ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

Выполнила: ученица 11 кл. «А»
МОУ Гимназии № 1 Амирбегян Венера
Руководитель: Илющихина Марина Ивановна

1.Основные положения геометрической оптики

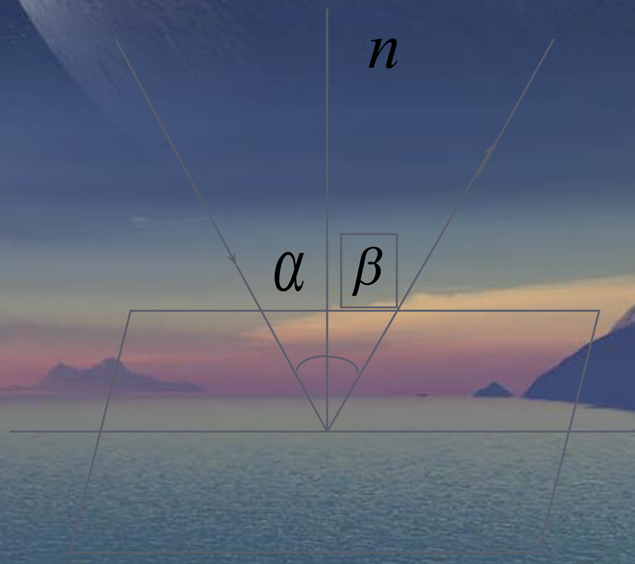
Геометрическая оптика – это раздел оптики, изучающий законы распространения света в прозрачных средах и его отражения от зеркальных или полупрозрачных поверхностей.

Одним из основных положений геометрической оптики является положение о прямолинейном распространении света в однородной среде.

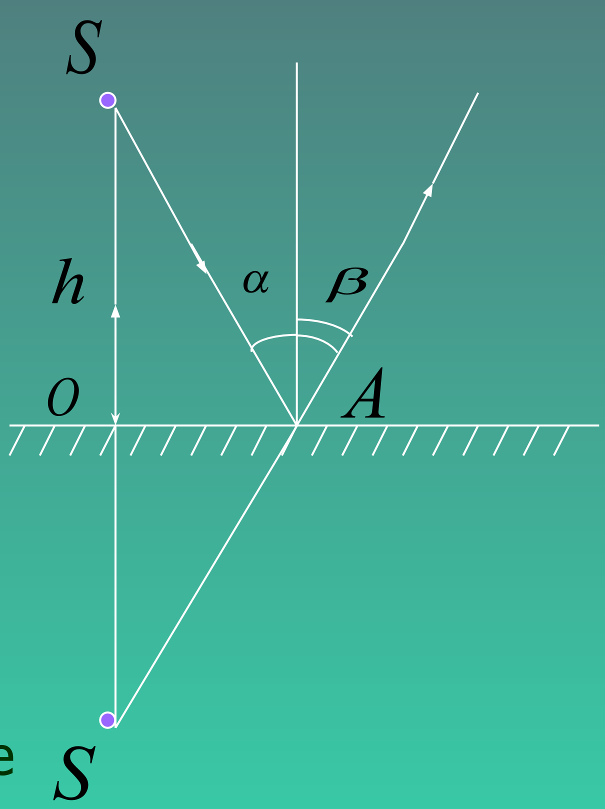
Закон прямолинейного распространения света и законы преломления и отражения позволяют объяснить и описать многие физические явления, а также провести расчеты и конструирование оптических приборов

Законы отражения света.

- 1.Падающий и отраженный лучи и нормаль к отражающей поверхности, восстановленная в точке падения, лежат в одной плоскости.
- 2.Угол падения α равен углу отражения β, где α – угол между падающим лучом и нормалью. Если падающие параллельные лучи после отражения от плоской поверхности остаются параллельными, то такое отражение называется зеркальным, а отражающая поверхность является плоским зеркалом.



Построим изображение в плоском зеркале. Пусть точечный источник света S находится на расстоянии h от плоского зеркала. Выберем два луча от источника света S. Один из лучей падает перпендикулярно зеркалу. Тогда, отразившись, он распространяется по той же прямой SO.Второй луч падает под некоторым углом α. Отразившись под углом α = β, он не пересекается с первым отраженным лучом. Но продолжения этих лучей пересекутся в точке S′.Точка S′ будет мнимым изображением точечного источника. Треугольник S′AS – равнобедренный и OA – его высота, следовательно, SO = S′ и h = h′.Если наблюдатель видит отраженный зеркалом поток, то ему будет казаться, что источник находится в точке S′. Если же вместо наблюдателя поместить экран, то на экране никакого изображения мы не получим, этим объясняется «мнимое» изображение, т.е изображение, воспринимаемое нашим мозгом, как свет от источника, находящегося в точке S′.



Законы преломления света.

- 1.Падающий и преломленный лучи и нормаль к границе раздела сред в точке падения лежат в одной плоскости.
- 2.Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления для данных двух сред есть величина постоянная и равна относительному показателю преломления второй среды относительно первой:

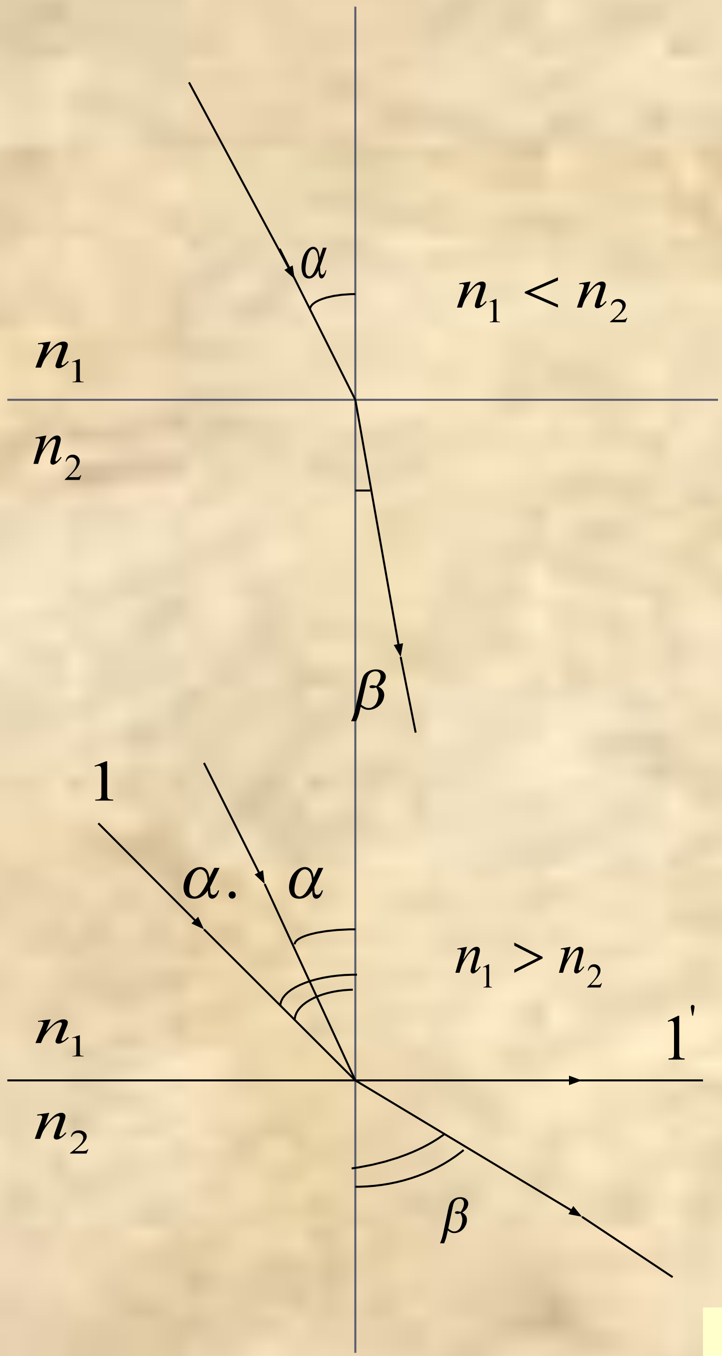
$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n_1$$

