



§ 34.

Отражение света

Можем ли мы увидеть друг друга темной ночью? А если мы приблизимся к светящемуся фонарю? Именно благодаря отраженному свету мы видим предметы, различаем цвет одежды, любуемся картиной художника. Известно, что свет отражается от самых разных предметов. Например, и от белой стенки, и от зеркала. Но почему только в зеркале мы видим свое изображение? И почему мы при этом почти не видим самого зеркала и в магазине можем ошибочно протянуть руку не к яблоку, а к его изображению в зеркальной витрине?

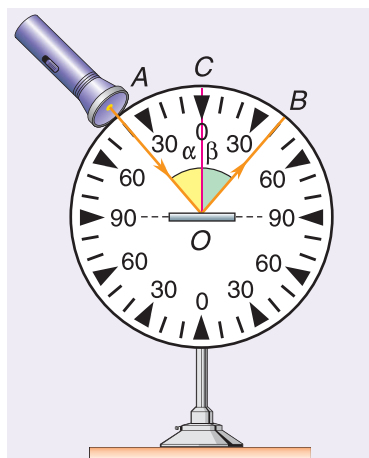


Рис. 231

Каким бывает отражение света? Какими законами оно описывается? Проведем опыт. На оптическом диске (рис. 231), представляющем собой круг с делениями, укрепим зеркало. Направим из осветителя (лампочка в футляре с отверстием) на зеркало пучок света (луч AO).

От зеркала (гладкая отполированная поверхность) световой луч AO практически полностью отразится (луч OB). Опустим в точку падения луча AO перпендикуляр CO к поверхности зеркала. Угол между падающим лучом и перпендикуляром, проведенным в точку падения, называется углом падения. Обозначим этот угол буквой α .

Угол, образованный отраженным лучом и тем же перпендикуляром, называется углом отражения. Обозначим его буквой β . А теперь сравним эти углы. Из опыта видно, что углы отражения и падения равны:

$$\beta = \alpha.$$

Увеличим угол падения α , повернув осветитель влево. Угол отражения β тоже увеличится (рис. 232, а). Но по-прежнему $\beta = \alpha$.

То, что мы на оптическом диске видим не только падающий луч, но и отраженный, говорит о том, что они оба лежат в одной плоскости — плоскости диска.

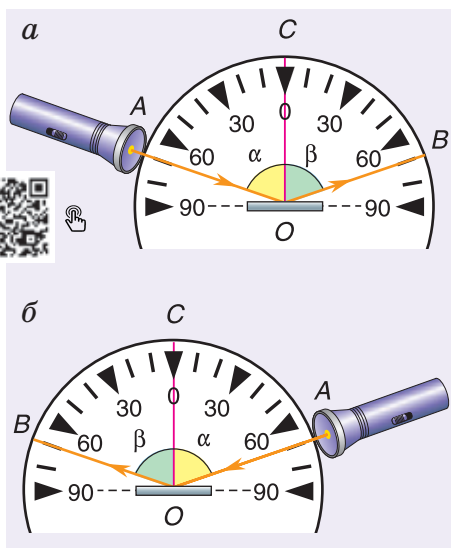


Рис. 232

На основании результатов опыта можно сформулировать законы отражения света.

1. Луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр к отражающей поверхности, проведенный в точку падения, лежат в одной плоскости.

2. Угол отражения равен углу падения.

А теперь по направлению отраженного луча (рис. 232, а) пустим луч света от осветителя (рис. 232, б). Он отразится от зеркала и пойдет по направлению, по которому в предыдущем опыте шел падающий луч. Лучи и углы поменялись местами. Это свойство отраженного и падающего лучей называют *обратимостью* (или *взаимностью*) световых лучей.

Одинаково ли отражают свет различные поверхности?

