

## Семинар 1. Геометрическая оптика.

### Законы геометрической оптики –

(4 шт.) – см описание задачи №411.

### Принцип Ферма –

Свет между двумя произвольными точками идет так, чтобы время прохождения было минимальным. Подробнее см. Сивухин, §7.

### Отражение от плоского зеркала.

Задача 1. Заданы все параметры системы плоское зеркало+точечный источник+человек (рисунок).

1) Человек перемещается перпендикулярно поверхности зеркала. Когда он увидит источник в зеркале? А как надо двигаться, чтобы увидеть источник максимально раньше?

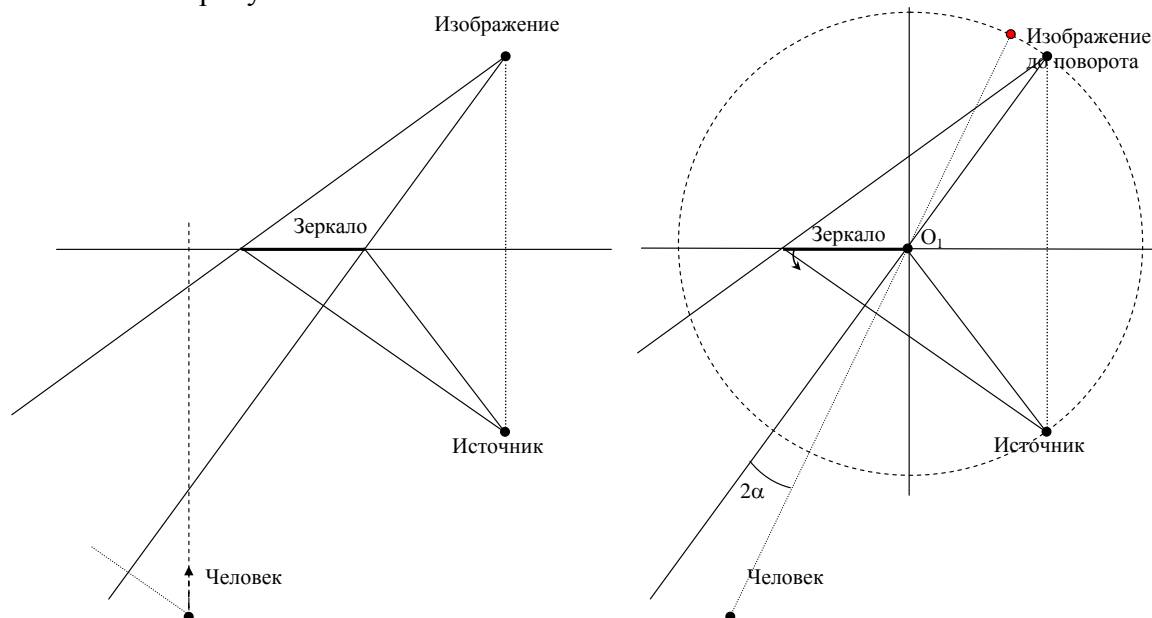
Решение – из рисунка.

2) Теперь перемещается источник, человек неподвижен. Вопросы аналогичны.

Решить самостоятельно.

3) Теперь человек и источник неподвижны. На какой угол  $\alpha$  надо повернуть зеркало относительно точки  $O_1$ , чтобы человек увидел источник?

Решение – из рисунка.



Задача 2. Человек едет в метро и в стекле двери видит отражение своего лица растянутым или сжатым. Объяснить, почему?

Задача 3. Под потолком висит лампа, на полу лежат два круглых зеркала. Световые зайчики образуются на потолке и на стене. Что можно сказать о форме зайчиков?

Задача 4. В прямоугольном зеркальном ящике находится объект - буква F (см. центральную часть рисунка: черная буква в сплошном прямоугольнике). Построить изображения.

Решение понятно из рисунка.

