



# Виртуальный курс физики

## Оптика

Лекция 14. Геометрическая оптика.

---

**ТЕОРИЯ, ЗАДАЧИ, ПОДГОТОВКА К ЕГЭ**



**Уважаемые друзья!**

**Вы выбрали Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I и поступили, несомненно, правильно!**

**Наш университет основан в 1809 году. Это старейший инженерный транспортный вуз России. Это "особенный институт" - так в манифесте назвал его Император Александр I.**

**Для того, чтобы успешно пройти вступительные испытания и стать студентом одного из лучших технических вузов России, необходимо иметь высокую подготовку по физике.**

**Как правило, уровень подготовки выпускников школ не всегда соответствует требованиям, предъявляемым к поступающим в высшие учебные заведения. Повысить этот уровень и качественно подготовиться к вступительным испытаниям по физике в технический университет помогут преподаватели факультета довузовской подготовки.**

**Факультет довузовской подготовки организует и проводит курсы по подготовке к поступлению в вуз по программам, соответствующим требованиям ЕГЭ.**

**Занятия проводятся по очной и заочной формам обучения. Занятия по очной форме обучения проводятся в дневное время - с 16.25 (тел. [457-84-04](tel:457-84-04)), и в вечернее время - с 18.00 (тел. [457-87-83](tel:457-87-83)). Мы с удовольствием ответим на все Ваши вопросы.**

**Факультет довузовской подготовки**

***Курс дистанционного обучения по физике  
изложен в авторской редакции доцента  
Петербургского государственного университе-  
та путей сообщения Императора Александра I  
Кытина Юрия Александровича***

# ОПТИКА

## Лекция 14.

**Тема: Геометрическая оптика. Построение изображений в плоском зеркале. Ход лучей в призме. Линзы. Формула тонкой линзы.**

*Оптика* – раздел физики, изучающий возникновение, распространение и взаимодействие с веществом световых электромагнитных волн.

### 15.1. Прямолинейное распространение света. Законы отражения и преломления света

Свет представляет собой электромагнитные волны, длины которых располагаются на шкале электромагнитных волн от  $10^{-9}$  до  $10^{-4}$  м. Скорость света  $c$  в вакууме равна  $3 \cdot 10^8$  м/с и является максимальной скоростью в природе.

В *геометрической оптике* закономерности световых явлений, связанные с распространением света, объясняются с помощью представлений о свете как о совокупности световых лучей. Под *световым лучом* понимается линия, вдоль которой распространяется энергия света.

В средах, оптические свойства которых во всех точках одинаковы, свет распространяется прямолинейно. Эта закономерность подтверждается явлениями образования тени: свет, идущий от точечного источника  $S$  света (рис. 14.1), не попадает в область конуса  $K$ , который образует тень.

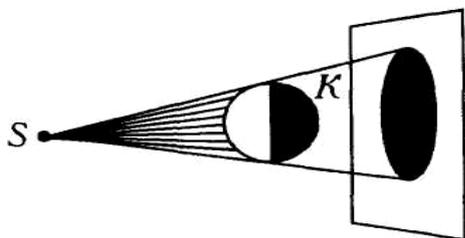


Рис. 14.1

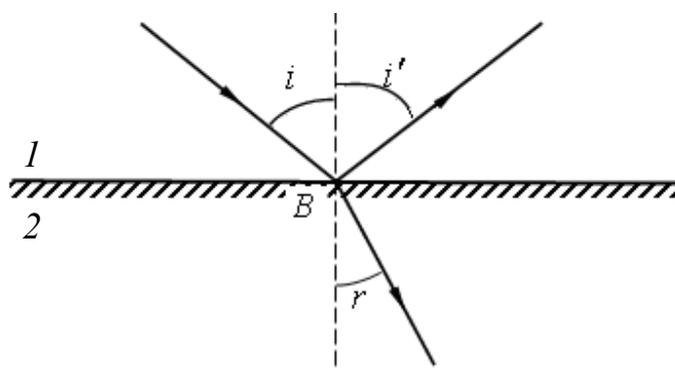


Рис. 14.2

При падении лучей света на границу раздела двух оптических сред происходят отражение и преломление света (рис. 14.2).

