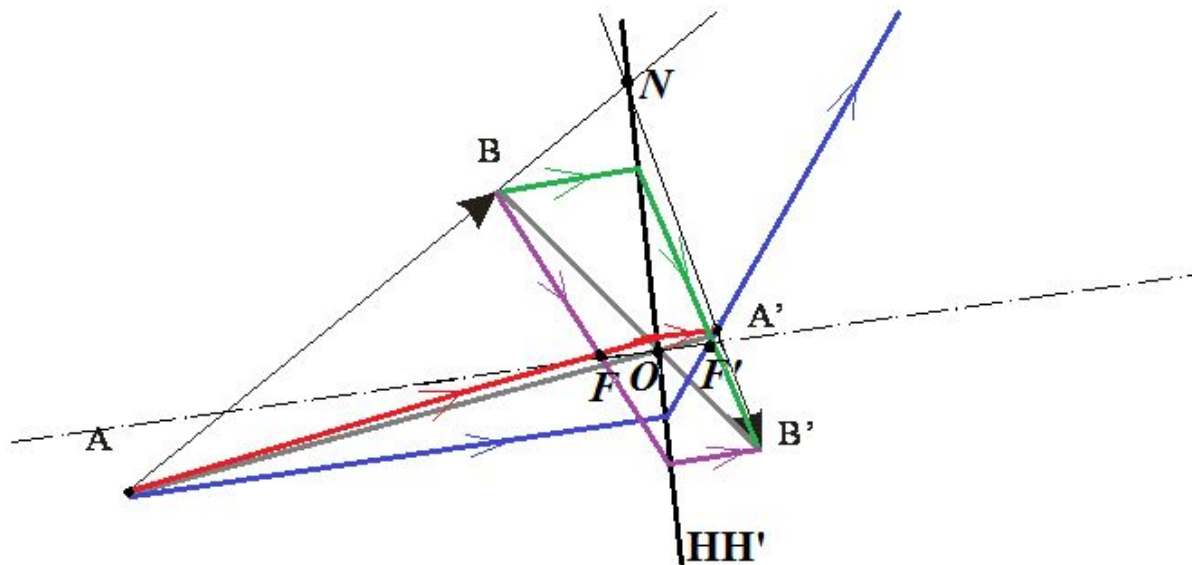
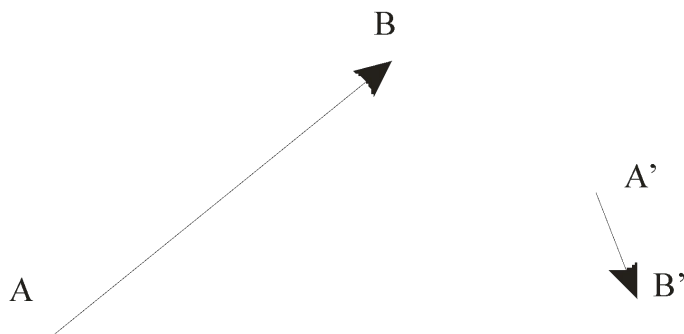
### Задача 12.

На рисунке показано положение предмета  $AB$  и изображения  $A'B'$ , построенного тонкой линзой, расположенной в воздухе. Графически определить положение совмещенных главных плоскостей и фокусное расстояние линзы.



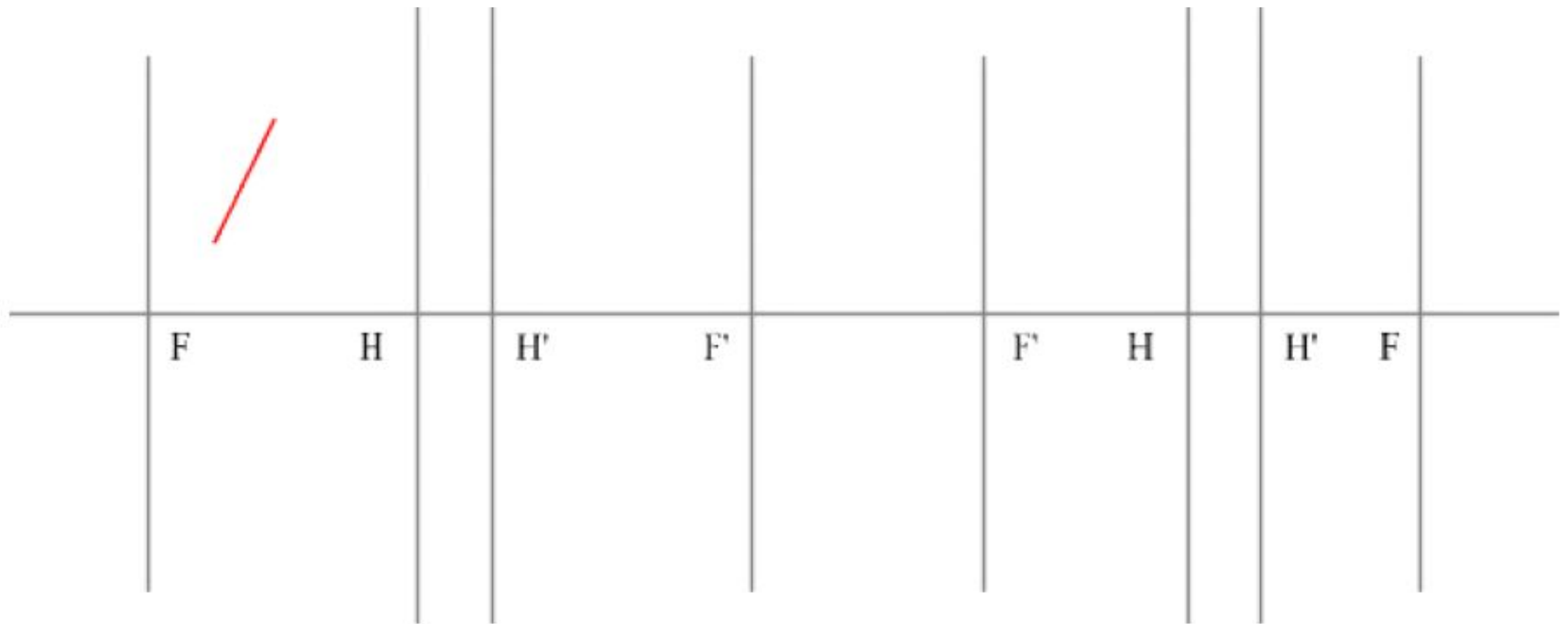
### Задача 12.

На рисунке показано положение предмета  $AB$  и изображения  $A'B'$ , построенного тонкой линзой, расположенной в воздухе. Графически определить положение совмещенных главных плоскостей и фокусное расстояние линзы.



