

**СГУ им. Чернышевского**  
**Социологического**  
**факультета**  
**Дисциплина физика**  
**Презентация по физике**  
**Тема: «Геометрическая**  
**оптика»**

Выполнила : Агафангелиди. Е. Г

351 группа

Саратов 2015

# История исследований



**Евклид** в «Оптике»  
показал  
прямолинейность  
распространения света.



**Клавдий Птолемей**  
исследовал  
преломление света  
на границе воздух—  
вода и воздух—  
стекло.

Большую роль в развитии оптики, как науки, сыграли ученые Востока, в частности, *ученые Персии Бахманияр аль Азербайджани и Насреддин Туси*. Они также имели свой взгляд на природу света и указывали, что свет имеет как свойства волны, так и свойства потока частиц.



**Виллеброрд Снелл** (1580, Лейден — 30 октября 1626, Лейден) — голландский математик, физик и астроном.

В 1613 году стал преемником отца на должности профессора Лейденского университета. Предложил использовать метод подобия треугольников при проведении геодезических измерений, при помощи которого нашёл решение задачи, названной впоследствии «задачей Потенота»: найти точку, из которой стороны данного (плоского) треугольника видны под заданными углами.

**В 1621 году открыл закон преломления света.** Однако результаты многочисленных экспериментов по оптике опубликованы не были. Позже они были обнаружены в архивах Рене Декартом, который использовал их при написании своих «Рассуждений о методе ...» в приложении «Диоптрика» (1637).

**Арабский учёный Ибн ал-Хайсам (Аль-Гасан) изучал законы преломления и отражения света.**



- Он одним из первых высказал мысль о том, что источником световых лучей является не глаз, а светящиеся предметы.

Он также доказал:

- изображение предмета возникает в хрусталике глаза.
- Он сумел получить изображения предметов в плоских, выпуклых, вогнутых, цилиндрических стеклах и линзах;
- Показал, что выпуклая линза дает увеличенное изображение.



**Иоганн Кеплер** в трактате «Дополнения к Виттелию» («Оптическая астрономия», 1604) изложил основы геометрической оптики, сформулировал закон об обратном пропорциональной зависимости освещённости и квадрата расстояния от источника.

# Введение:

<b>Геометрическая оптика</b>	<b>Физическая оптика</b>
<b>Прямолинейное распространения света</b>	<b>Дифракция</b>
<b>Закон отражения света</b>	<b>Интерференция света</b>
<b>Построение изображения в плоском зеркале</b>	<b>Поляризационные эффекты</b>
<b>Закон преломления света</b>	<b>Эффекты, связанные распространением электромагнитных волн в нелинейных и анизотропных средах</b>
<b>Полное внутренне отражение</b>	<b>Приближенное описание распространение оптических волн</b>
<b>Линзы. Оптическая сила линзы</b>	
<b>Формула тонкой линзы</b>	
<b>Построения изображения в линзах</b>	
<b>Глаз как оптическая система</b>	
<b>Оптические приборы</b>	

# Применение:

- ✓ Первое применение приписывают Архимеду (287-212 гг. до н.э.) сожжение неприятельского флота при помощи системы вогнутых зеркал, которыми он собирал солнечные лучи и направлял на римские корабли.
- ✓ Рационального освещения улиц, помещений, рабочих мест на производстве
- ✓ Для создания люминесцентных источников света

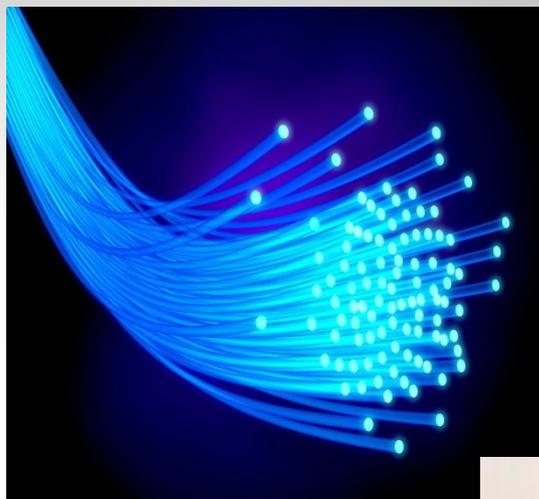


✓ Оптических технологий (изготовление зеркал, светофильтров, экранов и т. д.) .

✓ Оптика решает задачи получения в различных спектральных областях изображений, соответствующих оригиналам как по геометрической форме, так и по распределению яркости.

✓ Интерферометры широко применяют для измерений длин волн и изучения структуры спектральных линий,

✓ Лазерные интерферометры



# Основные понятия в геометрической оптике

Многие оптические явления, в частности действие оптических приборов, можно рассматривать, исходя из представления о световых лучах. Раздел оптики, основывающийся на этом представлении, называется **геометрической** (или **лучевой**) **оптикой**.

**Световой луч** – это геометрическая линия, которая в каждой своей точке перпендикулярна волновому фронту, проходящему через эту точку. Направление светового луча совпадает с направлением распространения света.



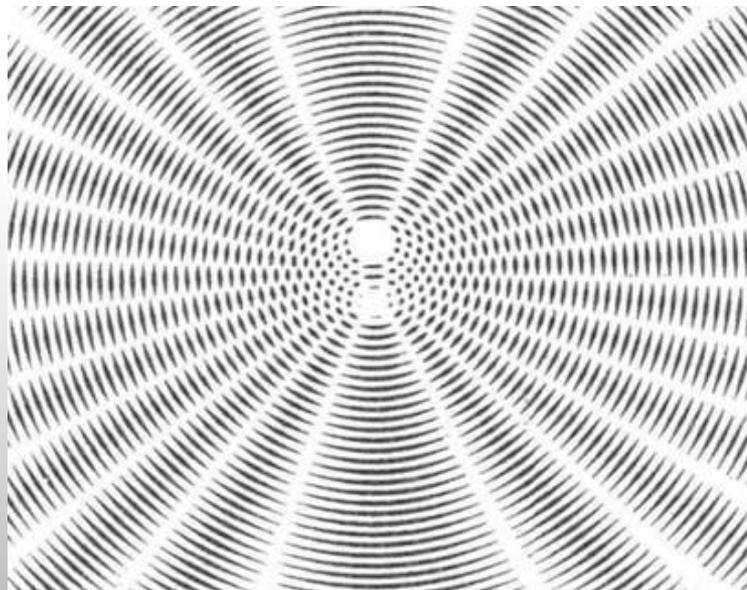
• Представления, геометрической оптики справедливы лишь в той степени, в какой можно пренебречь явлениями интерференции и дифракции световых волн.

Геометрическая оптика является предельным случаем волновой оптики и ее принципы выполняются при соблюдении условия:

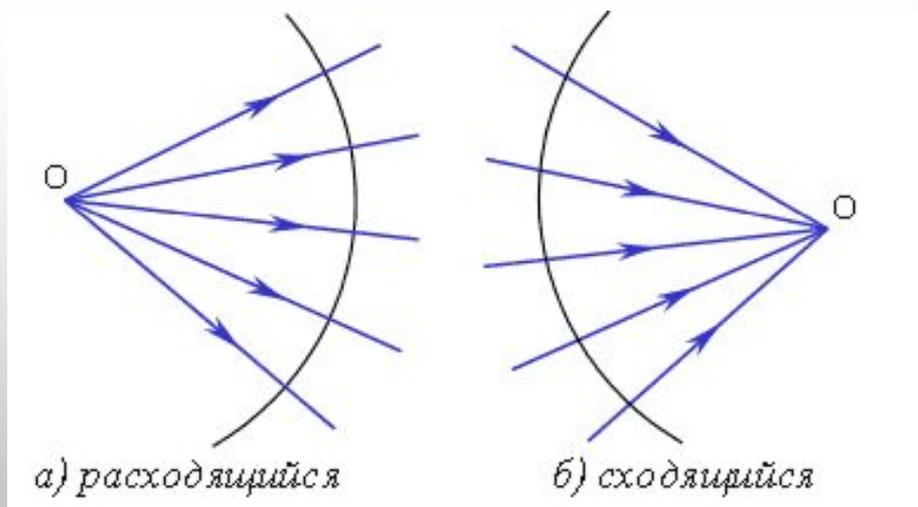
$$\frac{\lambda}{D} \ll 1$$

$\lambda$  – длина световой волны,  $D$  – характерный размер

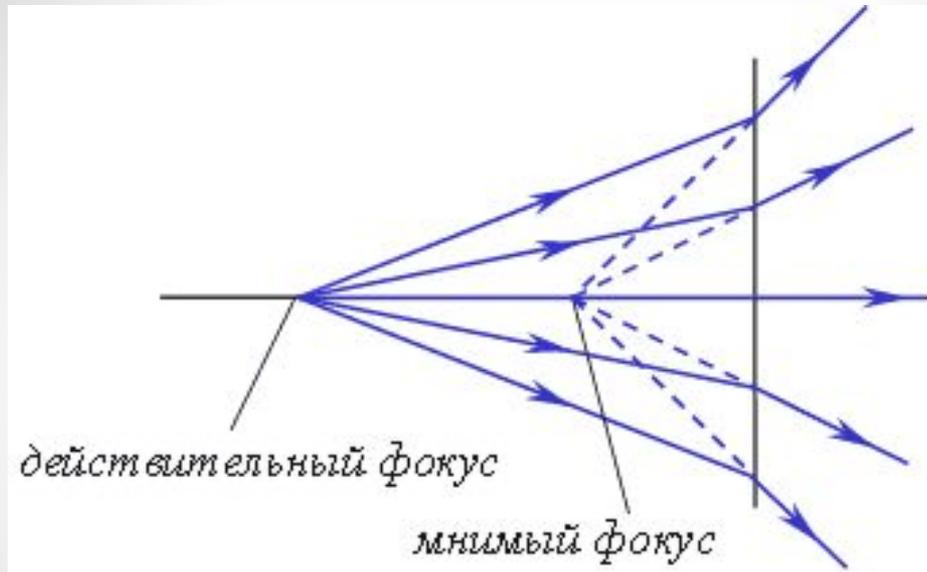
т. е. геометрическая оптика, строго говоря, применима лишь к бесконечно коротким волнам.



