

# "Геометрическая оптика"

## Содержание

Теория . . . . .	2
0.0.1 Общие положения . . . . .	2
0.0.2 Законы геометрической оптики . . . . .	2
0.0.3 Виды изображений . . . . .	4
0.0.4 Изображения, образованные отражением света	5
0.0.5 Изображения, образованные преломлением света	6
0.0.6 Изображения, образованные тонкими линзами	6
Задачи(для самостоятельного решения) . . . . .	11

## Вопросы семинара

- Общие положения
- Законы геометрической оптики
- Виды изображений
- Изображения, образованные отражением света
- Изображения, образованные преломлением света
- Изображения, образованные тонкими линзами

## Теория

### 0.0.1 Общие положения

**Оптика** - это раздел физики, изучающий поведение и свойства света, в том числе его взаимодействие с веществом и создание инструментов, которые его используют или детектируют.

**Геометрическая оптика** - раздел оптики, изучающий законы распространения света в прозрачных средах, отражения света от зеркально-отражающих поверхностей и принципы построения изображений при прохождении света в оптических системах без учёта его волновых свойств.

**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.

### 0.0.2 Законы геометрической оптики

В основе геометрической оптики лежат несколько простых эмпирических законов:

1. Закон независимости световых лучей.
2. Закон прямолинейного распространения света.
3. Закон отражения света.
4. Закон преломления света.
5. Закон обратимости светового луча.

**Закон независимости световых лучей:** Если световые лучи пересекаются, то они не оказывают никакого влияния друг на друга. Каждый луч освещает пространство так, как если бы других лучей вообще не было.

**Закон прямолинейного распространения света:** В прозрачной однородной среде световые лучи являются прямыми линиями.

Среда называется прозрачной, если в ней может распространяться свет. Среда называется однородной, если её свойства не меняются от точки к точке.

**Закон отражения света:**

- Падающий луч, отражённый луч и перпендикуляр к отражающей поверхности, проведённый в точке падения, лежат в одной плоскости.

- Угол падения равен углу отражения.

**Закон преломления света:**

- Падающий луч, преломлённый луч и нормаль к поверхности раздела сред, проведённая в точке падения, лежат в одной плоскости.

- Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления равно отношению показателя преломления второй среды к показателю преломления первой среды

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} \quad (1)$$

где  $v_1, v_2$  - скорости распространения света в средах.

**Закон обратимости светового луча:** траектория луча не зависит от того, в прямом или обратном направлении распространяется луч. Двигаясь в обратном направлении, луч пойдёт в точности по тому же пути, что и в прямом направлении

### 0.0.3 Виды изображений

По ориентации в пространстве изображения бывают :

- **Прямое** - ориентация изображения в пространстве совпадает с ориентацией в пространстве предмета;
- **Обратное** - ориентация изображения в пространстве противоположна ориентации в пространстве предмета

По виду пучка света (рис. 1):

- **Действительное изображение** любой точки создаётся сходящимися лучами в местах их пересечения. Такое изображение можно наблюдать на экране или зарегистрировать на фотоэмульсии или фотоматрице, расположив их в плоскости пересечения лучей.

Действительное изображение создаётся такими оптическими системами, как объектив (например, кинопроектора или фотоаппарата) или одна положительная линза. Действительные изображения создаются собирающими линзами и вогнутыми зеркалами.

- **Мнимое изображение** получается, когда лучи от какой-либо точки после прохождения оптической системы образуют расходящийся пучок. Если их продолжить в противоположную сторону, они пересекутся в одной точке. Совокупность таких точек образует мнимое изображение. Такое изображение невозможно наблюдать на экране или зарегистрировать на светочувствительной поверхности, однако можно преобразовать в действительное с помощью другой оптической системы.

Мнимое изображение создаётся такими оптическими прибора-

ми, как бинокль, микроскоп, отрицательная или положительная линза (лупа), а также плоское зеркало.

