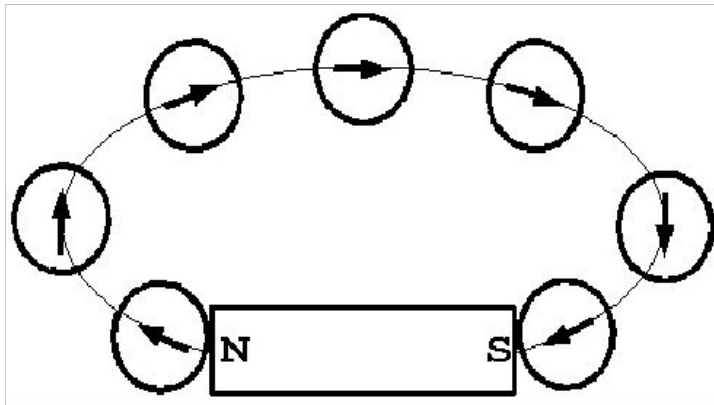


Магнитное поле

Силовые линии

Магнитное поле создается постоянными магнитами или движущимися зарядами, в частности электрическим током. Для обнаружения магнитного поля можно использовать постоянный магнит, например, стрелку компаса.



Силовые линии магнитного поля проводят таким образом, чтобы стрелка компаса располагалась по касательной к силовой линии магнитного поля в любой точке поля.

Силовые линии всегда выходят из северного полюса магнита, входят в южный и замыкаются внутри магнита.

Закон Ампера

Ампер экспериментально обнаружил, что на проводник с током, помещенный в магнитное поле, действует сила

$$F = I \cdot l \cdot B \sin \theta ,$$

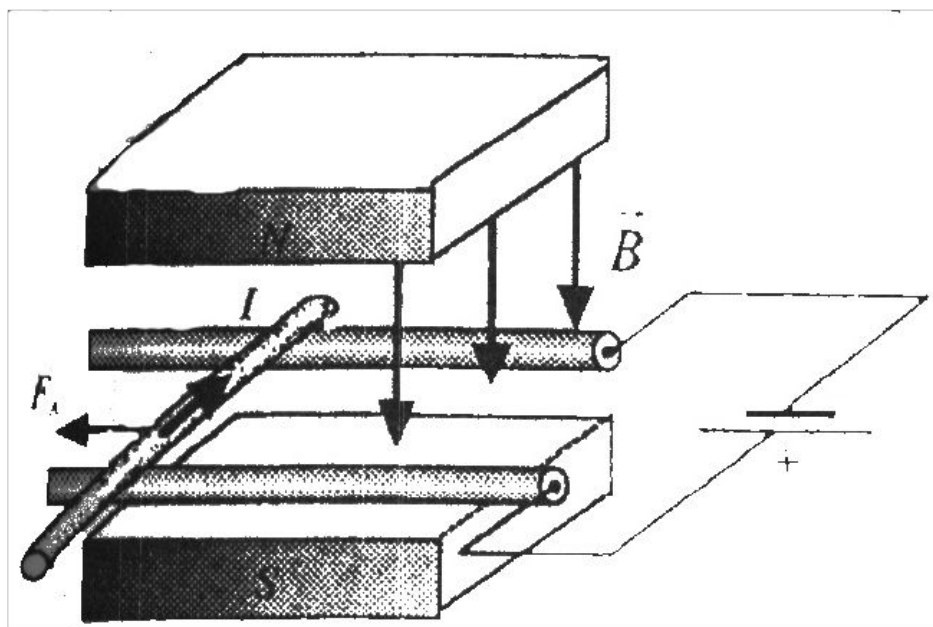
где I - сила тока в проводнике,

l - длина проводника, находящегося в магнитном поле,

B - магнитная индукция (силовая характеристика магнитного поля),

θ - угол между проводником и направлением магнитного поля.

Направление действия силы Ампера определяется **правилом левой руки**, которое формулируется следующим образом: если левую руку расположить так, чтобы линии индукции входили в ладонь, а вытянутые пальцы показывали направление тока, то отогнутый большой палец покажет направление силы.



Из закона Ампера можно установить физический смысл вектора индукции магнитного поля:

$$B = \frac{F}{I \cdot l} ,$$

Индукция магнитного поля численно равна силе, действующей на прямолинейный участок проводника с током единичной длины, расположенный перпендикулярно силовым линиям магнитного поля, по которому течет ток, равный единице силы тока.