Пусть на поверхность зеркала падают направленные лучи света. После отражения от него свет попадает в глаз только тогда, когда глаз находится в положении 2 (рис. 233, а). Если он будет находиться в положениях 1 или 3, то отраженные лучи в глаз не попадут. В этом особенность зеркал. Зеркально отражает свет поверхность воды (рис. 234).

А если поверхность шероховатая? Падающие направленные лучи света отражаются в различных направлениях (рис. 233, б). Такое отражение называется *диффузным* (иногда говорят: *рассеянное* отражение).

В случае диффузного отражения поверхность видна при любом положении глаза, так как в него попадают диффузно отраженные лучи. Шероховатыми поверхностями, отражающими свет диффузно, являются поверхности стен, потолков, тканей, ваты, снега (рис. 235), кожи лица, рук и т. д. Только благодаря диффузному отражению мы видим предметы, которые сами не излучают свет.

Диффузно отражающие поверхности называют *матовыми*, зеркально отражающие — *блестящими*.

Приведите сами примеры блестящих и матовых поверхностей.

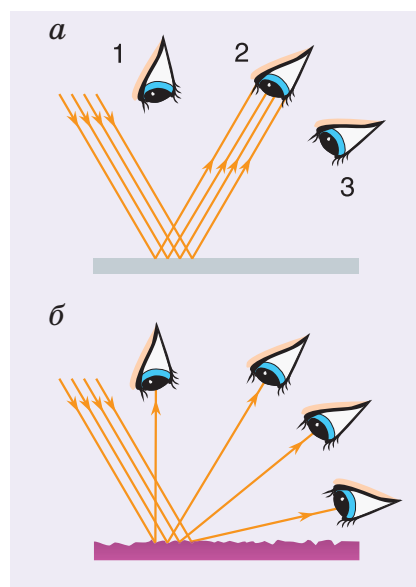


Рис. 233



Рис. 234



Рис. 235

Чем больше света отражает поверхность (чем меньше поглощает), тем она кажется светлее. Белый лист бумаги отражает света больше, чем серый картон, но этот же картон отражает света больше, чем черный бархат.

■ Главные выводы

1. Отраженный луч лежит в той же плоскости, что и падающий луч, и перпендикуляр к поверхности, проведенный в точку падения.
2. Угол отражения светового луча равен углу падения.
3. Световые лучи обладают свойством обратимости.
4. Зеркальные поверхности отражают свет направленно, шероховатые (матовые) — диффузно, т. е. по всем направлениям.

? Контрольные вопросы

1. Какой угол называют углом падения светового луча? Углом отражения?
2. Как изменится угол отражения, если угол падения уменьшится?
3. В чем выражается свойство обратимости падающего и отраженного лучей?
4. Какие поверхности отражают свет зеркально? Диффузно?
5. Почему матовую поверхность можно видеть с любого положения, а зеркальную — нет?



Пример решения задачи

Солнечные лучи образуют с горизонтом угол $\varphi = 40^\circ$. Как нужно расположить плоское зеркало, чтобы отраженные лучи пошли вертикально вверх?

Дано:

$$\varphi = 40^\circ$$

$\sigma = ?$

Решение

Проведем отраженный луч OB (рис. 236, а). Угол AOB , равный $90^\circ - \varphi = 90^\circ - 40^\circ = 50^\circ$, — это сумма двух равных углов (падения и отражения от зеркала):

$$\alpha + \beta = 2\alpha = 50^\circ.$$

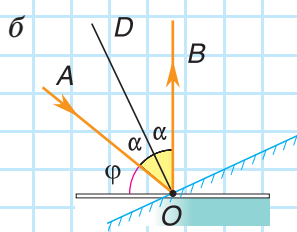
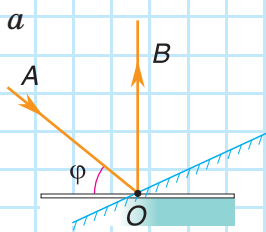
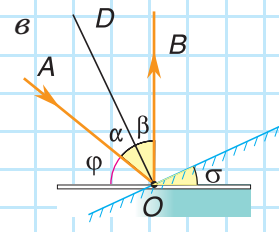


Рис. 236



Проведя биссектрису OD этого угла, мы получим положение перпендикуляра к зеркалу (рис. 236, б). Из чертежа (рис. 236, в) следует, что искомый угол $\sigma = \beta = \frac{50^\circ}{2} = 25^\circ$.