- где α – угол между падающим лучом и нормалью к границе двух сред в точке падения луча, β – угол между преломленным лучом и нормалью к границе раздела двух сред в точке падения луча. Относительный показатель преломления n равен отношению скорости света в первой среде к скорости света во второй среде:

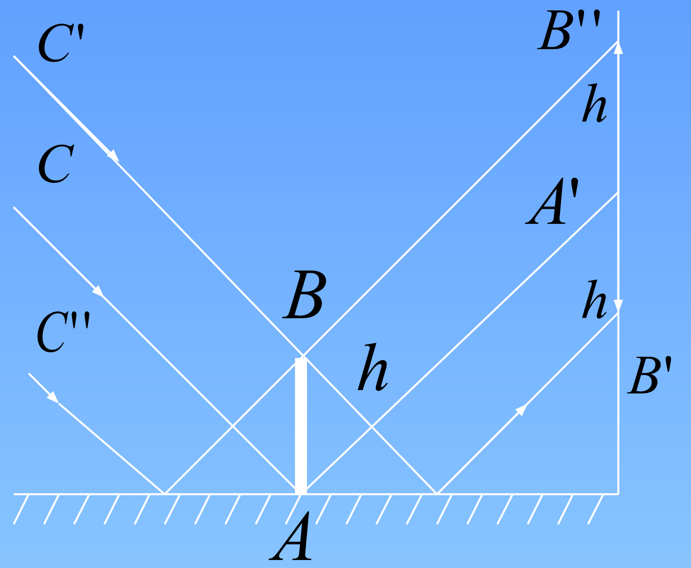
$$n = \frac{V_1}{V_2}$$

Показатель преломления среды относительно вакуума называется абсолютным показателем преломления среды n_2 Абсолютный показатель преломления показывает во сколько раз скорость света в вакууме больше скорости света в среде: $n_1 = \frac{c}{V_1}; n_2 = \frac{c}{V_2}$

- Чем оптически плотнее среда, тем меньше скорость света в ней, тем больше абсолютный показатель преломления. Если луч идет из среды менее оптически плотной в среду $\alpha > \beta$ более оптически плотную, то ,т.е. луч расположен ближе к нормали в более оптически плотной среде. Относительный показатель преломления среды можно выразить через абсолютный. Для этого подставим значения скоростей V_1 и V_2 получим
- $$n = \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_2}{n_1}.$$
- При распространении сетевого луча из более оптически плотной среды в менее оптически плотную среду $\alpha < \beta$ В этом случае может наблюдаться явление полного внутреннего отражения.



Примеры решения задач.



- З а д а ч а 1.На предмет АВ высотой h, стоящий на плоском зеркале, падает параллельный пучок лучей. Определите размер геометрической тени на экране.
- Дано:h;h′ - ?
- Р е ш е н и е.Как показано на рисунке, предмет АВ загораживает падающий поток между лучами СС′ и отраженный от зеркала поток между лучами СС″.размеры тени
- Н ‘=В′В″=2h

З а д а ч а 2.

Найдите число изображений N точечного источника света S, полученных в двух плоских зеркалах, образующих друг с другом угол $\gamma = 60^\circ$.Источник находится на биссектрисе угла.

Дано: $\gamma = 60^\circ$,N - ?

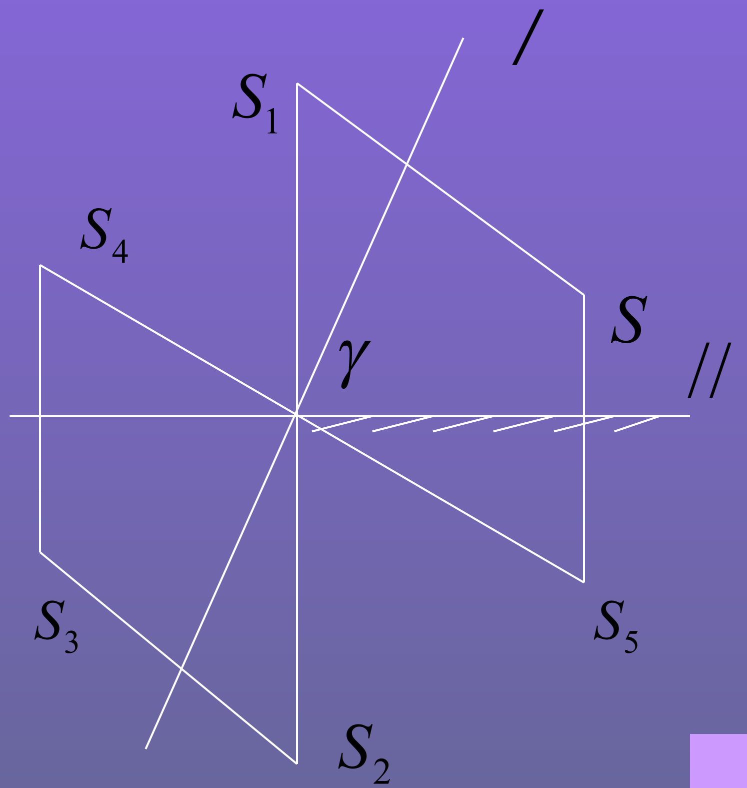
Р е ш е н и е.Рассмотрим луч, падающий на зеркало /. После отражения он падает на зеркало //, затем, отразившись от зеркала //, еще раз отражается от зеркала / и т.д. Мы можем считать изображение, полученное в зеркале /, S_1 , предметом для зеркала //, затем изображение S_1в зеркале //, S_2, предметом для зеркала /, в котором получаем изображение S_3 .Также получим изображение источника S в зеркале //, S_5 , являющегося предметом для зеркала /, которое дает изображение S_4.Изображение S_4 является предметом для зеркала //, но его изображение в этом зеркале совпадает с изображением S_3.Все последующие изображения будут совпадать. На рисунке показаны лучи, образующие эти мнимые источники. Итак, число изображений N = 5:

$$N = \frac{2\pi}{\gamma} - 1.$$

Так, число изображений точечного источника, полученных в двух взаимно перпендикулярных плоских зеркалах

$$\left(\gamma = \frac{\pi}{2}\right),$$

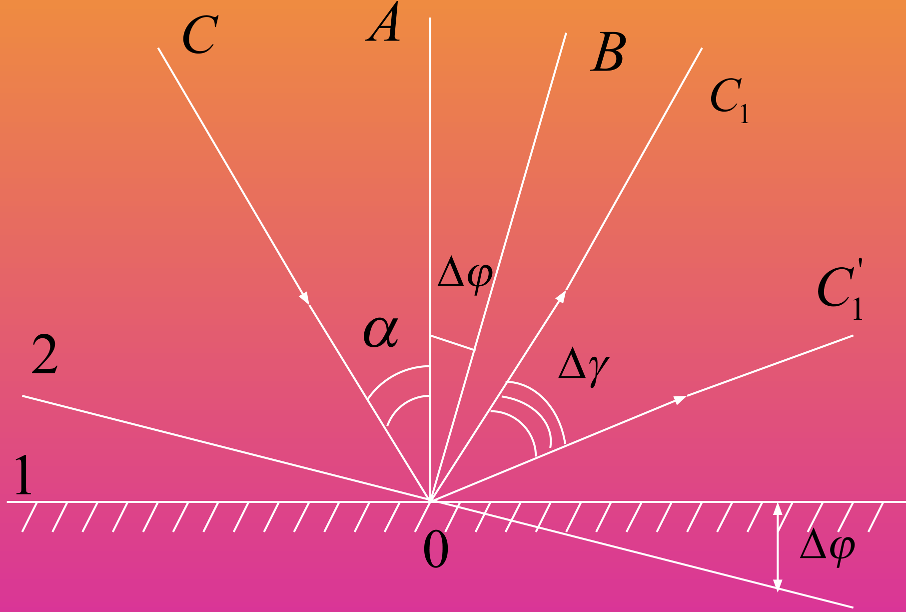
N=3, в плоском зеркале $\left(\gamma = \pi\right)$, N=1.



