



ИНФОРМАЦИОННЫЕ
И КОММУНИКАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОЙ ШКОЛЕ

Капустина Е.В.

ФИЗИКА

СБОРНИК ЗАДАЧ С РЕШЕНИЯМИ

ОПТИЧЕСКИЕ
ЯВЛЕНИЯ

8

Урок №4.

Линзы.

Задача №1.

Лев Николаевич Толстой писал: «Наука и искусство так же тесно связаны между собой, как лёгкие и сердце». Нередко в художественных произведениях описаны те или иные физические явления. Прочтите отрывки из двух литературных произведений и дайте ответ на сформулированные к ним физические вопросы.

1) Ж. Верн. Таинственный остров.

Сайрес Смит для того, чтобы разжечь костер, взял «два стекла, снятые с часов инженера и Спилета. Наполнив их водой и скрепив их края с помощью глины, Сайрес Смит сфабриковал настоящее зажигательное стекло, которое сосредоточило лучи солнца на охапке сухого мха и воспламенило его».

Вопросы: Какой физический прибор сделал Сайрес Смит? Для чего между выпуклыми стеклами он налил воды?

Решение.

Сайрес Смит сконструировал собирающую линзу. Между выпуклыми стеклами он налил воды для создания преломляющей среды.

2) Ж. Верн. Путешествие капитана Гаттераса.

Можно ли добыть огонь с помощью льда? Перед этой проблемой оказались путники, потеряв огниво и очутившись без огня при 48-градусном морозе. «Доктор велел отрубить кусок льда, имеющий фут в диаметре, и начал обравнивать его топором. Потом отделал его ножом, наконец постепенно отшлифовал рукою. Получилась прозрачная чечевица, словно из лучшего хрусталя. Солнце было довольно яркое. Доктор подставил чечевицу его лучам и сосредоточил их на труте. Через несколько секунд трут загорелся».

Вопрос: Какой физический прибор создал доктор?

Решение.

Доктор сконструировал собирающую линзу.

2. Для нахождения фокусного расстояния собирающей линзы воспользуемся формулой тонкой линзы:

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

Выполнив математические преобразования, получим, что

$$\frac{1}{F} = \frac{f+d}{d \cdot f}; \quad F = \frac{d \cdot f}{f+d}.$$

Подставим числовые значения физических величин в формулу и вычислим значение фокусного расстояния собирающей линзы:

$$F = \frac{0,3 \text{ м} \cdot 0,15 \text{ м}}{0,15 \text{ м} + 0,3 \text{ м}} = 0,1 \text{ м}.$$

3. Оптическую силу линзы вычислим по формуле:

$$D = \frac{1}{F}; \quad D = \frac{1}{0,1 \text{ м}} = 10 \text{ дптр}.$$

4. Вычислим линейный размер (величину) предмета, используя формулу:

$$\frac{H}{h} = \frac{f}{d}.$$

Следовательно, $h = \frac{H \cdot d}{f};$

$$h = \frac{0,35 \text{ м} \cdot 0,3 \text{ м}}{0,15 \text{ м}} = 0,7 \text{ м}.$$

5. Линейное увеличение линзы вычислим по формуле:

$$\Gamma = \frac{H}{h};$$

$$\Gamma = \frac{0,35 \text{ м}}{0,7 \text{ м}} = 0,5.$$

Ответ: $F = 0,1 \text{ м}; D = 10 \text{ дптр}, h = 0,7 \text{ м}; \Gamma = 0,5.$

Задача №3.

Изображение предмета, поставленного на расстоянии 40 см от собирающей линзы, получилось увеличенным в 1,5 раза. Каково фокусное расстояние собирающей линзы?

Решение.

Дано:	СИ:	Решение.
$d = 40 \text{ см}$ $\Gamma = 1,5$	$0,4 \text{ м}$	<p>1. Для нахождения фокусного расстояния собирающей линзы воспользуемся формулой тонкой линзы:</p> $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} .$ <p>Выполнив математические преобразования, получим, что</p> $\frac{1}{F} = \frac{f+d}{d \cdot f} ; F = \frac{d \cdot f}{f+d} .$ <p>2. Для нахождения расстояния f от изображения до линзы используем формулу линейного увеличения линзы:</p> $\Gamma = \frac{f}{d} .$ <p>Следовательно, $f = \Gamma \cdot d$,</p> $f = 1,5 \cdot 0,4 \text{ м} = 0,6 \text{ м} .$ <p>3. Вычислим фокусное расстояние собирающей линзы:</p> $F = \frac{0,4 \text{ м} \cdot 0,6 \text{ м}}{0,6 \text{ м} + 0,4 \text{ м}} = 0,24 \text{ м} .$ <p>Ответ: $F = 0,24 \text{ м} .$</p>
$F - ?$		

Задача №4.