**Красным** выделены изображения, полученные при однократном отражении от каждого из четырех зеркал прямоугольника.

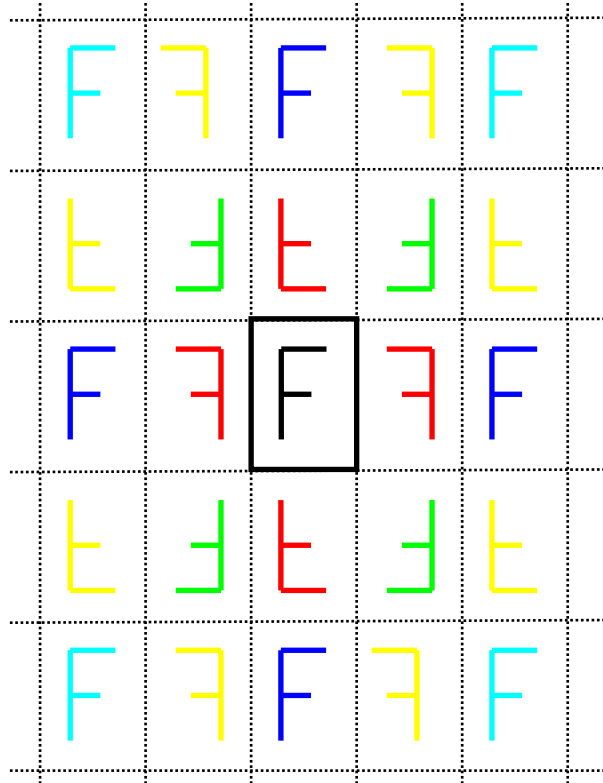
**Зеленым** выделены изображения, полученные при двукратном отражении от одного горизонтального и одного вертикального зеркал прямоугольника.

**Синим** выделены изображения, полученные при двукратном отражении от двух горизонтальных или двух вертикальных зеркал прямоугольника.

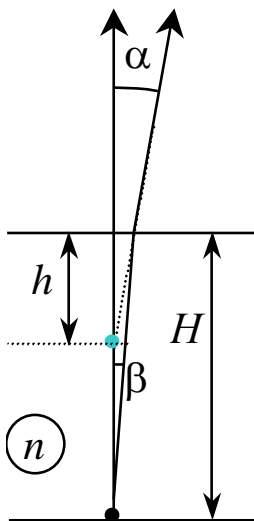
**Желтым** выделены изображения, полученные при трехкратном отражении (от двух горизонтальных и одного вертикального или двух вертикальных и одного горизонтального зеркал прямоугольника).

**Голубым** выделены изображения, полученные при четырехкратном отражении, причем от каждого из четырех зеркал прямоугольника.

Все изображения являются мнимыми, поэтому их можно наблюдать только глазом, а не на экране. Если в зеркальный ящик вместо буквы поставить человека, то он будет наблюдать многократные собственные отражения.



### Преломление на границе раздела сред.



1. Камень лежит на дне водоема глубиной  $H$ . Наблюдатель смотрит вертикально вниз. На каком расстоянии от поверхности воды он видит камень? Показатель преломления воды  $n$ .

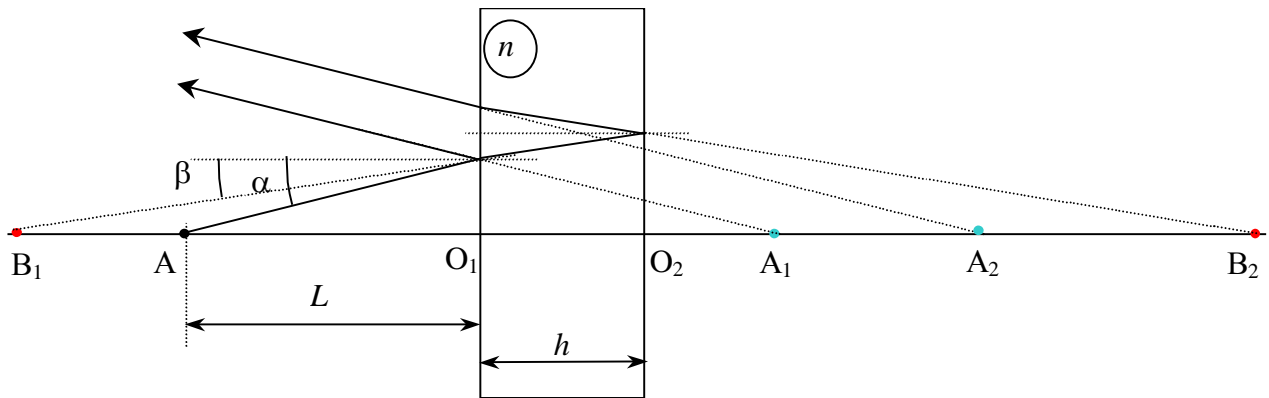
*Решение.*

Закон преломления:  $1 \cdot \sin \alpha = n \cdot \sin \beta$ .

Т.к.  $\alpha \ll 1$ ,  $\beta \ll 1$ , то  $\alpha \approx n \cdot \beta$ .

Из  $H \cdot \operatorname{tg} \beta = h \cdot \operatorname{tg} \alpha$  следует, что  $h = H \cdot \frac{\beta}{\alpha} = \frac{H}{n}$ .

2. Точечный источник света  $A$  находится на расстоянии  $L$  от плоскопараллельной пластины (толщина  $h$ , показатель преломления  $n$ ). Найти положения изображений, полученных при отражении от двух поверхностей пластины.



