

Уроки 63-64
Линзы. Оптическая сила линзы.
Изображения, даваемые линзой.

П. А. Макаров



Государственное общеобразовательное учреждение
Республики Коми
«Физико-математический лицей-интернат»

12 мая 2022

- 1 Линзы. Оптическая сила линзы
- 2 Изображения, даваемые линзой
- 3 Задачи

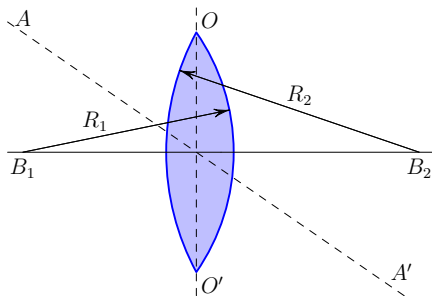


Рис. 1 : Сферическая линза

Определение 1

Оптической линзой называется тело, изготовленное из однородного прозрачного вещества и ограниченное поверхностями, из которых, по крайней мере, одна имеет радиус кривизны, отличный от нуля. Обычно поверхности, ограничивающие линзу, являются сферическими.

Линзы. Оптическая сила линзы

Основные определения

Определение 2

Линза, толщина которой мала по сравнению с радиусом кривизны поверхностей, называется тонкой. Для тонких линз верна формула:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = (n - n_0) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad (1)$$

где d и f — расстояния от предмета и его изображения до оптического центра линзы, n — показатель преломления вещества линзы, n_0 — показатель преломления среды, в которую погружена линза.

Определение 3

Оптическим центром линзы называется точка, проходя через которую, лучи не изменяют своего направления.

Определение 4

Всякая прямая, проходящая через оптический центр, называется оптической осью AA' . Оптическая ось, проходящая через центры кривизны, называется главной оптической осью B_1B_2 .

Определение 5

Величина

$$\Phi = (n - n_0) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (2)$$

называется *оптической силой линзы*.

$$[\Phi] = 1 \text{ дптр.}$$

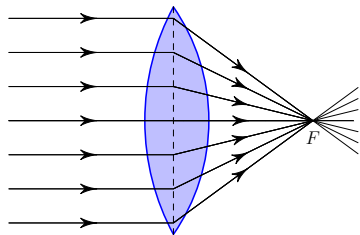
Если i -я поверхность линзы выпуклая, то $R_i > 0$, в противном случае считается, что $R_i < 0$.

Определение 6

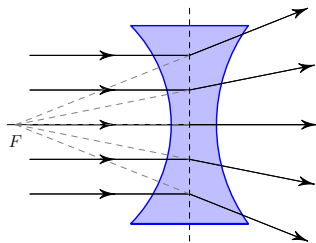
Если оптическая сила линзы $\Phi > 0$, то линза называется *собирающей (положительной)*. В этом случае параллельный пучок света после преломления в линзе собирается в одной точке, называемой *главным фокусом линзы*. Если $\Phi < 0$, то линза называется *рассеивающей (отрицательной)*, и параллельный пучок света после преломления в линзе образует *расходящийся пучок лучей, продолжения которых пересекаются в главном фокусе*.

Линзы. Оптическая сила линзы

Основное свойство сферических линз



(a) Собирающая линза



(b) Рассеивающая линза

Рис. 2 : Ход световых лучей в линзах

Определение 7

Расстояние от главного фокуса до оптического центра линзы называется главным фокусным расстоянием и является основной характеристикой линзы.

$$F = \frac{n_0}{\Phi}, \quad [F] = 1 \text{ м.} \quad (3)$$

Линзы. Оптическая сила линзы

Формула тонкой линзы

Формула тонкой линзы

Комбинируя формулы (1), (2) и (3) можно прийти к формуле:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}. \quad (4)$$

Впервые этот результат получил Исаак Барроу — учитель Исаака Ньютона.

Все величины в формуле (4) алгебраические, т. е. записываются с учётом знака. Положительный знак F соответствует собирающей линзе, $f > 0$ берётся для действительного изображения, $d > 0$ — действительного предмета. Отрицательный знак F соответствует рассеивающей линзе, $f < 0$ берётся для мнимого изображения, $d < 0$ — мнимого предмета.

Мнимый предмет

Мнимый предмет — ситуация в оптике, когда на линзу падает сходящийся пучок лучей, который в отсутствие линзы формирует в некоторой точке пространства действительное изображение. Расстояние от линзы до этой точки — расстояние до мнимого предмета.

Изображения, даваемые линзой

Построение изображений с помощью собирающей линзы

Для построения изображения предмета с помощью собирающей линзы используются любые два из трёх лучей, ход которых через линзу известен.

- 1 Луч, параллельный главной оптической оси, после преломления в линзе проходит через главный фокус.
- 2 Луч, проходящий через центр линзы, не меняет своего направления.
- 3 Луч, проходящий через главный фокус, после преломления в линзе идет параллельно главной оптической оси.

