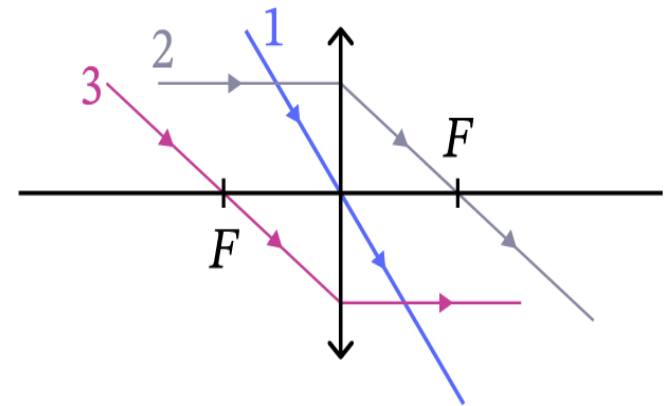


Формирование навыка решения
задач из реальных вариантов ЕГЭ
по физике на практических
занятиях с обучающимися

«Замечательные» (основные) лучи в собирающей линзе

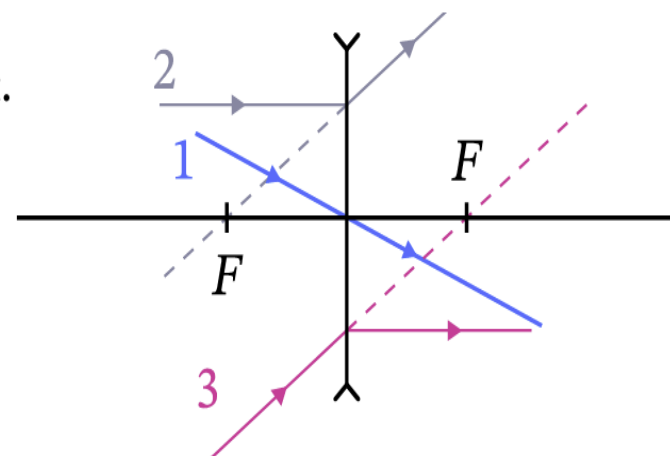
1. Луч, проходящий через оптический центр, не преломляется.
2. Луч, падающий на линзу параллельно главной оптической оси, преломляется в фокус.
3. Луч, падающий на линзу через фокус, преломляется параллельно главной оптической оси.



Основные лучи в собирающей линзе

«Замечательные» (основные) лучи в рассеивающей линзе

1. Луч, проходящий через оптический центр, не преломляется.
2. Луч, падающий на линзу параллельно главной оптической оси, преломляется таким образом, что его продолжение пересекает фокус.
3. Луч, падающий на линзу в направлении мнимого главного фокуса, преломляется параллельно главной оптической оси.

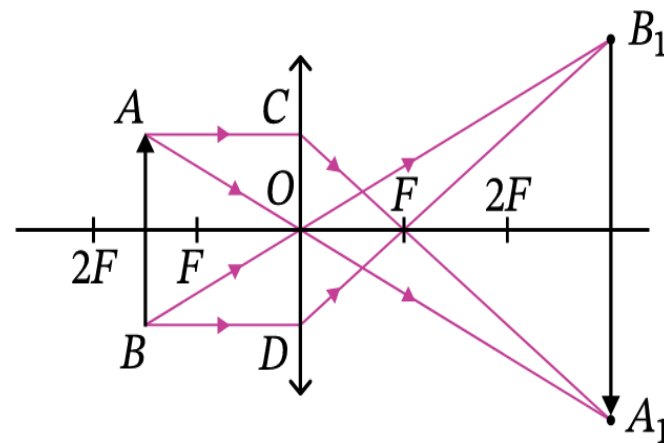


Основные лучи в рассеивающей линзе

Построение изображения (отрезка) в тонкой линзе

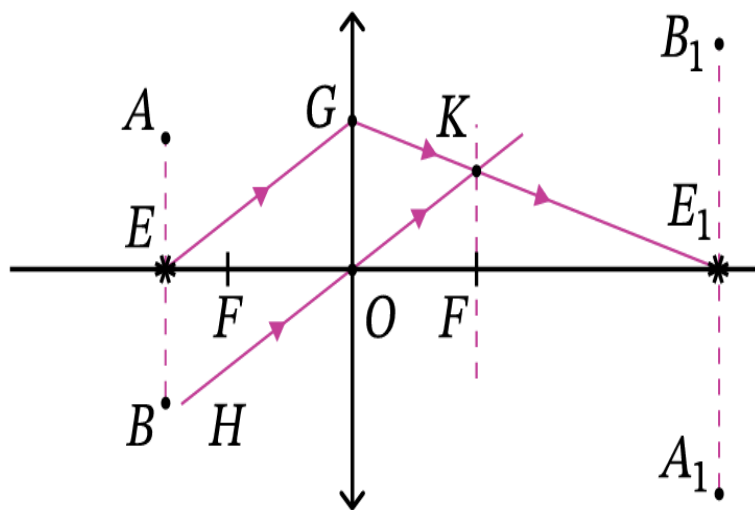
Изображение прямолинейного отрезка, полученное с помощью тонкой линзы, является прямолинейным отрезком.

Изображение отрезка, перпендикулярного главной оптической оси, также перпендикулярно.



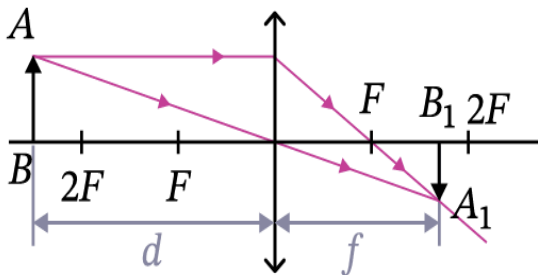
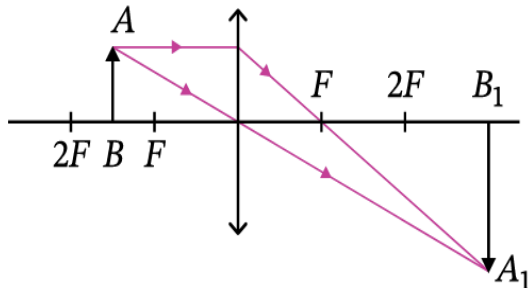
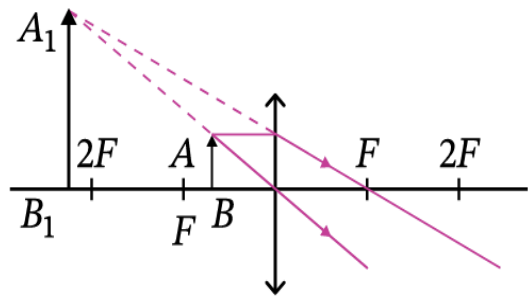
Построение изображения (отрезка) в тонкой линзе

Построение точки, лежащей на ГОО



Построение точки, лежащей на ГОО

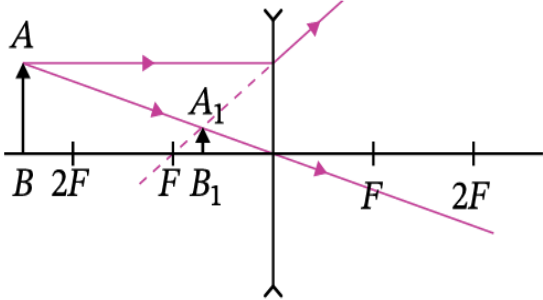
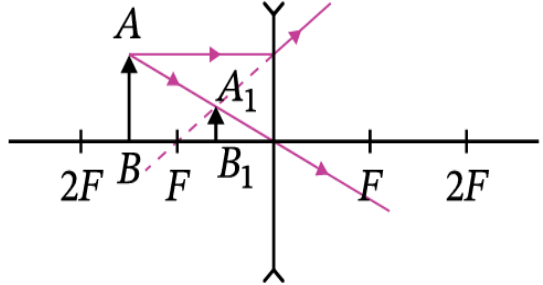
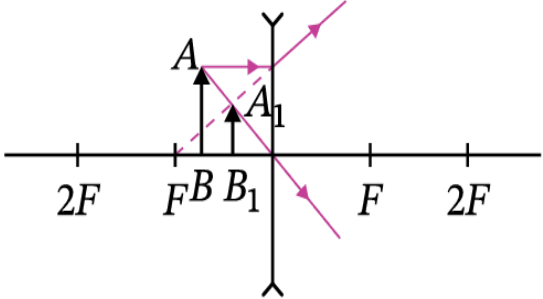
Построение изображения в линзе