Совокупность лучей образует пучок. Если лучи при своем продолжении пересекаются в одной точке, пучок называется *гомоцентрическим*. Гомоцентрическому пучку лучей соответствует сферическая волновая поверхность. На рис. *а*, показан расходящийся, а на рис. *б* — сходящийся гомоцентрический пучок. Частным случаем гомоцентрического пучка является пучок параллельных лучей; ему соответствует плоская световая волна.



*Изображение называется действительным, если световые лучи в точке действительно пересекаются, и мнимым, если в определенной точке пересекаются продолжения лучей, проведенные в направлении, обратном распространению света.*

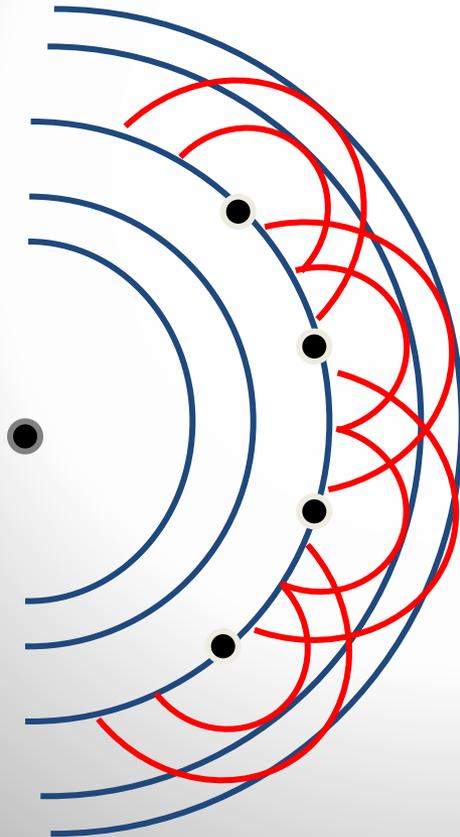


Действительные изображения непосредственно освещают соответствующим образом расположенный экран (например, лист белой бумаги). *Мнимое изображение* такого освещения произвести не может, но при помощи оптических приборов мнимые изображения могут быть преобразованы в действительные; например, в нашем глазу мнимое изображение преобразуется в действительное, освещающее определенный участок сетчатой оболочки.

# Принцип Гюйгенса

Каждая точка среды, до которой дошла волна, сама становится источником вторичных волн.

точечный  
источник



Фронт первичной волны  
– это огибающая  
фронтов вторичных  
волн.

# Принцип Ферма



Основным принципом геометрической оптики является принцип наименьшего времени, которой был высказан французским физиком и математиком Пьером Ферма в 1662 году. Также этот принцип называют принципом кратчайшего оптического пути: **Свет при распространении от одной точки к другой выбирает путь, которому соответствует наименьшее время распространения.**

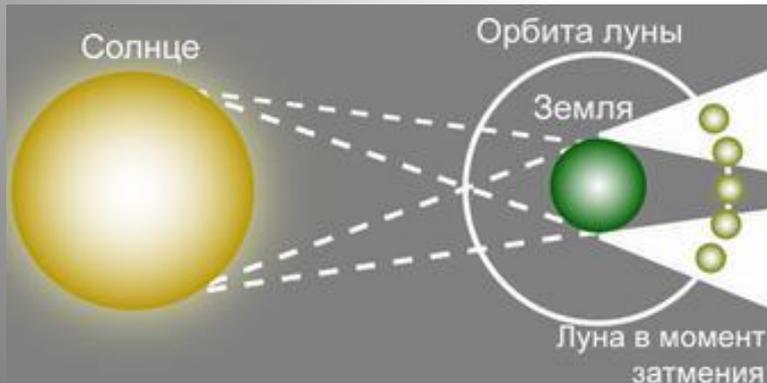
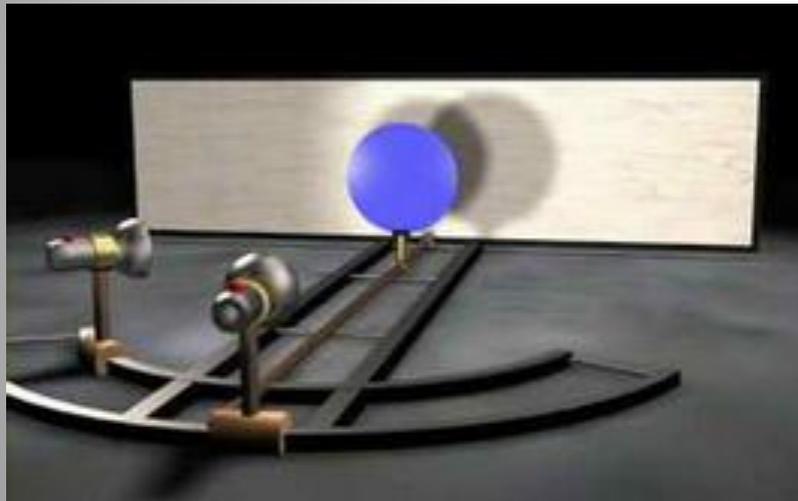
•Выразим принцип Ферма количественно. Для этого введем *оптическую длину пути*  $l = ns$ , а в случае неоднородной среды –  $dl = nds$ , где  $s$  – геометрический путь луча,  $ds$  – его малый отрезок,  $n$  – показатель преломления среды. Таким образом, оптическая длина пути из точки А в точку В выражается криволинейным интегралом  $l = \int_A^B nds$ .

Свет распространяется по пути, оптическая длина которого экстремальна, т.е. она является либо минимальной из всех возможных, либо максимальной, либо стационарной. Условие экстремальности сводится к требованию, чтобы вариация этого интеграла равнялась нулю:  $\delta \int_A^B nds = 0$ .

# Закон прямолинейного распространения света

*В оптически однородной среде свет распространяется прямолинейно.*

Опытным доказательством этого закона могут служить резкие тени, отбрасываемые непрозрачными телами при освещении светом источника достаточно малых размеров («точечный источник»).

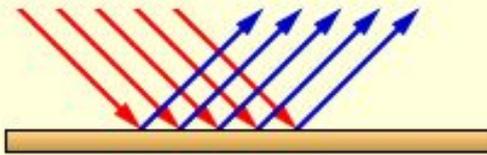
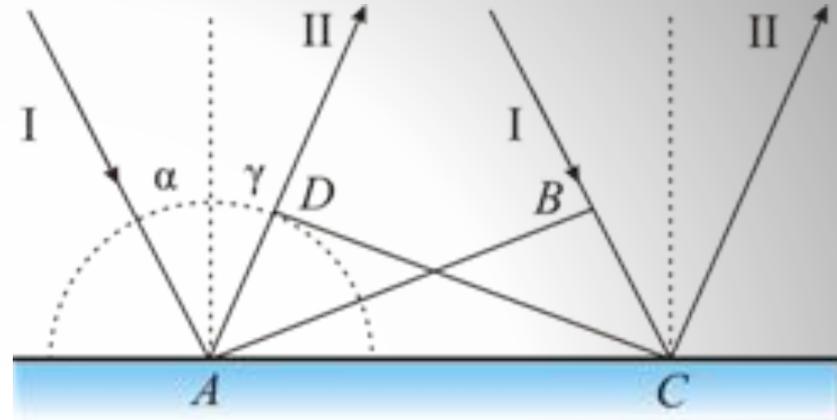


Другим доказательством может служить известный опыт по прохождению света далекого источника сквозь небольшое отверстие, в результате чего образуется узкий световой пучок. Этот опыт приводит к представлению о световом луче как о геометрической линии, вдоль которой распространяется свет. Следует отметить, что **закон прямолинейного распространения света нарушается и понятие светового луча утрачивает смысл, если свет проходит через малые отверстия, размеры которых сравнимы с длиной волны.**