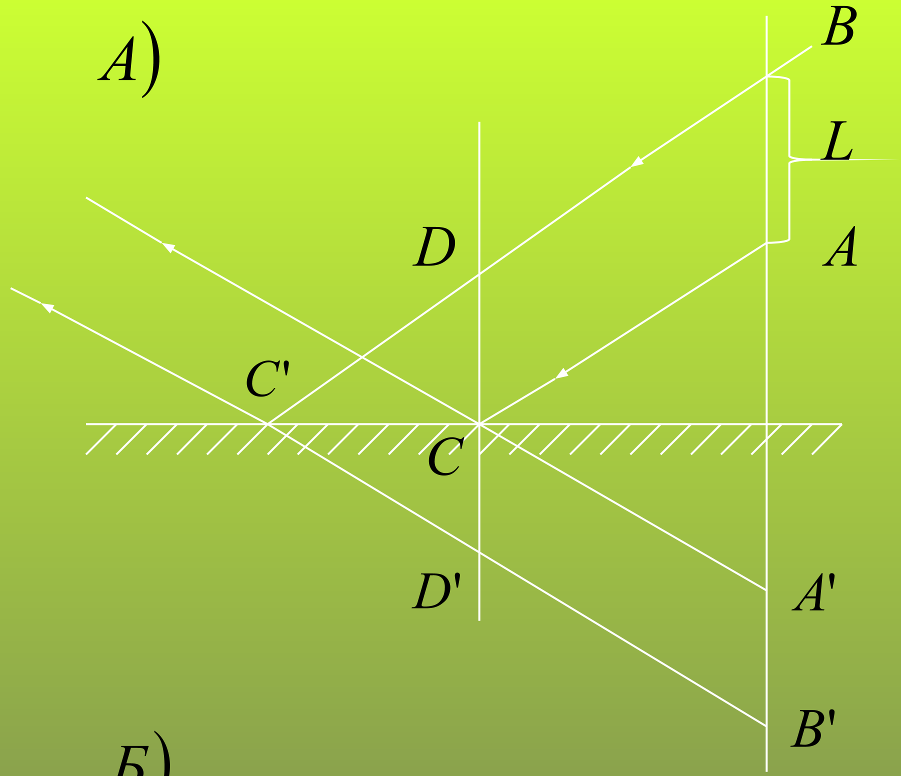
- З а д а ч а 3. Зеркало, на которое падает луч /, поворачивается на оси О с угловой скоростью ω_0. Определите угловую скорость поворота луча, отраженного от зеркала.
- Дано: $\omega_0; \omega = ?$
- Р е ш е н и е. Луч С падает на зеркало в положении 1 под углом. Определим смещение отраженного луча при повороте зеркала на небольшой угол $\Delta\varphi$. Угол между нормалями к зеркалу А и В в положениях 1 и 2 равен $\Delta\varphi$. Угол падения луча при повороте зеркала определится как $\alpha + \Delta\varphi$. Тогда угол поворота отраженного луча равен:
- где $\Delta\gamma = \alpha + \Delta\varphi - \angle BOC_1,$
- тогда $\angle BOC_1 = \alpha - \Delta\varphi,$
- $\Delta\gamma = \alpha + \Delta\varphi - \alpha + \Delta\varphi = 2\Delta\varphi.$

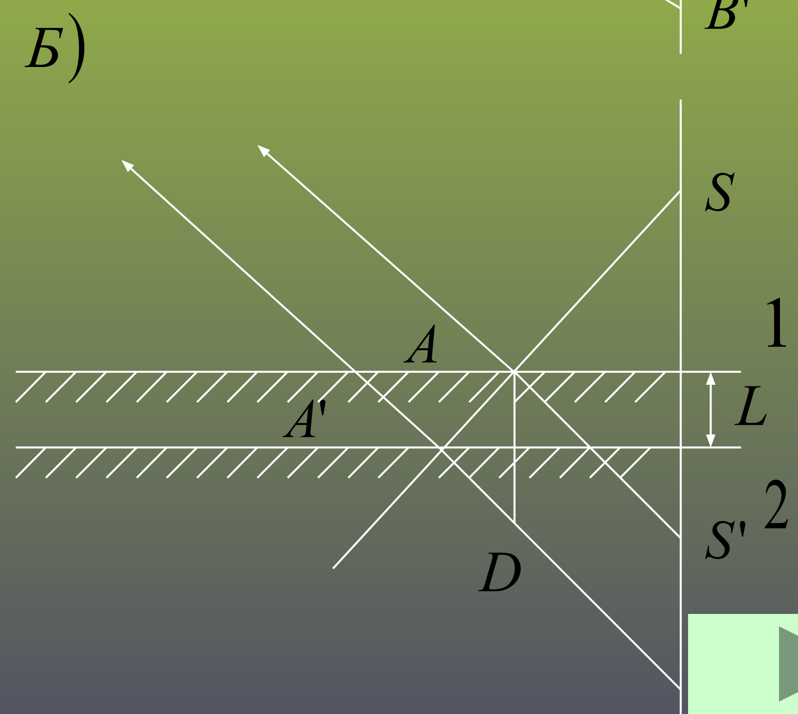
  Угловая скорость отраженного луча равна:

$$\omega = \frac{\Delta\gamma}{\Delta t} = 2\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = 2\omega_0.$$