Рисунок	Расстояние до предмета d	Характеристики изображения
	$d > 2F$	Действительное Перевёрнутое Уменьшенное
	$2F > d > F$	Действительное Перевёрнутое Увеличенное
	$F > d$	Мнимое Прямое Увеличенное

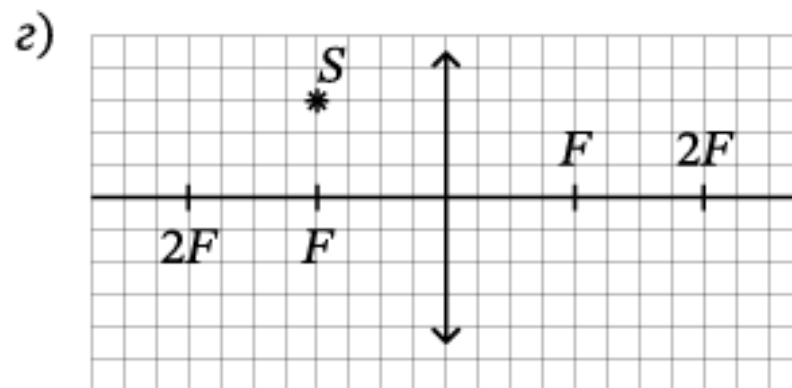
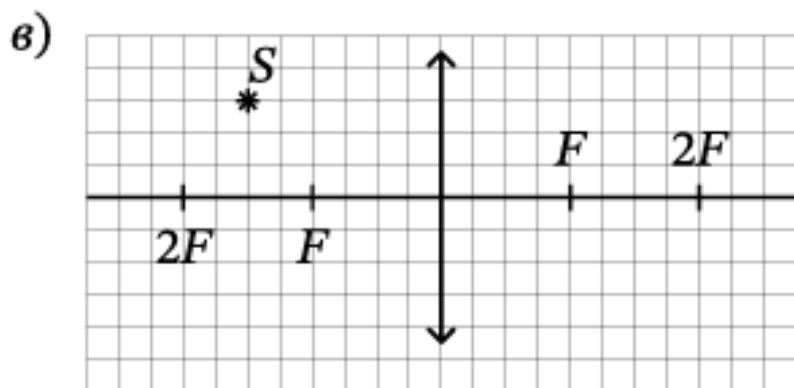
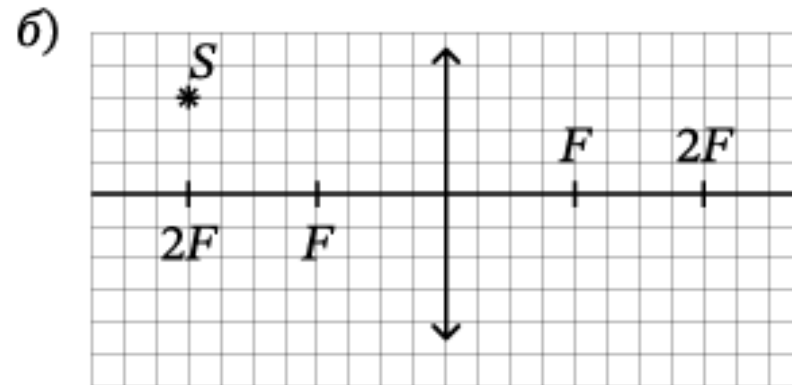
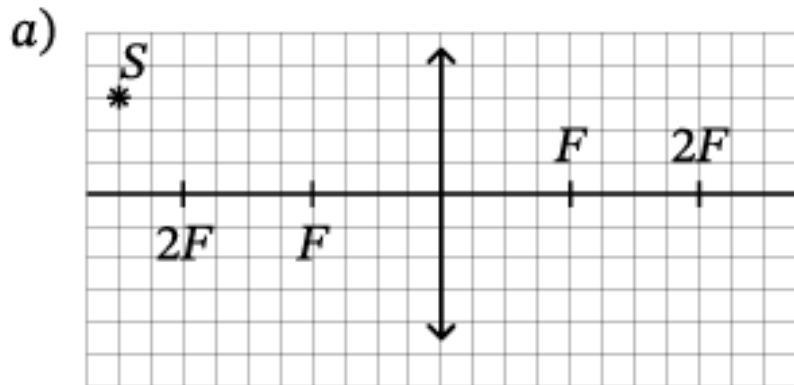
Материалы с платформы методического сопровождения школ-ассоциированных партнеров «Сириуса»

Тонкая линза

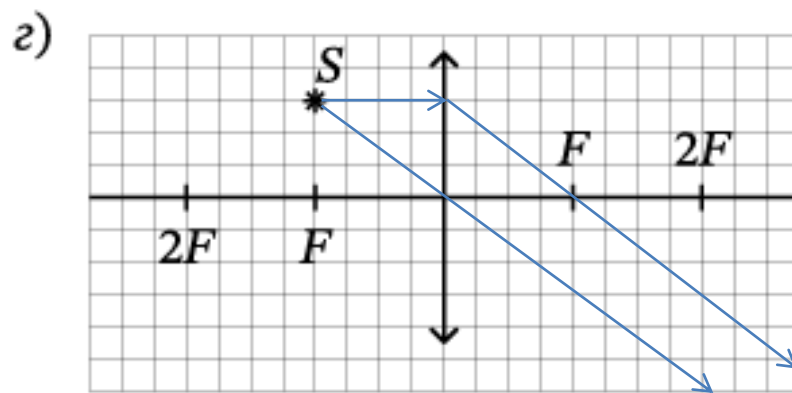
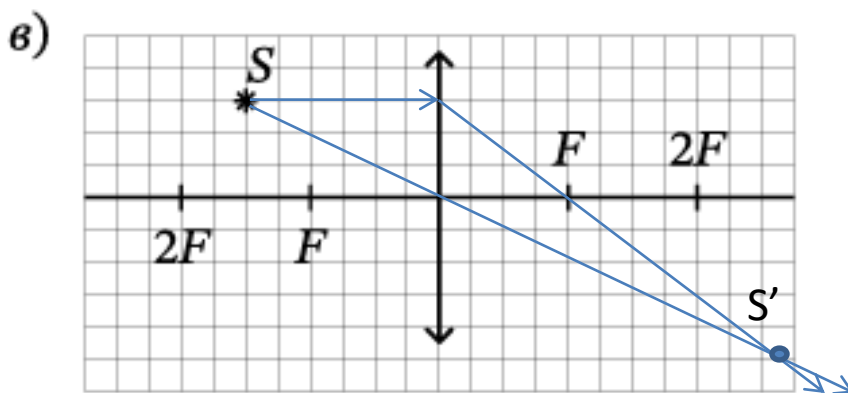
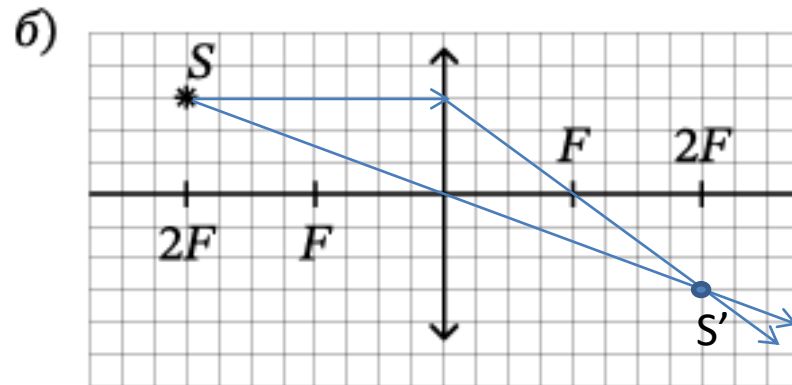
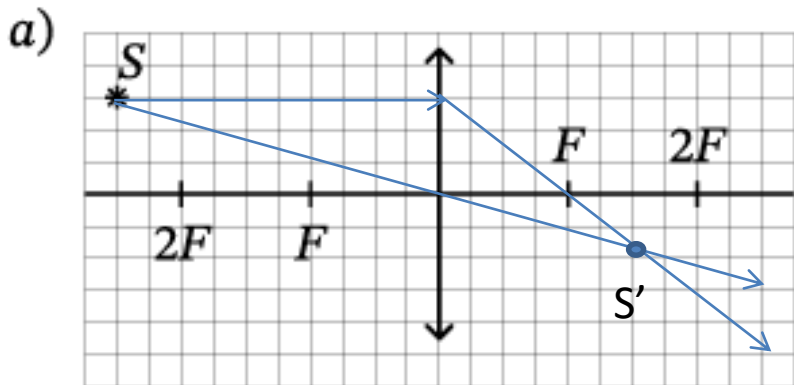
Для рассеивающей линзы изображение всегда мнимое, прямое, уменьшенное.