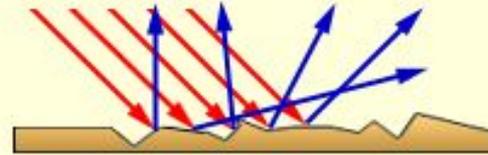
# Закон отражения света

Закон отражения света гласит, что отраженный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и нормалью, восстановленной в точке падения. Угол отражения равен углу падения:

$$i_1 = r_1$$



Зеркальное отражение



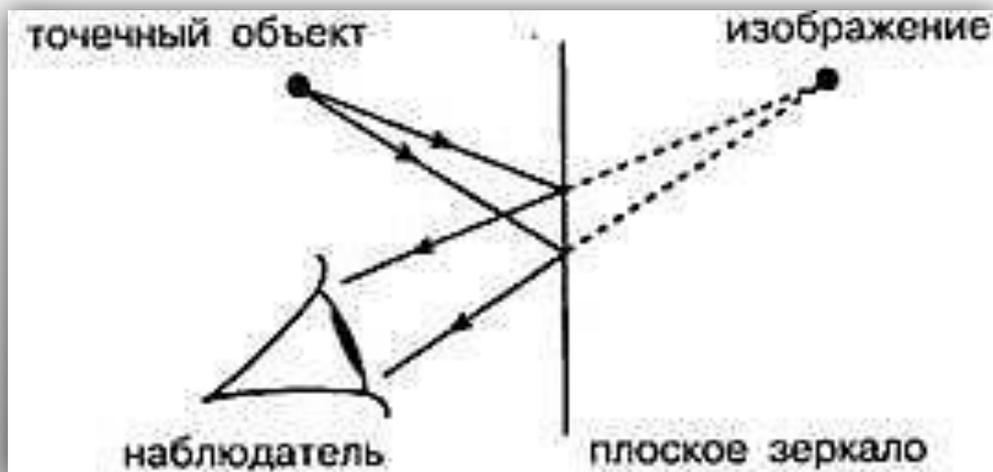
Рассеянное отражение

При отражении от зеркальной поверхности параллельность пучка сохраняется: отраженные лучи так же идут параллельно

Если поверхность является не ровной, то после параллельность лучей нарушится

# Построение изображения в плоском зеркале

Когда вы смотрите в зеркало, вы видите свое отражение. Этот образ складывается из световых лучей, отраженных от вашего лица и еще раз от поверхности зеркала. При отражении предмета в плоском зеркале создается мнимое изображение, т. е. видимость того, что предмет в зеркале и реальный предмет находятся на одинаковом расстоянии от поверхности зеркала, угол падения равен углу отражения, как показано ниже.



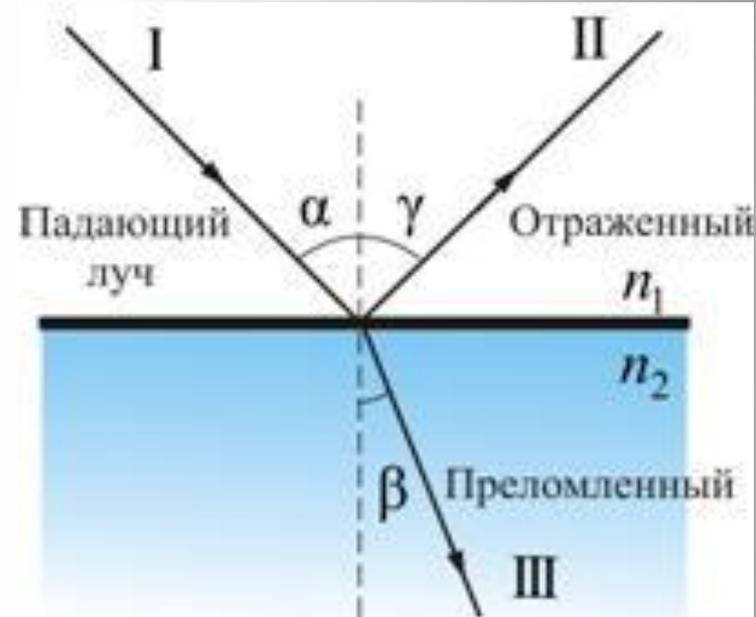
# Закон преломления света

## Закон преломления света

формулируется следующим образом: *преломленный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и нормалью, восстановленной в точке падения.* Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных веществ:

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{12}$$

Постоянную величину  $n$  называют *относительным показателем преломления* второй среды относительно первой. Показатель преломления среды относительно вакуума называют *абсолютным показателем преломления*.



- Относительный показатель преломления двух сред равен отношению их абсолютных показателей преломления:

$$n = \frac{n_1}{n_2}$$

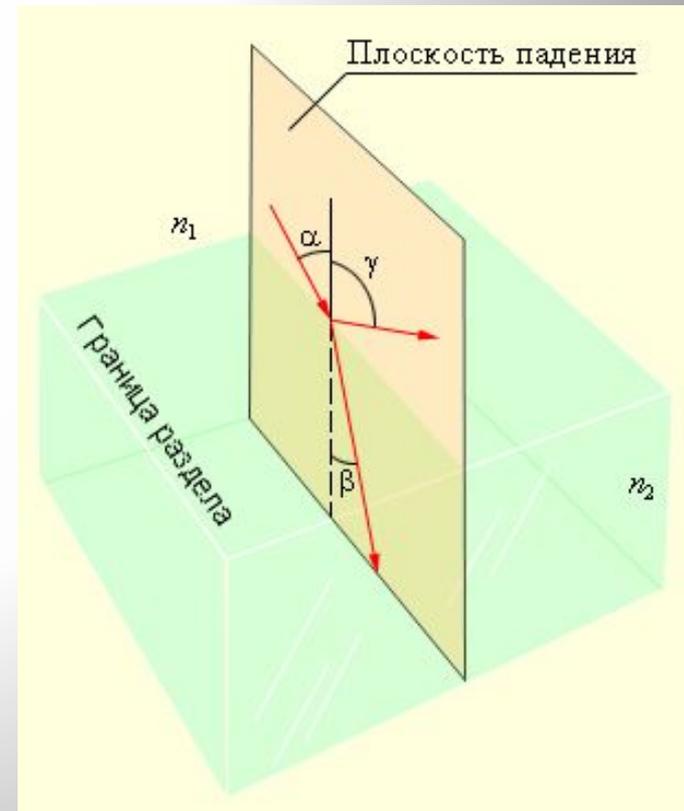
- Законы отражения и преломления находят объяснение в волновой физике. Согласно волновым представлениям, преломление является следствием изменения скорости распространения волн при переходе из одной среды в другую. Физический смысл показателя преломления – это отношение скорости распространения волн в первой среде  $v_1$  к скорости их распространения во второй среде  $v_2$ :

$$n = \frac{v_1}{v_2}$$

- Абсолютный показатель преломления равен отношению скорости света  $c$  в вакууме к скорости света  $v$  в среде:

$$n = \frac{c}{v}$$

- Законы отражения и преломления:  
 $\gamma = \alpha$ ;  $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$



## Закон полного отражения света

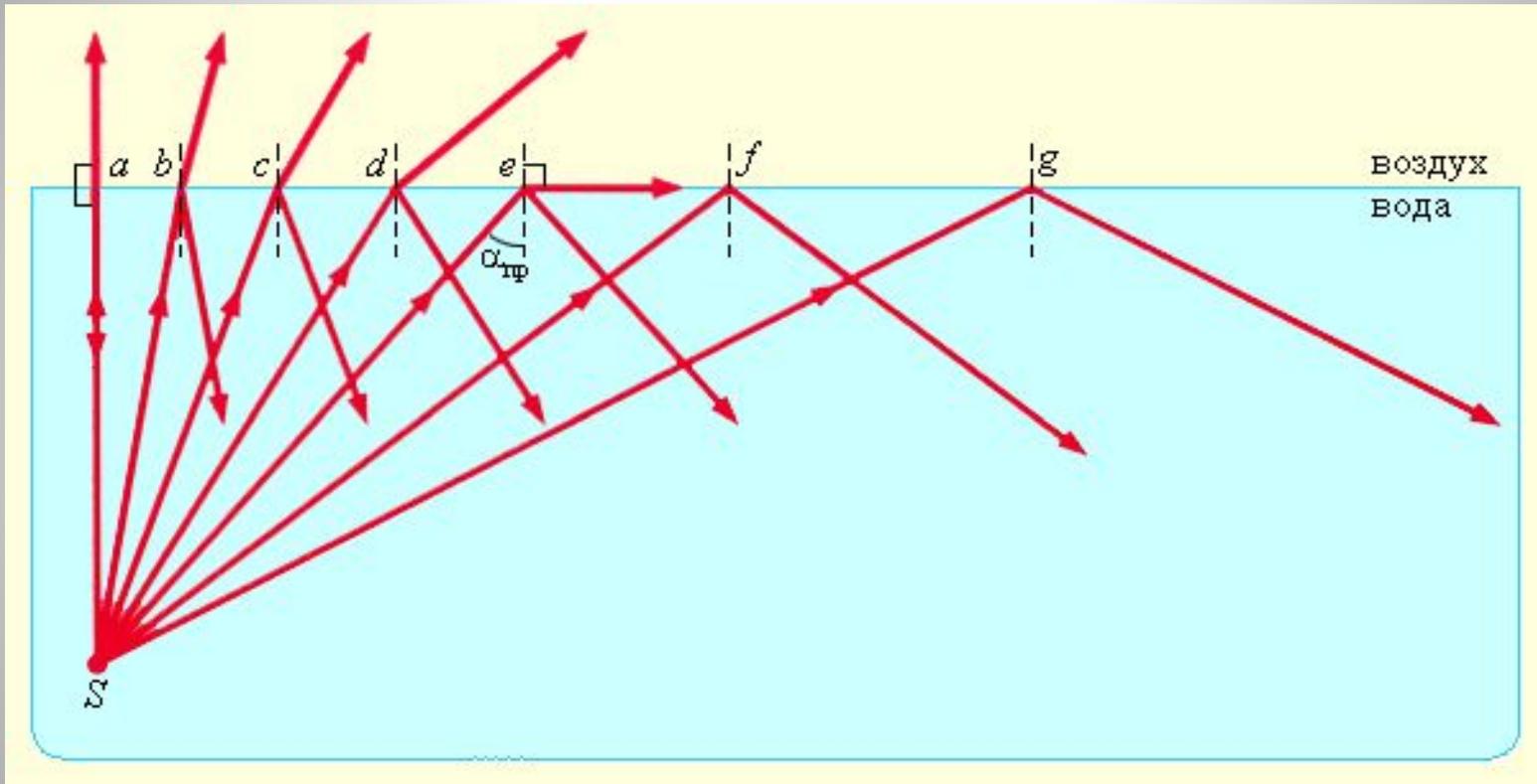
- При переходе света из оптически более плотной среды в оптически менее плотную  $n_2 < n_1$  (например, из стекла в воздух) можно наблюдать явление **полного отражения**, то есть исчезновение преломленного луча. Это явление наблюдается при углах падения, превышающих некоторый критический угол  $\alpha_{\text{пр}}$ , который называется **предельным углом полного внутреннего отражения**

Для угла падения  $\alpha = \alpha_{\text{пр}}$   $\sin \beta = 1$ ; значение  $\sin \alpha_{\text{пр}} = n_2 / n_1 < 1$ .