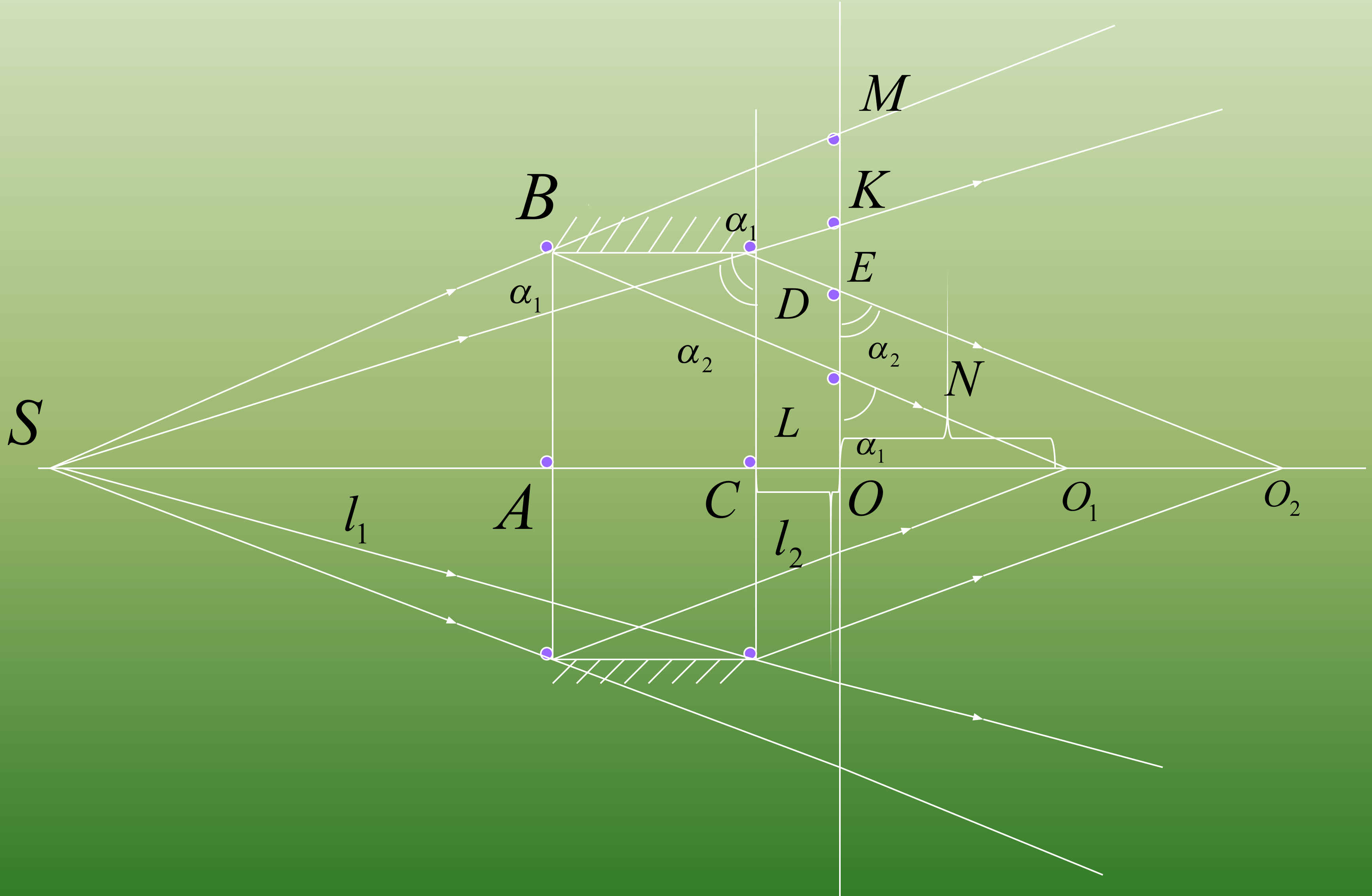


- З а д а ч а 4. Определите, на сколько сместится изображение предмета, если: а) предмет удалить на расстояние L, б) зеркало отодвинуть от предмета на это же расстояние.
- Дано: L, ΔX_1, ΔX_2 -?
- Р е ш е н и е. а) Пусть предмет смещается на расстояние L из точки A в точку B.Рассмотрим параллельные лучи AC и BC′.
- Продолжения отраженных лучей CA′ и C′B′ также будут параллельны. DD′ || BB′. Отсюда следует, что DC = D′C и AB = A′B′ = L.
- Б) Построим изображение источника при двух положениях зеркала. Луч AS′||A′S″, AA′D равнобедренный, что следует из равенства углов. Отсюда AD = 2L , а т.к. AD = S′S″, то S′S″ = 2L.





З а д а ч а 5.



- Кусок трубы радиусом 10 см и длиной 5 см с зеркальной внутренней поверхностью помещен между точечным источником и экраном, находящимся от трубы на расстоянии 20 см. Источник помещен на расстоянии 40 см от трубы. Определите внутренние и внешние радиусы колец на экране.
- Дано: r = 10 см (0.1 м), h = 5 см (0.05 м),

$$l_1 = 40см(0.4м) l_2 = 20см(0.2м);$$
$$r_1, r_2, r_3, r_4 - ?$$

- Р е ш е н и е.На рисунке представлены лучи, отраженные от поверхности трубы, и лучи, попадающие на экран. В центре экране будет пятно получающееся в результате попадания лучей от источника S. Кольцо с внешним и внутренним радиусами $r_2 = O\varepsilon$ и $r_1 = OL$ будет более ярким, т.к. к освещенности от источника добавляется освещенность лучами, отраженными от трубы. Кольцо с внешними и внутренними радиусами $r_2 = O\varepsilon$
- и $r_3 = OK$ будет освещаться только источником и поэтому менее яркое. Область $r_3 \square r \square r_4$ представляет собой темное кольцо, в эту область лучи не попадают. При $r \square r_4$ освещенность экрана определится только источником. Итак, картина на экране будет следующая: светлое пятно, яркое кольцо, менее яркое кольцо, темное кольцо, светлая область. По рисунку определим:
- Из ΔSAB

$$ctg\alpha_1 = \frac{r}{l_1},$$

- Из ΔSCD

$$ctg\alpha_2 = \frac{r}{l_1 + h},$$

- Из ΔOO_1L находим $OL = r_1,$

$$r_1 = [l_1 - (h + l_2)] \cdot ctg\alpha_1 = \frac{[l_1 - (h + l_2)] \cdot r}{l_1}.$$

- Из $\Delta O\varepsilon O_2$ находим $O\varepsilon = r_2,$

$$r_2 = (l_1 + h - l_2) \cdot ctg\alpha_2 = \frac{(l_1 + h - l_2)}{l_1 + h}.$$

- Из ΔSOK находим $OK = r_3,$

$$r_3 = (l_1 + h - l_2) \cdot ctg\alpha_2 = \frac{(l_1 + h - l_2) \cdot r}{l_1 + h}.$$

- Из ΔSOM находим $OM = r_4,$

$$r_4 = (l_1 + h - l_2) \cdot ctg\alpha_1 = \frac{(l_1 + h - l_2) \cdot r}{l_1}.$$

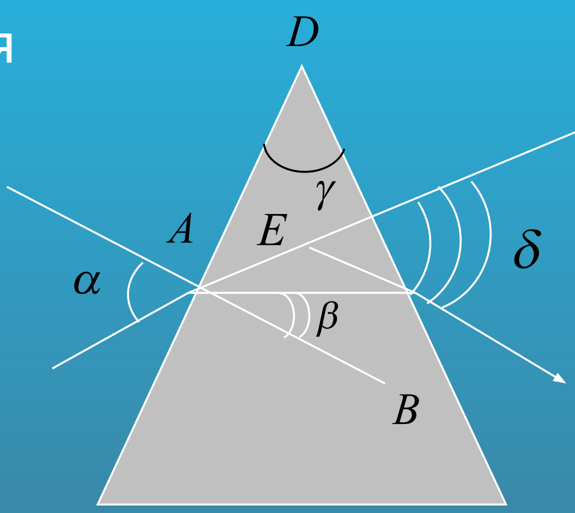
- Подставив числовые значения, получим:

$$r_1 = 375 см; r_2 = 5.56 см;$$

$$r_3 = 14.5 см; r_4 = 16.25 см.$$

- З а д а ч а 6. Под каким углом на призму должен падать луч, чтобы в призме с углом при вершине $\gamma = 60^\circ$ отклонение было минимально? Определите этот угол для стеклянной призмы с показателем преломления n=1.41.
- Дано: $\gamma = 60^\circ$, n=1.41; $\alpha - ?$
- Р е ш е н и е. Минимальное отклонение луча будет тогда, когда преломленный луч в призме образует равные углы с обеими гранями. Тогда искомый угол δ - внешний угол треугольника АЕВ и равен $\delta = 2(\alpha - \beta)$.Согласно закону преломления,

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n.$$



- Угол

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \angle DAB = \frac{\pi}{2} - \left(\frac{\pi - \gamma}{2}\right) = \frac{\gamma}{2},$$

$$\sin\alpha = n \cdot \sin\frac{\gamma}{2}.$$

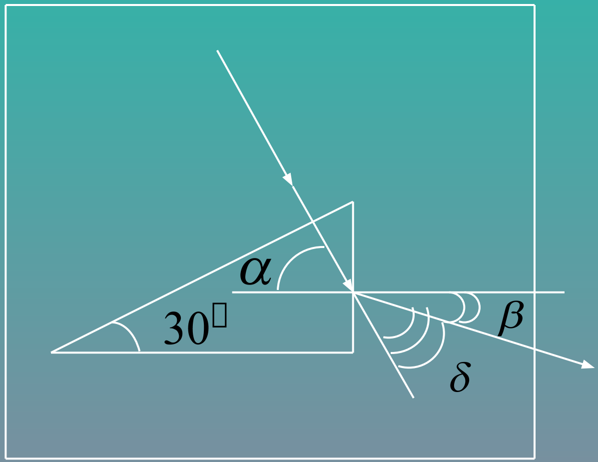
- Следовательно

$$\alpha = \arcsin\left(n \cdot \sin\frac{\gamma}{2}\right).$$

- Подставив численные значения для α получим:

$$\alpha = 44.8^\circ.$$

- З а д а ч а 7.В стеклянной пластинке с показателем преломления 1.4 образовался воздушный клин с углом у основания 30°.
- Определите отклонение луча, падающего нормально на боковую грань.



