
Лекции по физике. Оптика

Геометрическая оптика

Список литературы

- Т.И. Трофимова. Курс физики
- Б.М. Яворский, А.А. Детлаф. Курс физики. Т.3
- Г.С. Ландсберг. Оптика

Основные законы оптики

1. **Закон прямолинейного распространения света (в однородной среде)**
2. **Закон независимости световых пучков (в линейной оптике)**
3. **Закон отражения света**
4. **Закон преломления света**

Закон прямолинейного распространения света

- Свет в оптически однородной среде распространяется прямолинейно
- Доказательством является наличие резкой тени от предметов
- Этот закон нарушается в случае малых размеров освещаемых объектов

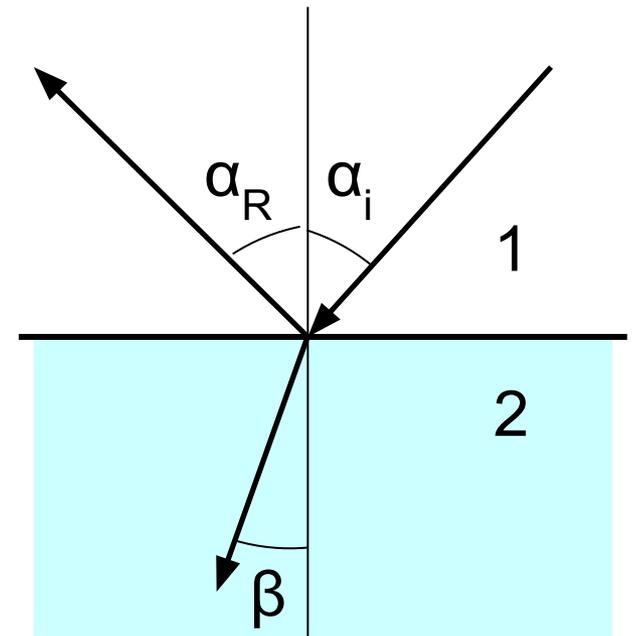
Закон независимости световых пучков

- Эффект, производимый несколькими световыми пучками, является суммой эффектов, производимых каждым пучком
- Этот закон может нарушаться в случае сильных световых потоков. Такие отклонения рассматриваются в **нелинейной оптике**
- Другой случай отклонения от закона независимости световых пучков связан с явлением интерференции

Закон отражения света

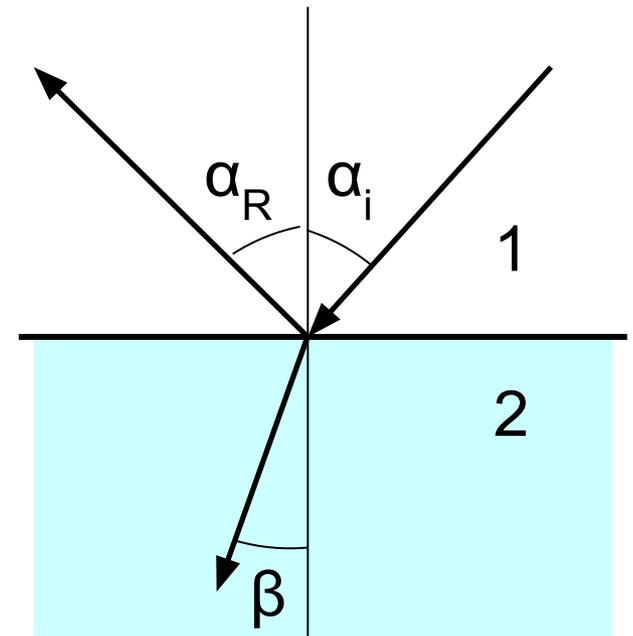
- Отражённый луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром к плоскости раздела двух сред, проведённым в точке падения. Угол падения равен углу отражения:

$$\alpha_i = \alpha_R$$



Закон преломления света

- Преломлённый луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром к плоскости раздела двух сред, проведённым в точке падения. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для двух данных сред