Ответ: $\sigma = 25^\circ$.

Упражнение 22

1. Под каким углом отражается луч, упавший перпендикулярно на зеркало? А упавший под углом $\varphi = 60^\circ$ к поверхности зеркала? Изобразите это на рисунке.

2. Почему поверхность классной доски должна быть матовой?

3. Зеркально или диффузно отражает свет поверхность Луны? Как это можно доказать, не используя данных космических полетов?

4. Туфли начинают блестеть, если их смазать кремом и почистить щеткой. Какие физические явления здесь проявляются?

5. Каким будет угол отражения, если луч падающий и луч отраженный образуют угол $\varphi = 70^\circ$? Подтвердите свой ответ чертежом.

6. Солнечные лучи образуют с горизонтом угол $\varphi = 38^\circ$. Как нужно расположить плоское зеркало, чтобы осветить солнечным светом дно колодца?

 7. На какой угол повернется отраженный луч, если, не меняя направления падающего луча, зеркало повернуть на угол $\varphi = 10^\circ$ относительно оси, перпендикулярной падающему лучу?

 8. Почему отражение Луны на поверхности озера, покрытого рябью, кажется удлинённым?

 9. Во сколько раз отличается время достижения испускаемого Солнцем света Луны и Земли? Недостающие данные найдите самостоятельно, используя справочную литературу или Интернет.



§ 35.

Зеркала. Изображение в плоском зеркале



Рис. 237

Каждый день по несколько раз вы смотрите в зеркало и видите в нем свое изображение (рис. 237). Попробуем ответить на ряд вопросов. Где и на каком расстоянии от зеркала находится изображение? Каковы его размеры по сравнению с размерами самого предмета? Как образуется изображение?

Проведем опыт. На столе расположим вертикально стеклянную пластинку и зажженную свечу 1, как показано на рисунке 238. Стеклянная пластинка будет выполнять роль плоского зеркала. В стекле хорошо видно изображение свечи. Заглянув за пластинку, мы, конечно же, не обнаружим этой свечи.

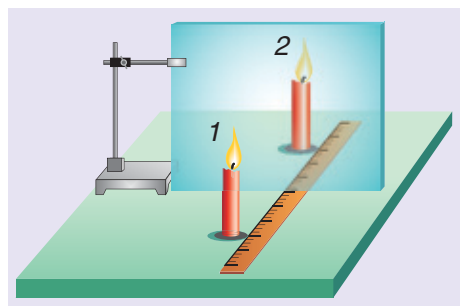


Рис. 238

Такую же по размерам, но незажженную свечу 2 будем перемещать с другой стороны пластинки до тех пор, пока она не совместится с изображением (не будет казаться зажженной). По линейке определим расстояние l_1 от пластинки до свечи 1 и l_2 — до ее изображения, т. е. свечи 2. Сравнив расстояния до обеих свечей, мы убедимся, что $l_1 = l_2$. Так как свеча 2 совместилась с изображением по высоте, то можно сделать вывод, что размеры изображения равны размерам предмета.

Продолжим опыт. Передвинем свечу 1 ближе к стеклянной пластинке. Ее изображение тоже приблизится, причем ровно на столько же. В этом легко убедиться с помощью линейки.

Положение изображения не изменится, если вместо стеклянной пластинки использовать плоское зеркало.

Из проведенных опытов следует, что в плоском зеркале глаз видит изображение таких же размеров, что и предмет, и на таком же расстоянии за зеркалом. Но что означает: «Глаз видит изображение»? Как глаз определяет местоположение предмета или его изображения?