- Дано: $\alpha = 30^\circ, n = 1.4; \delta - ?$
- Р е ш е н и е.Угол падения равен . Согласно закону преломления ,

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n,$$

- Откуда

$$\sin\beta = \frac{\sin\alpha}{n}.$$

- Отклонение луча равно:

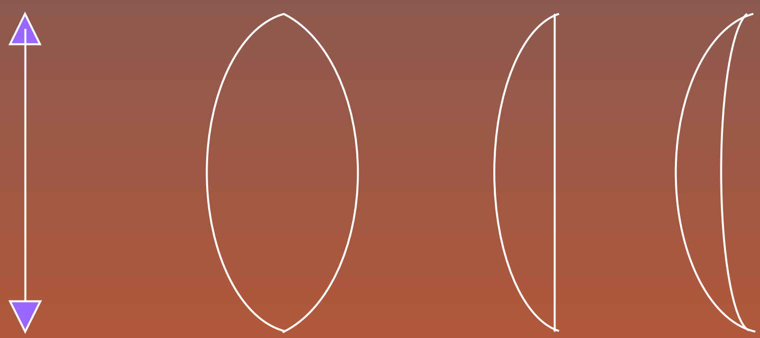
$$\delta = \alpha - \beta = \alpha - \arcsin\left(\frac{\sin\alpha}{n}\right).$$

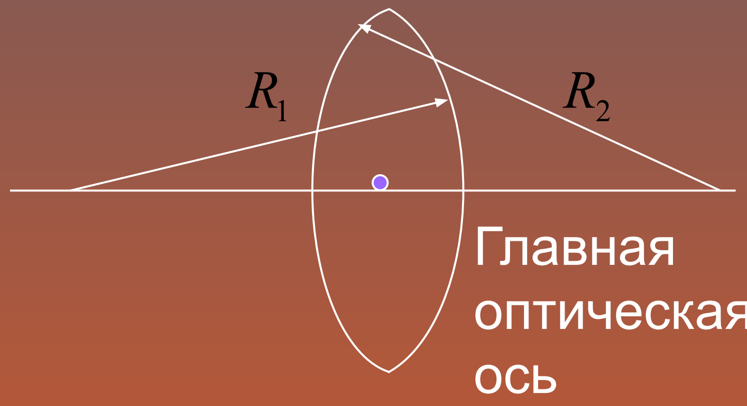
- Подставив численные значения, получим

$$\delta = 60^\circ - \arcsin\frac{0.5}{1.4} = 60^\circ - 21^\circ = 39^\circ.$$

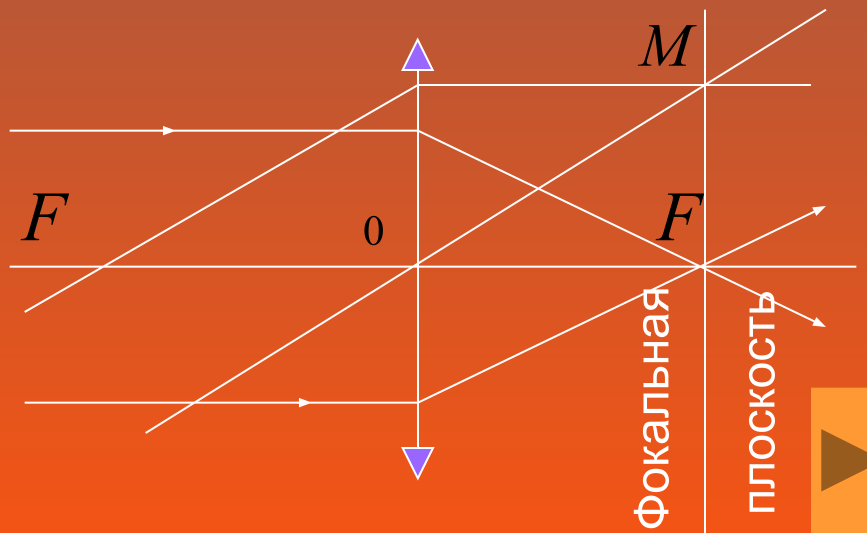
Линзы

Собирающие:





Рассеивающие:



- Линза представляет собой прозрачное тело, ограниченное криволинейными поверхностями. Простейшая линза – сферическая. Преломление лучей при прохождении их через линзу строго определяется законами преломления. Расчеты, проводимые на основании этих законов, показывают , что линзы можно разделить на два типа: собирающие и рассеивающие. Используя законы преломления света, можно показать, что линзы а-в будут собирать падающий на них параллельный пучок лучей, а линзы г-е – рассеивать.
- Рассмотрим *тонкую линзу*, т.е. линзу. Максимальная толщина которой значительно меньше е радиусов кривизны. *Главной оптической осью* называется прямая, проходящая через центры сферических поверхностей. Ограничивающих линзу. Радиусы этих сфер называются радиусами *кривизны*. Фокусом линзы называется точка пересечения F
- преломленных линзой лучей, падающих параллельно главной оптической оси. Плоскость, проходящая через фокус перпендикулярно главной оптической оси, называется *фокальной плоскостью*. *Оптическим центром* линзы называется точка, при прохождении через которую любой луч преломляется таким образом, что направление его распространения не изменяется. Оптический центр – это точка пересечения главной оптической оси с тонкой линзой. Расстояние между оптическим центром линзы и фокусом называется фокусным расстоянием(F>0). У рассеивающей линзы фокус мнимый. Параллельный пучок лучей, падающих на линзу, рассеивается.
- Величина, обратная фокусному расстоянию, называется *оптической силой линзы*.

$$D = \pm \frac{1}{F} (\partial n),$$

- Которая измеряется в диоптриях:1 дп- это оптическая сила такой линзы, фокусное расстояние которой равно 1м.
- Фокусное расстояние и оптическая сила линзы определяются радиусами кривизны ее сферических поверхностей. Формула, связывающая эти величины, имеет вид:

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

Вывод формулы линзы.

- Отношение линейных размеров изображения к линейным размерам предмета называется линейным увеличением:

$$\Gamma = \frac{A'B'}{AB},$$

- Из подобия треугольников ABO и A'B'O следует, что

$$\Gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{f}{\alpha}.$$

- Из подобия треугольников OCF и A'B'F и равенства OC = AB следует, что

$$\Gamma = \frac{A'B'}{OC} = \frac{f-F}{F}.$$

- Приравнивания выражения для Г, получим:

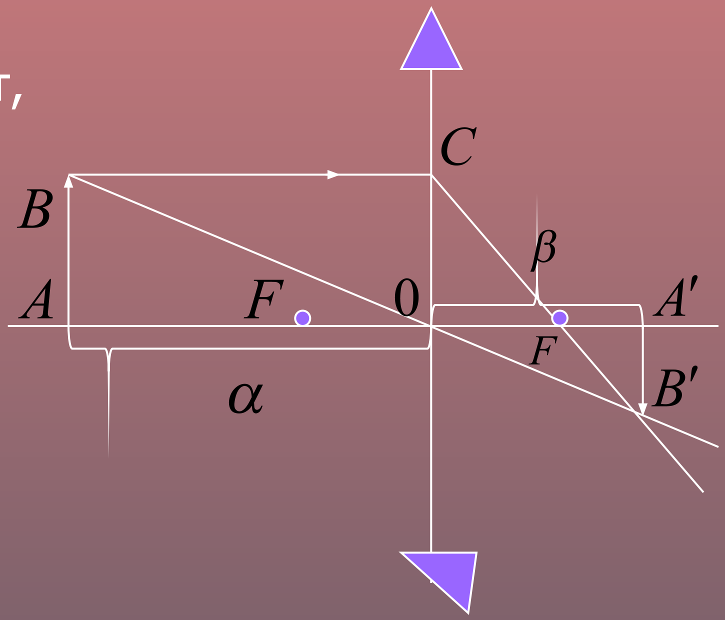
$$\frac{f}{\alpha} = \frac{f-F}{F}.$$

- Воспользуемся свойством пропорции и получим уравнение:

$$fF = f\alpha - \alpha F.$$

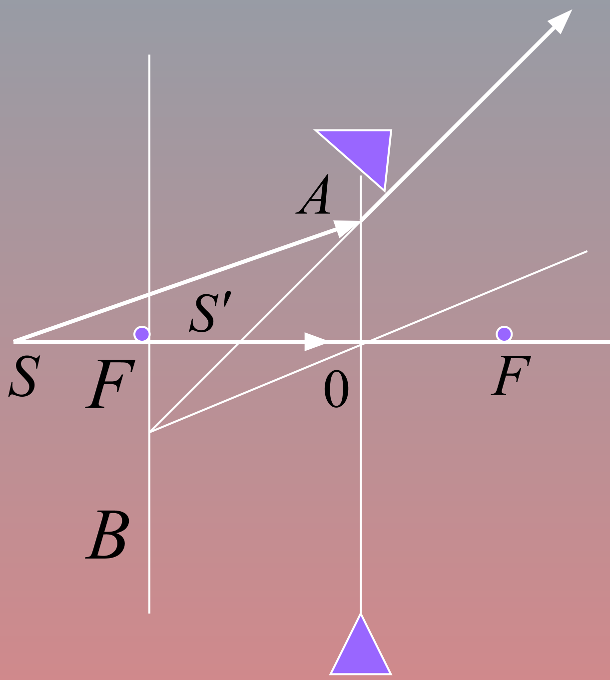
- Разделив все члены уравнения на $f \cdot \alpha \cdot F$, получим *формулу линзы:*