Рисунок	Расстояние до предмета d	Характеристики изображения
	$d > 2F$	Мнимое Прямое Уменьшенное
	$2F > d > F$	Мнимое Прямое Уменьшенное
	$F > d$	Мнимое Прямое Уменьшенное

Задача 1. Постройте изображение точечного источника света для случаев, приведённых на рисунке. Перечислите характеристики изображения (действительное или мнимое).

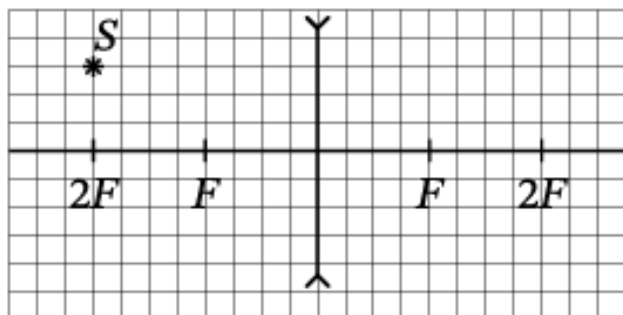


Задача 1. Постройте изображение точечного источника света для случаев, приведённых на рисунке. Перечислите характеристики изображения (действительное или мнимое).

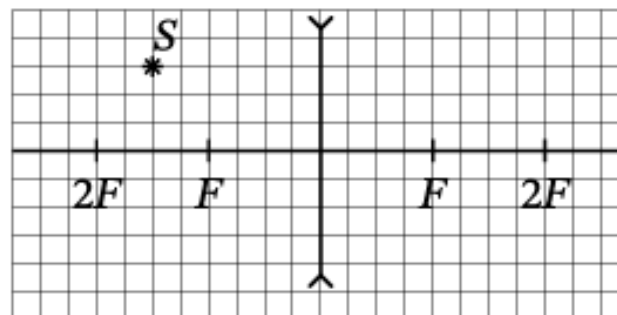


Задача 2. Постройте изображение точечного источника света для случаев, приведённых на рисунке. Перечислите характеристики изображения (действительное или мнимое).

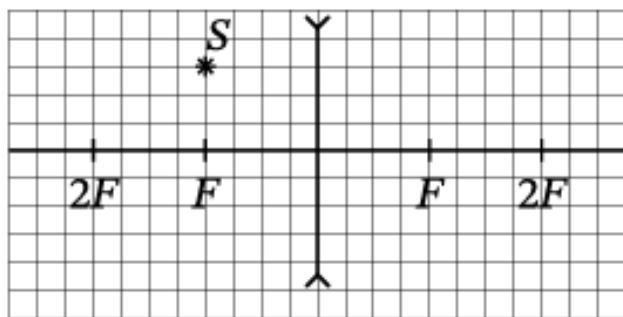
и)



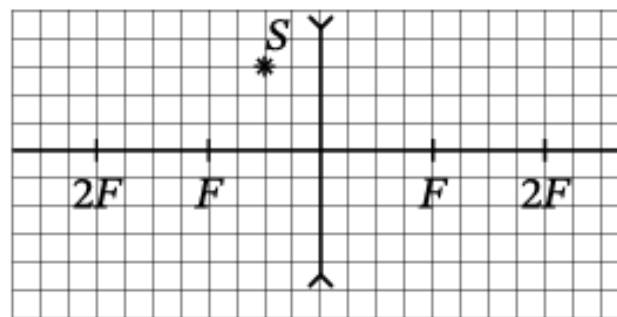
к)



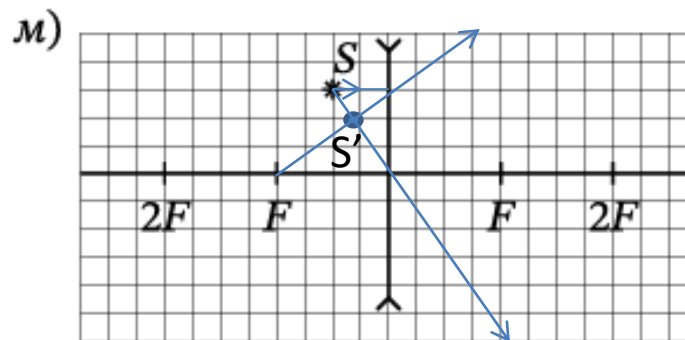
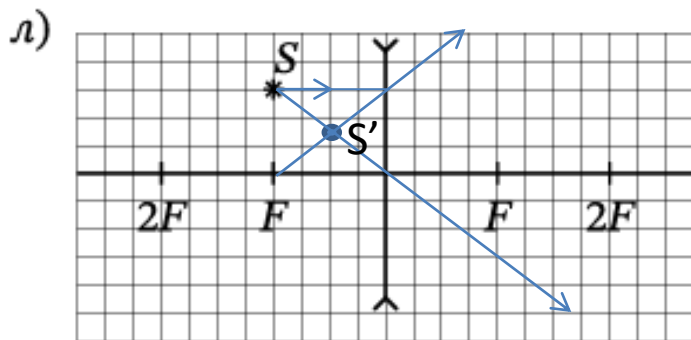
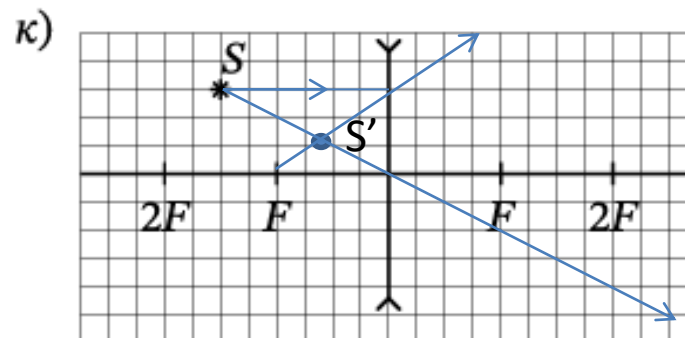
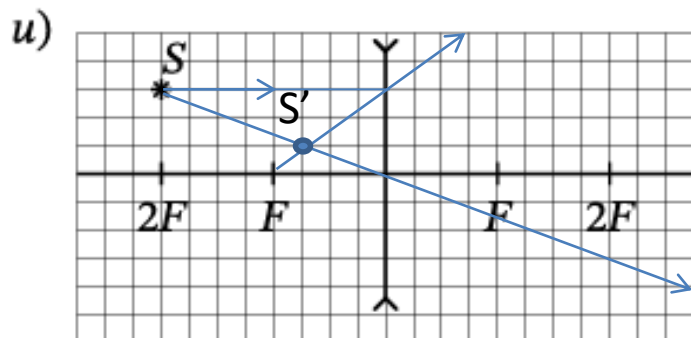
л)



м)



Задача 1. Постройте изображение точечного источника света для случаев, приведённых на рисунке. Перечислите характеристики изображения (действительное или мнимое).