*Решение.*

Изображение  $A_1$ , получаемое при отражении от передней границы пластины, находится от нее на таком же расстоянии  $L$ , что и источник  $A$ , т.е.

$$AO_1 = O_1A_1 = L.$$

Для определения положения второго изображения находим последовательно изображения, получаемые при преломлении на передней границе (т.  $B_1$ ), при отражении от задней границы (т.  $B_2$ ) и при повторном преломлении на передней границе (т.  $A_2$ ).

1) Как и в задаче 1,  $\alpha \approx n \cdot \beta$ .

Тогда  $B_1O_1 = n \cdot AO_1 = nL$ .

Луч, распространяющийся в пластине после преломления на первой границе, кажется выходящим из точки  $B_1$ .

2) Т.к. расстояние  $B_1O_2 = B_1O_1 + O_1O_2 = nL + h$ , то и  $O_2B_2 = B_1O_2 = nL + h$ .

Луч, распространяющийся в пластине после отражения от второй границы, кажется выходящим из точки  $B_2$ .

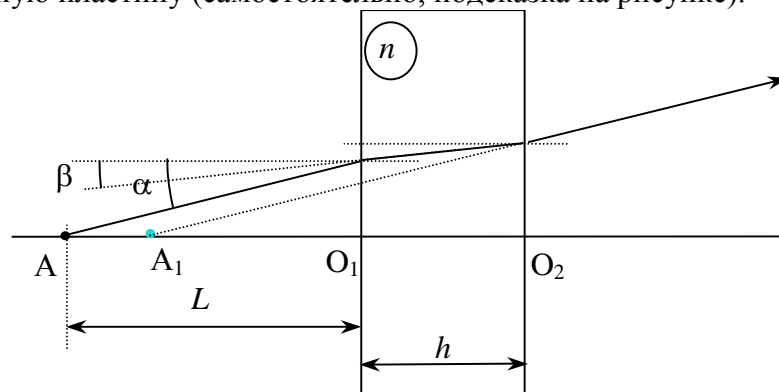
3) По аналогии с задачей 1 и п.1) задачи 2 для расстояния  $O_1A_2$  получим:

$$O_1A_2 = \frac{O_1B_2}{n} = \frac{nL + h + h}{n} = L + \frac{2h}{n}.$$

Таким образом, расстояние между двумя изображениями  $A_1$  и  $A_2$  равно  $A_1A_2 = \frac{2h}{n}$ .

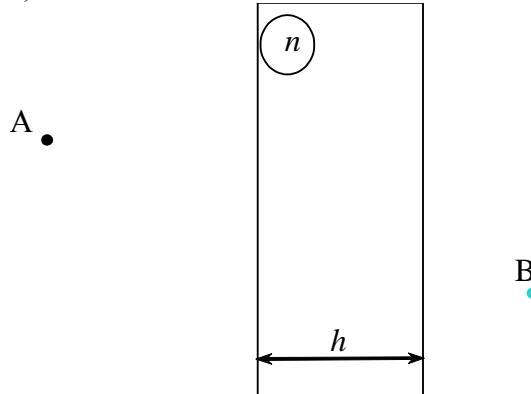
Этот результат будет в дальнейшем использован при расчете интерференционной картины, получаемой с помощью плоскопараллельной пластины.

3. Для схемы задачи 2 найти смещение изображения при прохождении света через плоскопараллельную пластину (самостоятельно, подсказка на рисунке).



Ответ.  $AA_1 = h \cdot \frac{n-1}{n}$ .

4. В схеме задачи 2 заданы две точки A и B, произвольно расположенные по разные стороны от пластины. Используя результаты предыдущих задач, построить луч, проходящий через обе точки (самостоятельно).



Указание. Построить изображения и сообразить, как их соединить.

5. Луч света падает на оптический клин (угол клина  $\alpha \ll 1$ , показатель преломления  $n$ ) под малым углом  $\beta \ll 1$ . Найти угол между падающим лучом и лучом, прошедшим через клин.

Решение.

Записываем соотношения между углами:  
преломление на передней грани:

$$\beta = n\gamma;$$

угол падения на заднюю грань:

$$\delta = \gamma + \alpha;$$

преломление на задней грани:

$$\varepsilon = n\delta;$$

угол между горизонталью и вышедшим лучом:

$$\theta = \varepsilon - \alpha;$$

искомый угол:

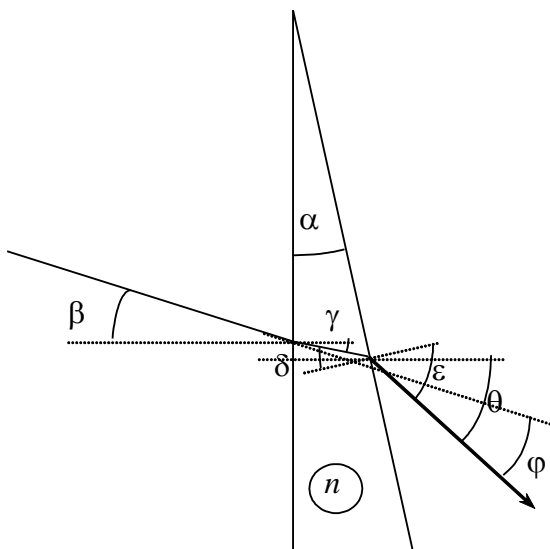
$$\varphi = \theta - \beta.$$

После подстановок получим:

$$\varphi = (n-1)\alpha,$$

т.е. не зависит от угла падения  $\beta$ .