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{f}.$$



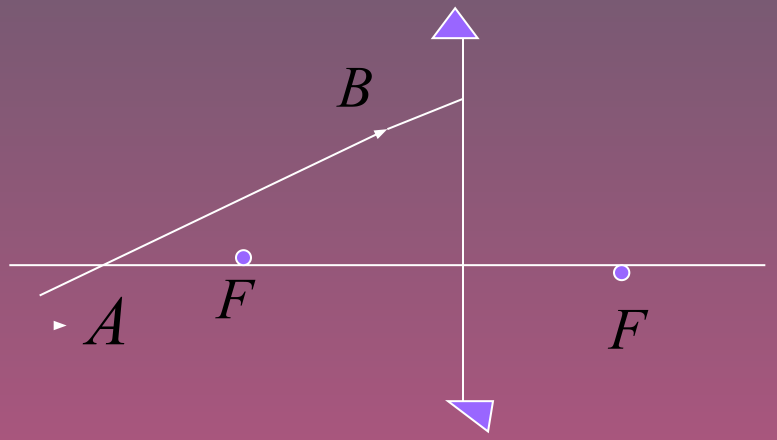
Построение изображения в рассеивающей линзе

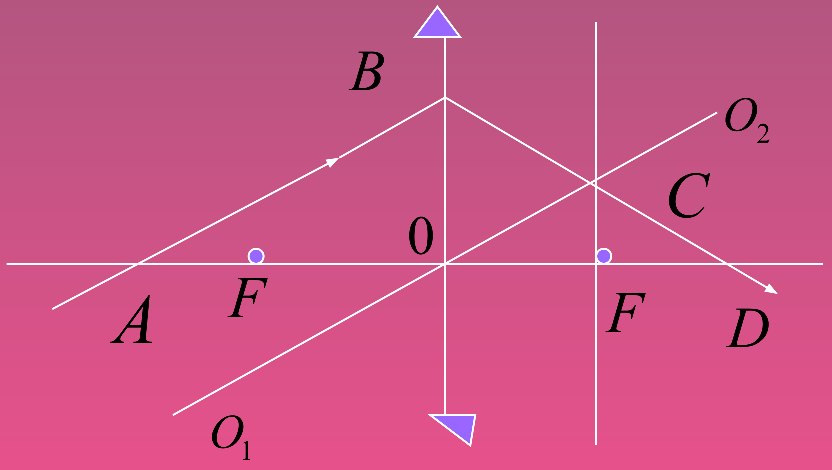
- 1)Пусть точечный источник света S находится на главной оптической оси линзы. Луч, идущий через оптический центр, не изменяет направления. Возьмем произвольный луч SA. Побочная оптическая ось пересечет фокальную плоскость в точке B. В этой же точке пересечет фокальную плоскость продолжение преломленного в линзе луча SA. Точка пересечения продолжения этого луча с главной оптической осью S′ есть изображение источника S.Изображение мнимое.
- 2) Если источник находится в любой точке плоскости чертежа, то один луч удобно выбрать идущим через оптический центр, а другой- параллельно главной оптической оси. После преломления продолжение луча пересечет главную оптическую ось в точке фокуса. Точка пересечения указанных лучей даст изображение источника.
- Изображение предмета строится аналогично.



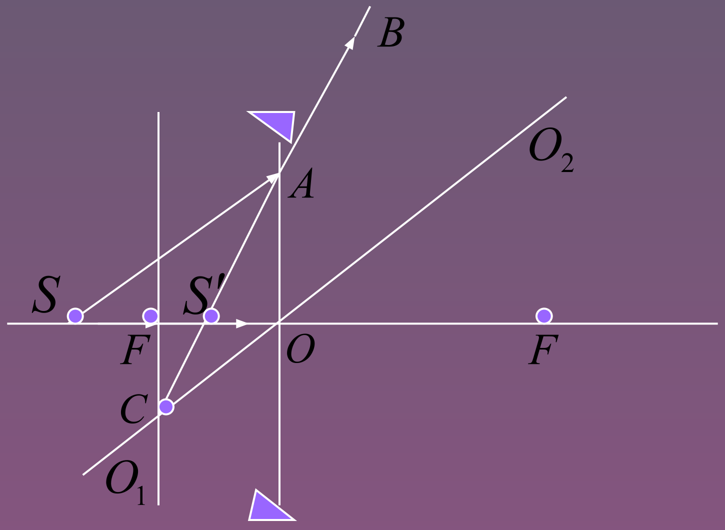
Примеры решения задач.

- З а д а ч а 1.Найдите ход луча АВ после преломления в собирающей линзе.
- Р е ш е н и е.Для определения хода луча АВ проведем побочную оптическую ось O_1O_2 , параллельную лучу АВ. Эта ось пересечет фокальную плоскость линзы в точке С. Через точку С должен пройти и преломленный луч ВD.





- З а д а ч а 2.Постройте изображение точки S, лежащей на главной оптической оси рассеивающей линзы на расстоянии, большем фокусного. Положения фокусов линзы заданы.
- Р е ш е н и е.Чтобы построить изображение точки S, нужно найти ход двух любых лучей, выходящих из точки S. Рассмотрим ход луча SO и произвольного луча SA. Эта ось пересекает фокальную плоскость в точке C. После преломления в линзе продолжение луча AB также должно пройти через точку C. Изображение S′ находится в точке пересечения лучей OS и AB.



- З а д а ч а 3.Найдите фокусное расстояние F и оптическую силу D собирающей линзы, если известно, что изображение предмета, помещенного на расстоянии 24 см от линзы, получается по другую сторону линзы на расстоянии 48 см от нее.
- Дано: $\alpha = 24см(0.24м), f = 48см(0.48м);$

  $F - ?, D - ?$
- Р е ш е н и е.По условию линза собирающая и изображение предмета действительное. Запишем формулу линзы

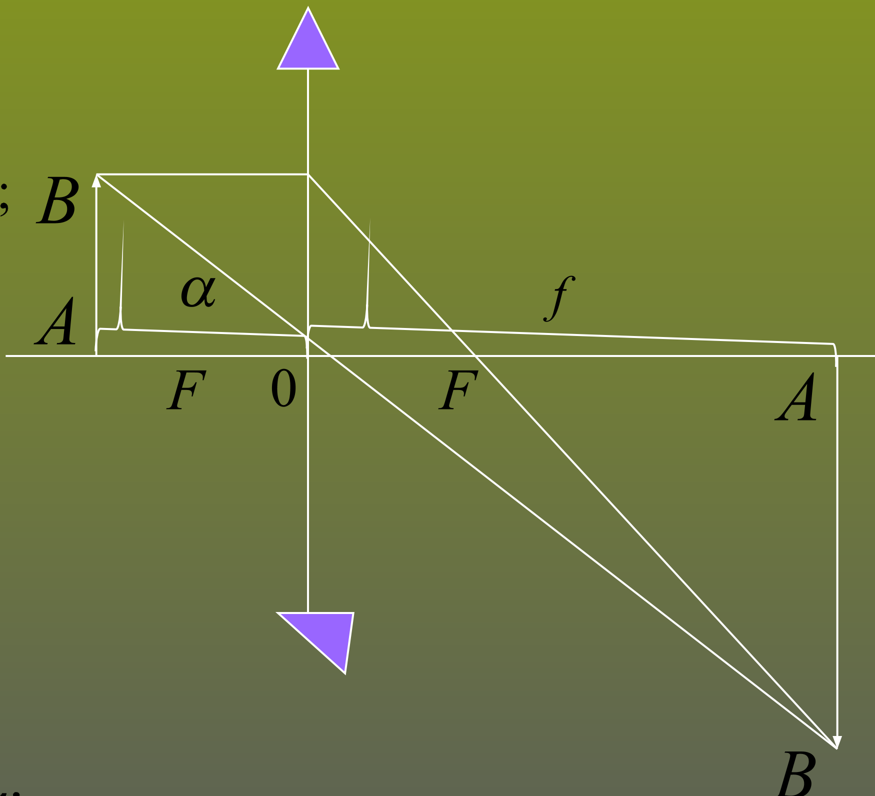
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{f},$$

- Откуда

$$F = \frac{\alpha f}{\alpha + f} = \frac{0.24 + 0.48}{0.24 + 0.448} м = 0.16м;$$

$$D = \frac{1}{F}, D = \frac{1}{0.16м} = 6.25дп$$

- .