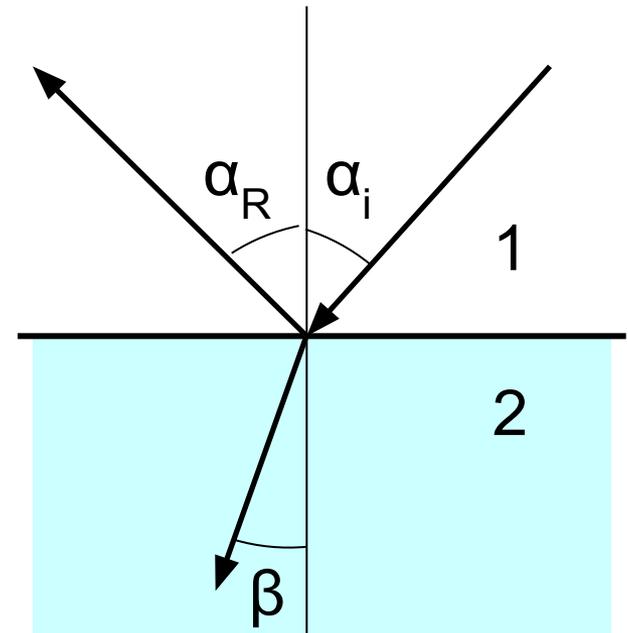


Закон преломления света

- Закон преломления описывается формулой:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}$$

где n_{21} – **относительный показатель преломления** второй среды относительно первой



Показатель преломления

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

$$n_{21} = n_2 / n_1 \quad (2)$$

- **Абсолютным показателем преломления** n среды называется отношение скорости света в вакууме c к фазовой скорости света v_{ϕ} в среде:

$$n = c / v_{\phi} \quad (3)$$

Закон преломления света

- Имеет место **обратимость хода светового луча**. Она означает, что если обратить преломлённый или отражённый луч т.е. направить его в обратную сторону и сделать падающим, то преломлённый/отражённый луч пойдёт в направлении обратном первоначальному падавшему лучу

ход лучей в призме

Закон преломления света

- Если свет распространяется из среды с большим показателем преломления в среду с меньшим показателем, то угол преломления (отсчитанный от нормали) будет больше угла падения. Если увеличивать угол падения, то наступит момент, когда угол преломления превысит 90° . После этого будет наблюдаться **полное внутреннее отражение**, свет не будет выходить за пределы более плотной среды

полное
внутреннее
отражение

Геометрическая оптика

- **Геометрической оптикой** называется раздел оптики, в котором распространение света рассматривается как поток лучей
- Световыми лучами называют линии перпендикулярные волновому фронту
- Моделью светового луча является поток света, прошедшего сквозь малое отверстие

Геометрическая оптика

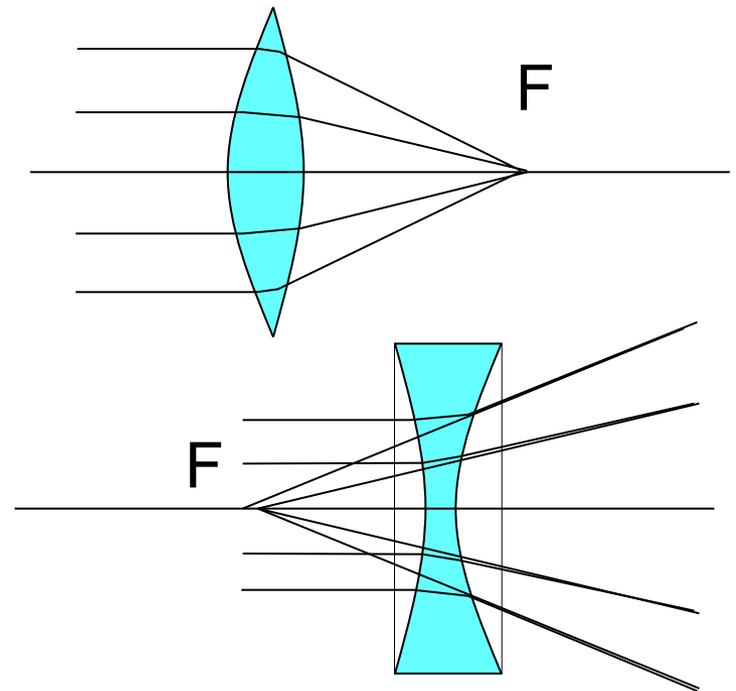
- **Ход световых лучей в рамках геометрической оптики определяется принципом Ферма (принципом минимальности времени распространения):**
- *Действительный путь распространения света (луч) есть путь, для прохождения которого свету требуется минимальное время по сравнению с любым другим путём между теми же точками*

Геометрическая оптика

- Для изменения хода лучей используют различные элементы. Наиболее распространенные из них призмы, зеркала и линзы
- **Линзы** – прозрачные тела, ограниченные сферическими или цилиндрическими поверхностями
- Различают собирающие и рассеивающие линзы

Геометрическая оптика

- **Собирающая линза** преобразует параллельный световой пучок лучей в сходящийся пучок
- **Рассеивающая линза** преобразует параллельный световой пучок лучей в расходящийся пучок