Размерность магнитной индукции в системе СИ:

$$[B] = \frac{1Н}{1А \bullet 1м} = 1Тл \quad (\text{Тесла}).$$

Для характеристики магнитного поля вводится вектор напряженности магнитного поля \mathbf{H} , не зависящий от свойств среды. Между векторами индукции \mathbf{B} и напряженности \mathbf{H} существует связь

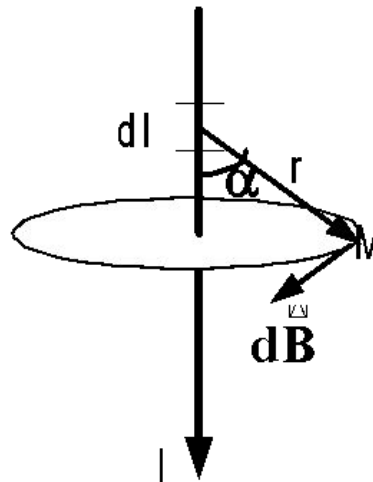
$$\mathbf{B} = \mu \cdot \mu_0 \cdot \mathbf{H},$$

где μ - относительная магнитная проницаемость среды, она показывает, во сколько раз индукция магнитного поля в среде отличается от индукции в вакууме,

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2$ (Гн/м) - магнитная постоянная (магнитная проницаемость в вакууме). [Генри] - единица индуктивности.

Единица измерения напряженности магнитного поля H - ампер на метр [А/м].

Закон Био-Савара-Лапласа



Элемент тока создает вокруг себя магнитное поле, величину и направление которого в каждой точке поля определяют с помощью закона Био-Савара-Лапласа. В скалярной форме закон Био-Савара-Лапласа можно представить так:

$$dB = \frac{\mu_0 \cdot \mu \cdot I \cdot dl \cdot \sin \alpha}{r^2} .$$

Закон Био-Савара-Лапласа утверждает, что элемент проводника с током создает в точке М магнитное поле, величина индукции которого пропорциональна величине элемента тока $I \cdot dl$, синусу угла α между направлением тока и радиус- вектором \mathbf{r} точки М и обратно пропорциональна квадрату расстояния между элементом тока и точкой М.

Вектор $d\mathbf{B}$ перпендикулярен плоскости, содержащей элемент тока $I dl$ и радиус- вектор \mathbf{r} , а направление $d\mathbf{B}$ определяется по **правилу правой руки**:

проводник мысленно охватывается правой рукой так, чтобы большой палец располагался в направлении тока; тогда остальные пальцы загибаются в направлении силовых линий.

Сила Лоренца

Магнитное поле действует не только на проводники с током, но и на отдельные движущиеся заряды.

Силу, действующую на заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле, называют **силой Лоренца**.

Сила, которую испытывает проводник тока в магнитном поле – это результирующая всех сил, действующих на отдельные заряды, движущиеся в проводнике:

$$F_A = I \cdot l \cdot B \sin \theta .$$

Тогда сила Лоренца $F_L = F_A / N$,

где N - число зарядов, движущихся в проводнике.

Силу тока представим через плотность тока

$$I = jS = qn\mathcal{E}S ,$$

где q - величина заряда отдельной частицы,
 n - число частиц в единице объема.

Представим: $N = nSl$.

Тогда сила, действующая на отдельный заряд, движущийся в магнитном поле равна

$$F_{\text{л}} = \frac{qn\mathcal{E}SlB \sin \theta}{nSl} = q\mathcal{E}B \sin \theta.$$

Направление силы для положительного заряда определяется по **правилу левой руки**.

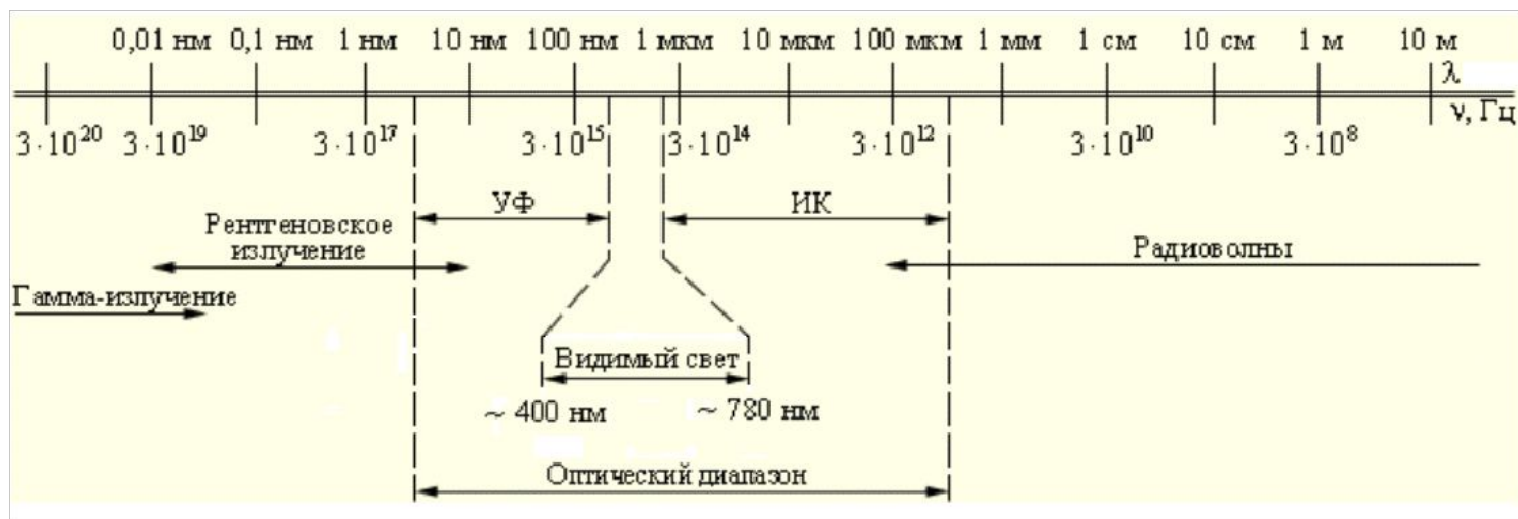
Если частица имеет отрицательный заряд, то направление силы будет противоположным.



