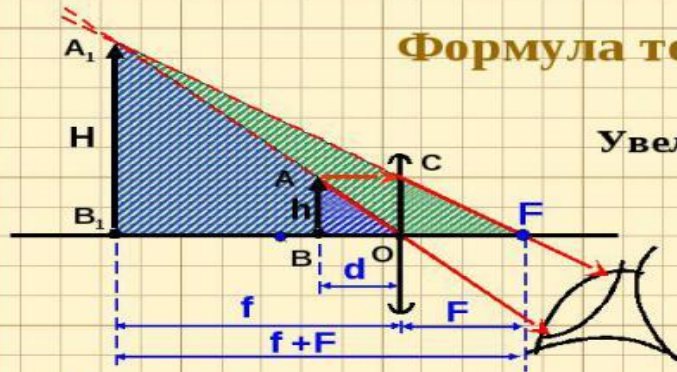


Формула тонкой линзы



Увеличение линзы:

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

$\Delta AOB \sim \Delta A_1OB_1$

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

$\Delta COF \sim \Delta A_1FB_1$

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f+F}{F}$$

$$\frac{f}{d} = \frac{f}{F} + 1 \quad /:f$$

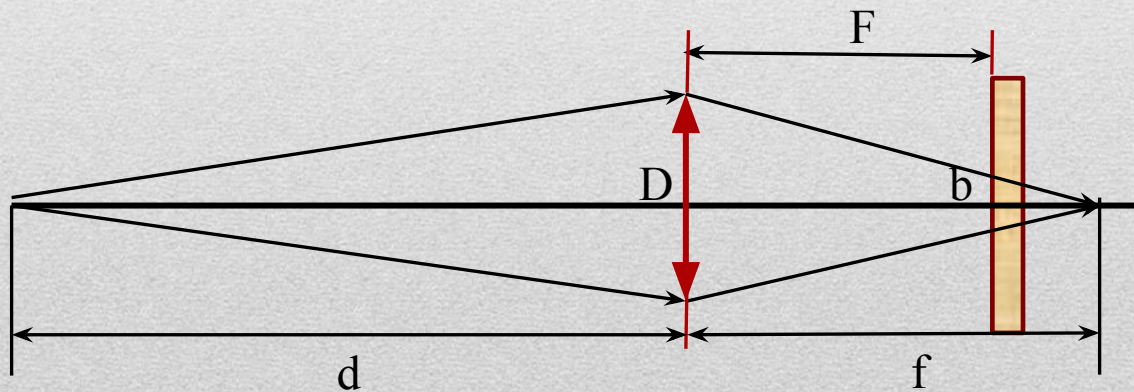
$$\frac{1}{d} = \frac{1}{F} + \frac{1}{f}$$

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

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМНЫЕ ЗАДАЧИ ЕГЭ ПО ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

Свеча находится на расстоянии $=3,75\text{м}$ от экрана. Между свечой и экраном помещают собирающую линзу, которая дает на экране четкое изображение свечи при двух положениях линзы. Найти фокусное расстояние линзы F , если расстояние между положениями линзы $b = 0,75\text{м}$.

Объективы современных фотоаппаратов имеют переменное фокусное расстояние. При изменении фокусного расстояния «наводка на резкость» не сбивается. Условимся считать изображение на плёнке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на плёнке получается изображение пятна диаметром не более 0,05 мм. Поэтому если объектив находится на фокусном расстоянии от плёнки, то резкими считаются не только бесконечно удалённые предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния d . Оказалось, что это расстояние равно 5 м, если фокусное расстояние объектива 50 мм. Как изменится это расстояние, если, не меняя «относительного отверстия» изменить фокусное расстояние объектива до 25 мм? («Относительное отверстие» – это отношение фокусного расстояния к диаметру входного отверстия объектива.) При расчётах считать объектив тонкой линзой. Сделайте рисунок, поясняющий образование пятна



Решение.