Геометрическая оптика

- Важной характеристикой линзы является её **фокусное расстояние** F . Это расстояние от центра линзы до точки схождения пучка лучей, параллельных оптической оси линзы. Оно определяется радиусами кривизны R и показателем преломления n линзы:

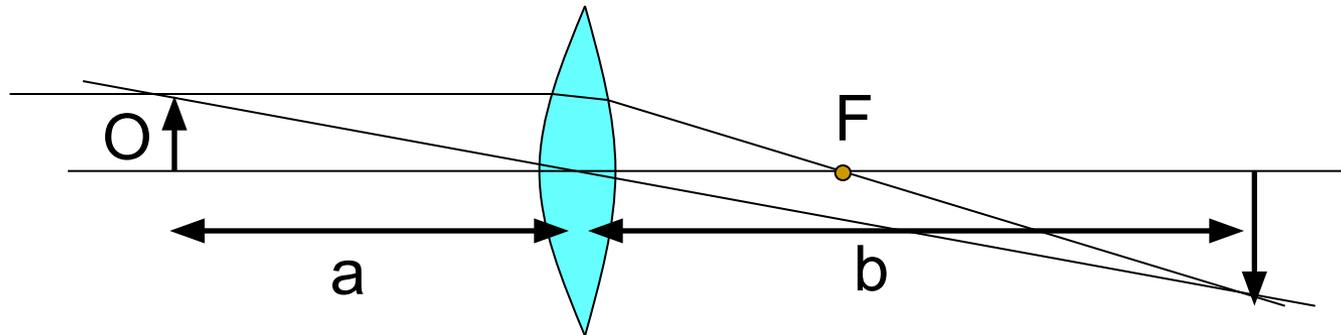
$$F = \frac{1}{(n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)}$$

Геометрическая оптика

- **Оптической силой** линзы называется величина обратная фокусному расстоянию. Она измеряется в **диоптриях** (дптр)
- У отрицательной линзы фокусное расстояние считается отрицательным. Оно находится на продолжении преломлённых лучей за плоскость линзы

Построение изображения с помощью ЛИНЗЫ

- С помощью линзы можно получить изображение объекта. Положение этого изображения находится с помощью вспомогательных лучей один из которых идёт через центр линзы, а второй параллелен главной оптической оси



Построение изображения с помощью ЛИНЗЫ

- Расстояния от линзы до объекта a и до его изображения b связаны с фокусным расстоянием F формулой тонкой линзы:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

- Размер изображения отличается от размера исходного объекта. Увеличение изображения определяется величиной:

$$\Gamma = b/a$$

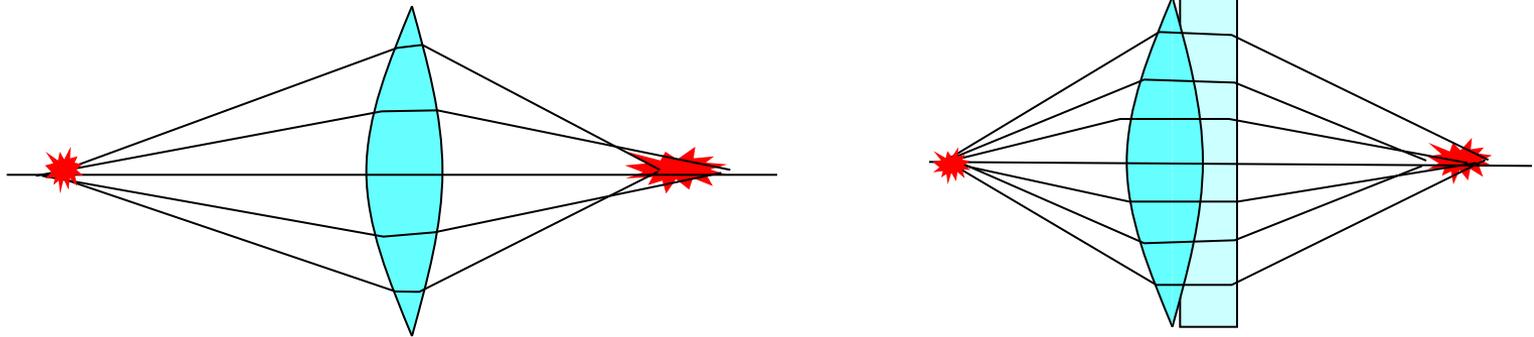
ход лучей через
линзу

Аберрации

- В реальных оптических системах возникают различные искажения изображений:
 1. **Сферическая аберрация** возникает из-за того, что линза не является бесконечно-тонкой. Пучки лучей, испущенных точечным источником вдоль главной оптической оси и под углом к ней, собираются в разных точках