- Если второй средой является воздух ( $n_2 \approx 1$ ), то формулу удобно переписать в виде:  $\sin \alpha_{\text{пр}} = 1/n$

где  $n = n_1 > 1$  – абсолютный показатель преломления первой среды.

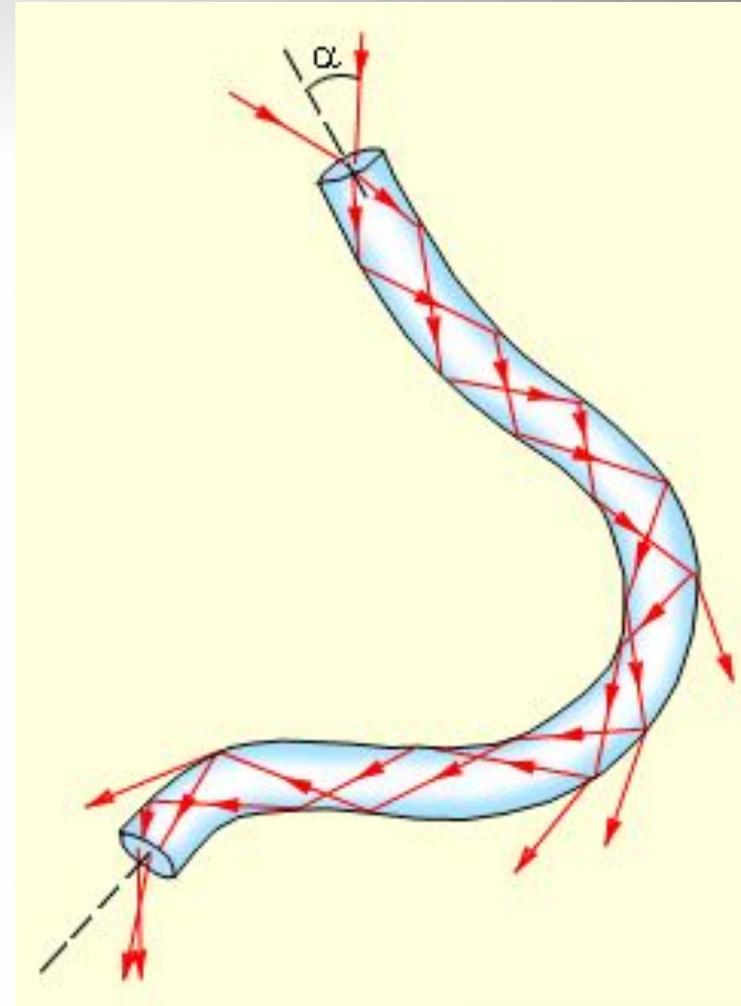
Для границы раздела стекло–воздух ( $n = 1,5$ ) критический угол равен  $\alpha_{\text{пр}} = 42^\circ$ , для границы вода–воздух ( $n = 1,33$ )  $\alpha_{\text{пр}} = 48,7^\circ$ .



Полное внутреннее отражение света на границе вода–воздух; S – точечный источник света

Явление полного внутреннего отражения находит применение во многих оптических устройствах. Наиболее интересным и практически важным применением является создание **волоконных световодов**, которые представляют собой тонкие (от нескольких микрометров до миллиметров) произвольно изогнутые нити из оптически прозрачного материала (стекло, кварц). Свет, попадающий на торец световода, может распространяться по нему на большие расстояния за счет полного внутреннего отражения от боковых поверхностей. Научно-техническое направление, занимающееся разработкой и применением оптических световодов, называется **волоконной оптикой**.

При сильном изгибе волокна закон полного внутреннего отражения нарушается, и свет частично выходит из волокна через боковую поверхность.



# Линзы

Линза представляет собой прозрачное тело, ограниченное с двух сторон криволинейными поверхностями

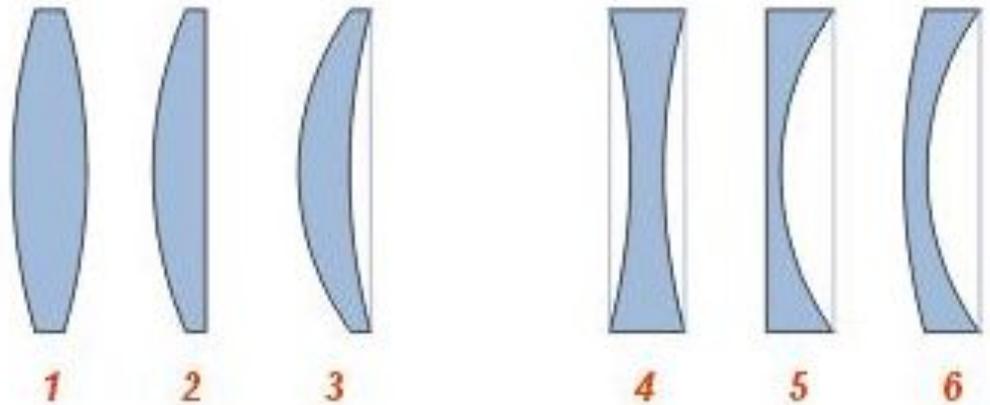
Различают шесть типов линз.

Собирающие:

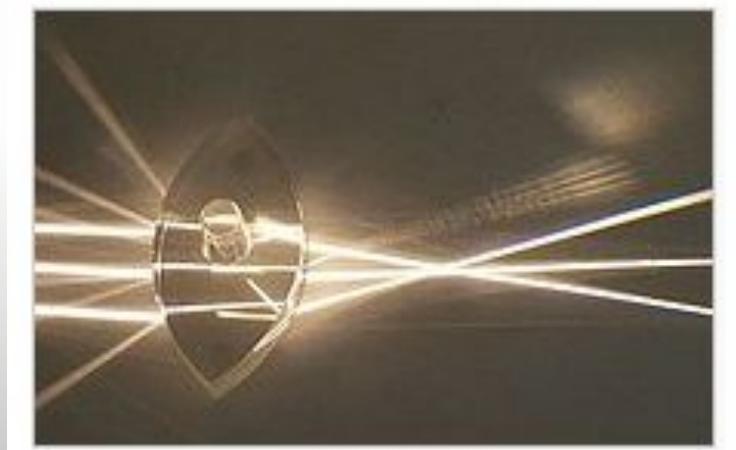
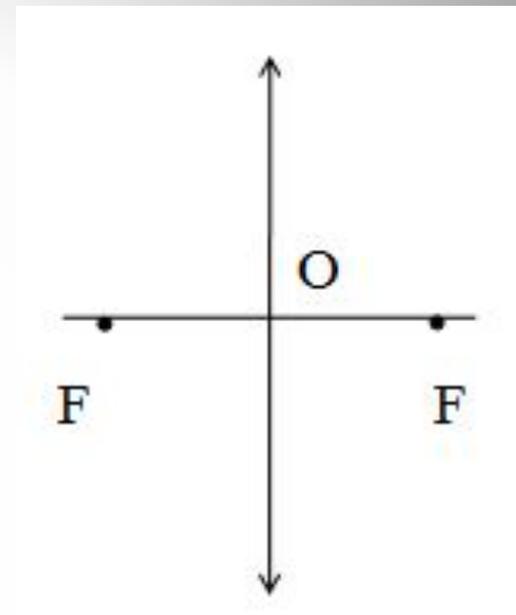
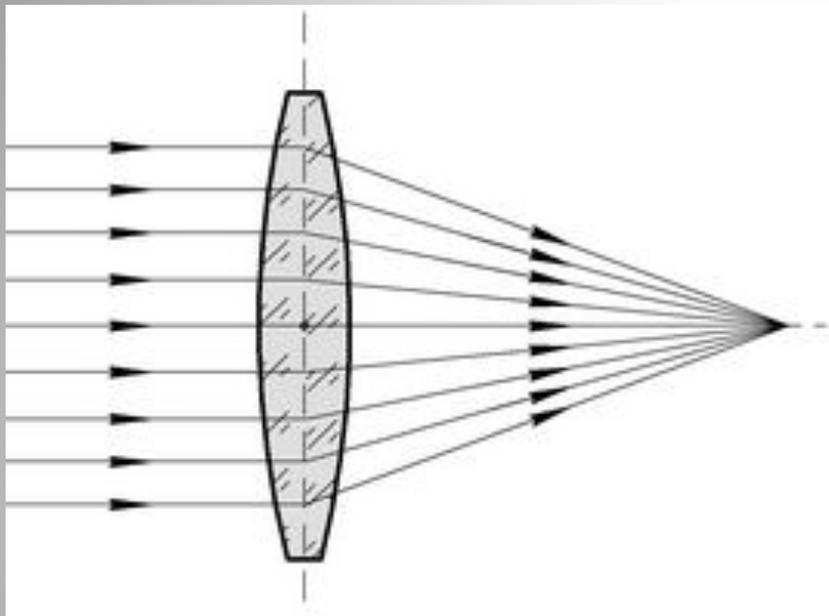
- 1 - двояковыпуклая,
- 2 - плоско-выпуклая,
- 3 - выпукло-вогнутая.