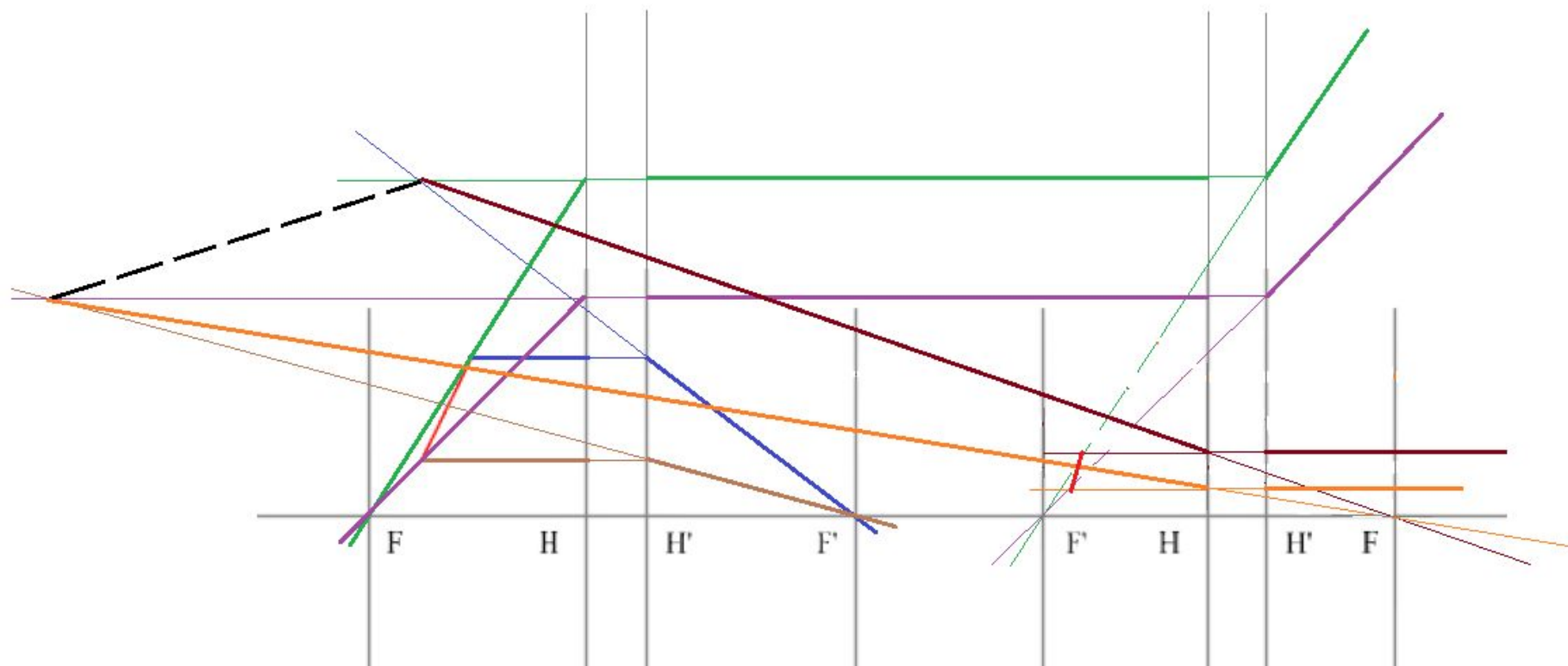
### Задача 13.

Построить изображение заданной объекта в представленной оптической системе.



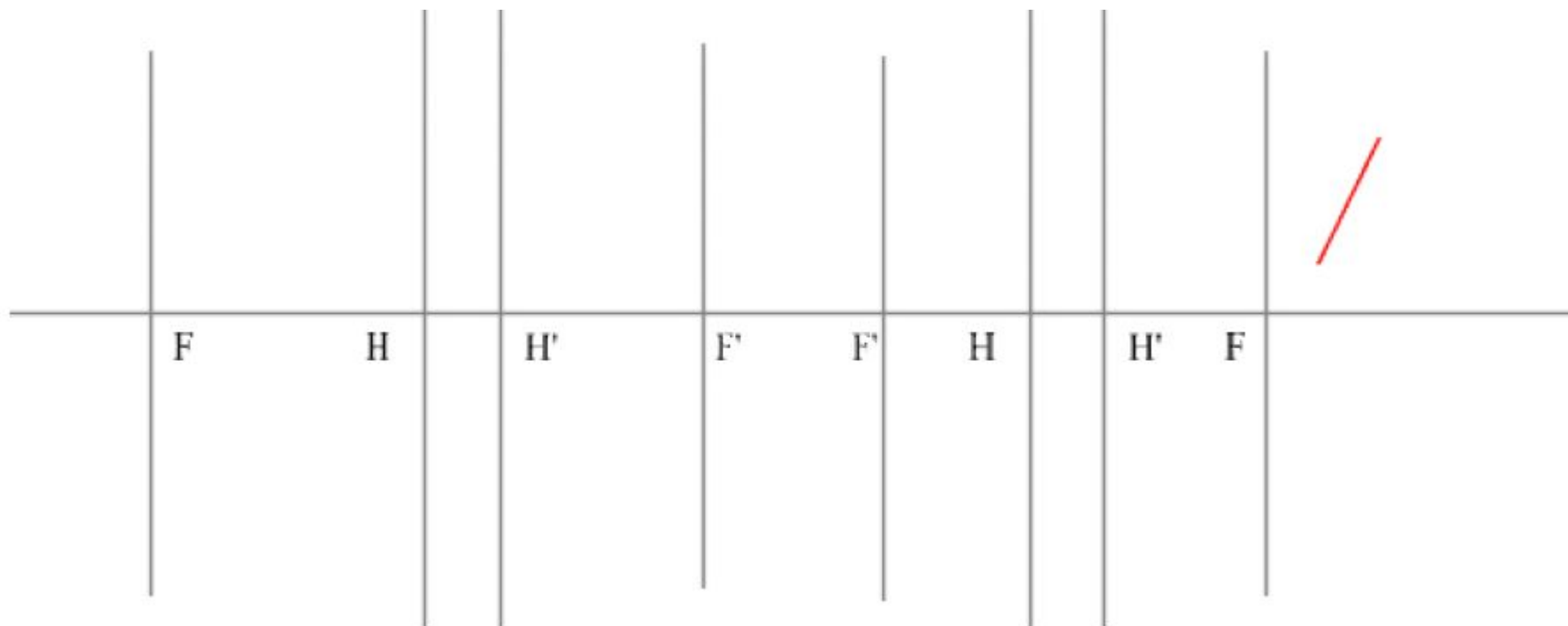
### Задача 13.

Построить изображение заданной объекта в представленной оптической системе.