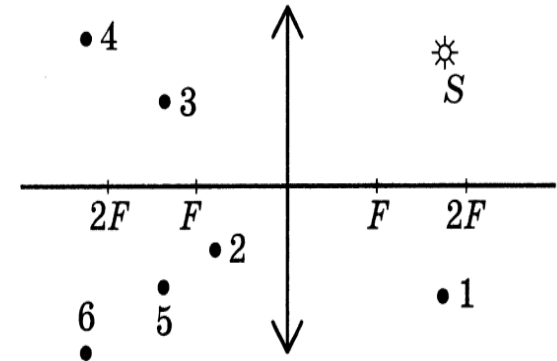


№1

13

Какая из точек (1, 2, 3, 4, 5 или 6), показанных на рисунке, является изображением точечного источника света S , полученным в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием F ?

Ответ: точка _____.

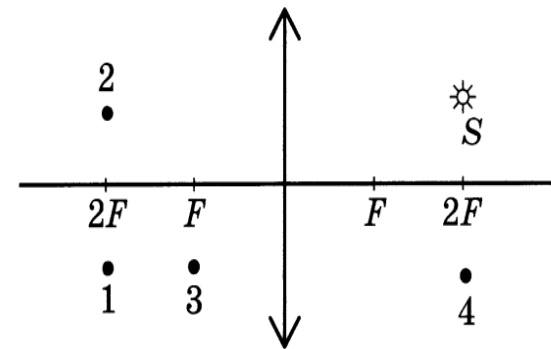


№2

13

Какая из точек (1, 2, 3 или 4) является изображением точечного источника света S в собирающей тонкой линзе с фокусным расстоянием F (см. рисунок)?

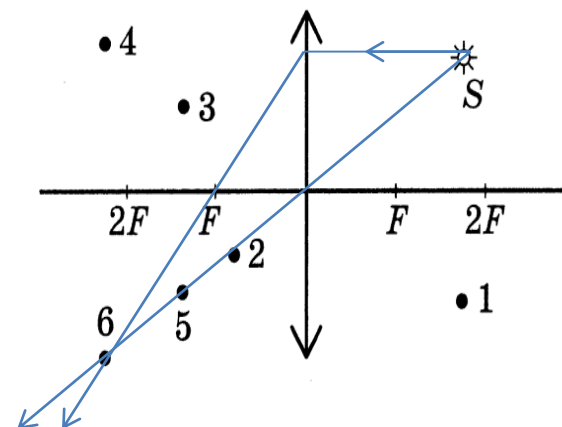
Ответ: точка _____.



13

Какая из точек (1, 2, 3, 4, 5 или 6), показанных на рисунке, является изображением точечного источника света S , полученным в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием F ?

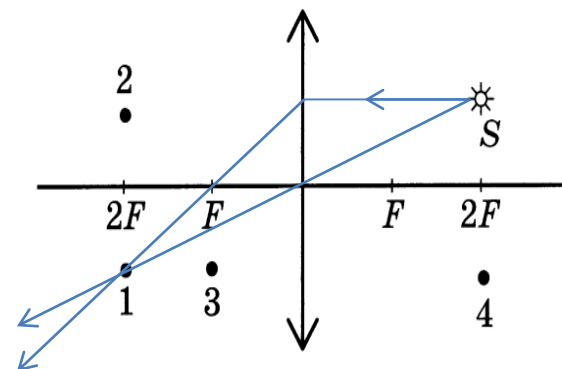
Ответ: точка _____.



13

Какая из точек (1, 2, 3 или 4) является изображением точечного источника света S в собирающей тонкой линзе с фокусным расстоянием F (см. рисунок)?

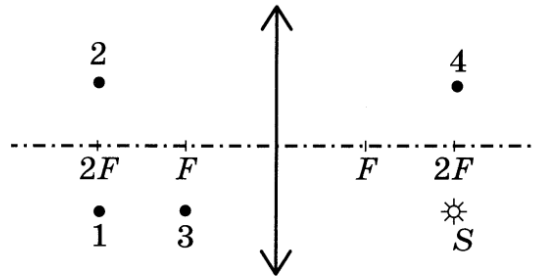
Ответ: точка _____.



№3

13

Какая из точек (1, 2, 3 или 4) является изображением точечного источника света S в собирающей тонкой линзе с фокусным расстоянием F (см. рисунок)?

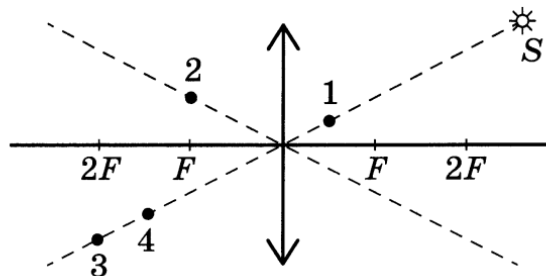


Ответ: точка _____.

№4

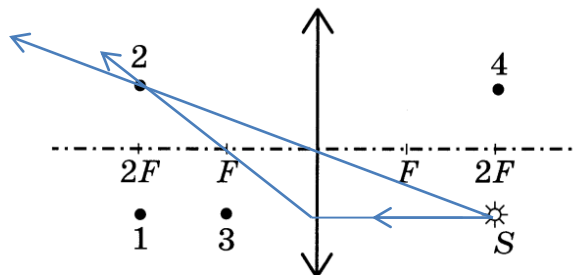
13

Какая из точек (1, 2, 3 или 4), показанных на рисунке, служит изображением точки S (см. рисунок), создаваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием F ?



13

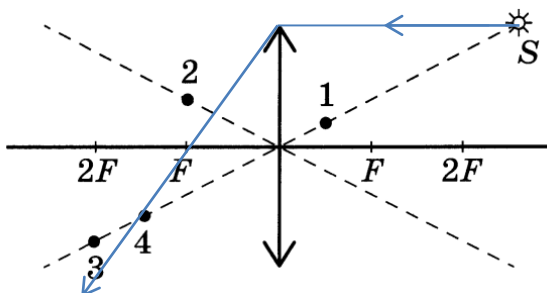
Какая из точек (1, 2, 3 или 4) является изображением точечного источника света S в собирающей тонкой линзе с фокусным расстоянием F (см. рисунок)?



Ответ: точка _____.

13

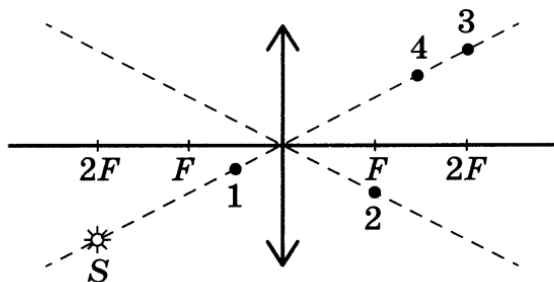
Какая из точек (1, 2, 3 или 4), показанных на рисунке, служит изображением точки S (см. рисунок), создаваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием F ?