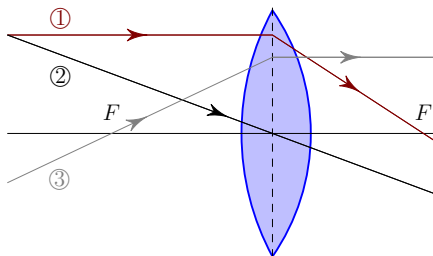


Рис. 3 : Лучи в собирающей линзе

Изображения, даваемые линзой

Собирающие линзы

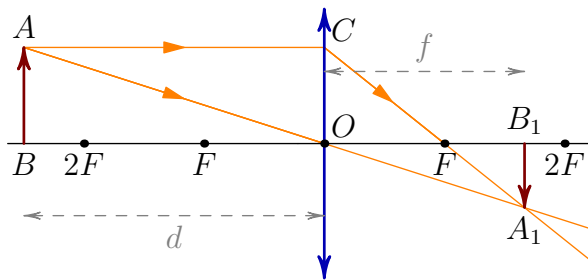


Рис. 4 : $d > 2F$

Изображение:

- действительное,
- уменьшенное,
- перевёрнутое.

Изображения, даваемые линзой

Собирающие линзы

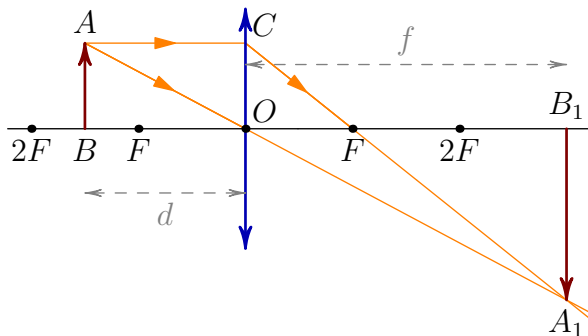


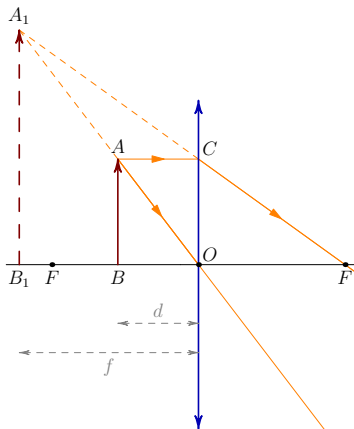
Рис. 5 : $2F > d > F$

Изображение:

- действительное,
- увеличенное,
- перевернутое.

Изображения, даваемые линзой

Собирающие линзы



Изображение:

- мнимое,
- увеличенное,
- прямое.

Рис. 6 : $d < F$

Изображения, даваемые линзой

Рассеивающие линзы

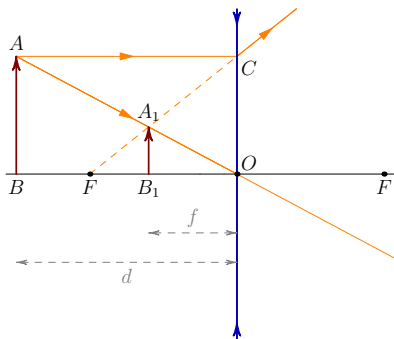


Рис. 7 : $d > F$

Изображение:

- мнимое,
- уменьшенное,
- прямое.

- 1 На рис. 8 изображены в разрезе линзы различной формы. Какие из этих линз собирающие и какие рассеивающие? Какие из них имеют мнимый фокус?

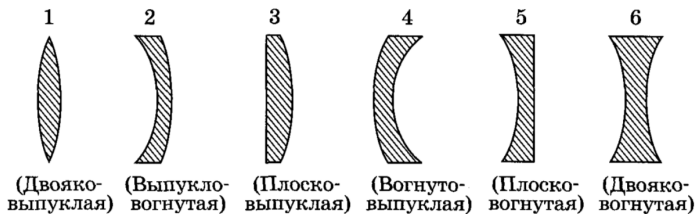


Рис. 8

- 2 Иногда линзу называют «зажигательным стеклом». К каким линзам, изображённым на рис. 8, такое название применить нельзя? Почему?
- 3 Чем отличается действительное изображение точки от мнимого?
- 4 Края линзы обрезали. Изменилось ли при этом её фокусное расстояние?

- 5 Линзы (рис.10) изготовлены из одинакового стекла. Какая из них имеет меньшее фокусное расстояние?

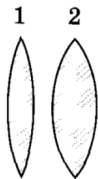


Рис. 9

- 6 Как, используя в качестве источника света Солнце, приблизительно определить фокусное расстояние собирающей линзы?
- 7 Стена освещена солнечным светом. Если перед стеной разместить рассеивающую линзу, то на стене появляется чуть более тёмный круг, окружённый светлым кольцом. Объясните это явление.
- 8 Какой вред в солнечный день могут причинить листьям растений попавшие на них капли воды?

- 9 Какой из трёх лучей 2, 3 или 4, изображённых на рис.10 штриховой линией, является продолжением светового луча 1 после преломления его в линзах $L1$ и $L2$?

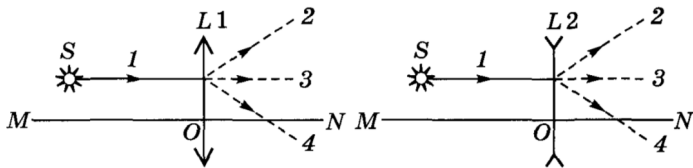


Рис. 10

- 10 Как изменится изображение светящейся точки, полученное на экране при помощи собирающей линзы, если закрыть верхнюю половину линзы? Обоснуйте ответ с помощью схематического рисунка.

Спасибо за внимание!