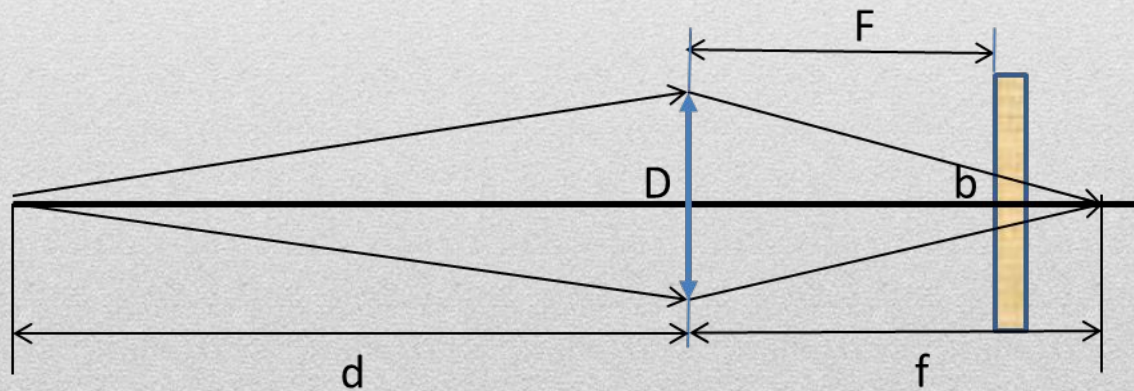
1. Выразим расстояние d из формулы тонкой линзы: (1) $\frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f}; d = \frac{Ff}{f - F};$

2. Из подобия треугольников следует: $\frac{D}{b} = \frac{f}{f - F}$
(2) где D – диаметр линзы, b – диаметр пятна на экране.

3. Решаем совместно (1) и (2) и получаем значение d : (3),

$$d = \frac{FD}{b}$$

4. По условию задачи «относительное отверстие» $c = F/D$ величина постоянна, значит они пропорциональны друг другу. С уменьшением фокусного расстояния, во столько же раз должен уменьшиться диаметр линзы. Значит, при уменьшении в два раза фокусного расстояния в четыре раза уменьшается расстояние, с которого можно считать предмет бесконечно далеким.

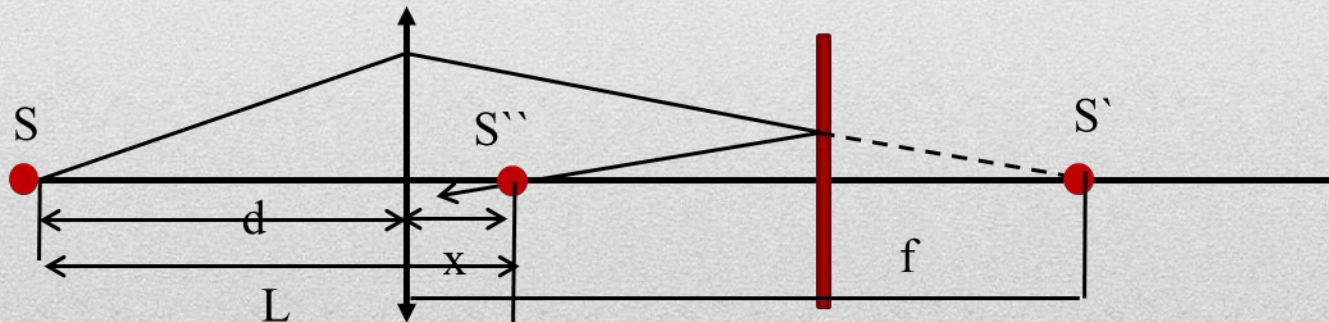


Линза + плоское зеркало

Свет от точечного источника S проходит сквозь собирающую линзу с фокусным расстоянием 5 см и падает на плоское зеркало. Источник света расположен на главной оптической оси линзы. Расстояние от источника до линзы 7,5 см, а от линзы до зеркала 8 см. Постройте действительное изображение источника в этой оптической системе. Определите, на каком расстоянии от источника находится его действительное изображение в данной оптической системе.

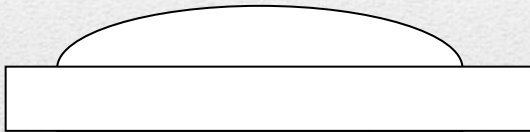
Решение

1. Определить, на каком расстоянии от линзы находится мнимое изображение источника S' : , От зеркала – на расстоянии 7 см.
2. Однако свет отражается от зеркала и образует действительное изображение в точке S'' . Отраженный луч симметричен, откуда, зная расстояние между зеркалом и линзой, можно найти, на каком расстоянии от линзы оно находится. $X = 8 - 7 = 1$ см. Значит, от источника света его действительное изображение будет на расстоянии 8,5 см.



Линза + плоское зеркало

Плоское зеркало вплотную прижато к тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием F . Изображение предмета находится на расстоянии $2F$ от линзы. С каким увеличением изображен предмет?