№5

13

Какая из точек (1, 2, 3 или 4), показанных на рисунке, служит изображением точки S (см. рисунок), создаваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием F ?

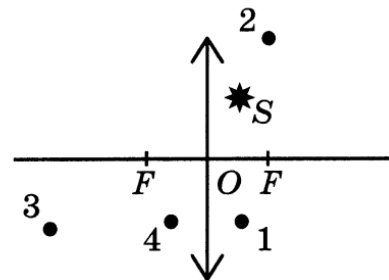


Ответ: точка _____.

№6

13

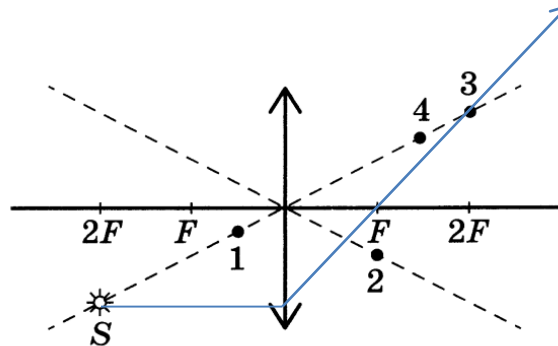
Какая из точек (1, 2, 3 или 4) является изображением точечного источника S , создаваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием F (см. рисунок)?



Ответ: точка _____.

13

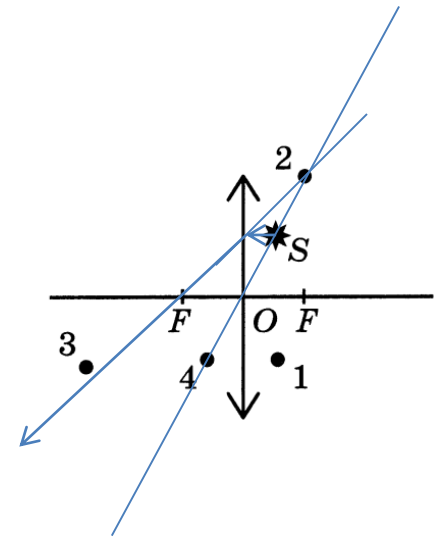
Какая из точек (1, 2, 3 или 4), показанных на рисунке, служит изображением точки S (см. рисунок), создаваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием F ?



Ответ: точка _____.

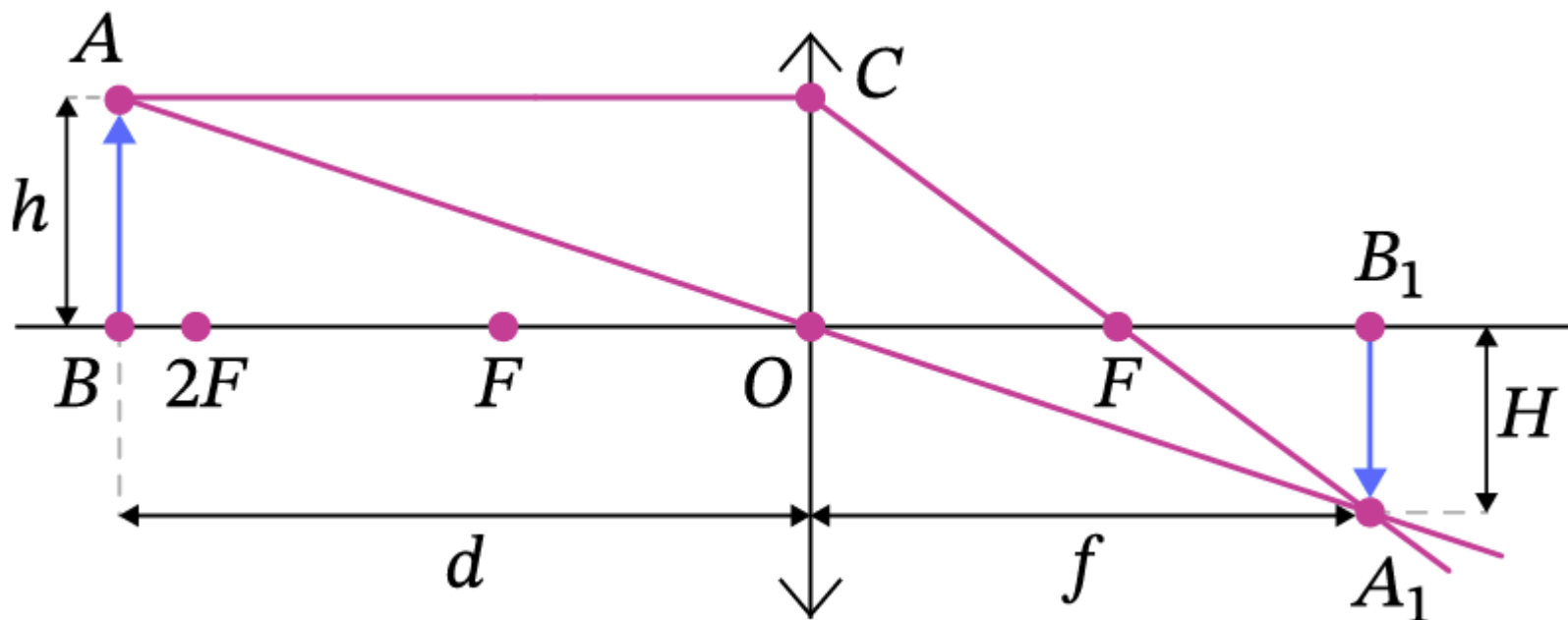
13

Какая из точек (1, 2, 3 или 4) является изображением точечного источника S , создаваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием F (см. рисунок)?



Ответ: точка _____.

Формулы тонкой линзы



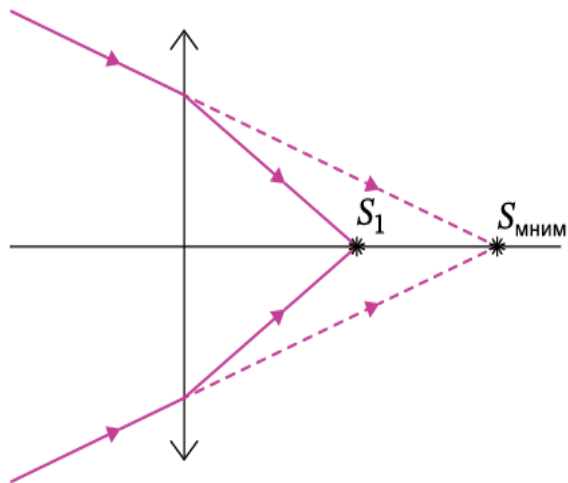
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

Формула тонкой линзы

Формула тонкой линзы:

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

1. Если линза является собирающей, то её фокус действительный, так как в нём пересекаются сами преломлённые лучи, а не их продолжения, поэтому $F > 0$. Если линза рассеивающая, то в фокусе сходятся продолжения преломлённых лучей, то есть он является мнимым, поэтому $F < 0$.



2. Действительное изображение получается, когда в точке сходятся преломлённые лучи. По аналогии с фокусным расстоянием $f > 0$. Если изображение формируется продолжениями лучей, то его считают мнимым, поэтому $f < 0$.

3. Если источник света действительно существует (то есть от источника на линзу падает расходящийся пучок лучей), то такой источник называется действительным, поэтому расстояние до него $d > 0$. Мнимым называется условный источник: если на линзу падает сходящийся пучок лучей, пересекающихся в некоторой точке, то есть источник, изображение которого мы бы получили за линзой, не будь её ($S_{\text{мним}}$). Для мнимого источника $d < 0$.