Направления световых лучей при отражении и преломлении характеризуются углами падения  $i$ , отражения  $i'$  и преломления  $r$ , которые отсчитываются от перпендикуляра к границе раздела сред, восстановленного в точке падения луча.

*Законы отражения света:*

- 1) падающий луч, отраженный луч и перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости;
- 2) угол падения равен углу отражения:  $i = i'$ .

*Законы преломления света:*

- 1) падающий луч, преломленный луч и перпендикуляр к границе раздела сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости;
- 2) отношение синусов угла падения и угла преломления является постоянной величиной для двух данных сред и называется *относительным показателем преломления*  $n_{21}$  второй среды относительно первой:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21}.$$

Показатель преломления  $n$  данной среды относительно вакуума называется *абсолютным показателем преломления*. Абсолютный показатель преломления равен отношению скорости света  $c$  в вакууме к скорости света  $v$  в данной среде:

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

Относительный показатель преломления  $n_{21}$  можно выразить через абсолютные показатели  $n_1$ ,  $n_2$  этих сред следующим образом:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2},$$

где  $v_1$  и  $v_2$  – скорость света в данных средах.

Среда с абсолютным показателем преломления  $n_1$ , который больше, чем абсолютный показатель  $n_2$  другой среды ( $n_1 > n_2$ ), называется *оптически более плотной*.

При переходе световых лучей из оптически более плотной среды 1 в среду 2, оптически менее плотную ( $n_1 > n_2$ ), наблюдается явление *полного внутреннего отражения* (рис. 14.3).

Это явление заключается в том, что при углах падения  $i \geq i_{\text{пр}}$  преломления света не происходит. Угол  $i_{\text{пр}}$  называется *предельным углом полного отражения*.

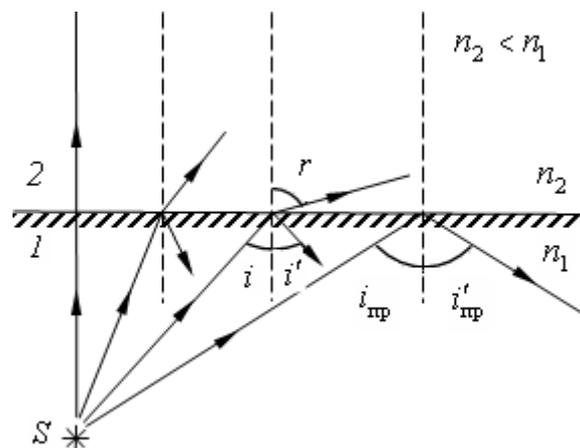


Рис. 14.3

При  $i = i_{\text{пр}}$  угол преломления  $r = 90^\circ$ , и, следовательно,

$$\sin i_{\text{пр}} = n_{21}.$$

Если свет переходит из среды с абсолютным показателем преломления  $n_1 = n$  в воздух, абсолютный показатель преломления которого  $n_2 = 1$ , то условие полного отражения определяется выражением

$$\sin i_{\text{пр}} = \frac{1}{n}.$$

## 14.2. Построение изображений в плоском зеркале. Ход лучей в призме

С помощью законов отражения и преломления света можно объяснить ход лучей и формирование изображений. *Изображением* точечного источника света называется точка пересечения лучей (или их продолжений), исходящих из этого источника, после их возможных отражений и преломлений в различных средах. Изображение называется *действительным*, если оно формируется на пересечении самих лучей, и *мнимым* – если на пересечении продолжения лучей.

Примером мнимого изображения может служить изображение в плоском зеркале (рис. 14.4): лучи, исходящие из точки  $S$  и падающие на плоскость зеркала, отражаются от него, а их продолжения за плоскость зеркала пересекаются в точке  $S'$ , которая и является мнимым изображением точки  $S$ .