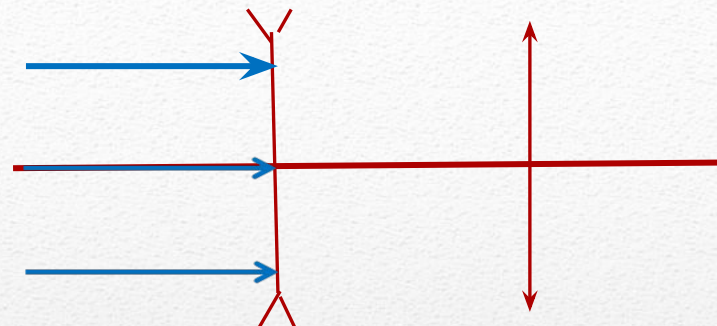
Решение:

Оптическая система имеет оптическую силу равную $D_0 = D_1 + D_2 + D_3$. Это обосновывается тем, что луч два раза преломляется и один раз отражается, D_3 – оптическая сила плоского зеркала, которая равна 0.

Значит, система имеет фокусное расстояние $F/2$.

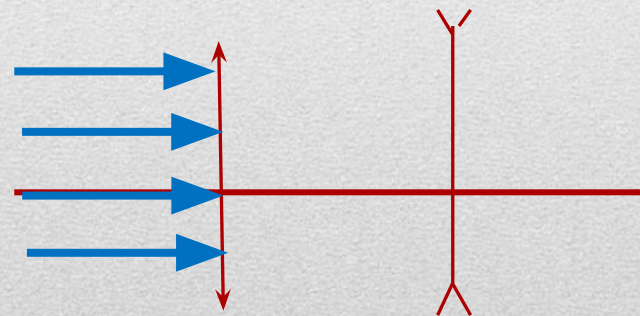
Отсюда можно определить расстояние от источника до линзы $d = 2F/3$, и увеличение равно $\Gamma = 3$.

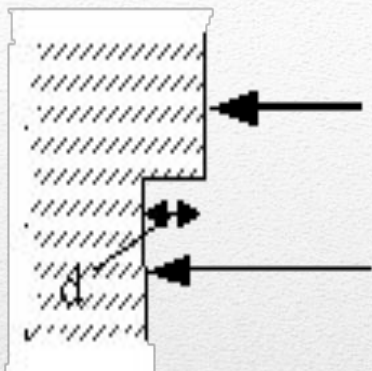
1. На каком расстоянии друг от друга следует расположить две линзы: сначала рассеивающую с фокусным расстоянием 4 см, затем собирающую с фокусным расстоянием 9 см, чтобы пучок параллельных главной оптической оси лучей, пройдя обе линзы, оставался параллельным?



Линза + линза

2. На каком расстоянии друг от друга следует расположить две линзы: сначала собирающую с фокусным расстоянием 30 см, затем рассеивающую с фокусным расстоянием 20 см, чтобы пучок параллельных главной оптической оси лучей, пройдя обе линзы, оставался параллельным?





Одна сторона толстой стеклянной пластины имеет ступенчатую поверхность, как показано на рисунке. На пластину, перпендикулярно ее поверхности, падает световой пучок, который после отражения от пластины собирается линзой. Длина падающей световой волны λ . При каком наименьшем из указанных значений высоты ступеньки d интенсивность света в фокусе линзы будет минимальной?