### Задача 14.

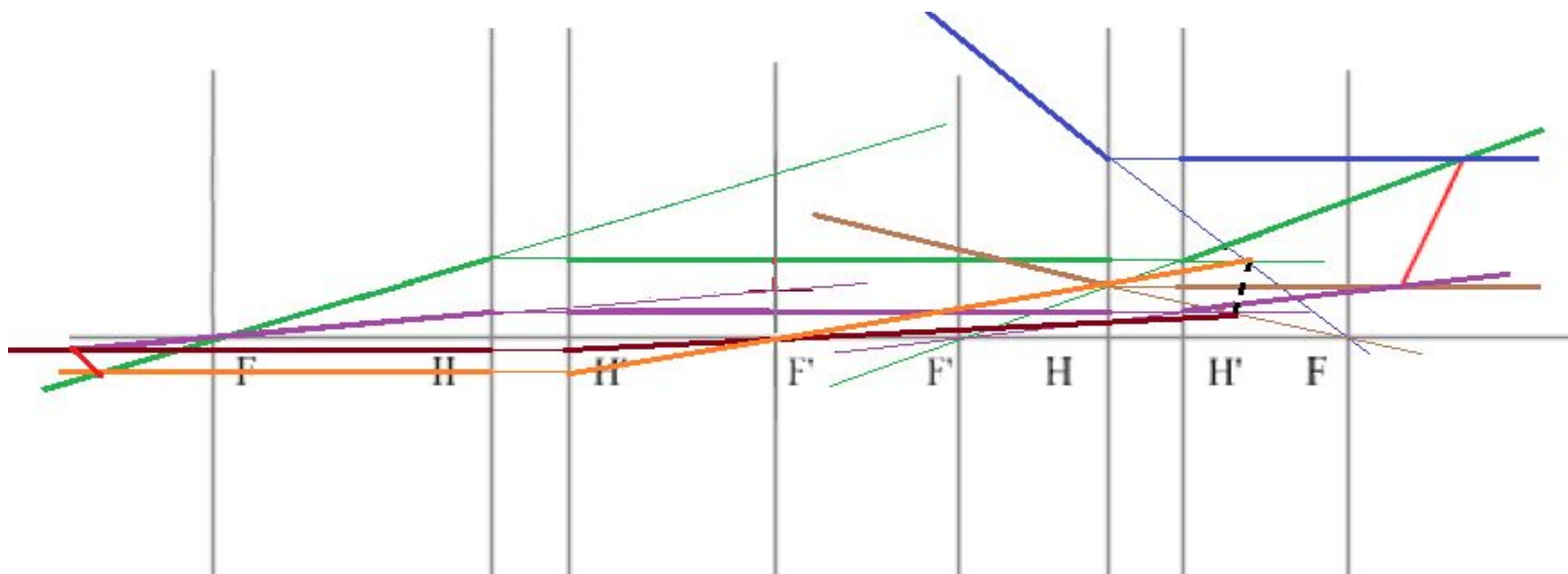
Дано изображение в оптической системе, найти его предмет.





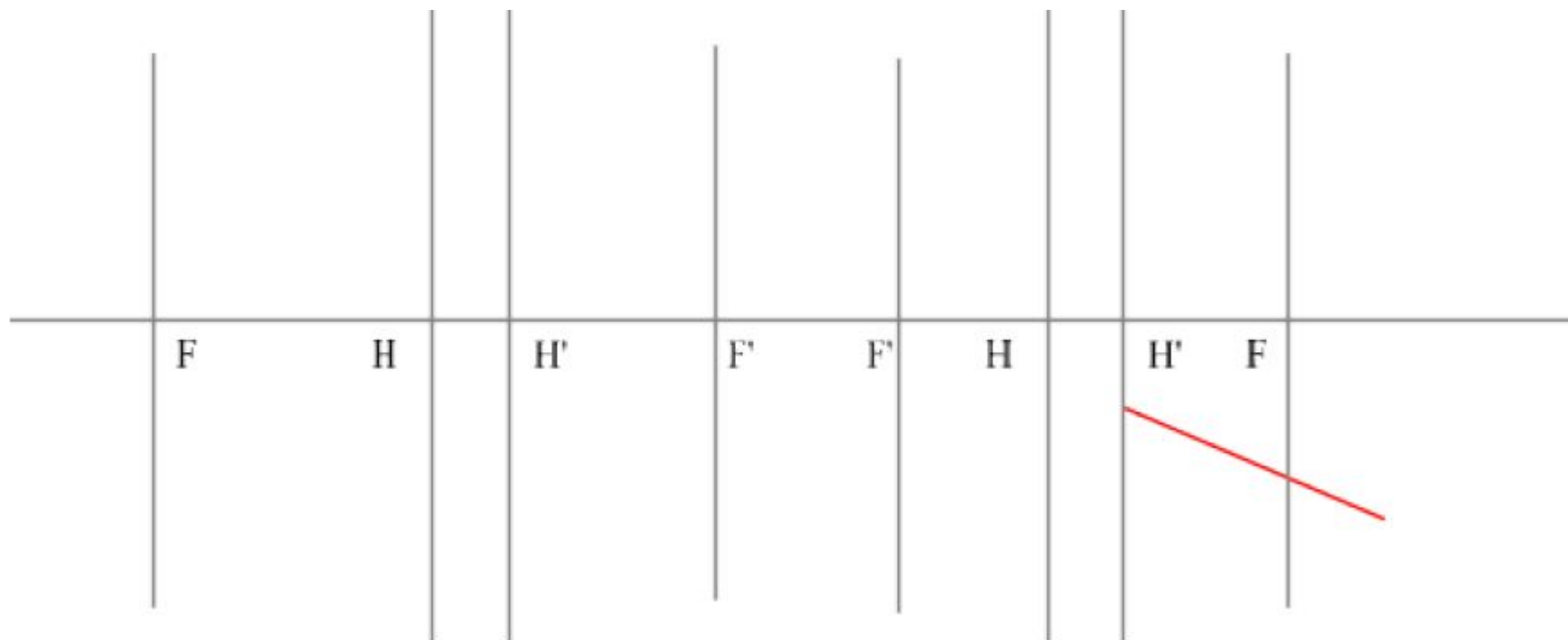
### Задача 14.

Дано изображение в оптической системе, найти его предмет.