Предмет высотой 30 см расположен вертикально на расстоянии 80 см от линзы с оптической силой -5 дптр. Определите положение изображения и его высоту.

Решение.

Дано:	СИ:	Решение.
$h = 30 \text{ см}$ $d = 80 \text{ см}$ $D = -5 \text{ дптр}$	$0,3 \text{ м}$ $0,8 \text{ м}$	<p>1. Для определения положения изображения данного предмета, то есть расстояния от изображения до линзы f, воспользуемся формулой тонкой линзы.</p> <p>При этом учтём, что линза - рассеивающая и даёт мнимое изображение.</p> <p>Оптическая сила рассеивающей линзы отрицательная.</p> $-D = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}, \text{ откуда } \frac{1}{f} = \frac{1}{d} + D.$ <p>Выполнив математические преобразования, получим, что</p> $\frac{1}{f} = \frac{d \cdot D + 1}{d}, \quad f = \frac{d}{d \cdot D + 1}.$ <p>Вычислим расстояние от изображения до линзы, подставив в формулу значения всех физических величин со знаком «+»:</p> $f = \frac{0,8 \text{ м}}{5 \text{ дптр} \cdot 0,8 \text{ м} + 1} = 0,16 \text{ м}.$ <p>Вычислим высоту изображения данного предмета по формуле:</p> $\frac{H}{h} = \frac{f}{d}.$ <p>Следовательно, $H = \frac{h \cdot f}{d}.$</p> <p>Высота изображения равна:</p> $H = \frac{0,3 \text{ м} \cdot 0,16 \text{ м}}{0,8 \text{ м}} = 0,06 \text{ м}.$ <p>Ответ: $f = 0,16 \text{ м}; H = 0,06 \text{ м}.$</p>
$f - ?$ $H - ?$		

Задача №5.

Предмет расположен перпендикулярно главной оптической оси собирающей линзы. Постройте изображение данного предмета для следующих случаев.

Задание 1. Предмет находится за двойным фокусным расстоянием линзы: $d > 2F$.

Задание 2. Предмет находится на двойном фокусном расстоянии линзы: $d = 2F$.

Задание 3. Предмет находится между фокусом линзы и её двойным фокусом: $2F > d > F$.

Задание 4. Предмет находится на фокусном расстоянии линзы: $d = F$.

Задание 5. Предмет находится между линзой и фокусом: $d < F$.

Решение.

Расположение предмета и его изображения по отношению к собирающей линзе, а также соответствующие характеристики изображения могут быть получены как экспериментально, так и графически с помощью геометрических построений хода лучей.

Алгоритм (последовательность действий) построения изображения, даваемого собирающей линзой.

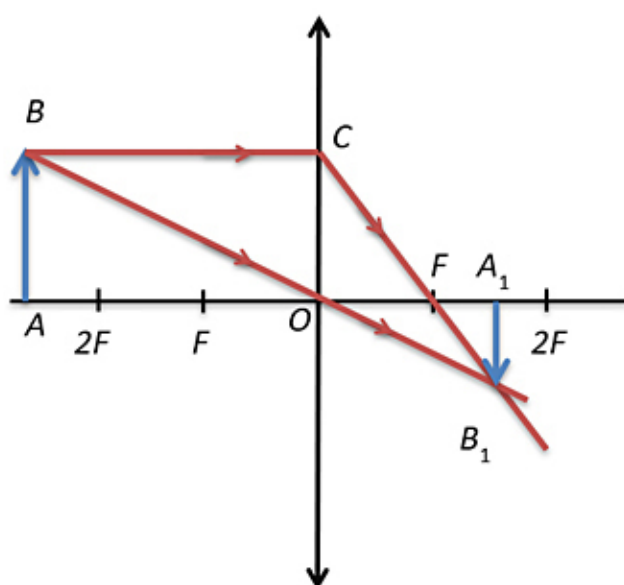
- 1) Проведем горизонтальную линию – главную оптическую ось.
- 2) Перпендикулярно главной оптической оси расположим собирающую линзу.
- 3) Обозначим точкой О оптический центр собирающей линзы.
- 4) Справа и слева на одинаковом расстоянии от оптического центра собирающей линзы отметим фокусы F собирающей линзы. Расстояние OF называют фокусным расстоянием собирающей линзы.
- 5) Справа и слева на фокусном расстоянии от фокусов F собирающей линзы отмечаем двойные фокусы 2F собирающей линзы.
- 6) Согласно условию задачи располагаем предмет относительно линзы. Предмет можно изобразить в виде стрелки. Обозначим крайние точки стрелки буквами А и В.
- 7) Чтобы построить изображение точки В, используем два «удобных» луча:
 - первый луч проведем параллельно главной оптической оси, после преломления в точке С он пройдет через главный фокус;
 - второй луч проходит через оптический центр линзы, не преломляясь.