Из закона отражения и геометрического подобия следует, что точки  $S$  и  $S'$  находятся на одинаковом расстоянии от плоскости зеркала:  $d = d'$ . Таким образом, чтобы построить изображение точки в плоском зеркале, необходимо на продолжении перпендикуляра, опущенного из точки на зеркало, отложить за зеркалом расстояние  $d'$ , равное  $d$ .

Для построения в плоском зеркале изображения отрезка  $AB$  достаточно построить изображения точек  $A'$  и  $B'$  и соединить их прямой (рис.14.5).

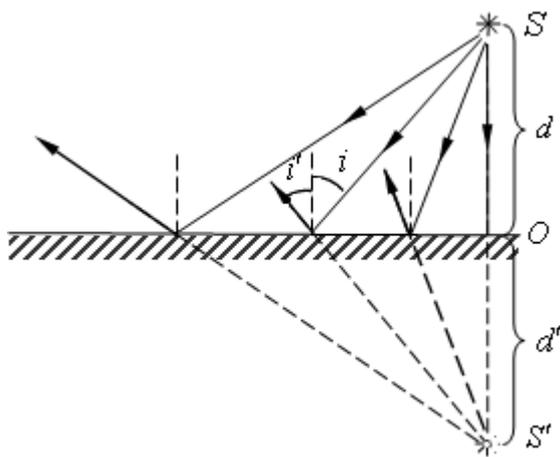


Рис. 14.4

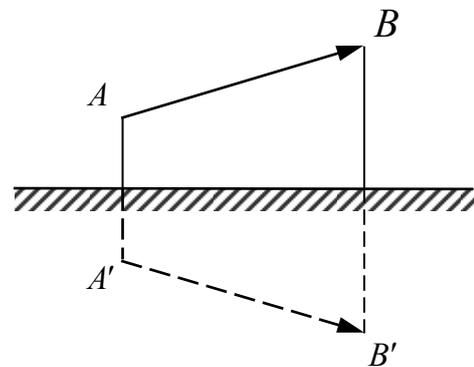


Рис. 14.5

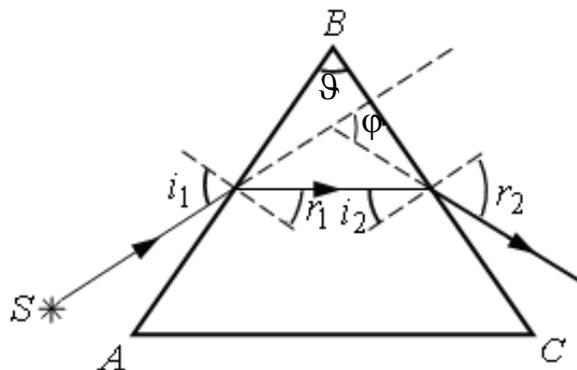


Рис.14.6

Законы преломления позволяют объяснить ход лучей в призме. Лучи света, проходящие через призму в результате двукратного преломления, отклоняются к ее основанию (рис. 14.6).

Угол отклонения от первоначального направления  $\varphi = i_1 + r_2 - \vartheta$ , где  $i_1$  – угол падения луча на грань  $AC$ ,  $r_2$  – угол преломления на грани  $BC$ ,  $\vartheta$  – преломляющий угол призмы.

### 14.3. Линзы. Формула тонкой линзы

Прозрачные тела, ограниченные с двух сторон криволинейными поверхностями, называются *линзами*. По форме ограничивающих поверхностей линзы могут быть сферическими (обе поверхности сферические), цилиндрическими (обе поверхности цилиндрические) и т. д. Линзы бывают выпуклыми и вогнутыми. *Выпуклые* линзы собирают проходящий через них параллельный пучок света, *вогнутые* – рассеивают его. Поэтому выпуклые называют *собирающими*, вогнутые – *рассеивающими*.

Линза, толщина которой намного меньше, чем радиусы кривизны ее поверхности, называется *тонкой*. Прямая линия, проходящая через центры  $O_1, O_2$  кривизны поверхностей (рис. 14.7), называется *главной оптической осью*.