Рассеивающие:

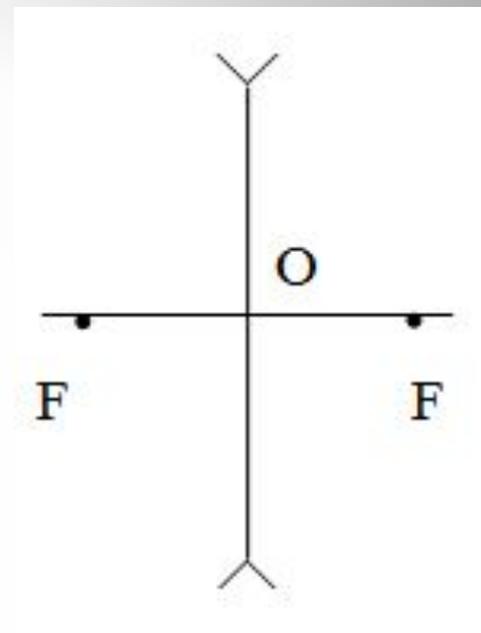
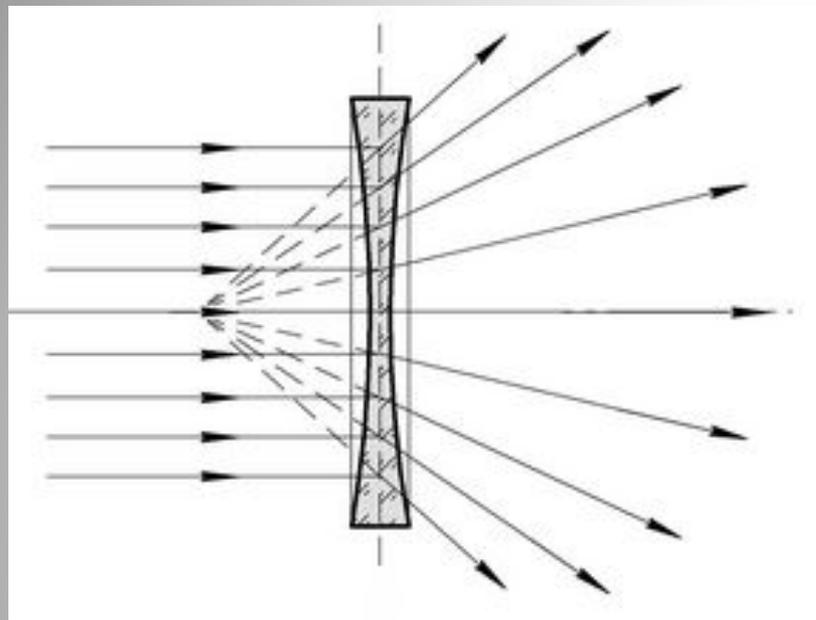
- 4 - двояковогнутая;
- 5 - плосковогнутая;
- 6 - вогнуто-выпуклая.



# Собирающая линза



# Рассеивающая линза



# Характеристики линз.

**NN** - главная оптическая ось - прямая линия, проходящая через центры сферических поверхностей, ограничивающих линзу;

**O** — оптический центр — точка, которая у двояковыпуклых или двояковогнутых (с одинаковыми радиусами поверхностей) линз находится на оптической оси внутри линзы (в её центре);

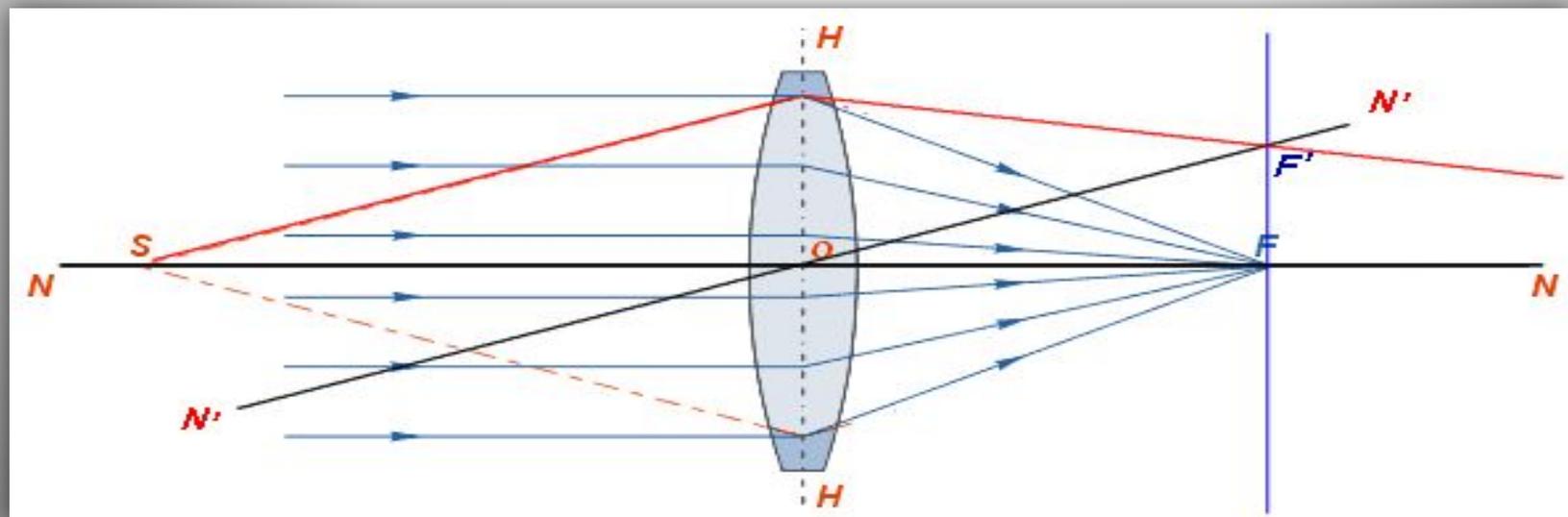
**F** - главный фокус линзы - точка, в которую собирается пучок света, распространяющийся параллельно главной оптической оси;

**OF** - фокусное расстояние;

**N'N'** - побочная ось линзы;

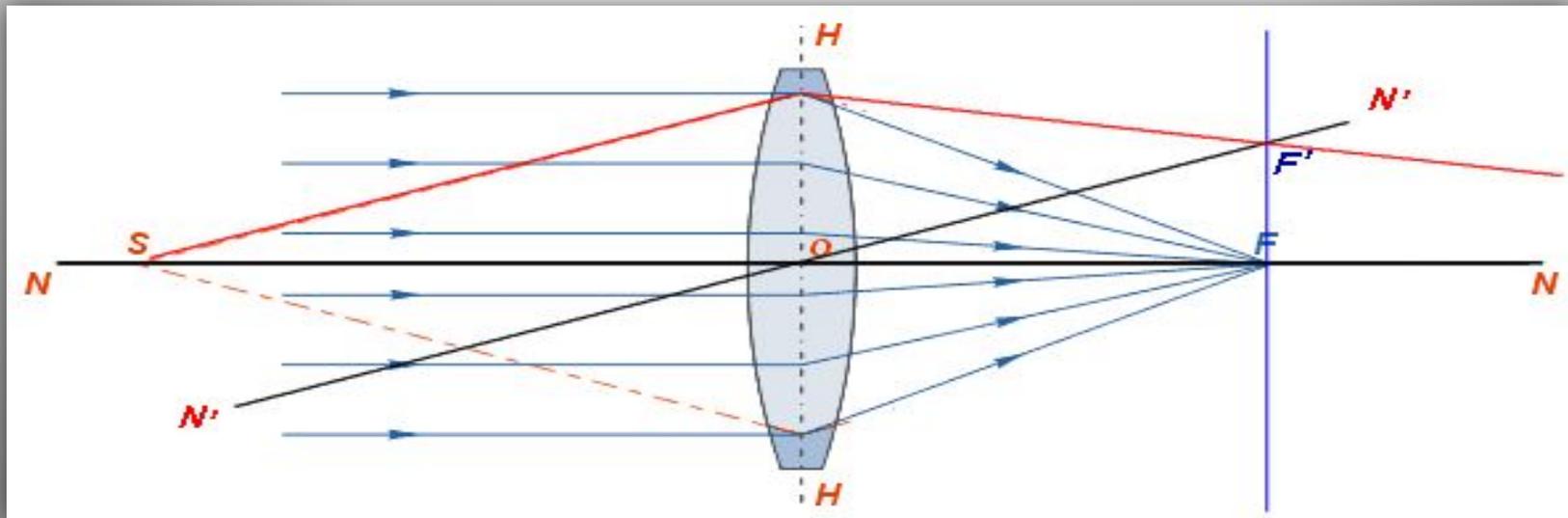
**F'** - побочный фокус;

**Фокальная плоскость** - плоскость, проходящая через главный фокус перпендикулярно главной оптической оси.



# Ход лучей в линзе

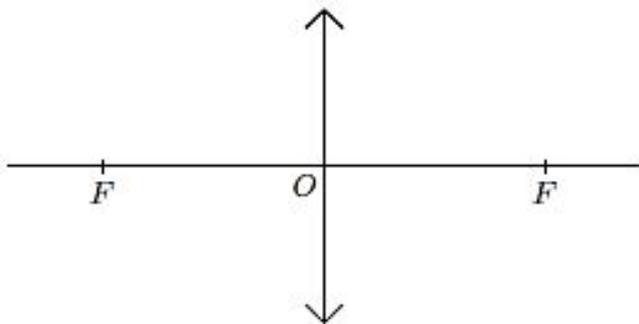
- ✓ Луч, идущий через оптический центр линзы ( $O$ ), не испытывает преломления.
- ✓ Луч, параллельный главной оптической оси, после преломления проходит через главный фокус ( $F$ ).
- ✓ Луч, проходящий через главный фокус ( $F$ ), после преломления идет параллельно главной оптической оси.
- ✓ Луч, идущий параллельно побочной оптической оси ( $N'N'$ ), проходит через побочный фокус ( $F'$ ).