На пересечении преломленных лучей находится точка B_1 – изображение точки B . Рекомендуется не обрывать лучи в местах получения изображений – их следует продолжить после пересечения лучей.

8) Поскольку стрелка AB перпендикулярна главной оптической оси (по условию задачи), то её изображение A_1B_1 также перпендикулярно главной оптической оси. Следовательно, опускаем перпендикуляр на главную оптическую ось из точки B_1 и получаем точку A_1 – изображение точки A .

Задание 1.

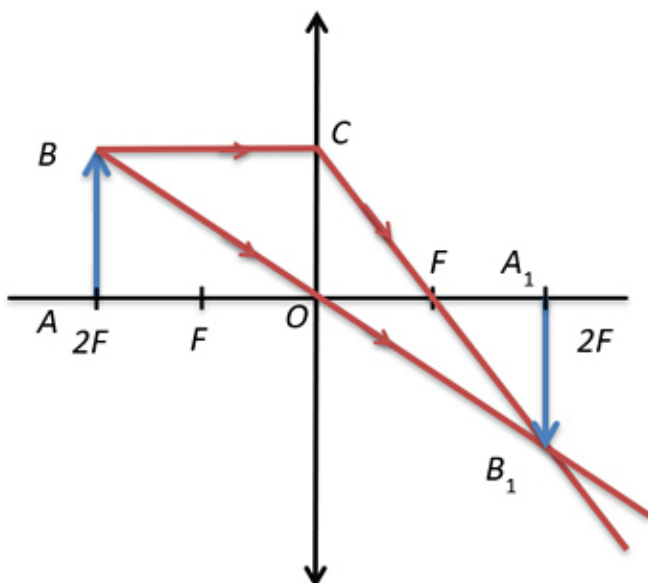
Предмет находится за двойным фокусным расстоянием линзы: $d > 2F$.



Собирающая линза дает уменьшенное, перевернутое, действительное изображение предмета, расположенное по другую сторону линзы между её фокусом и двойным фокусом.

Задание 2.

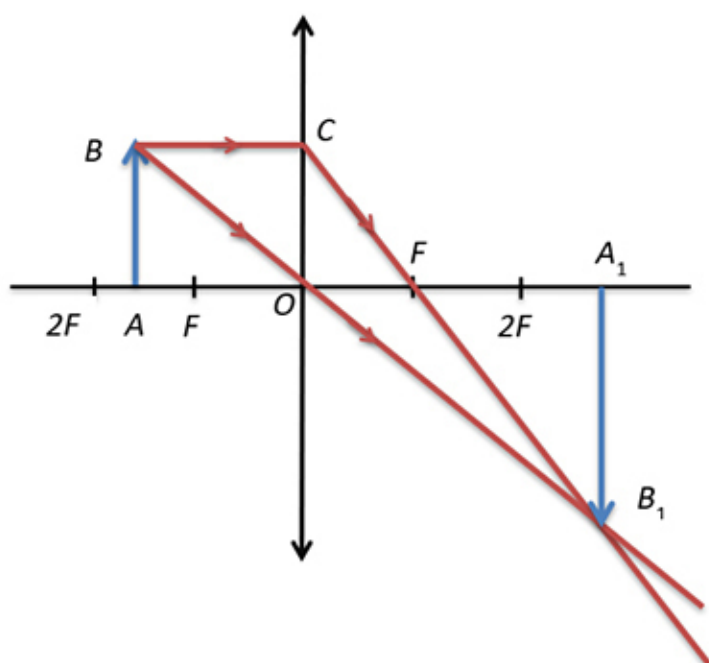
Предмет находится на двойном фокусном расстоянии линзы: $d = 2F$.



