

Линза и зеркало

ЗАДАЧА 1. (МФТИ, 2001) С помощью положительной линзы на экране получено изображение булавки, расположенной перпендикулярно главной оптической оси линзы, с увеличением $\Gamma_1 = 1$. Между линзой и экраном на расстоянии $a = 10$ см от линзы перпендикулярно её главной оптической оси установили плоское зеркало. Изображение булавки в системе «линза–зеркало» получилось с увеличением $\Gamma_2 = 2$. Определить фокусное расстояние линзы.

$$m \text{ и } L' \text{ с } \approx \frac{L}{0F} = F$$

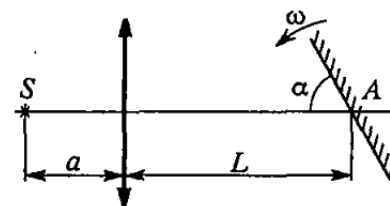
ЗАДАЧА 2. (МФТИ, 2001) С помощью положительной линзы с фокусным расстоянием $F = 15$ см получено мнимое изображение иголки, расположенной перпендикулярно главной оптической оси линзы, с увеличением $\Gamma_1 = 2$. По другую сторону линзы перпендикулярно её главной оптической оси установили плоское зеркало. Изображение иголки в системе «линза–зеркало» получилось с увеличением $\Gamma_2 = 3$. Определить расстояние от линзы до зеркала.

$$m \text{ и } \text{с } \text{с} = \text{с}/F = x$$

ЗАДАЧА 3. (МФТИ, 2001) С помощью рассеивающей линзы получено изображение спички, расположенной перпендикулярно главной оптической оси линзы, с увеличением $\Gamma_1 = 1/2$. По другую сторону линзы на расстоянии $a = 9$ см от неё перпендикулярно главной оптической оси линзы установили плоское зеркало. Изображение иголки в системе «линза–зеркало» получилось с увеличением $\Gamma = 1/4$. Определить фокусное расстояние линзы.

$$F' = \frac{18 - 1 \cdot 17}{4} = 36$$

ЗАДАЧА 4. (МФТИ, 1995) На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 20$ см расположено плоское зеркальце на расстоянии $L = 3F$ от линзы (см. рисунок). Зеркальце вращается с угловой скоростью $\omega = 0,1$ рад/с вокруг оси, перпендикулярной плоскости рисунка и проходящей через точку A . На расстоянии $a = 5F/4$ от линзы расположен точечный источник света S .

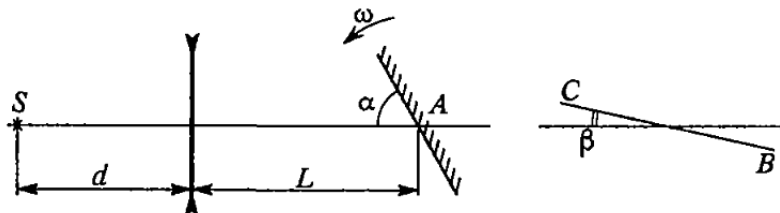


1) На каком расстоянии от точки A получится изображение источника S в системе линза-зеркальце в результате однократного прохождения лучей от источника S через линзу?

2) Найдите скорость (модуль и угол между вектором скорости и главной оптической осью) этого изображения в момент, когда угол между плоскостью зеркальца и главной оптической осью равен $\alpha = 60^\circ$.

$$1) 40 \text{ см}; 2) v = 4c/F = 8 \text{ см/с}; \beta = 30^\circ$$

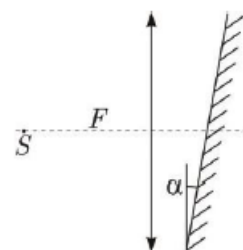
Задача 5. (МФТИ, 1995) На главной оптической оси тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $F = 20$ см расположено плоское зеркальце на расстоянии $L = 5,1F$ от линзы (см. рисунок). Зеркальце вращается с постоянной угловой скоростью ω вокруг оси, перпендикулярной плоскости рисунка и проходящей через точку A . На расстоянии $d = 9F$ от линзы расположен точечный источник света S . В некоторый момент времени скорость перемещения изображения, полученного в результате однократного прохождения лучей от источника S через линзу и отражения в зеркальце, была равна $v = 12$ см/с и параллельна прямой CB , составляющей угол $\beta = 10^\circ$ с главной оптической осью.