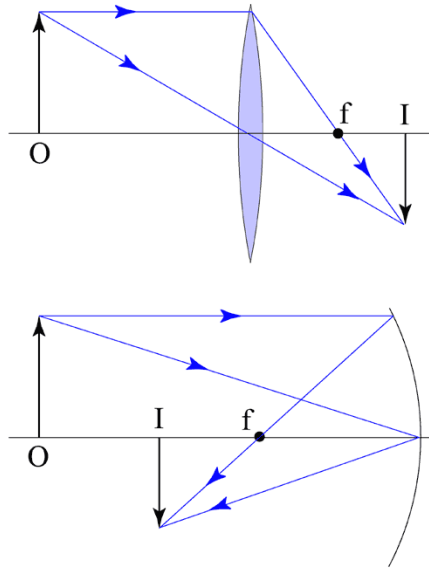


Рис. 1. Сверху - действительное обратное изображение, получаемое в случае собирающей линзы, снизу - мнимое обратное изображение, получаемое в случае вогнутого зеркала

#### 0.0.4 Изображения, образованные отражением света

Плоское зеркало — это часть плоскости, зеркально отражающая свет. Сферическое зеркало — зеркало, отражающая поверхность которого имеет вид сегмента сферы. Расстояние до предмета, расстояние до изображения и фокусное расстояние связаны следующим образом:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad (2)$$

где  $d$  - расстояние от предмета до зеркала,  $f$  -расстояние от зеркала до изображения,  $F$  - фокусное расстояние.

**Линейное (поперечное) увеличение оптической системы** — это отношение линейного размера изображения в направлении, перпендикулярном оптической оси, к соответствующему размеру предмета в направлении перпендикулярном оптической оси

$$\Gamma = \frac{h'}{h} = \frac{f}{d} \quad (3)$$

### 0.0.5 Изображения, образованные преломлением света

Расстояние между предметом и разделом двух сред  $d$ , расстояние между разделом двух сред и изображением  $f$  и показатели преломления сред  $n_1, n_2$  связаны следующим выражением:

$$f = -\frac{n_2}{n_1}d \quad (4)$$

### 0.0.6 Изображения, образованные тонкими линзами

**Линза** — это оптически прозрачное однородное тело, ограниченное с двух сторон двумя сферическими (или одной сферической и одной плоской) поверхностями.

**Оптический центр линзы** — это точка, пройдя через которую лучи не испытывают преломления.

Любая прямая, проходящая через оптический центр линзы, называется **оптической осью**.

Оптическую ось, которая проходит через центры сферических поверхностей, которые ограничивают линзу, называют **главной оптической осью**.

Точка, в которой пересекаются лучи, падающие на линзу параллельно ее главной оптической оси (или их продолжения), называ-

ется **главным фокусом линзы**. Следует помнить, что у любой линзы существует два главных фокуса — передний и задний, т.к. она преломляет свет, падающий на нее с двух сторон. И оба этих фокуса расположены симметрично относительно оптического центра линзы.

Расстояние от оптического центра линзы до ее главного фокуса, называется **фокусным расстоянием**.

**Фокальная плоскость** — это плоскость, перпендикулярная главной оптической оси линзы, проходящая через ее главный фокус.

Величину, равную обратному фокусному расстоянию линзы, выраженный в метрах, называют **оптической силой линзы** ( $D$ ).

$$D = -\frac{1}{F} \quad (5)$$

$$[D] = [\text{дптр}]$$

В зависимости от взаимного размещения сферических поверхностей или сферы и плоскости, различают **выпуклые** и **вогнутые** линзы. В свою очередь выпуклые линзы делятся на три вида — плоско выпуклые, двояковыпуклые и вогнуто-выпуклые; а вогнутые линзы подразделяются на плосковогнутые, двояковогнутые и выпукло-вогнутые (рис. 2).



Рис. 2. Виды линз

Любую выпуклую линзы можно представить в виде совокупностей плоскопараллельной стеклянной пластинки в центре линзы и усеченных призм, расширяющихся к середине линзы, а вогнутую — как совокупностей плоскопараллельной стеклянной пластинки в центре линзы и усеченных призм, расширяющихся к краям. Известно, что если призма будет сделана из материала, оптически более плотного, чем окружающая среда, то она будет отклонять луч к своему основанию. Поэтому параллельный пучок света после преломления в выпуклой линзе станет сходящимся (такие линзы называются **собирающими**), а в вогнутой линзе наоборот, параллельный пучок света после преломления станет расходящимся (поэтому такие линзы называются **рассеивающими**).

Для простоты и удобства, будем рассматривать линзы, толщина которых пренебрежимо мала, по сравнению с радиусами сферических поверхностей. Такие линзы называют **тонкими линзами**. И в дальнейшем, когда будем говорить о линзе, всегда будем понимать именно тонкую линзу. Для условного обозначения тонких линз применяют следующий прием: если линза собирающая, то ее обозначают прямой со стрелками на концах (рис. 3), направленными от центра линзы, а если линза рассеивающая, то стрелки направлены к центру линзы (рис. 4).