Собирающая линза дает равное, перевернутое, действительное изображение предмета, расположенное по другую сторону линзы на двойном фокусном расстоянии.

Задание 3.

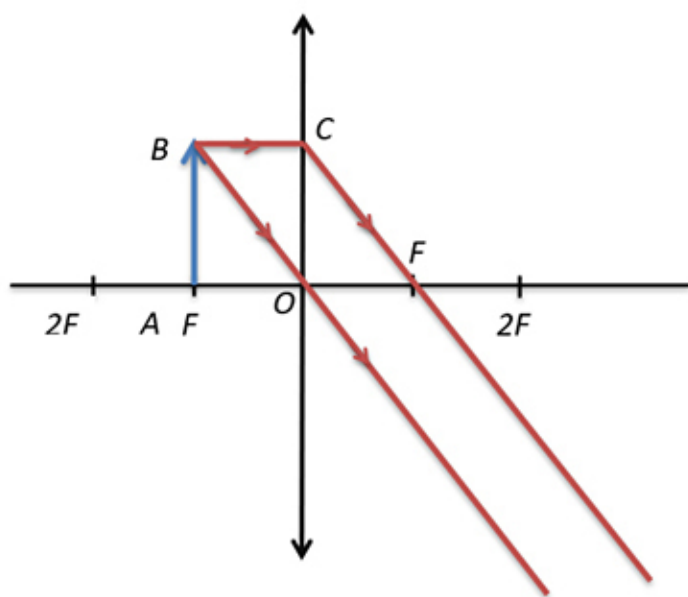
Предмет находится между фокусом линзы и её двойным фокусом: $2F > d > F$



Собирающая линза дает увеличенное, перевернутое, действительное изображение предмета, расположенное по другую сторону от линзы, за двойным фокусным расстоянием.

Задание 4.

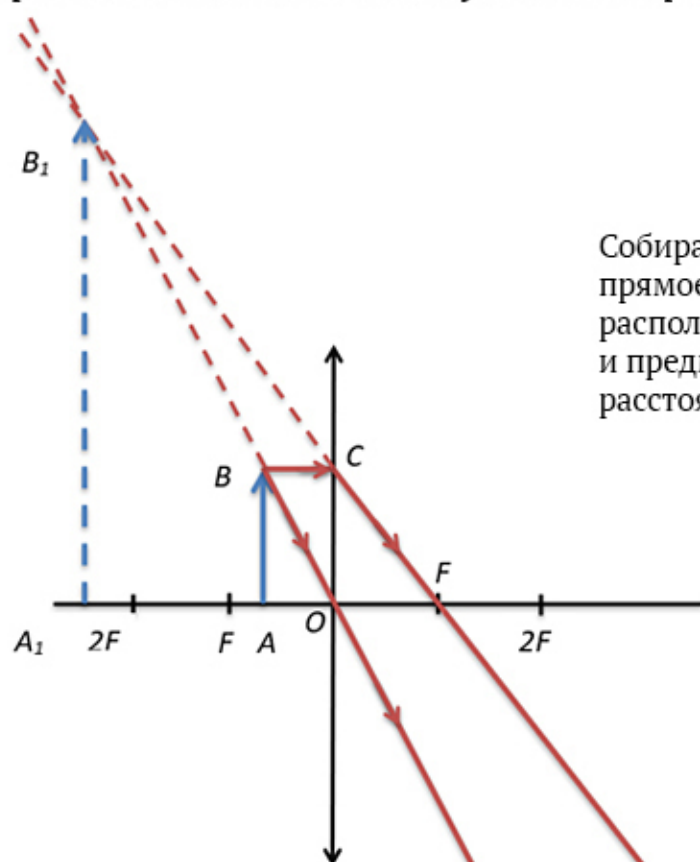
Предмет находится на фокусном расстоянии линзы: $d = F$.



Видимого изображения нет (изображение размытое).

Задание 5.

Предмет находится между линзой и фокусом: $d < F$.



Собирающая линза дает увеличенное, прямое и мнимое изображение, расположенное по ту же сторону линзы, что и предмет, на расстоянии, большем, чем расстояние между предметом и линзой.

Сделаем общий вывод, обобщив полученные результаты в виде таблицы.

**РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРЕДМЕТА И ЕГО ИЗОБРАЖЕНИЯ
ПО ОТНОШЕНИЮ К СОБИРАЮЩЕЙ ЛИНЗЕ**

Расстояние предмета от линзы d	Расстояние изображения от линзы f	Характеристика изображения
Очень большое (в бесконечности, например, Солнце) $d = \infty$	В главном фокусе (по другую сторону от линзы) $f = F$	Действительное, перевернутое, уменьшенное (теоретически - точка)
Больше двойного фокусного расстояния $\infty > d > 2F$	Между главным фокусом и двойным фокусным расстоянием (по другую сторону от линзы) $2F > f > F$	Действительное, перевернутое, уменьшенное

Расстояние предмета от линзы d	Расстояние изображения от линзы f	Характеристика изображения
На двойном фокусном расстоянии $d = 2F$.	На двойном фокусном расстоянии (по другую сторону от линзы) $f = F$.	Действительное, перевернутое, равное по размеру.
Между двойным фокусным расстоянием и главным фокусом $2F > d > F$.	За двойным фокусным расстоянием (по другую сторону от линзы) $f > 2F$.	Действительное, перевернутое, увеличенное.
В главном фокусе $d = F$.	Видимого изображения нет (изображение в бесконечности) $f = \infty$.	-----
Между главным фокусом и линзой $d < F$.	Больше, чем расстояние предмета от линзы (по ту же сторону от линзы, что и предмет).	Мнимое, прямое, увеличенное.

Задача №6.

Постройте изображение данного предмета, полученное при помощи рассеивающей линзы.

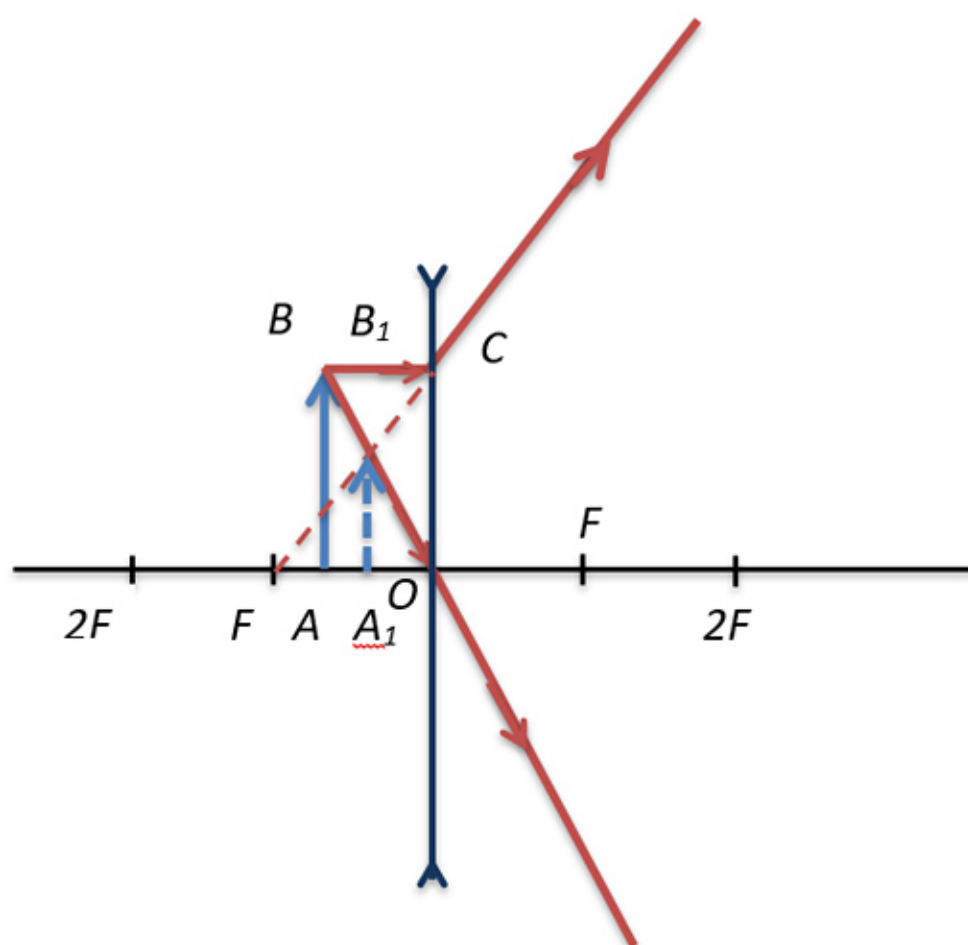
Решение.