- З а д а ч а 4. На каком расстоянии от рассеивающей линзы с оптической силой D=-4 дп нужно поместить предмет, чтобы его мнимое изображение получилось в 4 раза меньше самого предмета.
- Дано: $D=-4дп, Г=\frac{1}{4}; \alpha-?$
- Р е ш е н и е. Поскольку $Г=\frac{1}{4}=\frac{f}{\alpha}$,

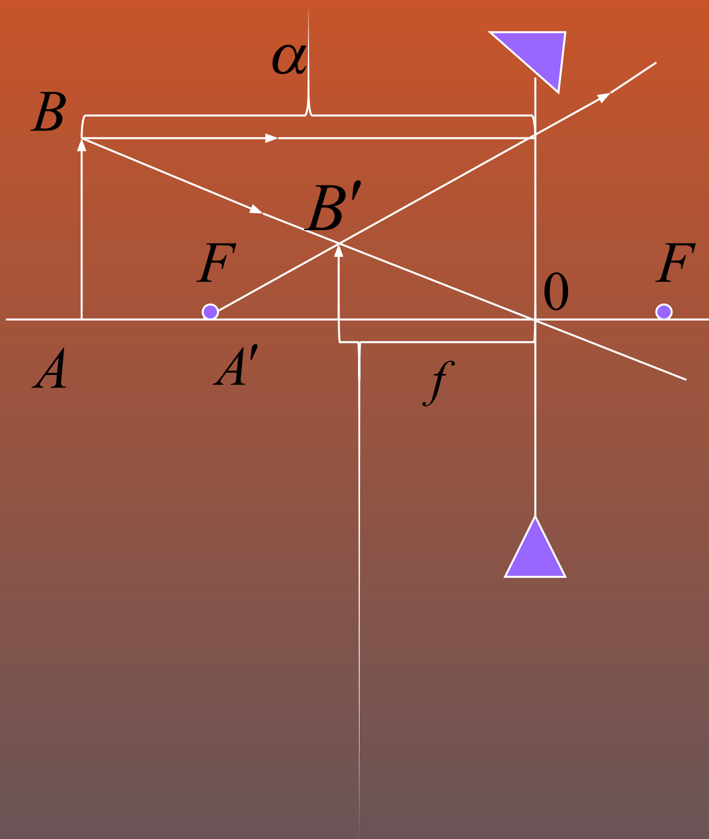
имеем $f=\frac{\alpha}{4}$,

Используя формулу линзы получим:

$$D=\frac{1}{\alpha}-\frac{1}{f}=\frac{1}{\alpha}-\frac{4}{\alpha}=-\frac{3}{\alpha},$$

откуда

$$\alpha=-\frac{3}{D}м=-\frac{3}{(-4)}м=0.75.$$



- З а д а ч а 5.Фокусное расстояние собирающей линзы F=30 см, расстояние предмета от фокуса l=10 см. Линейные размеры предмета 5 см. Определите размеры изображения H.
- Дано: F=30см (0.3м), l=10 см (0.1 м),
- h=5 см (0.05м); H-?
- Р е ш е н и е. По условию задачи неясно, где находится предмет. Он может располагаться как за фокусом, так и перед ним. Рассмотрим сначала случай; когда $\alpha_1 = F + l.$.Запишем формулу линзы. Поскольку изображение будет действительным имеем $$\frac{1}{F} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F+l} + \frac{1}{f_1},$$
- Откуда $$f_1 = \frac{F \cdot (F+l)}{l}.$$
- Увеличение в этом случае равно:

$$\Gamma_1 = \frac{H_1}{h} = \frac{f_1}{\alpha_1}, H_1 = \frac{f_1 h}{\alpha_1} = \frac{F \cdot (F+l) h}{l \cdot (F+l)} = \frac{Fh}{l}.$$

- Если предмет расположить между фокусом и линзой, то изображение будет мнимым. В этом случае $\alpha_2 = F - l$, и формула имеет вид $$\frac{1}{F} = \frac{1}{\alpha_2} - \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F-l} - \frac{1}{f_2}.$$
- Выполнив необходимые преобразования, получим:

$$H_2 = \frac{Fh}{l}.$$

- Следовательно, в обоих случаях высота изображения одинакова и равна

$$H = \frac{0.3 \cdot 0.05}{0.1} м = 0.15 м.$$

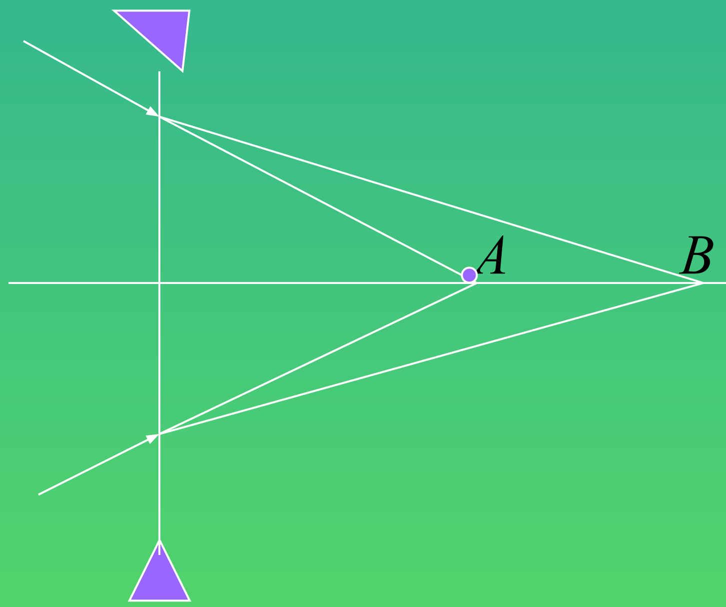
- З а д а ч а 6. Сходящийся пучок лучей падает на рассеивающую линзу таким образом, что продолжения всех лучей пересекаются в точке, лежащей на главной оптической оси линзы на расстоянии 15 см от нее. Найдите фокусное расстояние линзы, если продолжения преломленных лучей пересекаются в точке, находящейся за линзой на расстоянии 60 см от нее.
- Дано: $\alpha = 15см(0.15м), f = 60см(0.6м);$
- Р е ш е н и е. Вершина конуса А, образованная пучком сходящихся лучей, служит мнимым источником. Точка В является действительным изображением точки А. Запишем формулу линзы:

$$-\frac{1}{F} = -\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{f},$$

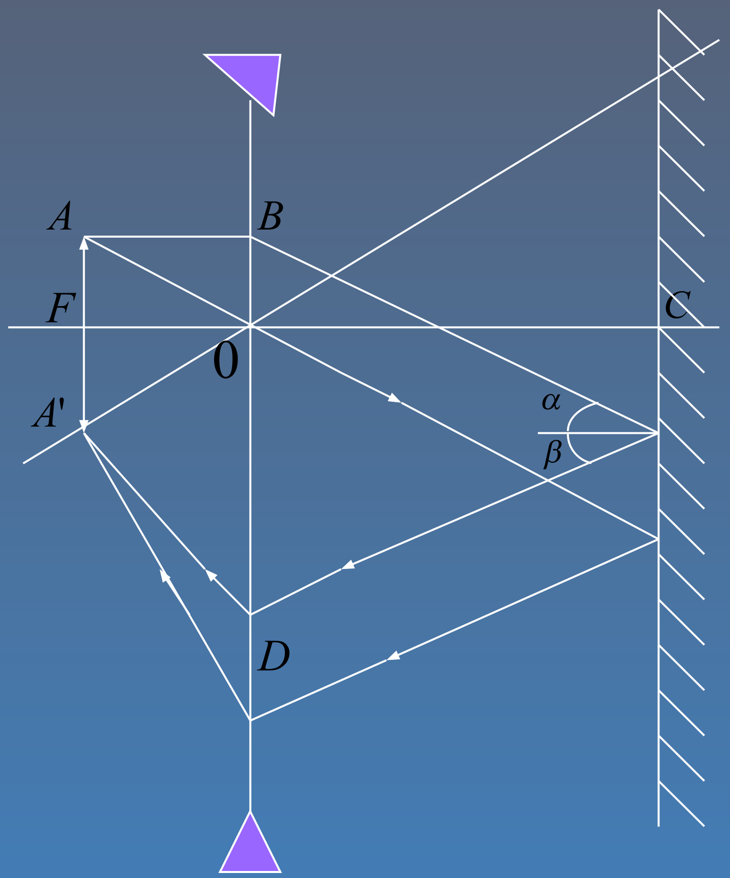
- Откуда

$$F = \frac{\alpha \cdot f}{f - \alpha} = \frac{0.15 \cdot 0.6}{0.6 - 0.15} м = 0.2м.$$

