

## Световые лучи

*Темы кодификатора ЕГЭ:* прямолинейное распространение света.

Мы приступаем к изучению *оптики* — науки о распространении света. Нас ждут два раздела оптики: сравнительно простая *геометрическая оптика* и более общая *волновая оптика*.

Говоря о свете, мы всегда подразумеваем *видимый свет*, то есть электромагнитные волны в узком частотном диапазоне, непосредственно воспринимаемые человеческим глазом. Как вы помните, длины волн видимого света находятся в промежутке от 380 до 780 нм.

С точки зрения электродинамики Максвелла распространение света ничем не отличается от распространения других электромагнитных излучений — радиоволн, инфракрасного, ультрафиолетового, рентгеновского и гамма-излучения. В этом смысле оптика оказывается просто частью электродинамики.

Но ввиду той колоссальной роли, которую свет играет в жизни человека, оптические явления начали изучаться давным-давно. Все основные законы оптики были установлены задолго до создания электродинамики и открытия электромагнитных волн. И потому с тех давних пор оптика оформилась в самостоятельный раздел физики — со своими специфическими задачами, методами, экспериментами и приборами.

Главным природным источником света служит Солнце, и люди ставили много опытов с солнечными лучами. Отсюда в оптику вошло понятие *светового луча*. Впоследствии оно получило строгое определение.

*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.*

Если данное определение осталось для вас не совсем понятным — ничего страшного: на первых порах вы можете представлять себе просто узкие пучки света наподобие солнечных лучей. Этого вполне хватит, чтобы уяснить все основные вещи и научиться решать задачи. Ну а время строгого определения придёт несколько позже — когда начнётся волновая оптика.

### Законы геометрической оптики

*Геометрическая оптика* изучает распространение световых лучей. Это исторически первый и наиболее простой раздел оптики. В основе геометрической оптики лежат четыре основных закона.

1. Закон независимости световых лучей.
2. Закон прямолинейного распространения света.
3. Закон отражения света.
4. Закон преломления света.

Данные законы были установлены в результате наблюдений за световыми лучами и послужили обобщениями многочисленных опытных фактов. Они являются утверждениями, сформулированными на языке геометрии. Волновая природа света в них не затрагивается.

Законы геометрической оптики первоначально являлись *постулатами*. Они лишь констатировали: таким вот образом ведёт себя природа. Однако впоследствии оказалось, что законы геометрической оптики могут быть *выведены* из более фундаментальных законов волновой оптики.

Геометрическая оптика отлично работает, когда длина световой волны  $\lambda$  много меньше размеров объектов, присутствующих в данной физической ситуации. Можно сказать, что геометрическая оптика есть предельный случай волновой оптики при  $\lambda \rightarrow 0$ . Неудивительно поэтому, что сначала были открыты законы именно геометрической оптики: ведь размеры предметов, встречающихся нам в повседневной жизни, намного превышают длины волн видимого света.

Первый закон геометрической оптики совсем простой. Он говорит о том, что вклад каждого светового луча в суммарное освещение не зависит от наличия других лучей.

**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 также очень прост, и мы его сейчас обсудим. Законам отражения и преломления будут посвящены следующие разделы.

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

Что такое «прозрачная однородная среда»? Среда называется *прозрачной*, если в ней может распространяться свет. Среда называется *однородной*, если её свойства не меняются от точки к точке. Равномерно прогретый воздух, чистая вода, стекло без примесей — всё это примеры прозрачных и оптически однородных сред.

Таким образом, закон прямолинейного распространения света означает, что в прозрачной однородной среде понятие светового луча совпадает с понятием луча в геометрии.

Данный закон не требует каких-либо дополнительных пояснений — он хорошо вам известен. Вам неоднократно доводилось видеть прямолинейные солнечные лучи, пронизывающие облака, или тонкий прямой луч, пробивающийся в запылённой комнате через щель в окне. Находясь под водой, можно наблюдать прямые солнечные лучи, идущие сквозь воду.

При нарушении однородности среды нарушается и закон прямолинейного распространения света. Например, на границе раздела двух прозрачных сред световой луч может разделиться на два луча: отражённый и преломлённый. Если оптические свойства среды меняются от точки к точке, то ход световых лучей искривляется. В этом состоит причина миражей: слой воздуха вблизи раскалённой земной поверхности нагрет больше, чем вышележащие слои; он имеет иные оптические свойства, и его действие оказывается подобным зеркалу. Обо всём этом мы поговорим позднее.

## Геометрическая тень

Вам хорошо известно, что различные предметы отбрасывают тень. На рис. 1 изображён точечный источник света  $S$  и непрозрачный предмет — красный треугольник. На экране мы видим тень этого предмета в виде серого треугольника.

Откуда берётся тень? Дело в том, что если на пути световых лучей оказывается непрозрачный предмет, то происходит следующее.

- Луч, идущий мимо предмета, продолжает распространяться в прежнем направлении — как если бы данного предмета вообще не было.
- Луч, попадающий на предмет, не проникает внутрь предмета. Дальнейший ход такого луча в прежнем направлении пресекается.

Так возникает *геометрическая тень*, края которой чётко очерчены<sup>1</sup>. Поскольку свет рас-

---

<sup>1</sup>Граница реальной тени имеет более сложный вид: вмешивается *дифракция* света на краях предмета. Дифракция — это отклонение света от первоначального направления; данное явление обусловлено волновой природой света и не описывается в рамках геометрической оптики.

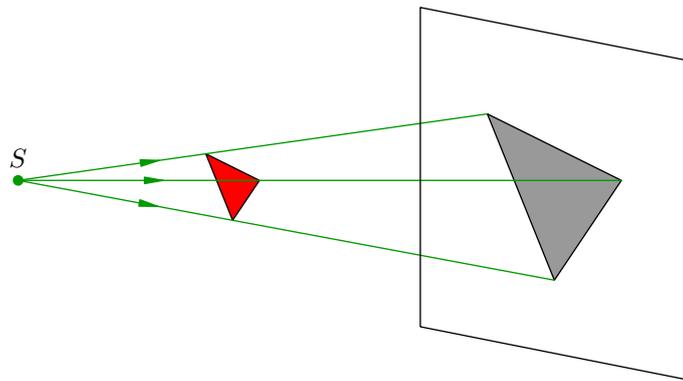


Рис. 1. Геометрическая тень

пространяется прямолинейно, форма геометрической тени оказывается подобной контуру предмета. Так, на рис. 1 серый треугольник подобен красному.