Геометрическая оптика

Свет – частный случай электромагнитной волны, которая воздействуя на глаза, вызывает зрительные ощущения.

В зависимости от длины волны или частоты выделяют различные диапазоны электромагнитных волн, границы которых показаны на рисунке.



Отвлекаясь от волновой природы света, его распространение можно в первом приближении рассматривать вдоль некоторых линий, называемых лучами. **Геометрическая оптика** рассматривает свет как совокупность лучей (пучок света).

Луч – линия в пространстве, которая в любой точке среды перпендикулярна фронту световой волны, т.е. луч совпадает с направлением распространения волны.

Законы геометрической оптики

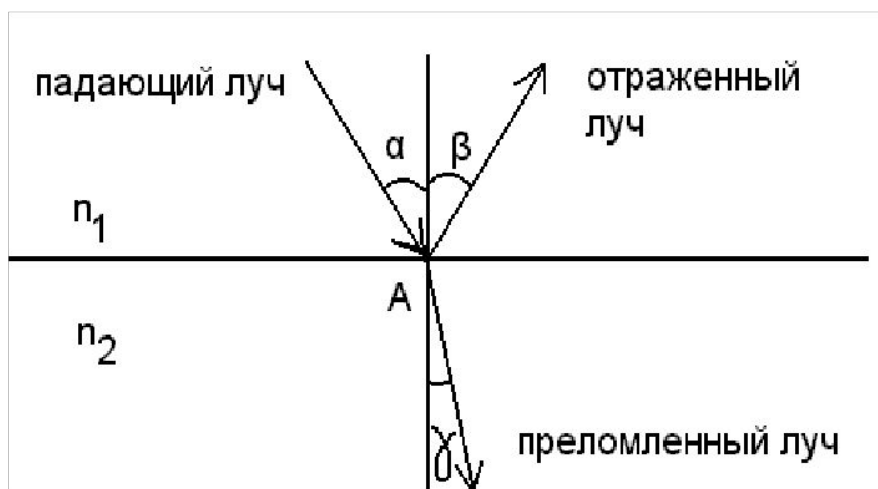
Основу геометрической оптики образуют четыре закона: 1) закон прямолинейного распространения света; 2) закон независимости световых лучей; 3) закон отражения света; 4) закон преломления света.

Закон прямолинейного распространения света утверждает, что в однородной среде свет распространяется прямолинейно.

Закон независимости световых лучей утверждает, что лучи при пересечении не взаимодействуют друг с другом. Пересечение лучей не мешает каждому из них распространяться независимо друг от друга.

Закон отражения света утверждает, что отраженный от поверхности луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром, восстановленным в точку падения A , *угол отражения β равен углу падения α* :

$$\alpha = \beta.$$



Закон преломления света можно сформулировать так: преломленный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и нормалью, восстановленной в точку падения А, угол падения α связан с углом преломления γ следующим образом

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \gamma ,$$

где n - показатель преломления среды

$$n = \frac{c}{g} ,$$

где c - скорость распространения света в вакууме (воздухе),

g - скорость распространения света в рассматриваемой среде.