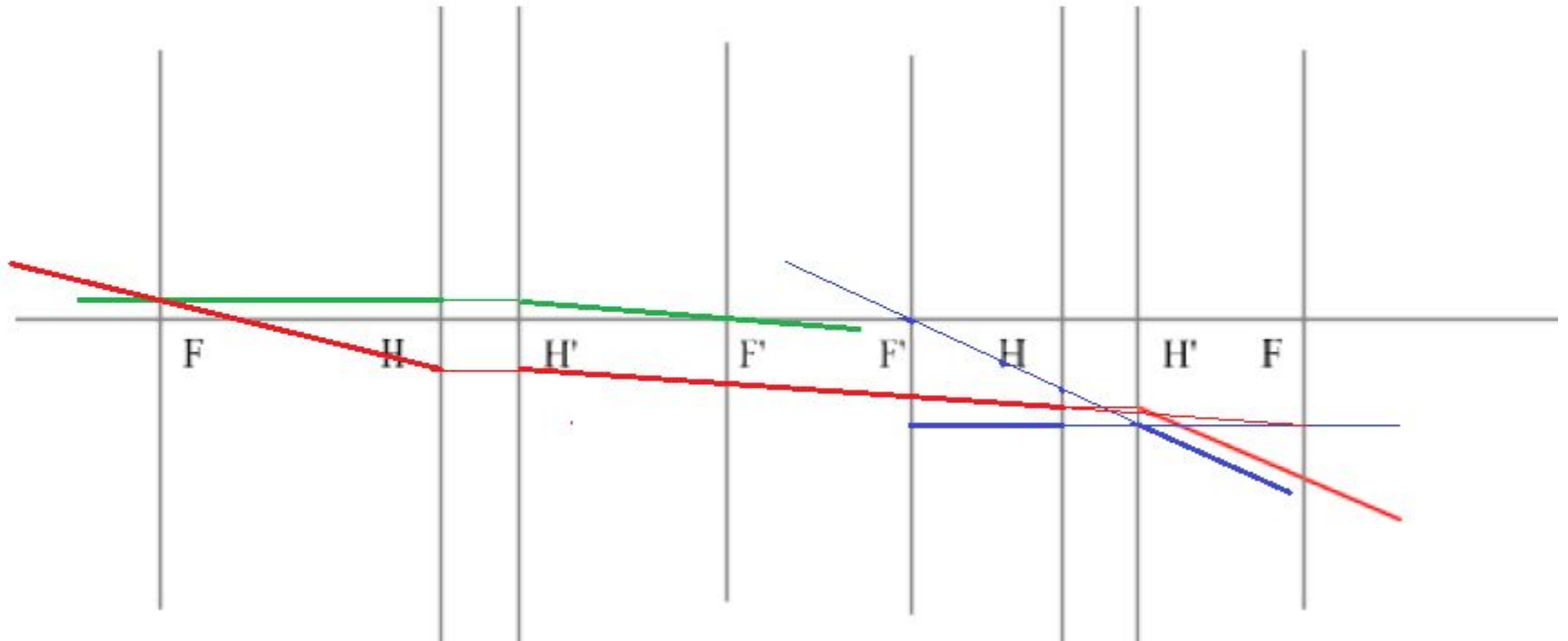
### Задача 15.

Достроить луч в пространстве предметов.



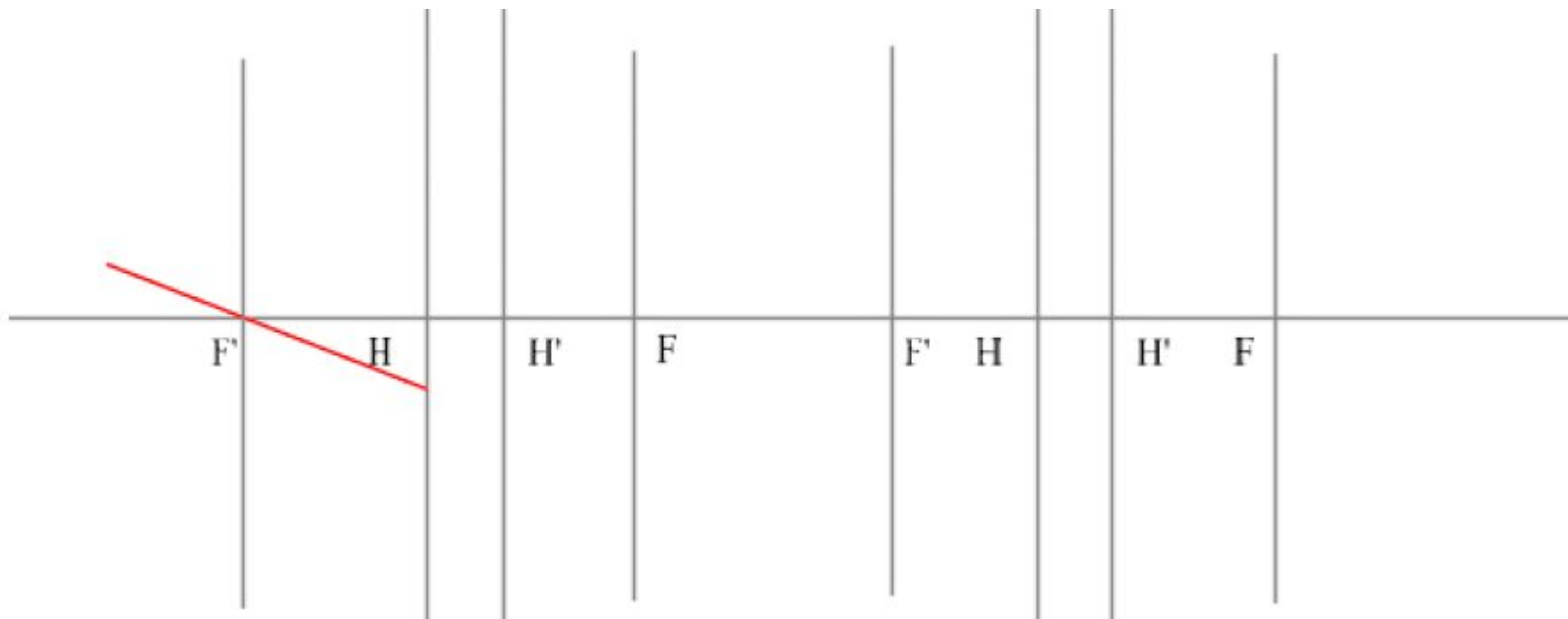
### Задача 15.

Достроить луч в пространстве предметов.