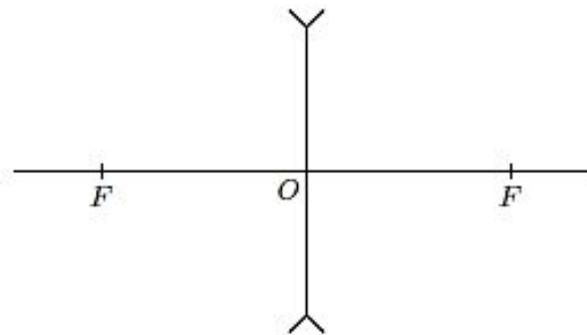
# Тонкая линза

Линза является тонкой, если толщина линзы много меньше радиусов кривизны её сферических границ и расстояния от линзы до предмета.

Условное обозначение тонкой собирающей линзы

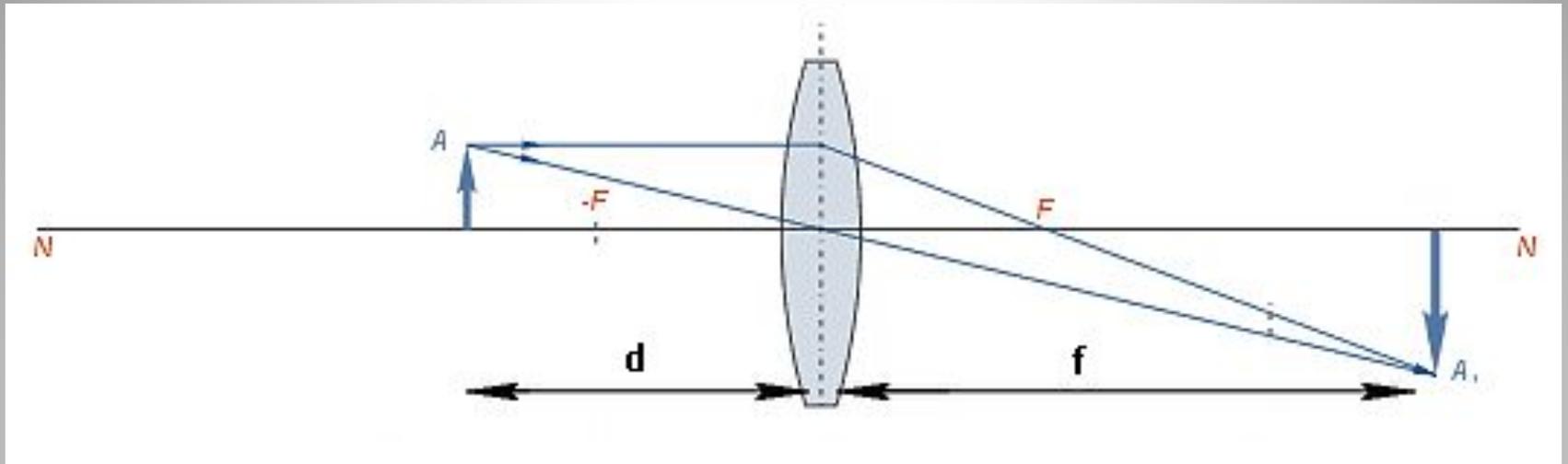


Условное обозначение тонкой рассеивающей линзы



В каждом случае прямая  $FF$  — это главная оптическая ось линзы, а сами точки  $F$  — её фокусы. Оба фокуса тонкой линзы расположены симметрично относительно линзы.

# Формула линзы



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

$F$  – фокусное расстояние линзы

$d$  – расстояние от предмета до линзы

$f$  – расстояние от изображения предмета до линзы

$$[F] = 1\text{м}$$

$$[d] = 1\text{м}$$

$$[f] = 1\text{м}$$

При использовании формулы линзы следует верно использовать правило знаков: **+F** - линза собирающая; **-F** - линза рассеивающая; **+d** - предмет действительный; **-d** - предмет мнимый; **+f** - изображение предмета действительное; **-f** - изображение предмета мнимое.

Величина, обратная фокусному расстоянию линзы, называется *оптической силой*.

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

$D$  – оптическая сила линзы

$F$  – фокусное расстояние

$$[F] = 1\text{м} \quad [D] = 1\text{дптр (диоптрия)}, 1\text{дптр} = 1\text{м}^{-1}$$

*Поперечное увеличение* – отношение линейного размера изображения к линейному размеру предмета.

$$\Gamma = \frac{h'}{h} = \frac{f}{d}$$

$\Gamma$  – увеличение линзы

$h'$  – линейный размер изображения

$h$  – линейный размер предмета

$f$  – расстояние от изображения предмета до линзы

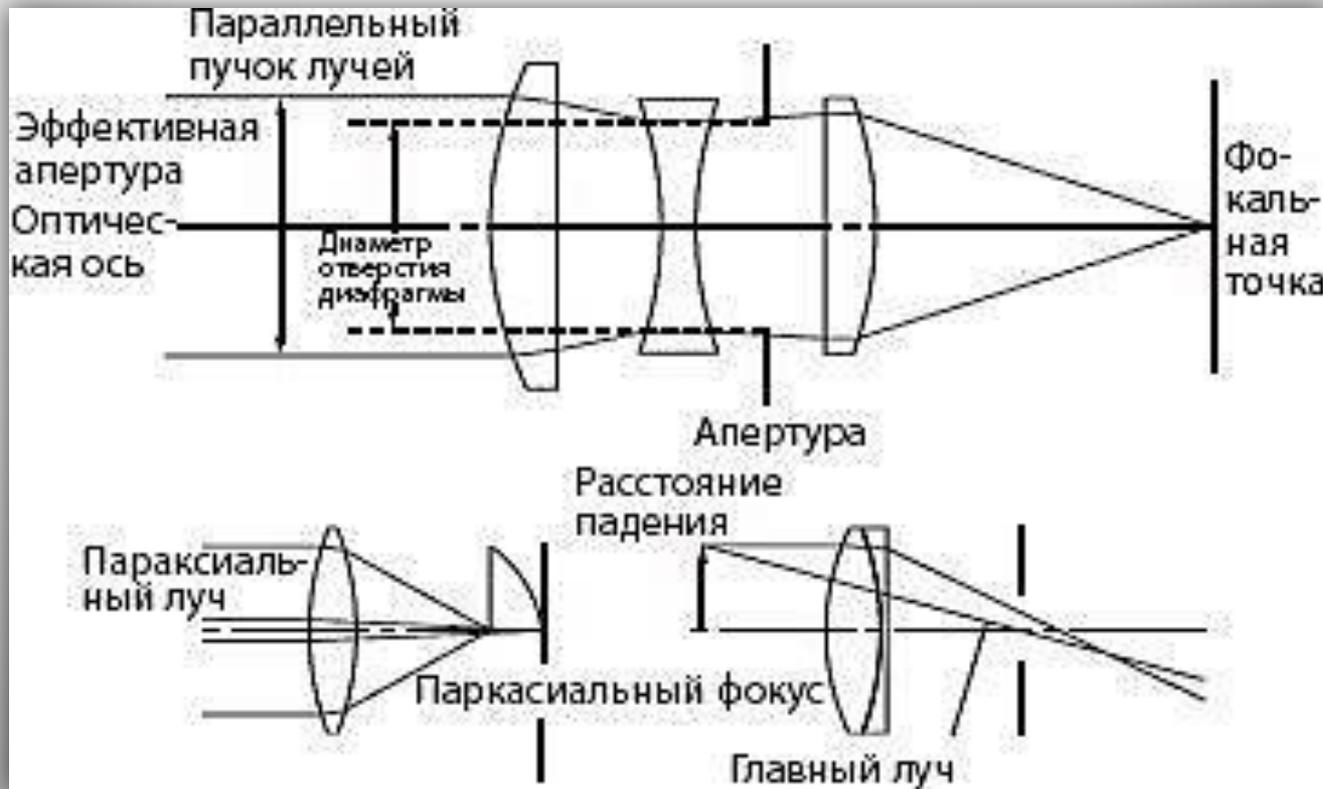
$d$  – расстояние от предмета до линзы

$$[h'] = 1\text{м} \quad [h] = 1\text{м} \quad [d] = 1\text{м} \quad [f] = 1\text{м}$$

$[\Gamma]$  – безразмерная

# Параксиальный луч

Световой луч, проходящий вблизи оптической оси и наклоненный под очень небольшим углом к оптической оси. Точка, в которой сходятся параксиальные лучи, называется параксиальной фокальной точкой.