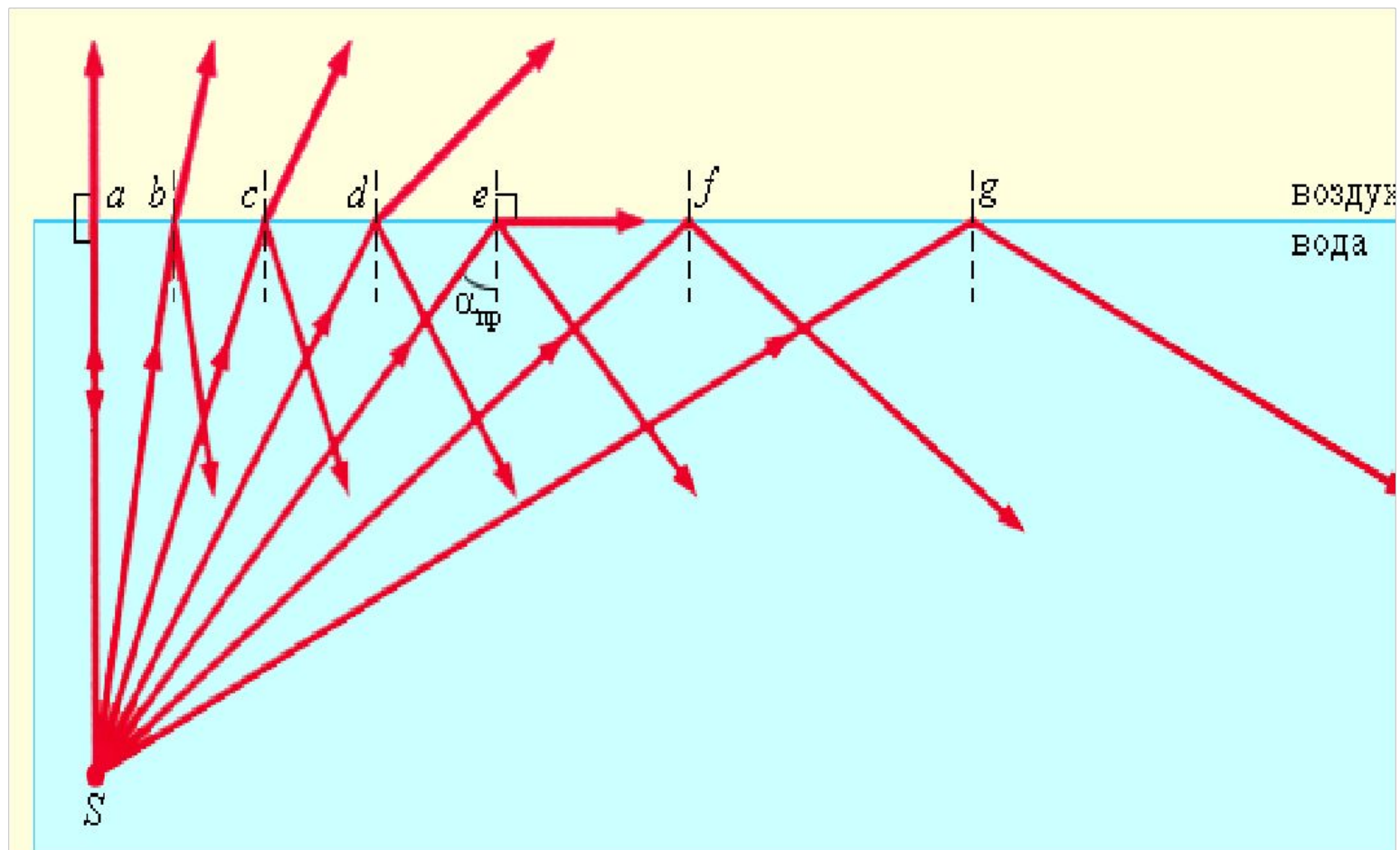
$$c = 3 \times 10^8 \text{ м/с} / \tilde{n} .$$

Явление полного внутреннего отражения

При переходе света из оптически более плотной среды в оптически менее плотную ($n_1 > n_2$) луч света удаляется от нормали к поверхности раздела двух сред, т.е. угол γ больше угла α . Увеличение угла падения α сопровождается ростом угла преломления γ и, при достижении углом α значения

$$\alpha_{\text{пред}} = \arcsin(n_2/n_1),$$

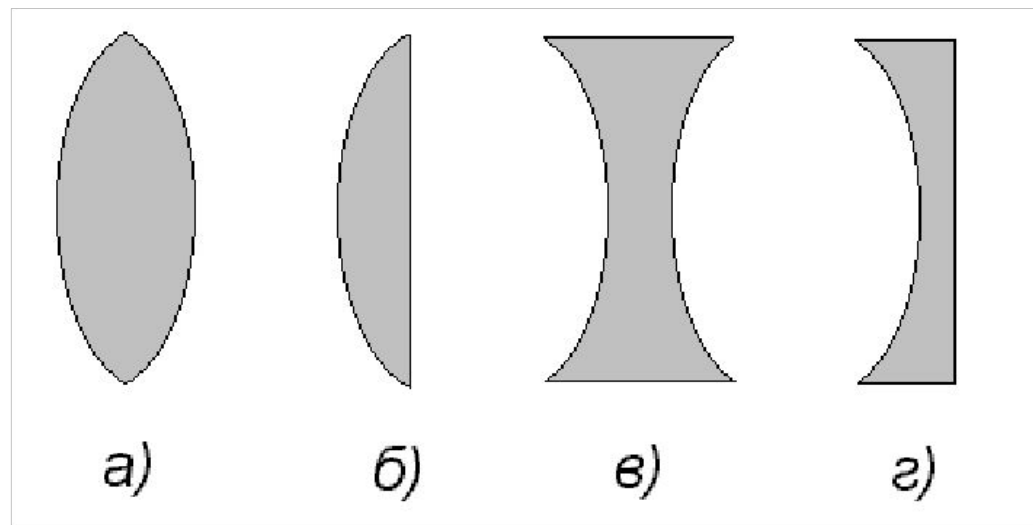
угол γ становится равным $\pi/2$. Угол падения, при котором угол преломления равен $\pi/2$, называется **предельным углом падения**. Если угол падения α будет больше предельного угла падения $\alpha_{\text{пред}}$, то наблюдается явление **полного внутреннего отражения**: свет, падающей на границу раздела двух сред полностью отражается обратно в первую среду, а преломление прекращается.



