

---

# 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

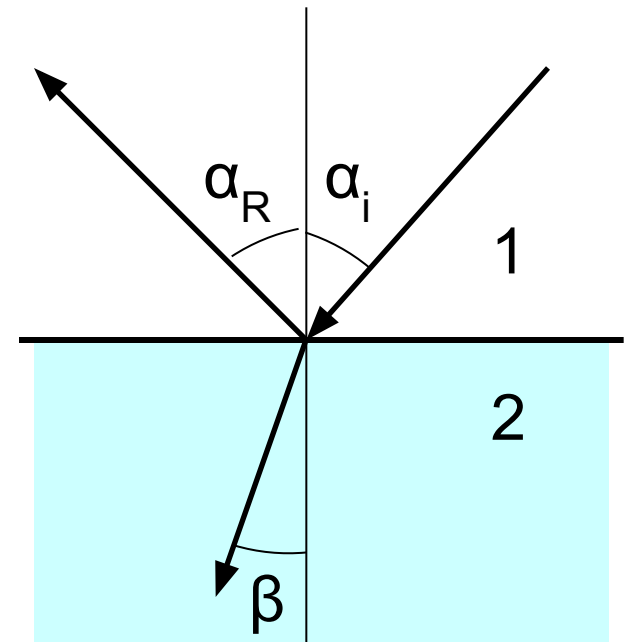
# Закон независимости световых пучков

- 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

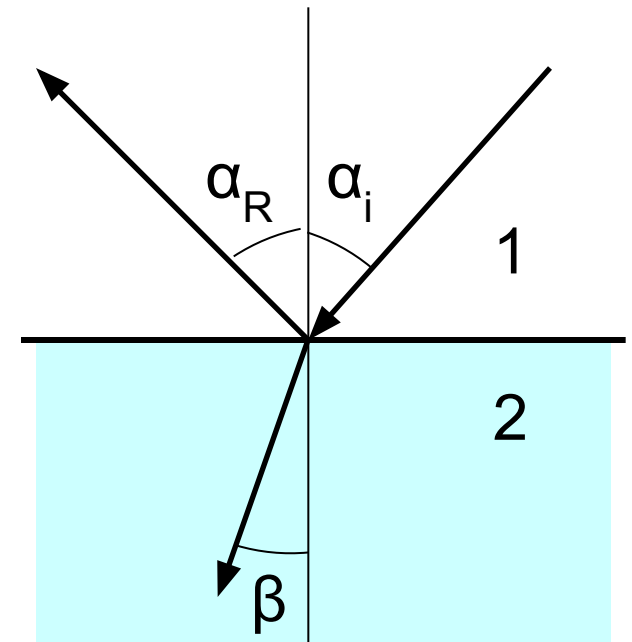
- Отражённый луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром к плоскости раздела двух сред, проведённым в точке падения. Угол падения равен углу отражения:

$$\alpha_i = \alpha_R$$



# 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

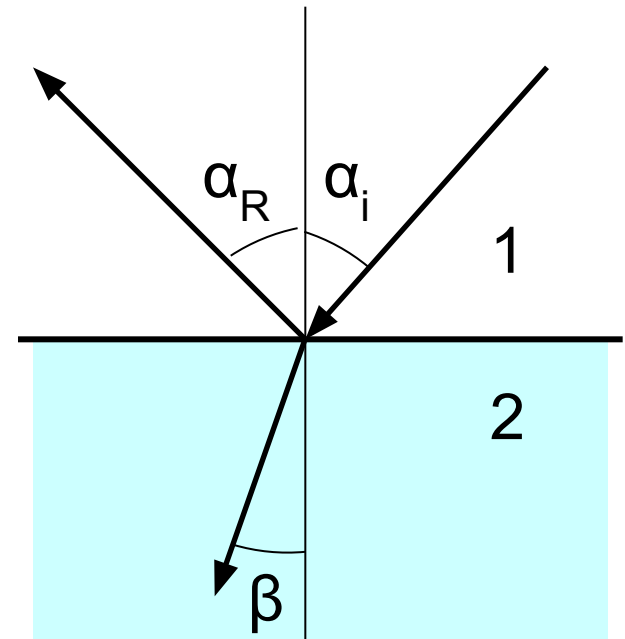


# Закон преломления света

- 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  $v_{\phi}$  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  $90^{\circ}$ . 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*