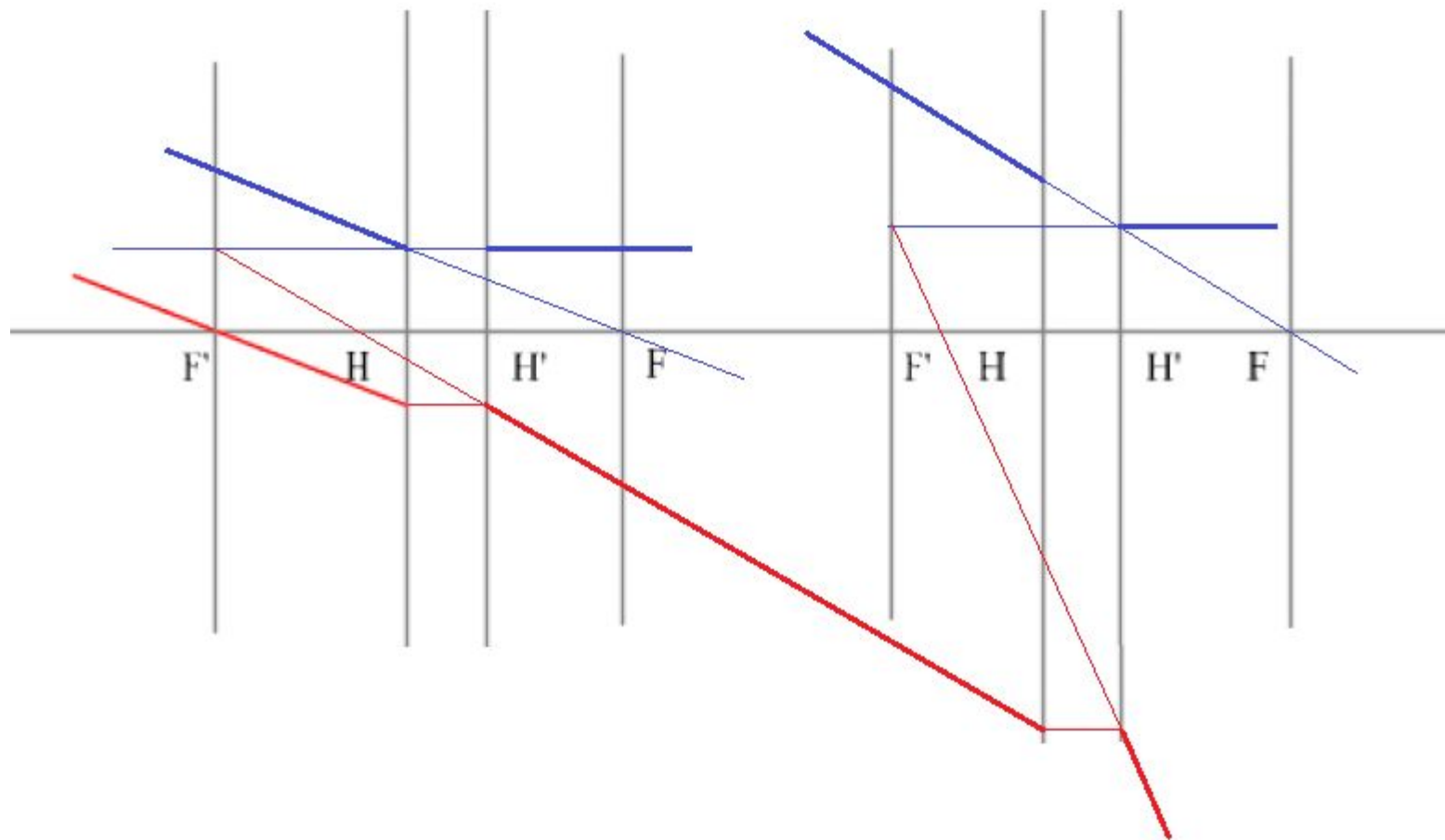
### Задача 16.

Построить ход луча.



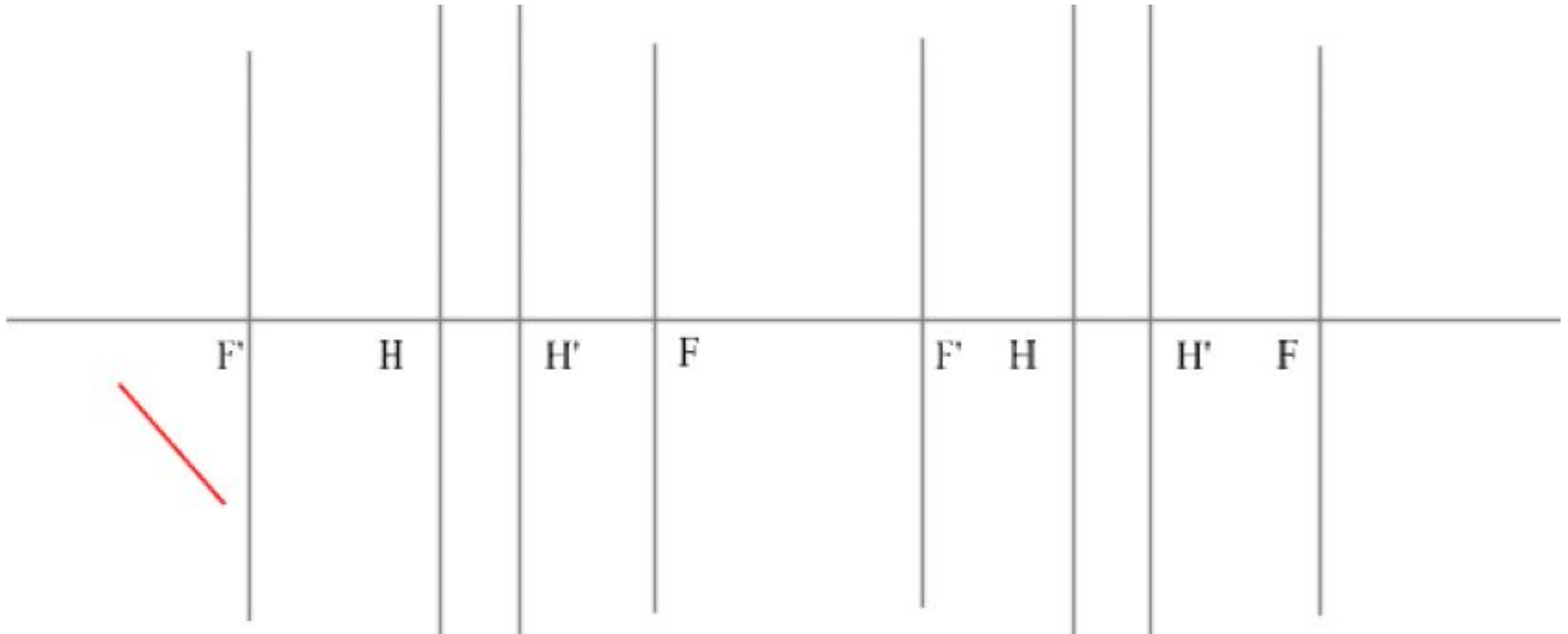
### Задача 16.

Построить ход луча.