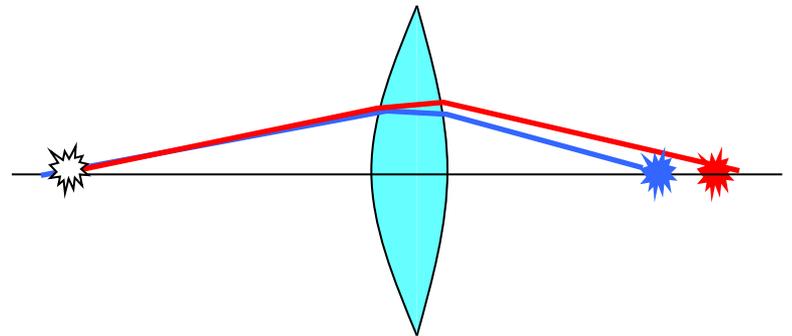
Аберрации

- В результате изображение точки размывается
- Исправить сферическую аберрацию можно изменяя форму линзы, используя систему из вогнутых и выпуклых линз или зеркальную оптику



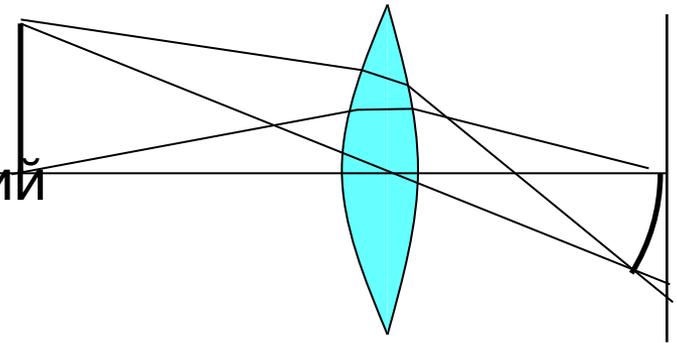
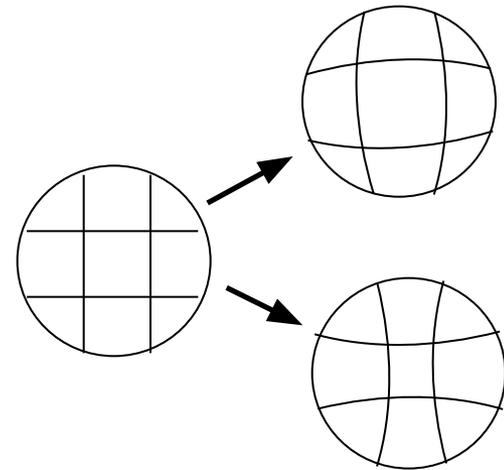
Аберрации

2. **Хроматическая аберрация** возникает из-за различия показателя преломления для света с различной длиной волны. Хроматическую аберрацию можно подавить, используя выпуклые и вогнутые линзы из различных сортов стёкол



Аберрации

- **Кома** – это расплывание изображения точки, находящейся в стороне от главной оптической оси линзы
- **Дисторсия** проявляется в неодинаковости коэффициента увеличения для точек, находящихся на разных расстояниях от главной оптической оси линзы
- **Астигматизм**. Изображение плоскости не является плоским. Поэтому, при его проекции на плоский экран, возникает размытие точек



аберрации

астигматизм

Диапазон световых волн

- Видимый свет занимает диапазон от 400 до 800 нм в шкале электромагнитных волн

Вид излучения	Длина волны, м	Частота волны, Гц
Радиоволны	10^3 - 10^4	$3 \cdot 10^5$ - $3 \cdot 10^{12}$
Световые волны		
ИК-излучение	$5 \cdot 10^{-4}$ - $8 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{11}$ - $3,75 \cdot 10^{14}$
Видимый свет	$8 \cdot 10^{-7}$ - $4 \cdot 10^{-7}$	$3,75 \cdot 10^{14}$ - $7,5 \cdot 10^{14}$
УФ-излучение	$4 \cdot 10^{-7}$ - 10^{-9}	$7,5 \cdot 10^{14}$ - $3 \cdot 10^{17}$
Рентгеновское излучение	$2 \cdot 10^{-9}$ - $6 \cdot 10^{-12}$	$1,5 \cdot 10^{17}$ - $5 \cdot 10^{19}$
Гамма-излучение	$<6 \cdot 10^{-12}$	$<5 \cdot 10^{19}$

Невидимые лучи

КОНЕЦ ЛЕКЦИИ