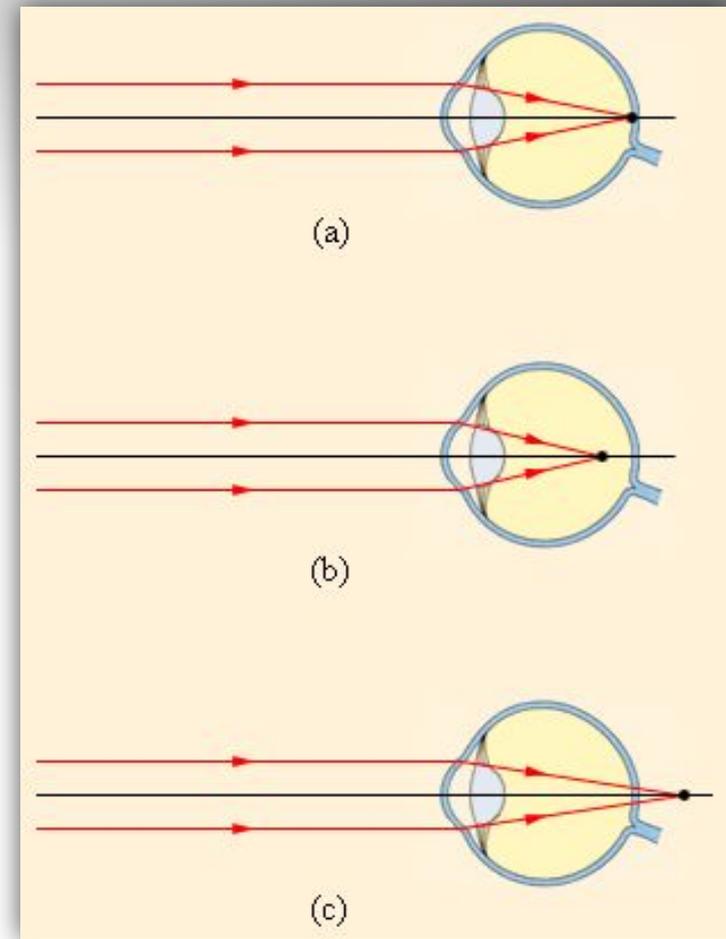
# Глаз как оптическая система

Глаз человека представляет собой сложную оптическую систему, которая по своему действию аналогична оптической системе фотоаппарата.

Основная особенность глаза как оптического инструмента состоит в способности рефлекторно изменять оптическую силу глазной оптики в зависимости от положения предмета. Такое приспособление глаза к изменению положения наблюдаемого предмета называется *аккомодацией*.

**Область аккомодации** глаза можно определить положением двух точек:

- **дальняя точка аккомодации** определяется положением предмета, изображение которого получается на сетчатке при расслабленной глазной мышце. У **нормального глаза** дальняя точка аккомодации находится в бесконечности.
- **ближняя точка аккомодации** – расстояние от рассматриваемого предмета до глаза при максимальном напряжении глазной мышцы. Ближняя точка нормального глаза располагается на расстоянии 10–20 см от глаза. С возрастом это расстояние увеличивается.



Изображение удаленного предмета в глазе:

а – нормальный глаз;

б – близорукий глаз;

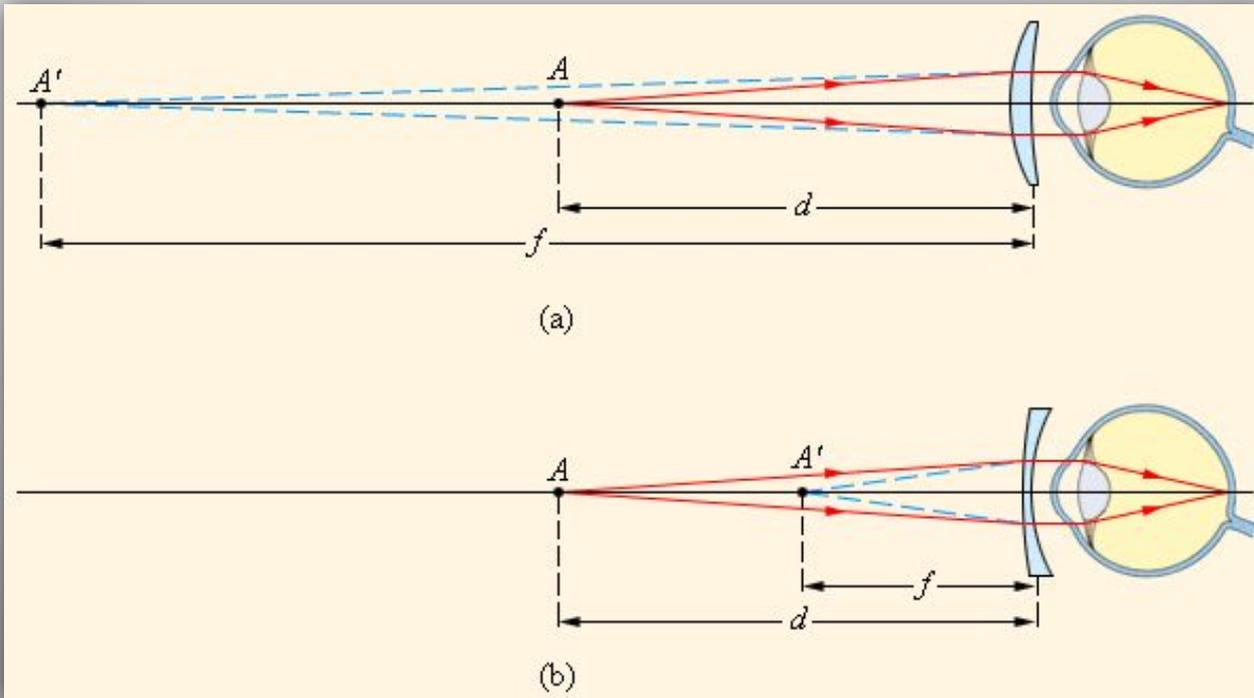
с – дальнозоркий глаз

Если, дальняя точка аккомодации близоручого глаза находится на расстоянии 80 см, то применяя формулу тонкой линзы получим:

$$d = \infty, f = -0,8 \text{ м, следовательно, дптр.}$$

Близорукий глаз имеет расстояние наилучшего зрения 16 см. По формуле тонкой линзы получим:

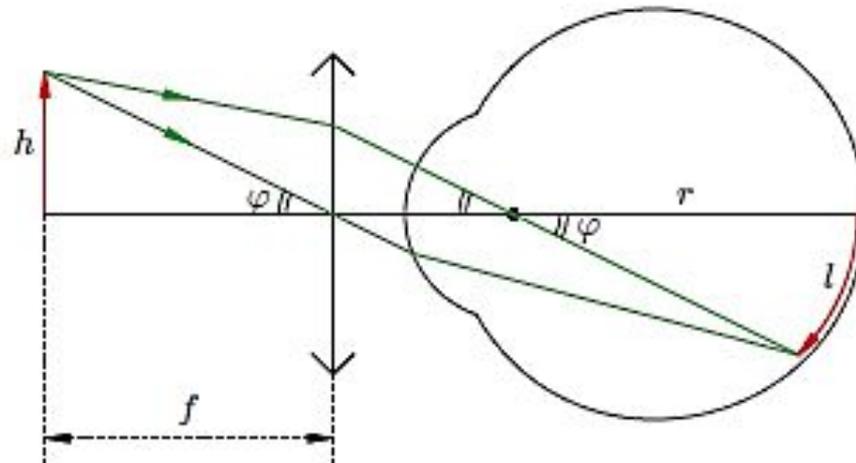
$$d = d_0 = 0,25 \text{ м, } f = -0,16 \text{ м, следовательно, дптр}$$



# Оптические приборы

## Лупа

Лупа — это просто собирающая линза (или система линз); фокусное расстояние лупы обычно находится в диапазоне от 5 до 125 мм. Предмет, разглядываемый через лупу, помещается в её фокальной плоскости. В таком случае лучи, исходящие из каждой точки предмета, после прохождения лупы становятся параллельными, и глаз фокусирует их на сетчатке, не испытывая напряжения.