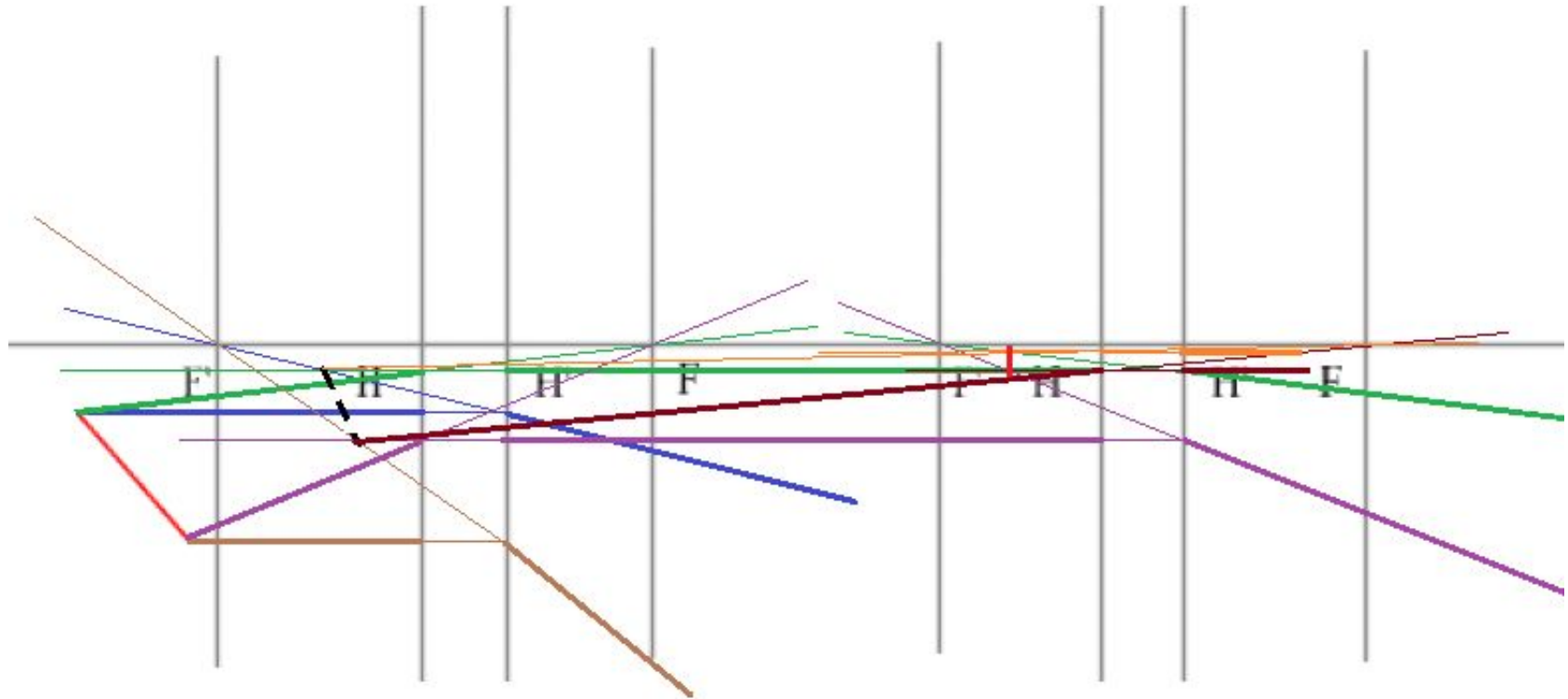
**Задача 17.**

Построить изображение предмета в оптической системе.



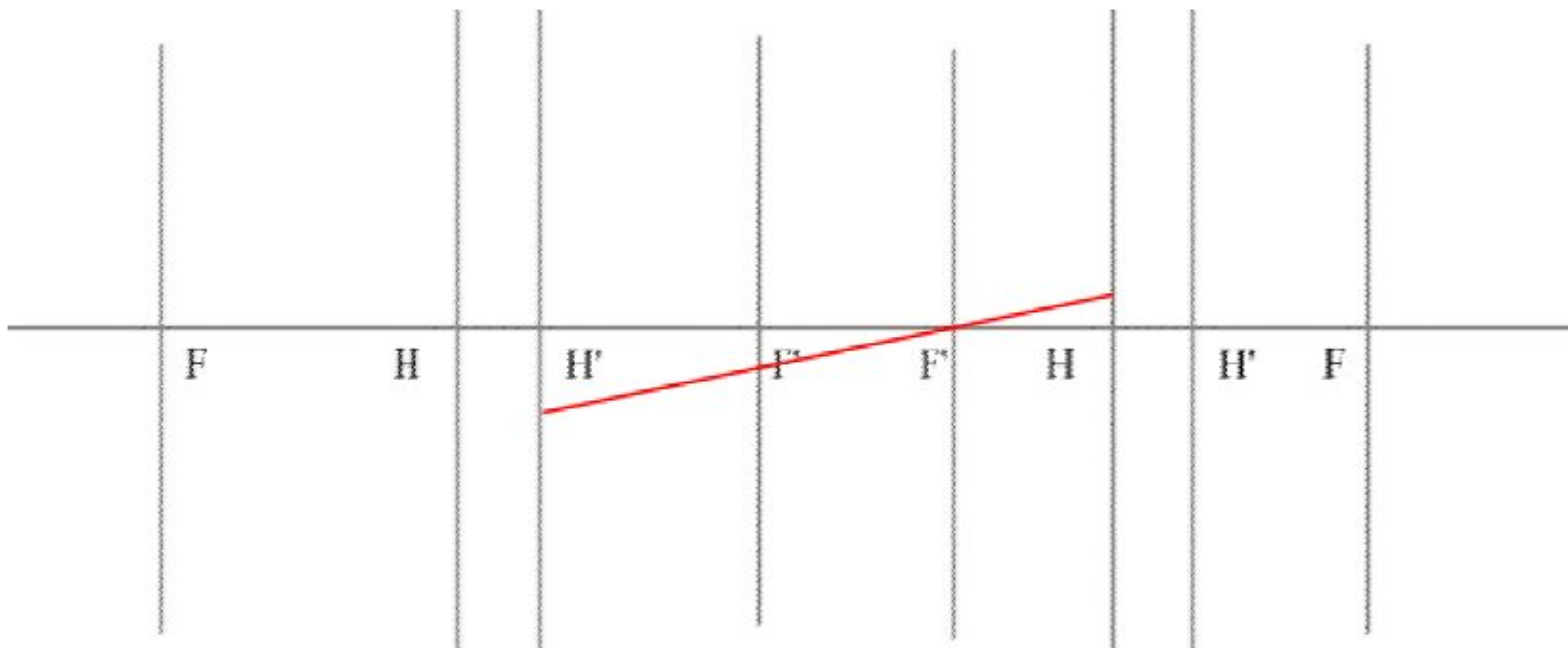
### Задача 17.

Построить изображение предмета в оптической системе.



### Задача 18.

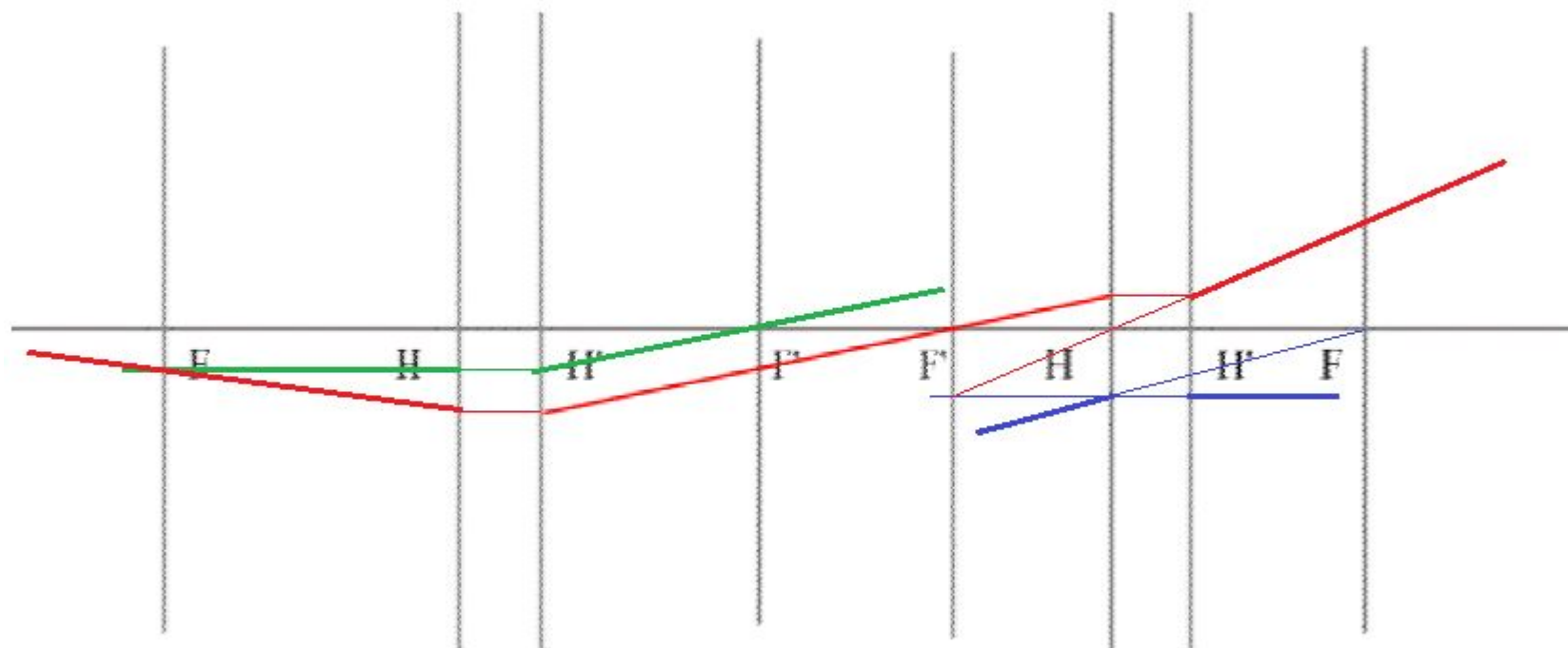
Достроить ход луча в пространстве предметов и изображения.