---

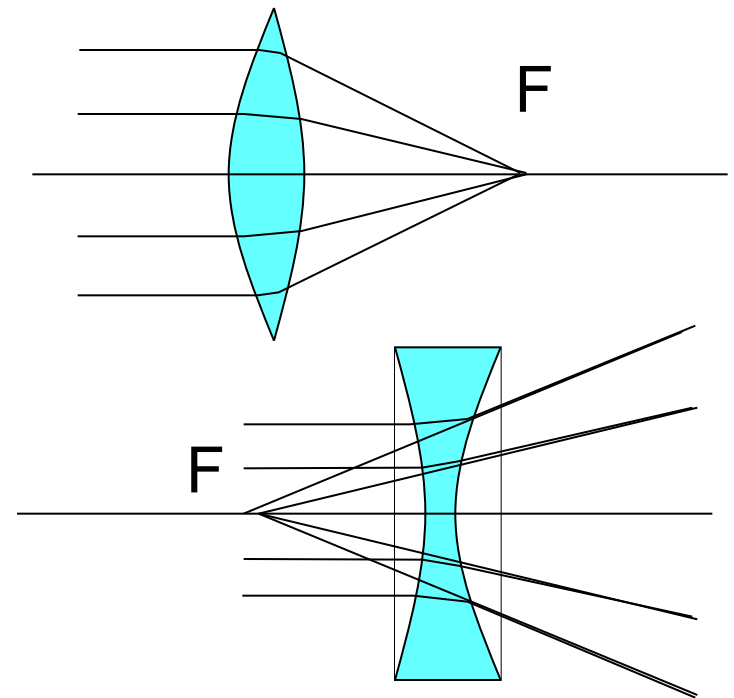
# Геометрическая оптика

- 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:

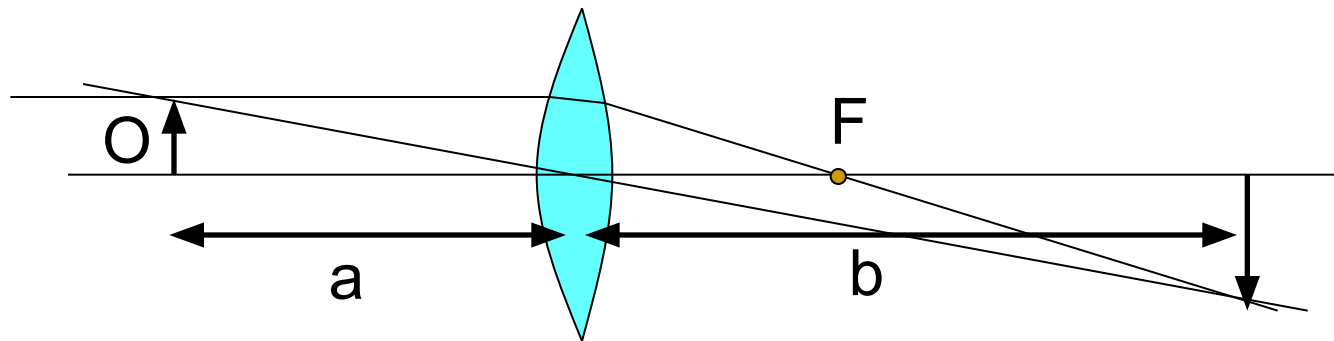
$$F = \frac{1}{(n - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)}$$