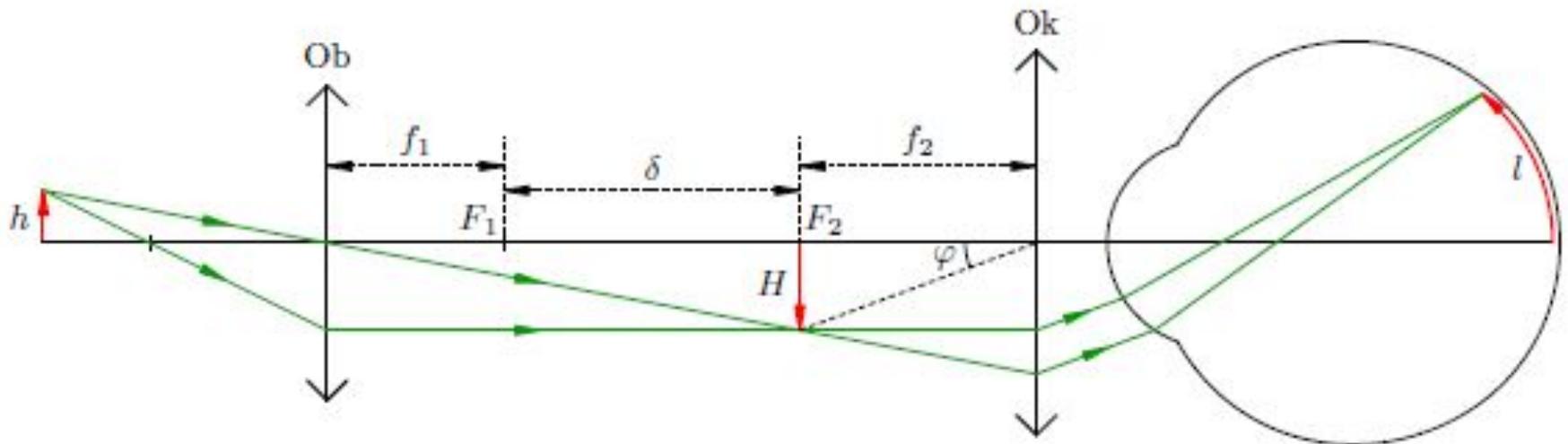


# Микроскоп

Микроскоп содержит две собирающие линзы (или две системы таких линз) — объектив и окуляр. Объектив обращён к объекту, а окуляр — к глазу.

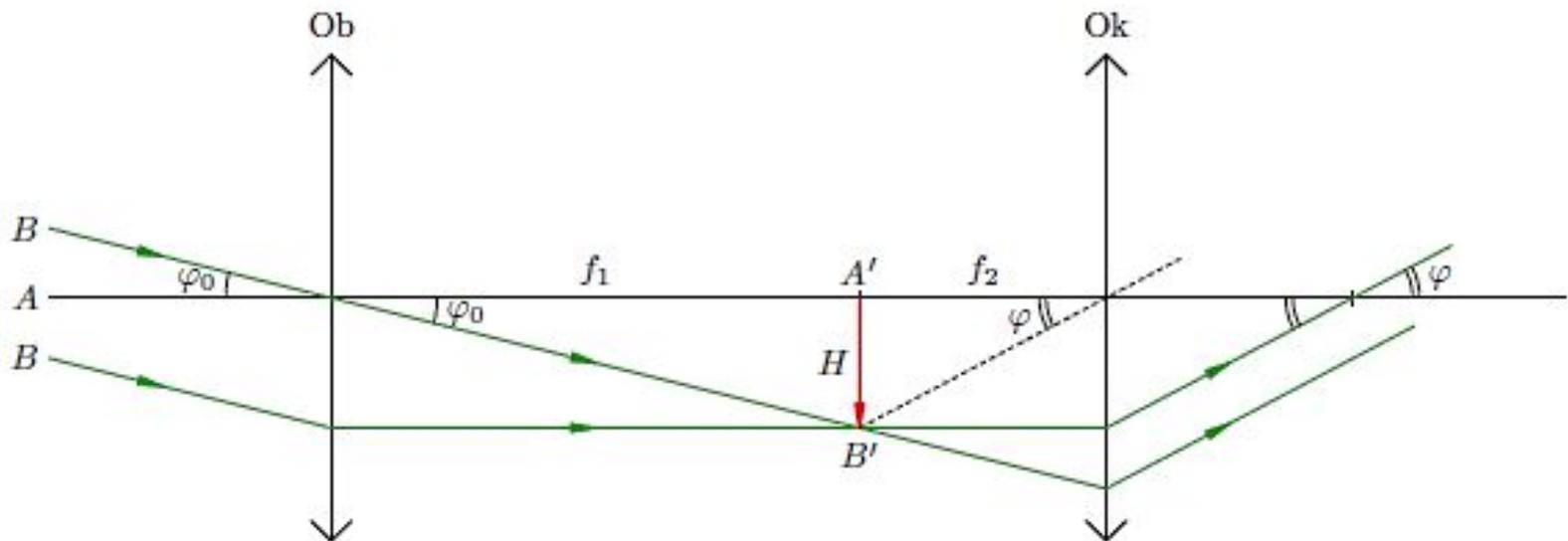
Идея микроскопа проста. Рассматриваемый объект находится между фокусом и двойным фокусом объектива, так что объектив даёт увеличенное (действительное перевёрнутое) изображение объекта. Это изображение располагается в фокальной плоскости окуляра и затем рассматривается в окуляр как в лупу.

Обозначения на рисунке:  $f_1$  — фокусное расстояние объектива Об;  $f_2$  — фокусное расстояние окуляра Ок;  $h$  — размер объекта;  $H$  — размер изображения объекта, даваемого объективом. Расстояние  $\delta = F_1F_2$  между фокальными плоскостями объектива и окуляра называется оптической длиной тубуса микроскопа



# Труба Кеплера

Принцип действия трубы Кеплера очень прост: объектив даёт изображение удалённого объекта в своей фокальной плоскости, а затем это изображение рассматривается в окуляр как в лупу. Таким образом, задняя фокальная плоскость объектива совпадает с передней фокальной плоскостью окуляра.

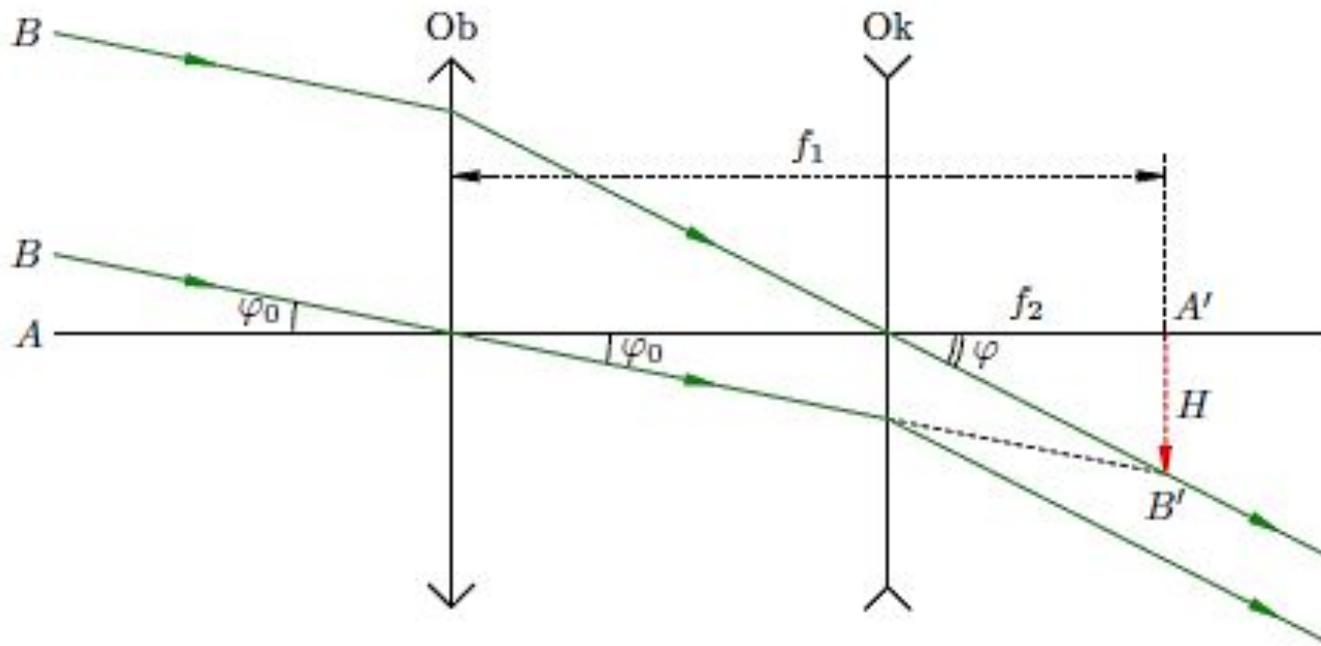


Объектом служит далеко расположенная стрелка АВ, направленная вертикально вверх; она не показана на рисунке. Луч из точки А идёт вдоль главной оптической оси объектива и окуляра. Из точки В идут два луча, которые ввиду удалённости объекта можно считать параллельными. В результате изображение А'В' нашего объекта, даваемое объективом, расположено в фокальной плоскости объектива и является действительным, перевёрнутым и уменьшенным. Размер изображения обозначим Н.

## Труба Галилея

Галилей изобрёл свой телескоп в 1609 году, и его астрономические открытия потрясли современников. Он обнаружил спутники Юпитера и фазы Венеры, разглядел лунный рельеф (горы, впадины, долины) и пятна на Солнце, а сплошной с виду Млечный Путь оказался скоплением звёзд. Окуляром трубы Галилея служит рассеивающая линза; задняя фокальная плоскость объектива совпадает с задней фокальной плоскостью окуляра

Если бы окуляра не было, то изображение  $A'B'$  удалённой стрелки  $AB$  находилось бы в фокальной плоскости объектива. На рисунке это изображение показано пунктиром — ведь в реальности его там нет!



# Список литературы:

1. Р.И. Грабовский. Курс Физики. – СПб .: Лань, 2007 г.
2. И.В. Яковлев. Материалы по физике. – М .:Наука, 2000 г.
3. И.В. Савельев. Курс общей физики. Том 3. – Москва .: 1997 г.
4. А.И.Биняева. Презентация «Геометрическая оптика».