Формирование изображения с помощью линз

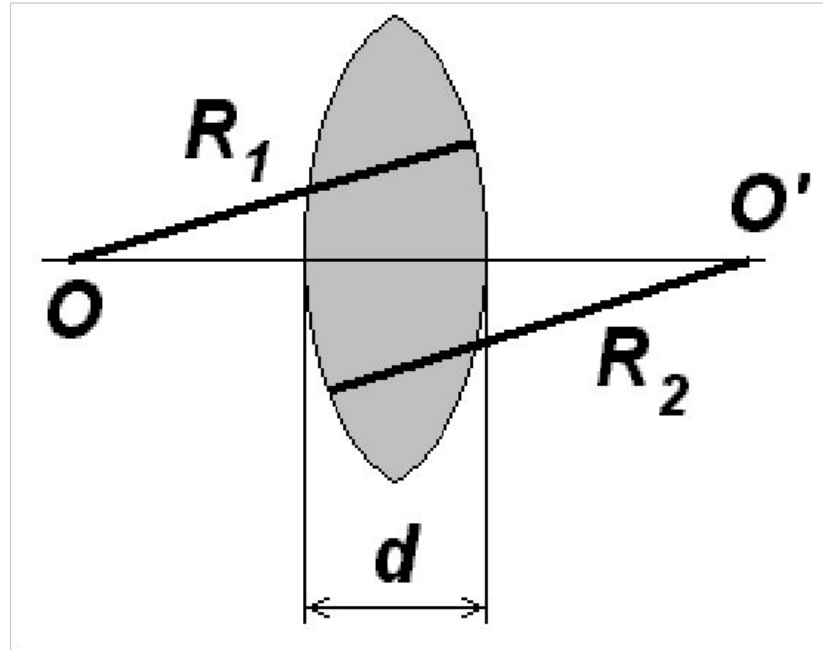
Линза – прозрачное тело, ограниченное двумя поверхностями, одна из которых сферическая, а вторая – сферическая или плоская. Обычно линзы делают из стекла.

Различают двояковыпуклые (а), плосковыпуклые (б), двояковогнутые (в), плосковогнутые (г) линзы.

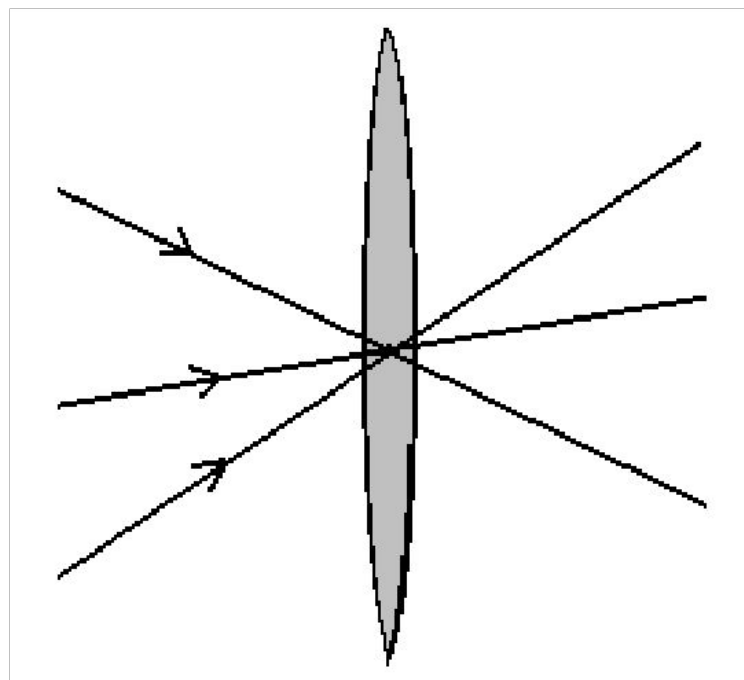


Параметры линзы:

1. Главная оптическая ось - проходит через центры кривизны поверхностей (O , O' на рисунке):

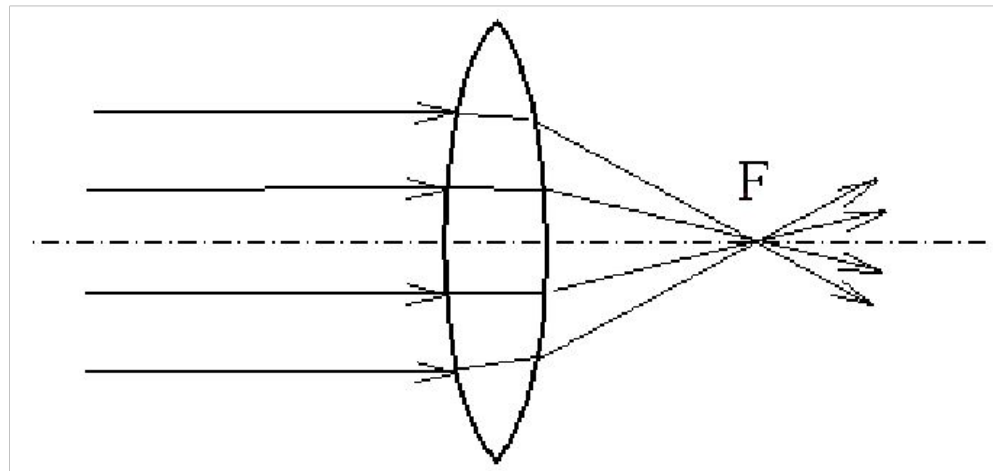


2. **Оптический центр линзы** – точка, лежащая на главной оптической оси, обладающая свойством, что проходящие через нее лучи не меняют своего направления после преломления в линзе:



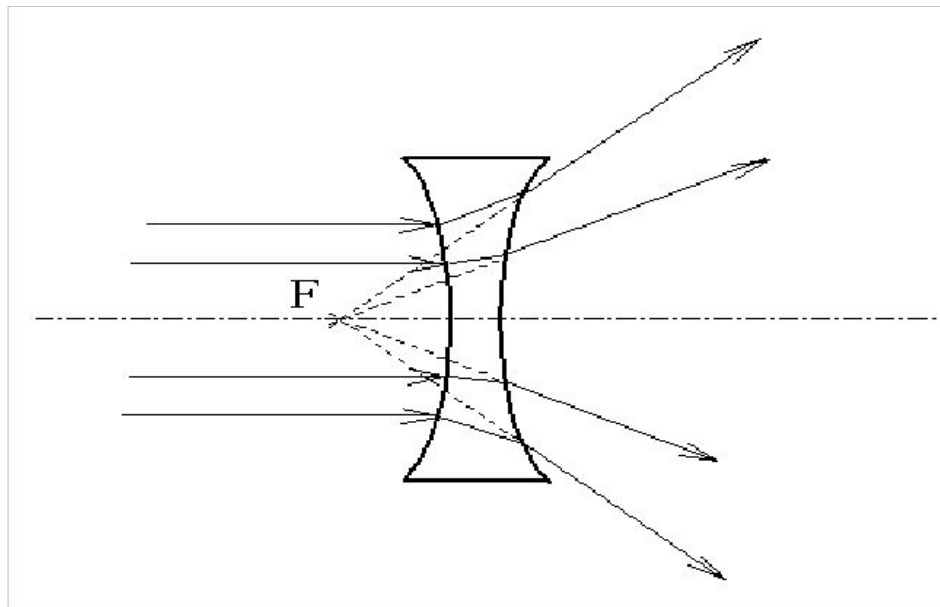
3. Линзы бывают собирающими и рассеивающими.

Собирающая линза в средней части толще и отклоняет лучи к оптической оси, если показатель преломления линзы больше показателя преломления среды.



Фокус собирающей линзы - точка на оптической оси, в которой после преломления в линзе собираются все лучи, которые падают на нее параллельно главной оптической оси.

Рассеивающая линза в средней части тоньше и отклоняет лучи от оптической оси.



Фокус рассеивающей линзы - точка на оптической оси, в которой после преломления в линзе собираются продолжения всех лучей, которые падают на нее параллельно главной оптической оси.

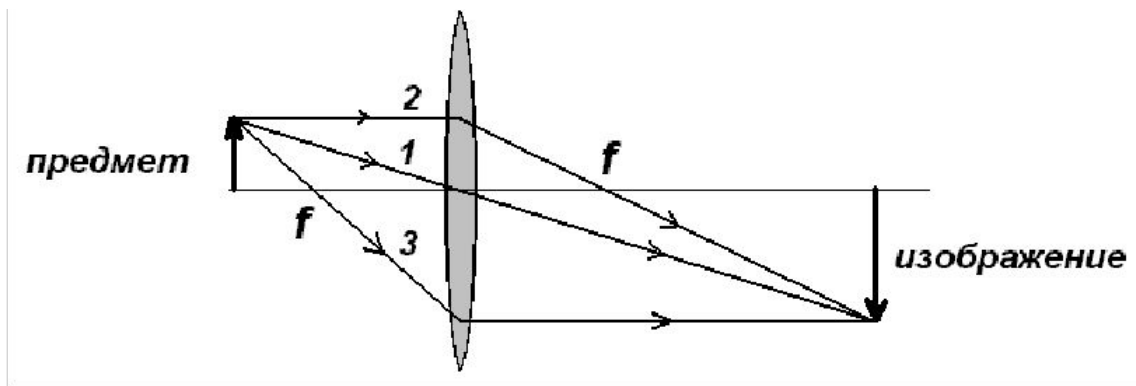
Построение изображения в линзе

При построении изображения в линзе используют следующий принцип: изображение точки предмета будет находиться на пересечении преломленных в линзе лучей, которые вышли из данной точки предмета.