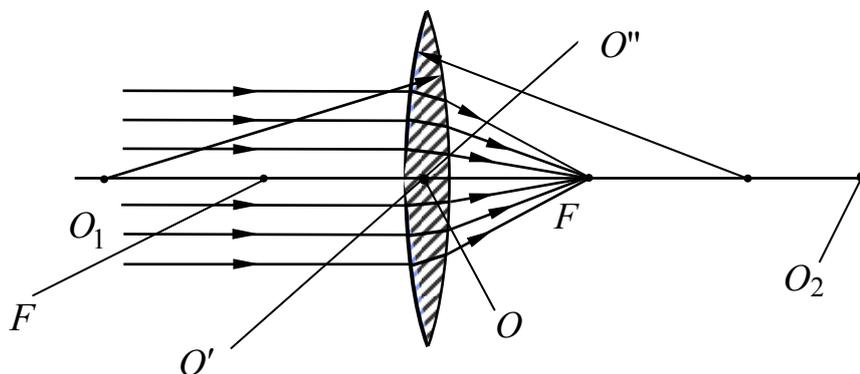


Рис.14.7

У тонкой линзы точки пересечения главной оптической оси с поверхностями можно считать совпадающими в одной точке  $O$ , которая называется *оптическим центром*. Любая прямая  $O'O''$ , проходящая через оптический центр и не совпадающая с главной оптической осью, называется *побочной осью*.

Лучи, падающие на линзу параллельно главной оптической оси, пересекаются в точке  $F$ , лежащей на этой оси и называемой *главным фокусом* линзы. У всякой линзы имеются два главных фокуса по обе стороны от нее. У собирающей линзы в фокусе пересекаются сами лучи, поэтому он называется *действительным*. У рассеивающей линзы в фокусе пересекаются продолжения лучей, поэтому он называется *мнимым*.

Расстояние  $F$  между фокусом и оптическим центром линзы называется *фокусным расстоянием*. Величина  $D$ , обратная фокусному расстоянию, называется *оптической силой* линзы:

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

У собирающих линз оптическая сила положительна, у рассеивающих – отрицательна. За единицу оптической силы линзы принимается оптическая сила такой линзы, фокусное расстояние которой равно 1 м. Эта единица называется *диоптрией* (дптр).

Плоскость, проведенная через главный фокус линзы перпендикулярно к главной оптической оси, называется *главной фокальной плоскостью*. Точки пересечения побочных оптических осей с главной фокальной плоскостью называются *побочными фокусами*. В побочном фокусе собираются лучи, падающие на линзу параллельно побочной оптической оси.

Для построения изображения точки в линзах обычно берут два луча: один – идущий от точки через оптический центр линзы без преломления, второй – идущий параллельно главной оптической оси и при выходе из линзы проходящий через фокус. Пересечение этих лучей после прохождения ими линзы дает изображения точки.

Собирающие линзы дают прямое или обратное перевернутое, действительное или мнимое, уменьшенное или увеличенное изображение предмета в зависимости от его положения относительно линзы.

Расстояния от предмета до линзы  $d$ , от изображения до линзы  $f$  и оптическая сила линзы  $D$  связаны *формулой линзы*:

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

Отсчет величин  $d$ ,  $f$  и  $F$  производится от оптического центра. Для выпуклой линзы значения  $d$ ,  $F$  всегда положительны,  $f$  в случае действительного изображения положительно, в случае мнимого – отрицательно. Для рассеивающей линзы  $f$  и  $F$  всегда отрицательны,  $d$  – положительно.

Отношение линейного размера изображения  $A'B'$  к линейному размеру предмета  $AB$  называется *увеличением линзы*  $k$ :

$$k = \frac{A'B'}{AB} = \frac{f}{d}.$$

## **От авторов**

***Возникли трудности в усвоении теоретического курса или в его применении при решении конкретных задач, тестов – записывайтесь на наши курсы и мы поможем Вам подойти к экзамену во всеоружии.***

***Наш адрес:***

***190031, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 9, ПГУПС, факультет довузовской подготовки.***

***Наши телефоны отдела заочной формы обучения:***

***8 (931) 214-51-45;***

***8 (812) 457-88-07 .***