Этот результат будет также использован в дальнейшем при расчете интерференции, получаемой с помощью бипризмы.



### Изображения в линзах.

Способы построения изображений в тонких линзах см. в описании задачи №411 практикума. Приведем два поясняющих рисунка из описания.

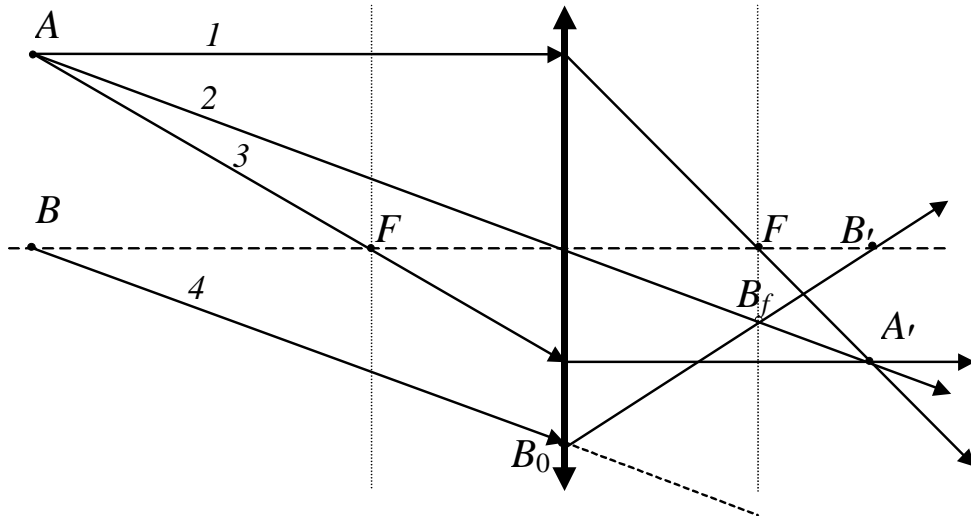


Рис. 2. Построение изображения в случае собирающей линзы

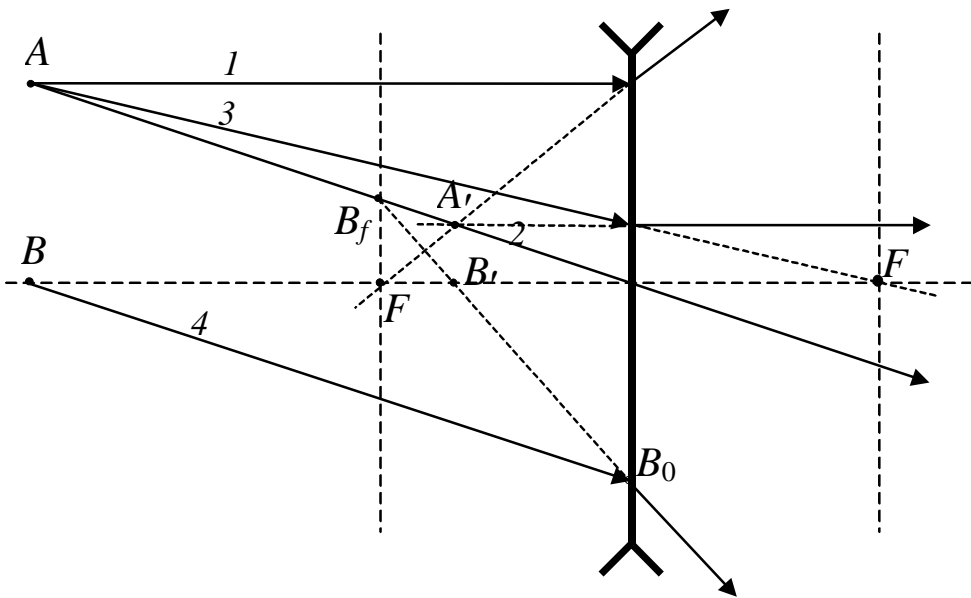


Рис.3. Построение изображения в случае рассеивающей линзы

*Искривление световых лучей в неоднородных средах –  
Самостоятельно и по желанию (см. Сивухин, §4)*

*Домашнее задание (Иродов, 1988 год) 5.16, 19, 20, 27, 36-38.*