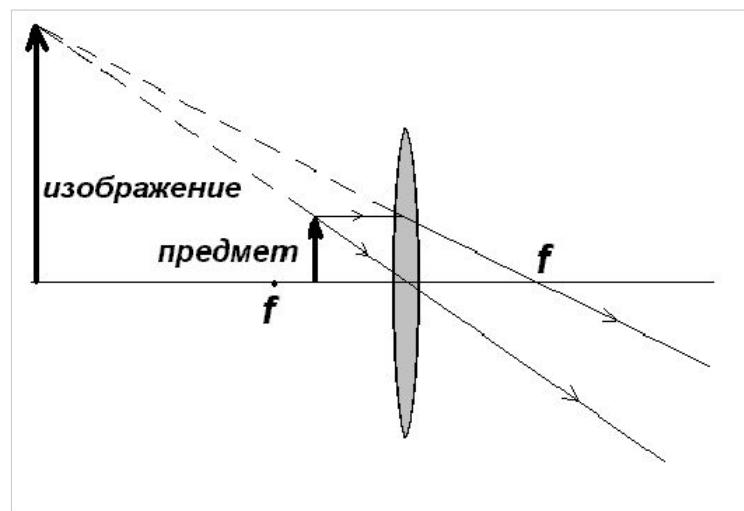
Правило трех лучей.

Чаще всего при построении изображения используют следующие три луча:

1. Луч, идущий через оптический центр линзы - не меняет своего направления после преломления в линзе.
2. Луч, идущий параллельно главной оптической оси - после преломления в линзе пойдет через задний фокус.
3. Луч, идущий через передний фокус - после преломления в линзе пойдет параллельно главной оптической оси.



а) Действительное изображение



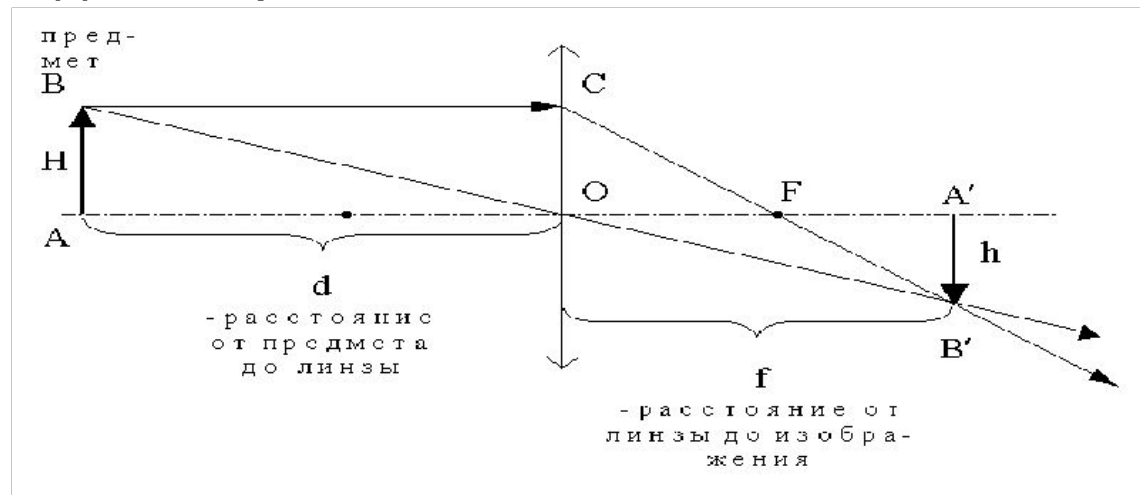
б) Мнимое изображение

Формула тонкой линзы.

ФОРМУЛА ТОНКОЙ ЛИНЗЫ СВЯЗЫВАЕТ МЕЖДУ СОБОЙ РАССТОЯНИЯ ОТ ПРЕДМЕТА ДО ЛИНЗЫ И ОТ ЛИНЗЫ ДО ИЗОБРАЖЕНИЯ С ФОКУСНЫМ РАССТОЯНИЕМ ЛИНЗЫ. Для СОБИРАЮЩЕЙ ЛИНЗЫ:

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

где F - фокусное расстояние линзы, D - оптическая сила линзы, d - расстояние от предмета до центра линзы, f - расстояние от центра линзы до изображения.



Данная формула не применяется без правила знаков, которое читается следующим образом:

Если измерение расстояния совпадает с направлением хода луча, то данное расстояние в формулу вносится со знаком плюс, если расстояние отсчитывается противоположно направлению хода луча, то ставим знак минус.