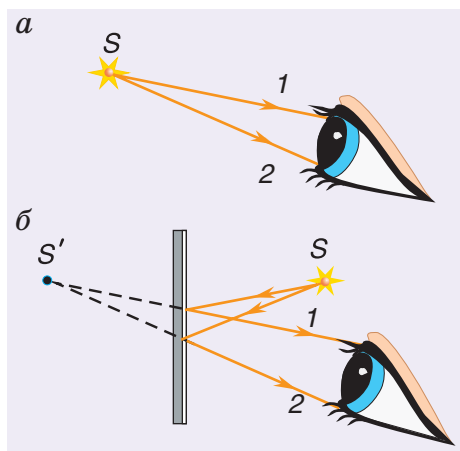


Рис. 239

Рассмотрим лучи 1 и 2 , попадающие в глаз (рис. 239, a). Эти лучи идут от светящейся точки S . А если лучи попадут в глаз не от самой светящейся точки, а отразившись от зеркала (рис. 239, b)? Глазу безразлично, как эти лучи идут до того момента, как попадают в него. Он будет фиксировать положение источника лучей (точки S) на пересечении продолжений попадающих в него лучей — в точке S' . Глаз увидит, что светящаяся точка находится именно там. Это мнимое изображение светящейся точки S , от которой в глаз попадают лучи 1 и 2 .

Значит, глаз видит и сам предмет (светящуюся точку), и его мнимое изображение только тогда, когда в него попадают лучи, идущие от предмета непосредственно или после отражения от зеркала и несущие световую энергию. Если таких лучей нет, то и изображение в глазу не создается.

Поясним еще раз, почему изображение S' (рис. 239, b) в плоском зеркале называют мнимым. Мы можем увидеть это изображение. Но если мы поместим в точку S' устройства, чувствительные к световой энергии (фотопленку или просто белый экран), то ничего на них не обнаружим. В эту точку энергия света не поступает.

Построим теперь изображение протяженного предмета (пламени свечи) в плоском зеркале. Найдем изображение двух крайних точек A и B . Для построения изображения каждой точки можно использовать два любых луча (рис. 240). Пусть луч 1 падает на зеркало в точку O перпендикулярно плоскости зеркала ($\alpha = 0^\circ$). Отраженный луч $1'$ пойдет вдоль падающего, но в обратном направлении ($\beta = \alpha = 0^\circ$). Луч 2 падает под углом α и отражается под таким же углом β . Из рисунка 240 видно, что отраженные лучи $1'$ и $2'$ не пересекаются. Пересекаются в точке A' их продолжения. Поэтому точка A' и есть изображение точки A , причем, как вы уже догадались, мнимое изображение. За зеркало не попадают световые лучи, а значит, и световой энергии в точке A' нет. Нетрудно доказать (сделайте это сами), что треугольники ACO и $A'CO$ равны. Тогда $AO = OA'$. Аналогично строится изображение точки B .

Итак, из опыта и построения следует: **изображение предмета в плоском зеркале является мнимым, прямым, по размерам равным предмету и находится на таком же расстоянии за зеркалом, на котором расположен предмет перед зеркалом.**

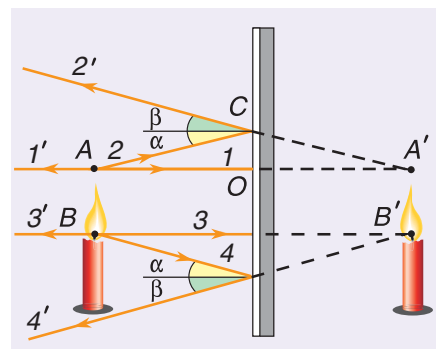


Рис. 240

▼ Для любознательных

Важную роль играют зеркала, отражающие поверхности которых являются кривыми: вогнутыми (рис. 241) или выпуклыми (рис. 242). Если зеркало вогнутое, оно может параллельно падающие лучи после отражения собрать в одну точку, т. е. сконцентрировать световую энергию. Выпуклое зеркало, наоборот, после отражения дает расходящийся пучок света.