Увеличение линзы

Линейным увеличением называют отношение линейного размера изображения к соответствующему ему линейному изображению предмета:

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \left| \frac{f}{d} \right|.$$

Если изображение увеличенное, то $\Gamma > 1$, если уменьшенное, то $\Gamma < 1$.
При равном изображении $\Gamma = 1$.

№7

Прямоугольник со сторонами $a = 20$ см и $b = 10$ см расположен в плоскости главной оптической оси тонкой собирающей линзы с оптической силой $D = 2$ дптр так, что две его стороны параллельны плоскости линзы (рис. 2). Расстояние от дальней стороны прямоугольника до плоскости линзы $d_1 = 70$ см. Определите площадь изображения прямоугольника в линзе. Сделайте рисунок, на котором постройте изображение прямоугольника в линзе, указав ход всех необходимых для построения лучей.

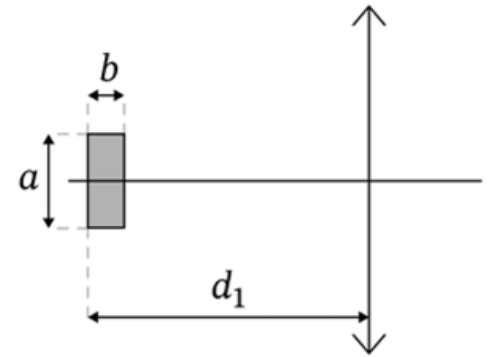


Рис. 2

Дано :

$$a = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м},$$

$$b = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м},$$

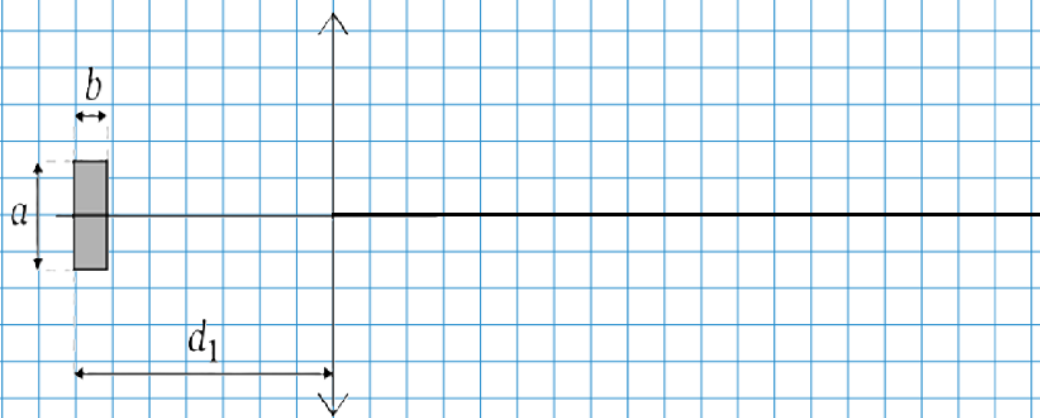
$$D = 2 \text{ дптр},$$

$$d_1 = 70 \text{ см} = 0,7 \text{ м}.$$

Найти :

$$S = ?$$

Решение :



Дано :

$$a = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м},$$

$$b = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м},$$

$$D = 2 \text{ дптр},$$

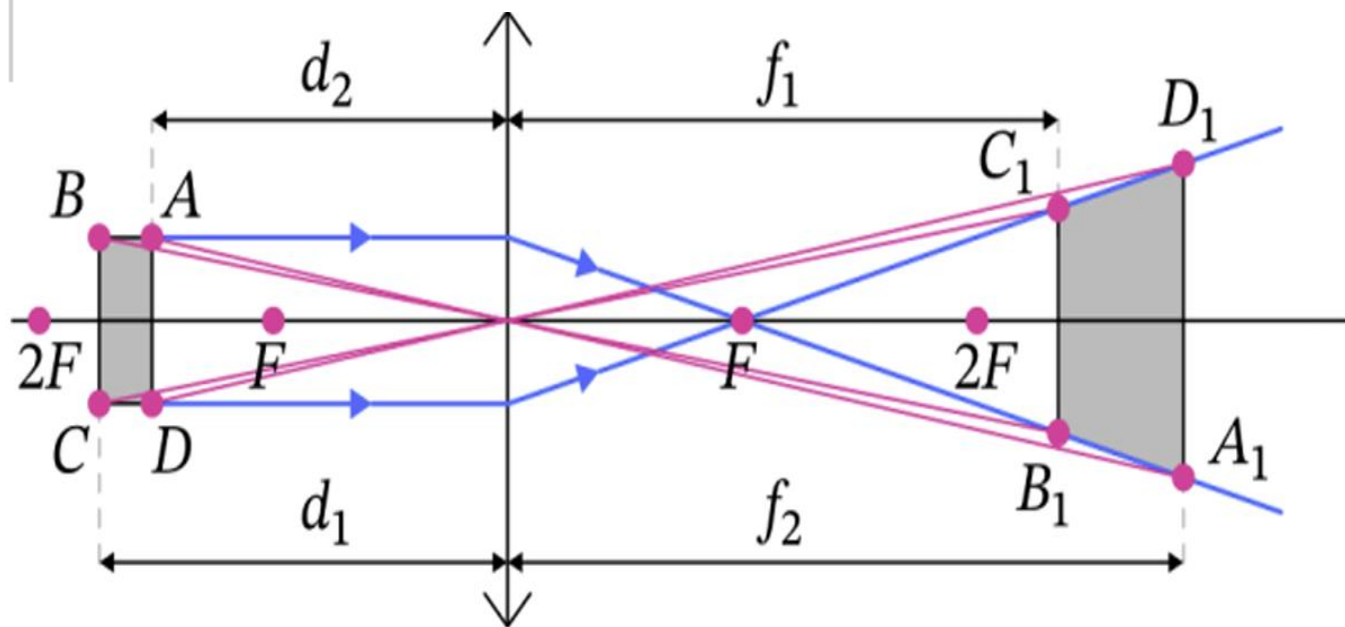
$$d_1 = 70 \text{ см} = 0,7 \text{ м}.$$

Найти :

S —?

Решение :

Построим изображение прямоугольника в тонкой линзе, как то требуется по условию задачи (рис. 3). Используем для этого лучи, параллельные главной оптической оси и проходящие через оптический центр. Так как по определению оптической силы $D = \frac{1}{F}$, то $F = 50 \text{ см}$ и прямоугольник лежит между F и $2F$, поэтому изображение отрезков AD , BC будет лежать за $2F$, а также будет увеличенным и перевёрнутым.