Для построения изображения предмета, полученного при помощи рассеивающей линзы, выполним пункты 1-6 алгоритма, представленного в задаче №5. Затем снова используем «удобные» лучи: первый луч идет

параллельно главной оптической оси и преломляется рассеивающей линзой так, что его продолжение проходит через фокус рассеивающей линзы (пунктир на рисунке); второй луч, не преломляясь, проходит через оптический центр линзы. На пересечении второго луча и продолжения хода первого луча получаем точку B_1 – изображение точки B .

Опускаем перпендикуляр на главную оптическую ось из точки B_1 и получаем точку A_1 – изображение точки A .

$A_1 B_1$ – изображение, даваемое рассеивающей линзой.



Рассеивающая линза дает уменьшенное, прямое и мнимое изображение, расположенное по ту же сторону линзы, что и предмет.

Докажи, что при всех положениях предмета рассеивающая линза дает уменьшенное, мнимое, прямое изображение, находящееся по ту же сторону линзы, что и сам предмет!

Задача №7.

Постройте изображение точечного источника света, который находится между фокусом и двойным фокусом собирающей линзы.

Решение.

1) Обозначим точечный источник света буквой S . Из точки S проведем луч 1, падающий на линзу под произвольным углом к главной оптической оси (рис.1).

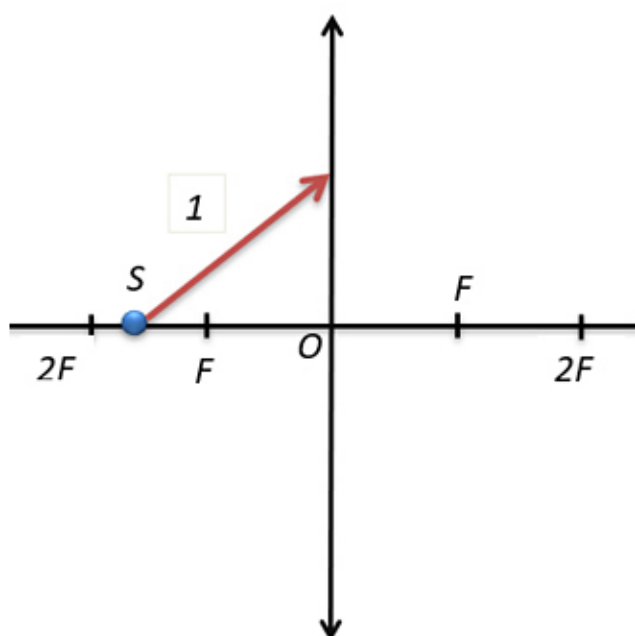


рис.1

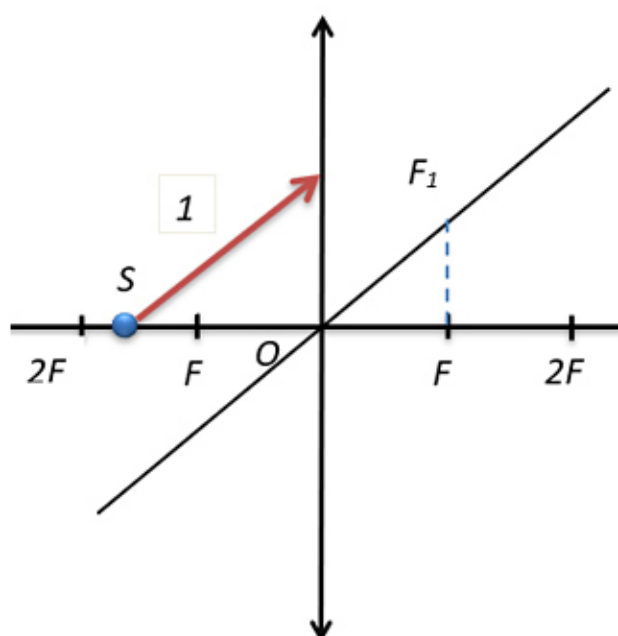


рис.2

2) Через оптический центр линзы параллельно лучу 1 проведем побочную оптическую ось. Из фокуса собирающей линзы проведем фокальную плоскость до пересечения с побочной оптической осью (пунктир на рисунке 2).

Точка пересечения фокальной плоскости с побочной оптической осью – это побочный фокус F_1 , через который пройдет после преломления линзой луч 1.

3) Луч 2 от источника света S идет по главной оптической оси через оптический центр линзы, не преломляясь.

На пересечении преломленного луча 1 и луча 2 образовалась точка S_1 - изображение точечного источника света S .

Изображение действительное и находится за двойным фокусом собирающей линзы.