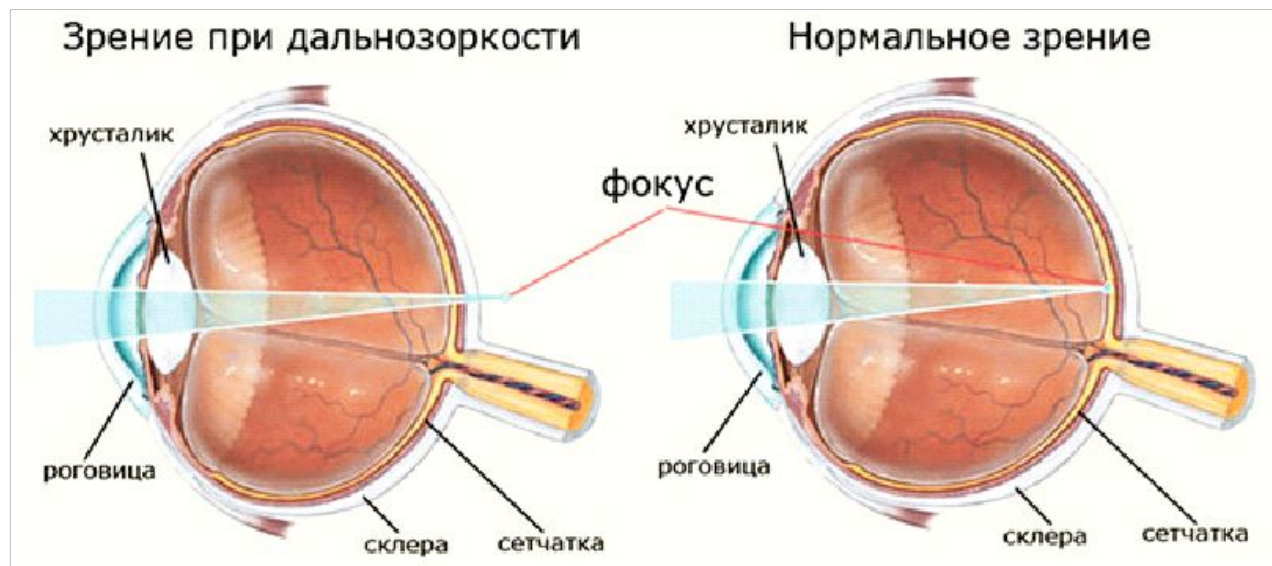
Уравнение шлифовальщика

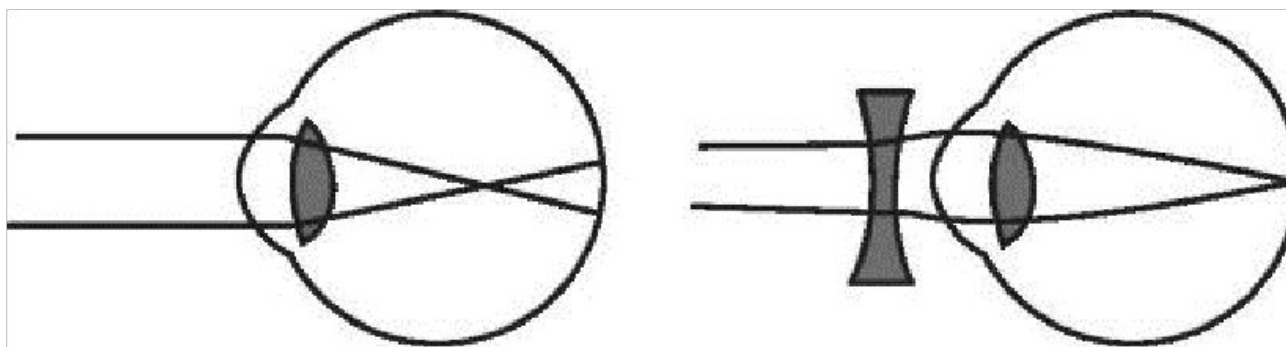
$$(n_{\text{лин}}/n_{\text{среды}} - 1) (1/R_1 - 1/R_2) = 1/F = D,$$

Правило знаков:

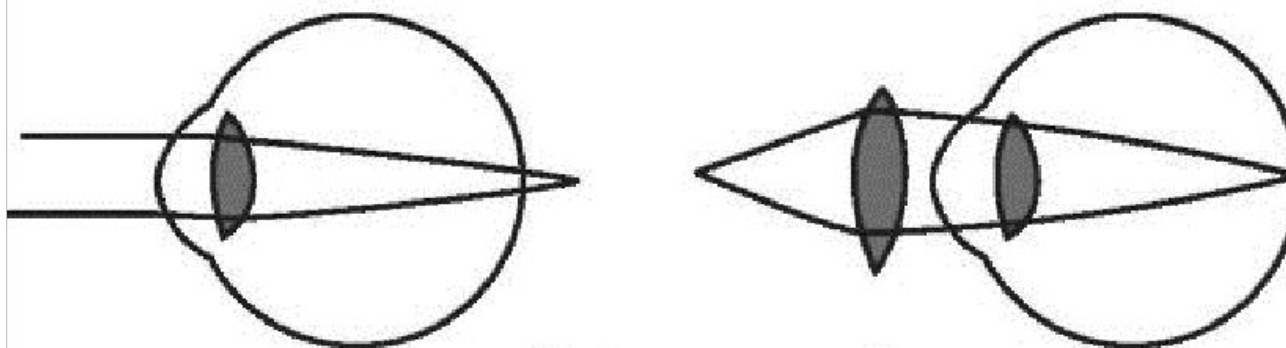
$R_1, R_2 > 0$, для луча, падающего на выпуклую поверхность,

$R_1, R_2 < 0$, для луча, падающего на вогнутую поверхность.





а Близорукий глаз



б Дальнозоркий глаз