Дано:

$$a = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м},$$

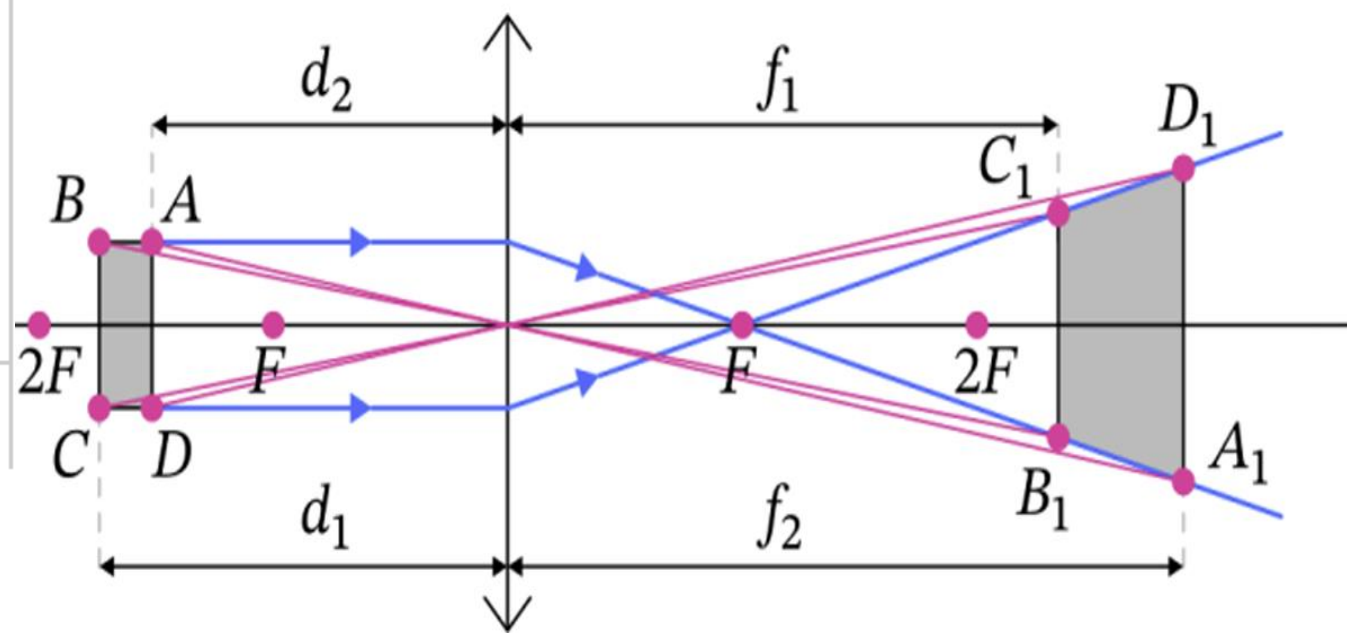
$$b = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м},$$

$$D = 2 \text{ дптр},$$

$$d_1 = 70 \text{ см} = 0,7 \text{ м}.$$

Найти:

$$S \text{ —?}$$



Дано:

$$a = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м},$$

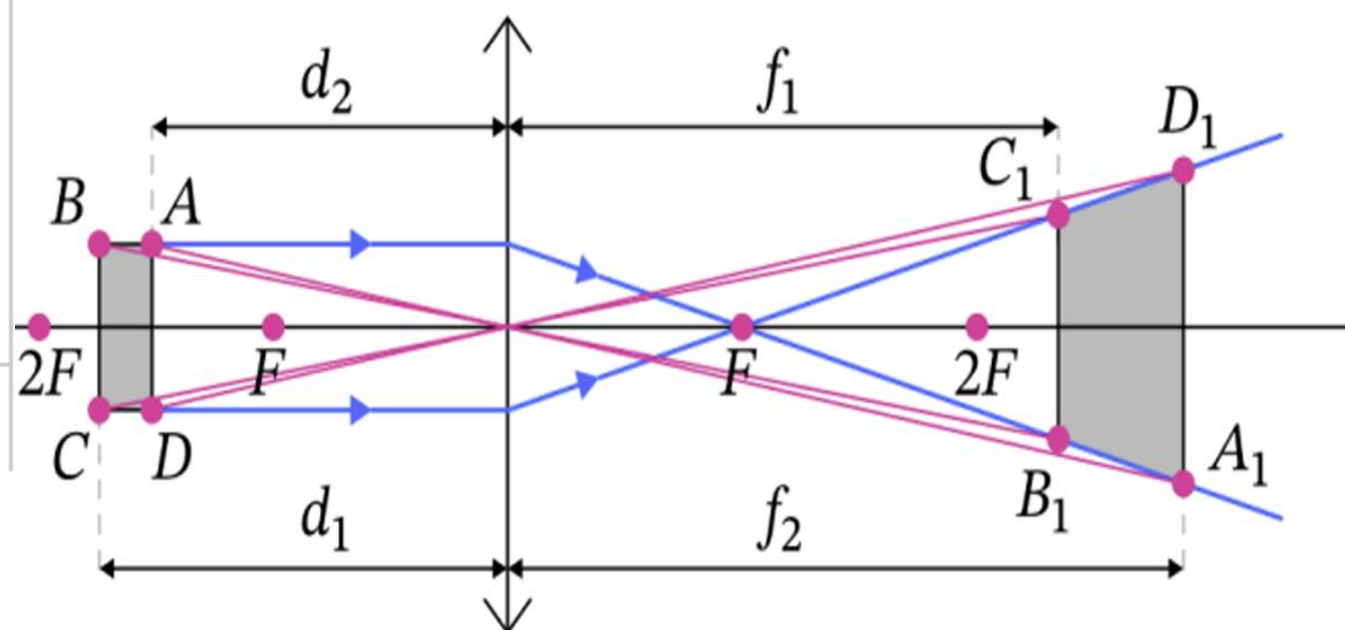
$$b = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м},$$

$$D = 2 \text{ дптр},$$

$$d_1 = 70 \text{ см} = 0,7 \text{ м}.$$

Найти:

S —?



Как следует из построения, изображение прямоугольника будет трапецией, площадь которой будет равна

$$S = \frac{1}{2} (B_1C_1 + A_1D_1)(f_2 - f_1) \equiv \frac{a_1 + a_2}{2} (f_2 - f_1).$$

Вспользуемся формулами тонкой линзы и линейного увеличения

$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \text{ и } \Gamma = \frac{H}{h} = \left| \frac{f}{d} \right| \text{ для определения интересующих нас длин:}$$

Дано:

$$a = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м},$$

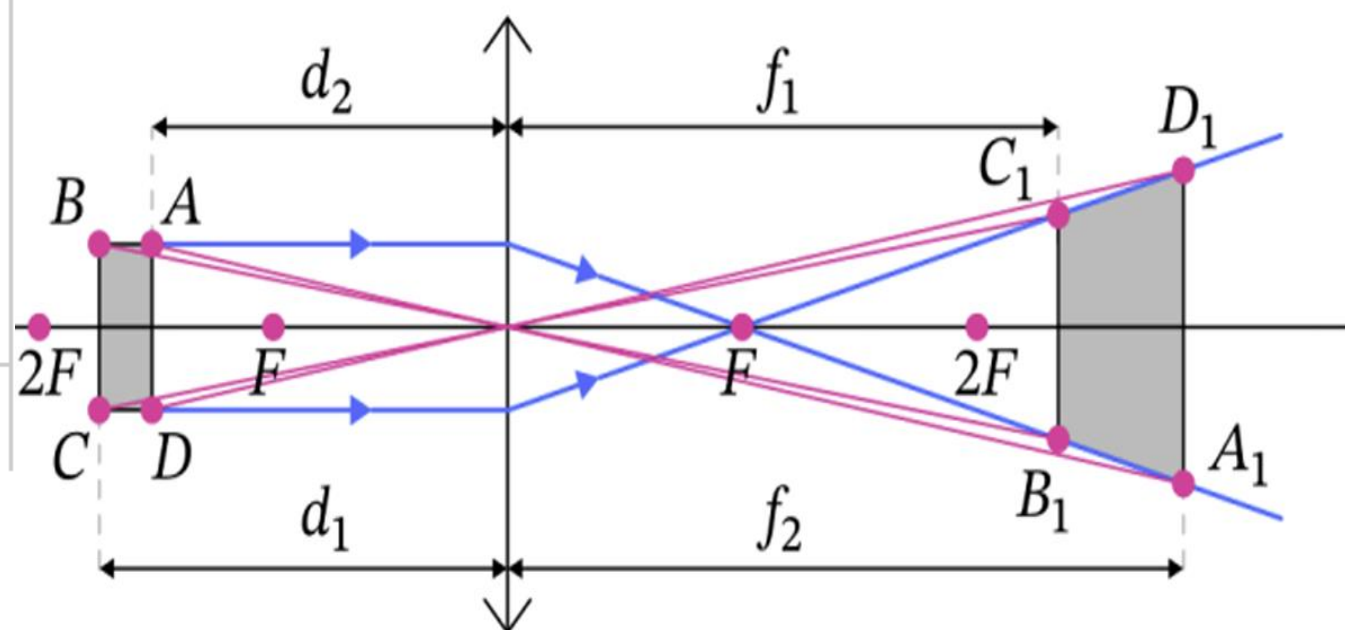
$$b = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м},$$

$$D = 2 \text{ дптр},$$

$$d_1 = 70 \text{ см} = 0,7 \text{ м}.$$

Найти:

S —?



$$D = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} \Rightarrow f_1 = \frac{d_1}{Dd_1 - 1},$$

$$D = \frac{1}{d_1 - b} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow f_2 = \frac{d_1 - b}{D(d_1 - b) - 1},$$

$$\frac{a_1}{a} = \frac{f_1}{d_1} \Rightarrow a_1 = a \frac{f_1}{d_1} = \frac{a}{Dd_1 - 1},$$

$$\frac{a_2}{a} = \frac{f_2}{d_2} = \frac{f_2}{d_1 - b} \Rightarrow a_2 = a \frac{f_2}{d_2} = \frac{a}{D(d_1 - b) - 1}.$$

Дано:

$$a = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м},$$

$$b = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м},$$

$$D = 2 \text{ дптр},$$

$$d_1 = 70 \text{ см} = 0,7 \text{ м}.$$

Найти:

S —?

$$D = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} \Rightarrow f_1 = \frac{d_1}{Dd_1 - 1},$$

$$D = \frac{1}{d_1 - b} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow f_2 = \frac{d_1 - b}{D(d_1 - b) - 1},$$

$$\frac{a_1}{a} = \frac{f_1}{d_1} \Rightarrow a_1 = a \frac{f_1}{d_1} = \frac{a}{Dd_1 - 1},$$

$$\frac{a_2}{a} = \frac{f_2}{d_1 - b} = \frac{f_2}{d_1 - b} \Rightarrow a_2 = a \frac{f_2}{d_1 - b} = \frac{a}{D(d_1 - b) - 1}.$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{2} \left(\frac{a}{Dd_1 - 1} + \frac{a}{D(d_1 - b) - 1} \right) \left(\frac{d_1 - b}{D(d_1 - b) - 1} - \frac{d_1}{Dd_1 - 1} \right) \\ &= \frac{a}{2} \left(\frac{D(2d_1 - b) - 2}{(Dd_1 - 1)(D(d_1 - b) - 1)} \right) \left(\frac{b}{(Dd_1 - 1)(D(d_1 - b) - 1)} \right) \\ &= ab \frac{D(2d_1 - b) - 2}{2((Dd_1 - 1)(D(d_1 - b) - 1))^2}. \end{aligned}$$

Дано:

$$a = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м},$$

$$b = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м},$$

$$D = 2 \text{ дптр},$$

$$d_1 = 70 \text{ см} = 0,7 \text{ м}$$

Найти:

S —?

$$D = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} \Rightarrow f_1 = \frac{d_1}{Dd_1 - 1} = 1,75 \text{ м}$$

$$D = \frac{1}{d_1 - b} + \frac{1}{f_2} \Rightarrow f_2 = \frac{d_1 - b}{D(d_1 - b) - 1} = 3 \text{ м}$$

$$\frac{a_1}{a} = \frac{f_1}{d_1} \Rightarrow a_1 = a \frac{f_1}{d_1} = \frac{a}{Dd_1 - 1} = 0,5 \text{ м}$$

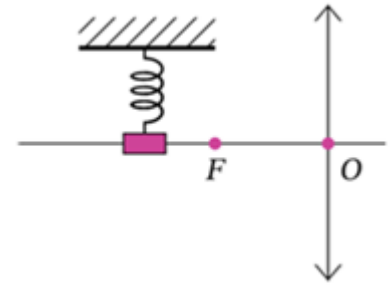
$$\frac{a_2}{a} = \frac{f_2}{d_1 - b} \Rightarrow a_2 = a \frac{f_2}{d_1 - b} = \frac{a}{D(d_1 - b) - 1} = 1 \text{ м}$$

$$S = 0,5 * (0,5 + 1) * (3 - 1,75) = 0,9375 \text{ м}^2$$

Ответ: $0,9375 \text{ м}^2$

№8

Груз на пружине совершает гармонические колебания перпендикулярно главной оптической оси собирающей линзы с оптической силой 5 дптр (рис. 4). С помощью этой линзы получено чёткое изображение груза на экране, находящемся на расстоянии 0,5 м от линзы. Амплитуда колебаний изображения равна 0,1 м, максимальная скорость изображения равна 1 м/с. Определите максимальное ускорение груза, считая размеры груза пренебрежимо малыми по сравнению с фокусным расстоянием линзы.



Дано :

$$D = 5 \text{ дптр},$$

$$f = 0,5 \text{ м},$$

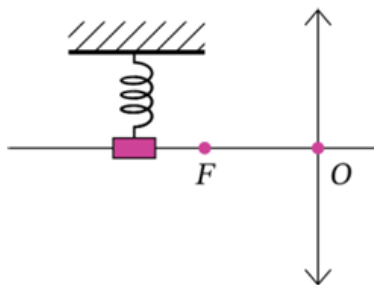
$$A_1 = 0,1 \text{ м},$$

$$v_1 = 1 \text{ м/с}.$$

Найти :

$$a_{\text{макс}} \text{ —?}$$

Решение :



Дано :

$$D = 5 \text{ дптр},$$

$$f = 0,5 \text{ м},$$

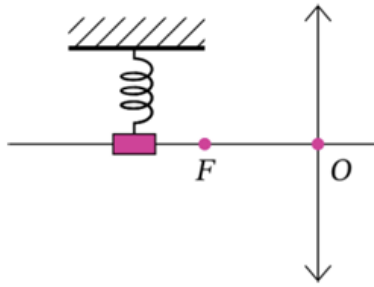
$$A_1 = 0,1 \text{ м},$$

$$v_1 = 1 \text{ м/с}.$$

Найти :

$$a_{\text{макс}} \text{ —?}$$

Решение :



Будем считать груз материальной точкой, его движение описывается уравнением $y(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0)$.

А скорость и ускорения определяются как первая и вторая производная соответственно: $v(t) = y' = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0)$,

$$a(t) = y'' = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0),$$

откуда максимальное значение ускорения (амплитуда) определяется как $A\omega^2$. Частоты колебаний груза и его изображения будут одинаковыми, а значит, аналогично,

$$v_1 = A_1 \omega \Rightarrow \omega = \frac{v_1}{A_1}.$$

Отношение амплитуд определяется увеличением линзы:

$$\Gamma = \frac{A_1}{A} = \frac{f}{d}.$$

Для определения расстояния от груза до линзы воспользуемся формулой тонкой линзы:

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{f}{d} = Df - 1.$$

$$\Gamma = \frac{A_1}{A} = Df - 1 \Rightarrow A = \frac{A_1}{Df - 1}.$$

Окончательно

$$a_{\text{макс}} = A\omega^2 = \frac{A_1}{Df - 1} \left(\frac{v_1}{A_1} \right)^2 = \frac{v_1^2}{A_1(Df - 1)}.$$

Подставив численные значения, получим:

$$a_{\text{макс}} = \frac{(1 \text{ м/с})^2}{0,1 \text{ м} \cdot (5 \text{ дптр} \cdot 0,5 \text{ м} - 1)} \approx 6,67 \text{ м/с}^2.$$

Ответ : $a_{\text{макс}} = 6,67 \text{ м/с}^2.$