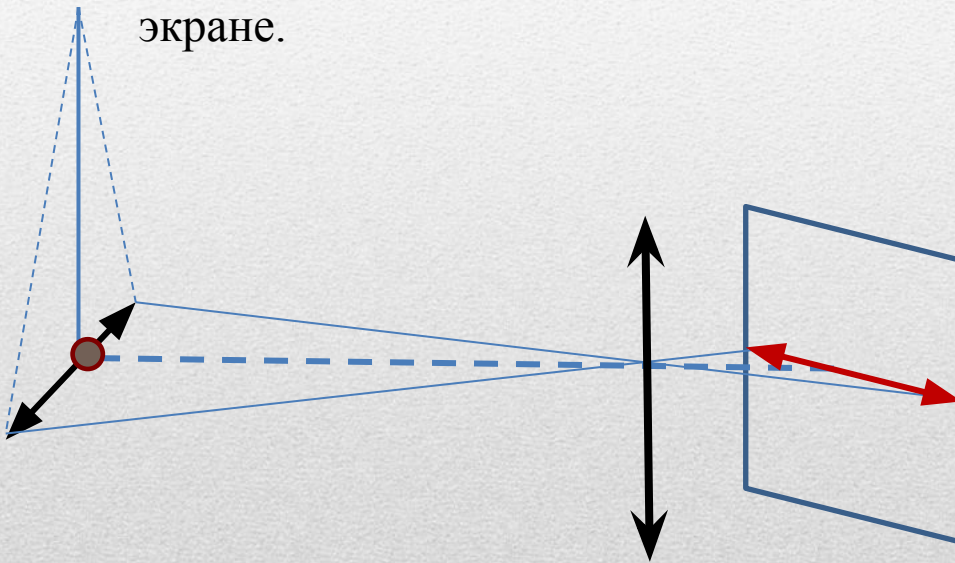
1) λ

2) $1/2 \lambda$

3) $1/4 \lambda$

4) $1/8 \lambda$

1. Небольшой груз, подвешенный на нити длиной 2,5 м, совершает гармонические колебания с амплитудой 0,1 м. При помощи собирающей линзы с фокусным расстоянием 0,2 м изображение колеблющегося груза проецируется на экран, расположенный на расстоянии 0,5 м от линзы. Главная оптическая ось линзы перпендикулярна плоскости колебания маятника и плоскости экрана. Определить максимальную скорость изображения груза на экране.



Обозначим максимальную скорость маятника $v_{\text{макс}} = A\omega$ и изображения $v'_{\text{макс}} = A'\omega$. (1).

2) Связь между амплитудами можно определить по формуле тонкой линзы с использованием линейного поперечного увеличения:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \Gamma = \frac{f}{d}; \frac{A'}{A} = \frac{f}{d};$$

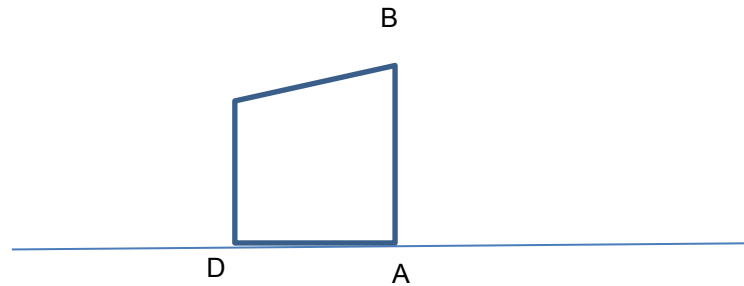
3. Частота колебания маятника равна
Отсюда $A' = A(f - F)/F$ (2),

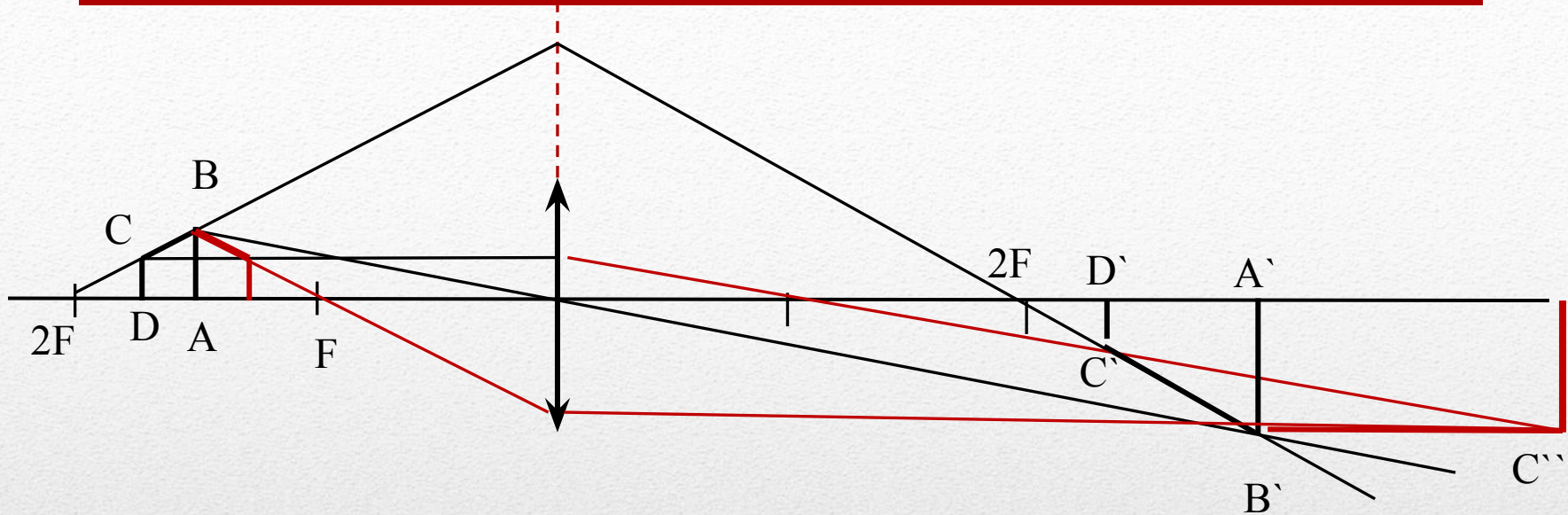
$$\omega = \frac{1}{\sqrt{l}} = \sqrt{\frac{g}{l}};$$