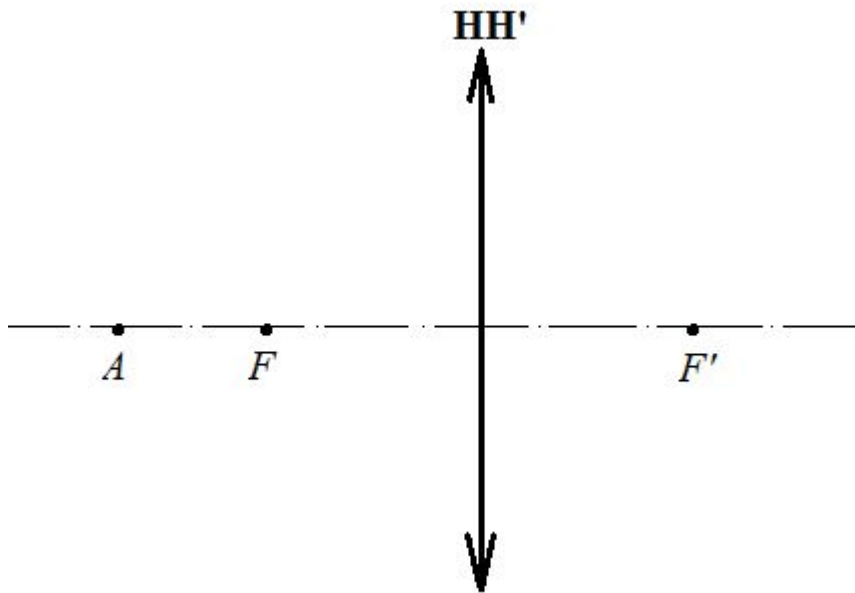
### Задача 18.

Достроить ход луча в пространстве предметов и изображения.



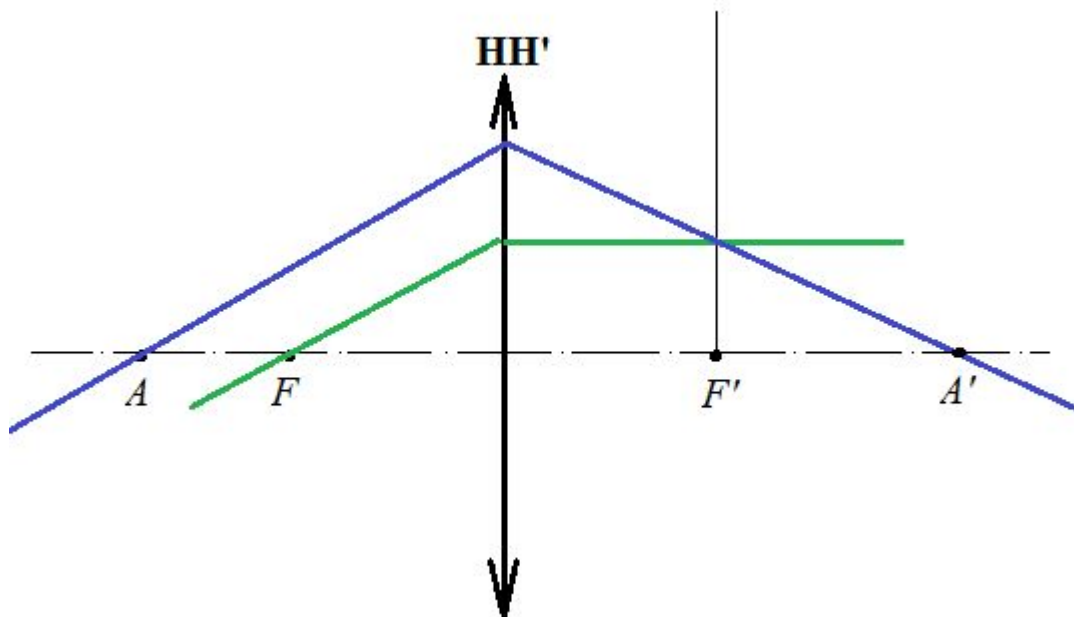
### Задача 19.

Графическим построением найти положение сопряженной точки, если точка  $A$  предмета расположена на оптической оси положительной системы  $HH'$  слева от переднего фокуса системы  $F$ .



### Задача 19.

Графическим построением найти положение сопряженной точки, если точка  $A$  предмета расположена на оптической оси положительной системы  $HH'$  слева от переднего фокуса системы  $F$ .



# Контрольная работа

## Решения.

### Задача №5.

Определить предельный угол полного внутреннего отражения на границе раздела «стекло - воздух» и «стекло - стекло». Показатели преломления на границе раздела «стекло - воздух»: 1,6601 – 1,0; «стекло – стекло»: 1,8138 – 1,4846.