Рис. 3. Собирающая линза



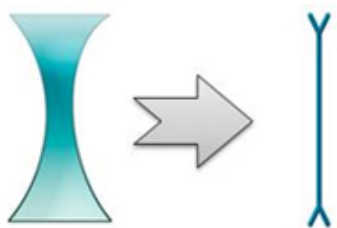


Рис. 4. Рассеивающая линза

Ход лучей в рассеивающей и собирающей линзах (рис. 5, рис. 6):

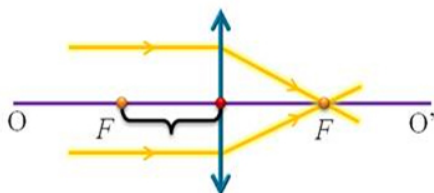


Рис. 5. Ход лучей в собирающей линзе

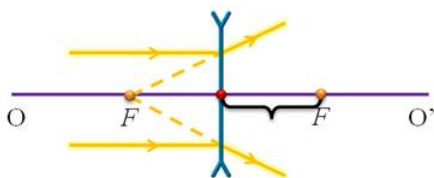


Рис. 6. Ход лучей в рассеивающей линзе

**Формула тонкой линзы:**

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad (6)$$

где  $d$  - расстояние от предмета до оптического центра линзы,  
 $f$  -расстояние от оптического центра линзы до изображения,  $F$  -  
фокусное расстояние линзы.

## Задачи(для самостоятельного решения)

1. Автомобильное зеркало заднего вида (рис. 7) показывает изображение грузовика, находящегося в 10 м от зеркала. Фокусное расстояние зеркала - 0.6 м. Найдите положение изображения грузовика и увеличение изображения



Рис. 7. В выпуклом зеркале справа от автомобиля виден приближающийся грузовик. Обратите внимание, что изображение грузовика находится в фокусе, а рама зеркала - нет, что свидетельствует о том, что изображение находится не в том же месте, что и поверхность зеркала.

2.

Рыба плавает на глубине 1.5 м от поверхности пруда (рис. 8). Какова кажущаяся глубина рыбы при взгляде прямо сверху? Если ваше лицо находится на расстоянии 1.5 м от поверхности воды, то на каком видимом расстоянии от поверхности рыба увидит ваше лицо?

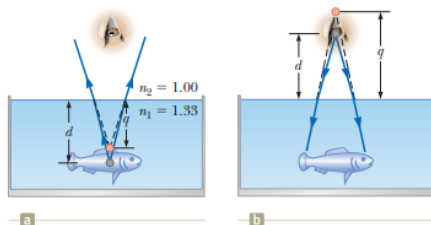


РИС. 8. (а) Кажущаяся глубина рыбы  $q$  меньше истинной глубины  $d$ . Предполагается, что все лучи параксиальны. (б) Ваше лицо кажется рыбе выше над поверхностью воды, чем есть на самом деле

3.

Собирающая линза имеет фокусное расстояние 10 см.

А) Предмет находится на расстоянии 30 см от линзы. Постройте ход лучей в линзе, найдите расстояние до изображения и опишите изображение.

(Домашнее задание) Б) Предмет находится на расстоянии 10 см от линзы. Найдите расстояние до изображения и опишите изображение.

(Домашнее задание) В) Предмет находится на расстоянии 5 см от линзы. Постройте ход лучей в линзе, найдите расстояние до изображения и опишите изображение.

4.

Рассеивающая линза имеет фокусное расстояние 10 см.

А) Предмет находится на расстоянии 30 см от линзы. Постройте ход лучей в линзе, найдите расстояние до изображения и опишите изображение.

(Домашнее задание) Б) Предмет находится на расстоянии 10 см от линзы. Постройте ход лучей в линзе, найдите расстояние до изображения и опишите изображение.

(Домашнее задание) В) Предмет находится на расстоянии 5 см от линзы. Постройте ход лучей в линзе, найдите расстояние до изображения и опишите изображение.

5.

Две тонкие собирающие линзы с фокусными расстояниями  $F_1 = 10$  см и  $F_2 = 20$  см находятся на расстоянии 20 см друг от друга. Предмет находится на расстоянии 30 см левее первой линзы. Найдите положение и увеличение конечного изображения.