# 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:

$$\Gamma = b/a$$

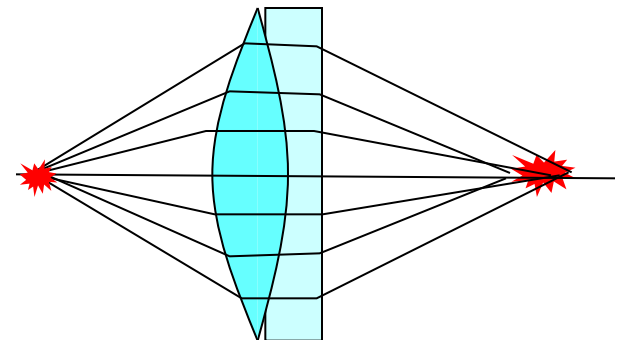
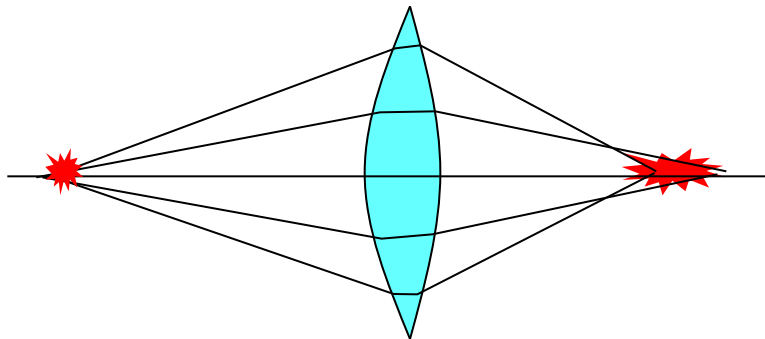
ход лучей через  
линзу

# 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

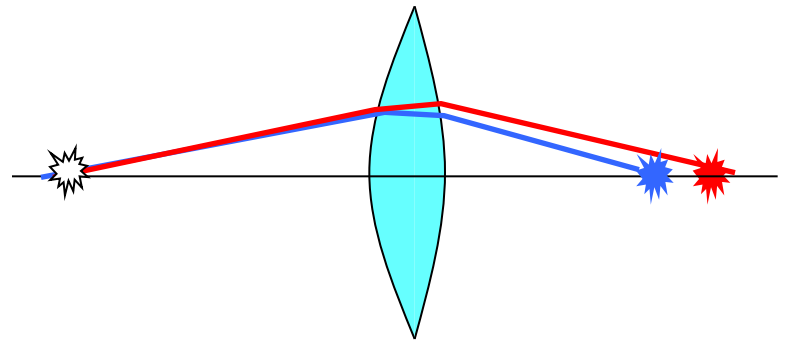
- В результате изображение точки размывается
- Исправить сферическую аберрацию можно изменяя форму линзы, используя систему из вогнутых и выпуклых линз или зеркальную оптику





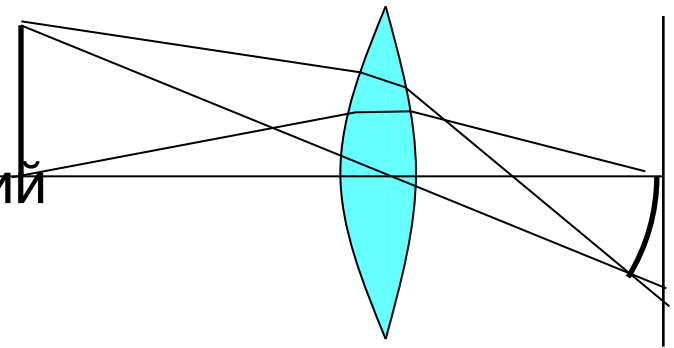
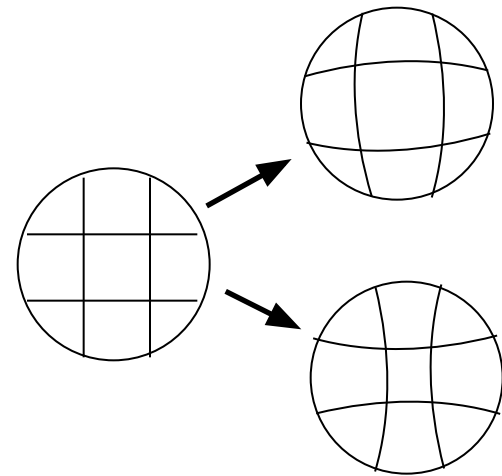
# Аберрации

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

---