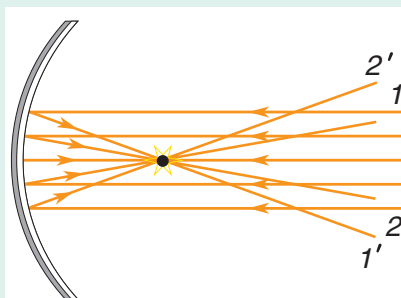


Рис. 241

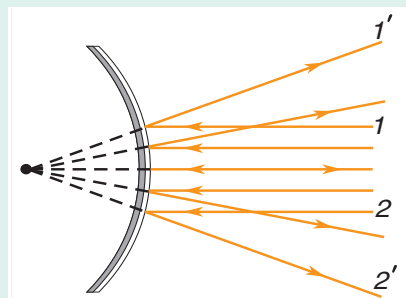


Рис. 242



Рис. 243

Зеркала применяются в различных сферах жизнедеятельности человека: в быту, медицине (рис. 243), транспорте, астрономии, для оформления помещений и т. д.

▼ Для любознательных

Выпуклые зеркала используются в автомобилях (рис. 244), на перекрестках улиц для обзора окрестности (рис. 245). Они обеспечивают гораздо более широкий обзор, чем плоские. Вогнутые зеркала используются там, где необходимо сконцентрировать световую энергию, например в зеркальном телескопе (рис. 246). С его помощью можно наблюдать даже неяркие далекие звезды.



Рис. 244



Рис. 245



Рис. 246

■ Главные выводы

1. Световые лучи, падающие на зеркало, отражаются и за зеркало не попадают.
2. Изображением светящейся точки в плоском зеркале является точка пересечения продолжения лучей, отраженных от поверхности зеркала.
3. Плоское зеркало дает мнимое, прямое изображение предмета, равных с ним размеров и на таком же расстоянии, что и предмет, от зеркала.

? Контрольные вопросы

1. Почему для построения изображения светящейся точки недостаточно одного луча света, исходящего из нее?
2. Почему изображение светящейся точки в плоском зеркале мнимое?
3. Как доказать, что размеры предмета и изображения в плоском зеркале равны?
4. Почему иногда изображение в плоском зеркале называют «оптическим привидением»?
5. Какую роль в получении изображения предмета в зеркале играет глаз?
6. Можно ли утверждать, что изображение предмета в плоском зеркале (рис. 247) абсолютно идентично (одинаково) предмету?



Рис. 247

Упражнение 23

1. Где находится плоское зеркало, если эмблема А II Игр стран СНГ (Минск, 2023 г.) и ее изображение A' расположены так, как показано на рисунке 248?

2. Зеркало, глаз и светящаяся стрелка расположены, как показано на рисунке 249. Где наблюдатель увидит изображение стрелки? Докажите это построением изображения.

3. Сидя в автобусе, вы иногда видите в зеркале в кабине водителя его лицо. Видит ли водитель в этом зеркале ваше лицо? Почему?

4. По крышке стола катится шарик. Как нужно установить на столе плоское зеркало, чтобы изображение шарика двигалось вертикально: а) вверх; б) вниз?

5. Можно ли сфотографировать изображение в зеркале? Проверьте на опыте и объясните результат.

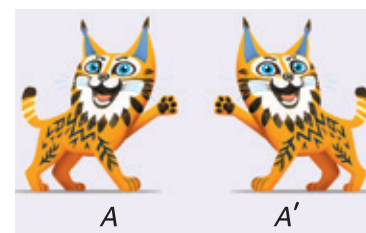


Рис. 248

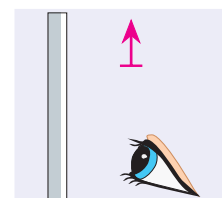


Рис. 249