- (Знак минус в формуле линзы был поставлен с учетом того, что линза рассеивающая).



- З а д а ч а 7.В фокусе собирающей линзы находится предмет. Постройте изображение предмета, если за линзой перпендикулярно главной оптической оси находится плоское зеркало.
- Р е ш е н и е.От каждой точки предмета идут лучи, которые после преломления образуют параллельные потоки. После отражения от зеркала каждый из параллельных потоков, снова пройдя через линзу, собирается в некоторой точке фокальной плоскости. Например, луч AB после преломления идет через фокус и падает на зеркало в точке C. Поскольку $\alpha = \beta$, луч , отражаясь, идет к линзе по CD. Проведя побочную оптическую ось, найдем точку A′ пересечения преломленного луча CD с фокальной плоскостью. В эту же точку попадет луч AO, отразившись от зеркала и преломившись в линзе. Треугольник AOA′ равнобедренный. Следовательно, линейные размеры изображения равны размерам предмета.



ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

- Оптическая система может состоять из одних линз или линз и зеркал , в которых последовательно получаются изображения предмета. Изображение, полученное в первой линзе, является предметом для второй линзы. Изображение, построенное второй линзой, в свою очередь является предметом для третьей линзы и т.д.
- Пусть две собирающие линзы с фокусными расстояниями F_1 и F_2 с общей оптической осью находятся на расстоянии l друг от друга. Если расстояние от предмета до первой линзы больше ее фокусного расстояния $\alpha > F_1$, то изображение будет находиться на расстоянии

$$f_1 = \frac{\alpha \cdot F_1}{\alpha - F_1}.$$

- Если $l - f_1 > F_2$, то расстояние от изображения до оптического центра второй линзы получим по формуле

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{l - f_1} + \frac{1}{f_2},$$

- Откуда

$$f_2 = \frac{(l - f_1)\cdot F_2}{l - f_1 - F_2} = \frac{\left(\dfrac{l - \alpha \cdot F_1}{\alpha - F_1}\right)\cdot F_2}{\left(\dfrac{l - \alpha \cdot F_1}{\alpha - F_1}\right) - F_2} = \frac{[(\alpha - F)\cdot l - \alpha \cdot F_1]\cdot F_2}{l\cdot(\alpha - F_1) - \alpha \cdot F_1 - (\alpha - F_1)\cdot F_2}.$$

- Если l=0, то

$$f_2 = \frac{\alpha \cdot F_1 F_2}{\alpha \cdot (F_1 \cdot F_2) - F_1 F_2}.$$

- При $\alpha \to \infty F_1 \cdot F_2$ -пренебрегаем, тогда

$$f_2 = \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2}, \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2},$$

- Где f_2 - расстояние, на котором собирается параллельный пучок лучей, падающих на оптическую систему. Величина $\frac{1}{f_2}$ определяет оптическую силу системы D, следовательно,

$$D = D_1 + D_2.$$

- Оптическая сила нескольких тонких линз, вплотную прилегающих друг к другу, равна алгебраической сумме оптических сил каждой линзы, причем для собирающих линз D>0, для рассеивающих D<0.

Примеры решения задач.

- З а д а ч а 1. Из трех линз, расположенных вплотную друг к другу, составлена плоско -параллельная пластинка. Причем оптическая сила системы первой и второй линз равна 5 дп, системы второй и третьей – 4 дп. Найдите Фокусные расстояния первых трех линз.
- Дано: $D_{1,2} = 5\partial n, D_{2,3} = 4\partial n; F_1, F_2, F_3 - ?$
- Р е ш е н и е: Оптическая сила системы первой и второй линз равна:

  $D_{1,2} = D_1 + D_2.$
- Оптическая сила системы второй и третьей линз равна: $D_{2,3} = D_2 + D_3.$
- Поскольку линзы образуют плоско – параллельную пластинку, параллельные лучи, падающие на нее, также выходят параллельным пучком. Следовательно, оптическая сила плоско – параллельной пластинки равна нулю.
- С другой стороны, оптическая сила всей системы равна сумме оптических сил каждой линзы и равна нулю : $D_1 + D_2 + D_3 = 0.$
- Таким образом, имеем систему трех уравнений – относительно трех неизвестных $D_1, D_2, D_3.$.Получаем $D_1 = D_{1,2} - D_2, D_3 = D_{2,3} - D_2.$
- Подставив в уравнение $D_1 + D_2 + D_3 = 0.$, получим $D_2 = D_{1,2} + D_{2,3}.$
- Тогда $D_1 = -D_{2,3}, D_3 = -D_{1,2}$ и, окончательно, имеем
- Следовательно, $D_1 = -4\partial n, D_2 = 9\partial n, D_3 = -5\partial n.$
- . $F_1 = 0.25\text{м}, F_2 = \frac{1}{9}\text{м}, F_3 = 0.2\text{м}.$

- З а д а ч а 2. На рисунке изображена линза, состоящая из двух собирающих линз. Если оставить только первую линзу, то она дает увеличение предмета $\Gamma_1 = 2$. Если оставить только вторую линзу, то увеличение станет равным $\Gamma_2 = 4$.
- Расстояние от предмета до линзы не изменяется. Определите увеличение Г, даваемое обеими линзами, сложенными вместе.
- Дано: $\Gamma_1 = 2, \Gamma_2 = 4, \Gamma - ?$
- Р е ш е н и е: Увеличение линзы определяется соотношением $\Gamma = \dfrac{f}{\alpha}.$
- Формула линзы имеет вид

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = D$$

- Выразив отсюда f, имеем для Г: $\dfrac{1}{\Gamma} = \dfrac{\alpha}{\left(\dfrac{\alpha}{\alpha \cdot D - 1}\right)} = \alpha \cdot D - 1.$
- Тогда

$$\frac{1}{\Gamma_1} = D_1 \cdot \alpha - 1, \frac{1}{\Gamma_2} = D_2 \cdot \alpha - 1.$$

- По условию задачи тонкие линзы сложены вместе, поэтому оптическая сила системы этих линз равна $D = D_1 + D_2$, и увеличение Г дается выражением

$$\frac{1}{\Gamma} = (D_1 + D_2) \cdot \alpha - 1.$$

- Выразим D_1 и D_2 через Γ_1 и Γ_2 : $D_1 = \left(\dfrac{1}{\Gamma_1} + 1\right) \cdot \dfrac{1}{\alpha}, D_2 = \left(\dfrac{1}{\Gamma_1} - 1\right) \cdot \dfrac{1}{\alpha},$
- Следовательно,

$$\frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_1} + \frac{1}{\Gamma_2} + 1,$$

$$\frac{1}{\Gamma} = 0.5 + 0.25 + 1 = 1.75,$$

$$\Gamma = \frac{1}{1.75} = \frac{4}{7}.$$

- Увеличение при неизменном расстоянии зависит только от оптической силы линзы. Если предмет находится на одинаковом расстоянии от линз с разными оптическими силами и при этом за фокусом линзы, то увеличение линз будет тем меньше, чем больше оптическая сила линзы.