4) Подставим (2) в формулу (1) и определим
искомую величину:

$$v' = \frac{A(f - F)}{F} \sqrt{\frac{g}{l}} = 0,3 \text{ м}$$

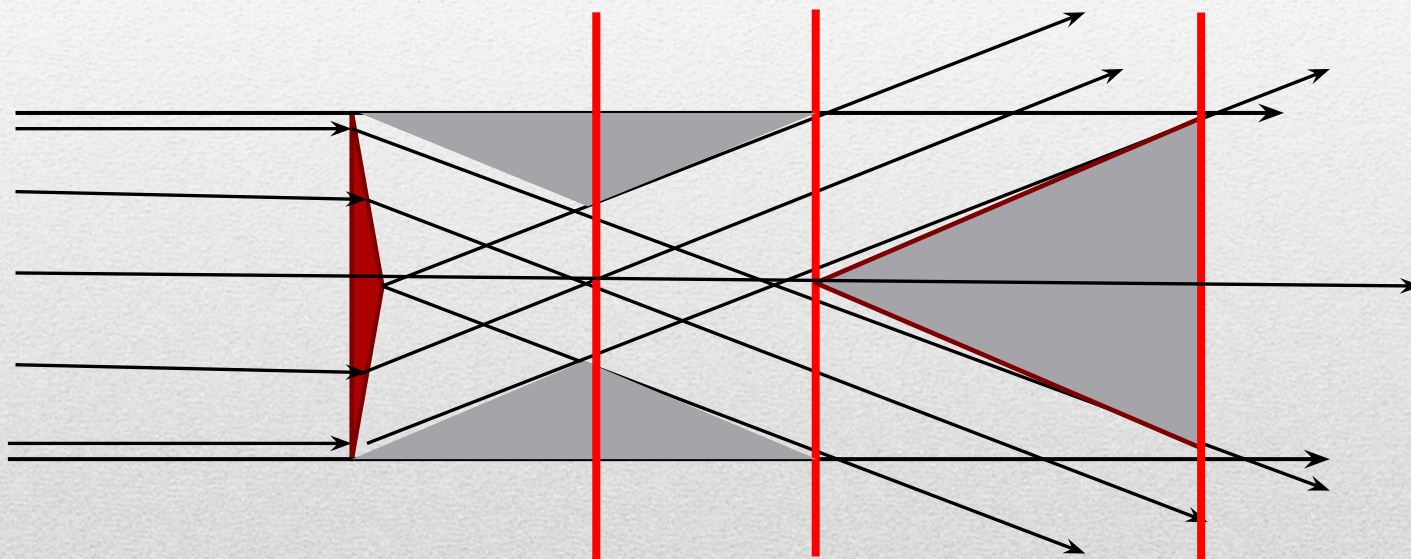
Боковая сторона прямоугольной трапеции $ABCD$ примыкающей к ее прямому углу, расположена на главной оптической оси тонкой линзы. Линза создает действительное изображение трапеции в виде трапеции с теми же самыми углами. Если повернуть трапецию $ABCD$ на 180° вокруг стороны AB , то линза создает изображение трапеции в виде прямоугольника. С каким увеличением отображается сторона AB ?





1. Построить изображение трапеции, соответствующее условию задачи «с теми же самыми углами». Это значит, что сторона BC до линзы и после линзы должны лежать на одной прямой. Это будет в том случае, если эта прямая проходит через двойной фокус. Вторым лучом выгоднее провести через фокус, Получается трапеция $A'B'C'D'$.
2. По условию задачи при повороте трапеции через AB изображение получается в виде прямоугольника. Построим его. Луч, который проходит через фокус через новую точку C дает ее новое изображение на уровне B' . Только, если AB расположена в середине отрезка $[F, 2F]$ возможно такое.
3. На основе формулы тонкой линзы, с учетом $d = \frac{2}{3} F$, получаем $f = 3F$, Соответственно, увеличение стороны AB равно $\Gamma = f/d = 2$

Тонкая стеклянная бипризма с преломляющим углом $0,05$ рад, показателем преломления $1,5$ и шириной 20 см стоит вертикально в пучке параллельных световых лучей. Найдите расстояние от бипризмы до экрана, при котором ширина тени в центре экрана равна ширине бипризмы



Положение экрана и изображения на нем