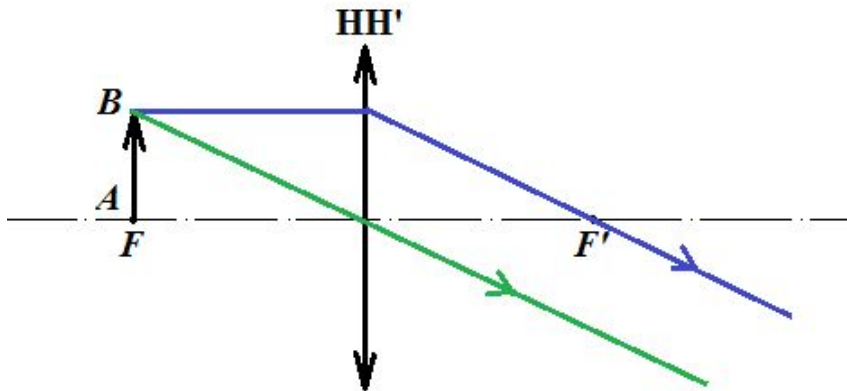
$$n \cdot \sin \varepsilon_{np} = n'$$

$$\sin \varepsilon_{np} = \frac{n'}{n} = \frac{1}{1.6601} = 0.6024 \longrightarrow \varepsilon_{np} = 37^\circ$$

$$\sin \varepsilon_{np} = \frac{n'}{n} = \frac{1.4846}{1.8138} = 0.8185 \longrightarrow \varepsilon_{np} = 55^\circ$$

### Задача №6.

Графическим построением найти положение и величину изображения предмета АВ.



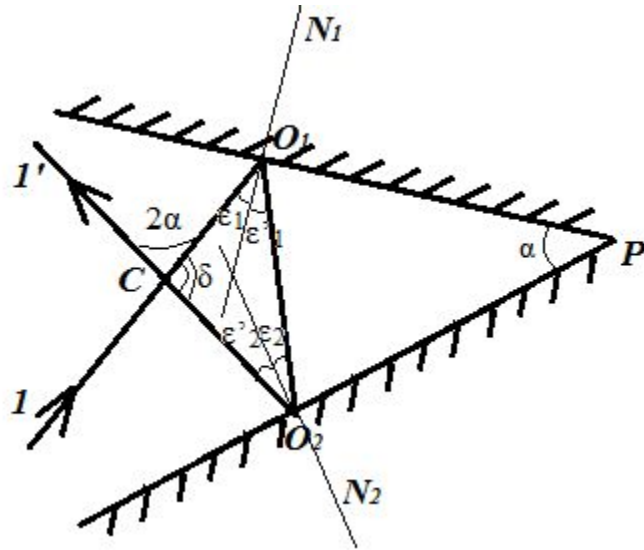
Изображение точки В находится в  $\infty$   
 $\Rightarrow$  точка А тоже и сам предмет АВ  
находятся в  $\infty$ .

# Контрольная работа

## Решения.

### Задача №7.

Два плоских зеркала расположены так, что образуют двухгранный угол  $\alpha$  (см. рис.). На одно из зеркал падает луч, лежащий в плоскости, перпендикулярной к ребру угла. Определить положение выходящего луча. Чему равен угол между лучом от первоначального направления и лучом после отражения от обоих зеркал?



Рассмотрим треугольник  $\Delta CO_1O_2$ :

$$\delta = 180^\circ - 2\varepsilon_1 - 2\varepsilon_2$$

Рассмотрим треугольник  $\Delta O_1PO_2$ :

$$180^\circ = \alpha + (90^\circ - \varepsilon_1) + (90^\circ - \varepsilon_2)$$

$$\downarrow$$
$$\alpha = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$$

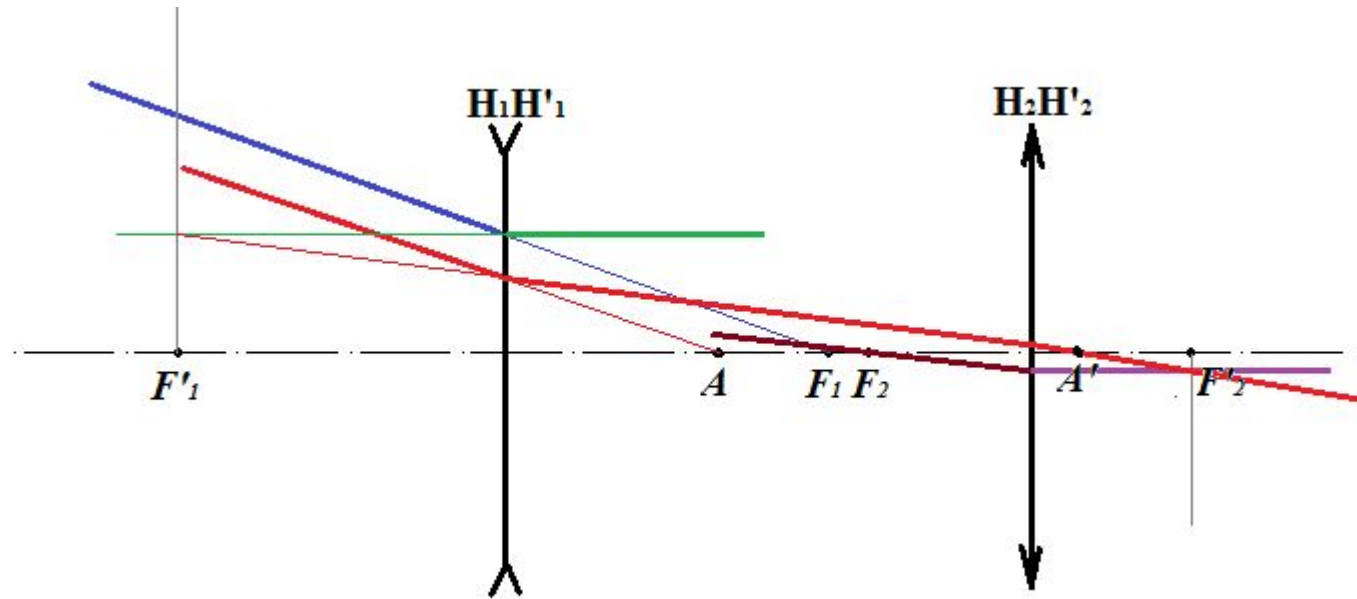
Отсюда следует, что  $\delta = 180^\circ - 2\alpha$ .

# Контрольная работа

## Решения.

### Задача №9.

Графически найти изображение точки на оси (точка A) в системе из двух тонких линз в воздухе.



### Задача №10.

Луч падает на поверхность воды под углом  $40^\circ$ . Под каким углом должен упасть луч на поверхность стекла, чтобы угол преломления оказался таким же?

Дано:  $\varepsilon_1 = 40^\circ$   
 $n_{\text{воды}} = 1,33$   
 $n_{\text{ст.}} = 1,5$

Найти:  $\varepsilon_2 - ?$

$$\sin \varepsilon'_1 = \frac{n}{n'} \sin \varepsilon_1 = \frac{1}{1.33} \sin 40^\circ = 0.4833 \quad \longrightarrow \quad \varepsilon'_1 = 28.9^\circ$$

$$\varepsilon'_1 = \varepsilon'_2$$

$$\sin \varepsilon_2 = \frac{n'}{n} \sin \varepsilon'_2 = \frac{1.5}{1} \sin 28.9^\circ = 0.7250 \quad \longrightarrow \quad \varepsilon_2 = 46.5^\circ$$

# Контрольная работа

Решения.

Задача №11.

Построить ход падающего луча через линзы.