- 1) На каком расстоянии от точки A находится изображение?
- 2) Найдите угловую скорость ω вращения зеркальца и угол α между его плоскостью и главной оптической осью в указанный момент времени.

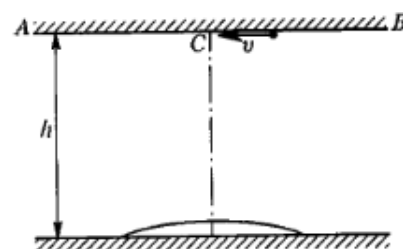
$$(1) \ 120 \text{ см}; (2) \ \omega = \frac{F}{L} \frac{v}{c}, \alpha = 50^\circ$$

Задача 6. (МОШ, 2016, 11) За собирающей линзой расположено плоское зеркало, причём угол между зеркалом и линзой равен α . На главной оптической оси линзы в фокусе расположен источник света S . Определите, на каком расстоянии от источника света находится его изображение, если фокусное расстояние линзы равно F .



$$l = F \tan 2\alpha$$

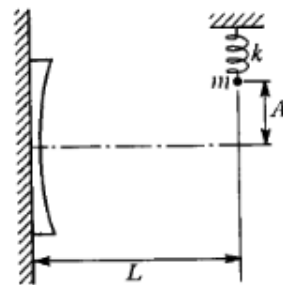
Задача 7. (МФТИ, 1998) В комнате на столе лежит плоское зеркало, на котором находится тонкая плоско-выпуклая линза с фокусным расстоянием $F = 40$ см. По потолку AB ползёт муха со скоростью $v = 2$ см/с (см. рисунок). Расстояние от потолка до зеркала $h = 220$ см.



- 1) На каком расстоянии от зеркала находится изображение мухи в данной оптической системе?
- 2) Чему равна скорость изображения мухи в тот момент, когда она пересекает главную оптическую ось линзы (точка C)?

$$(1) \ x = \frac{f-h}{f} \cdot 220 \text{ см}; (2) \ v = \frac{h}{x} \cdot v = 0,2 \text{ см/с}$$

Задача 8. (МФТИ, 1998) Маленький грузик массой m на пружине жёсткостью k совершает гармонические колебания относительно главной оптической оси тонкой плоско-вогнутой линзы с фокусным расстоянием $-F$ ($F > 0$). Линза плотно прижата к вертикально расположенному плоскому зеркалу (см. рисунок). Расстояние от грузика до зеркала $L = 4,5F$.

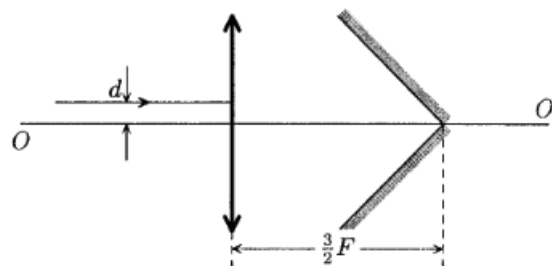


1) На каком расстоянии от зеркала находится изображение грузика в приведённой оптической системе?

2) С какой скоростью изображение грузика пересекает главную оптическую ось линзы, если амплитуда его колебаний равна A ?

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{g'} \quad \text{или} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{g'} \quad \text{или} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{g'}$$

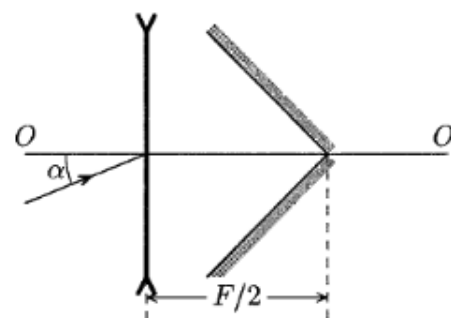
Задача 9. (МФТИ, 2004) Луч света падает на оптическую систему параллельно её оптической оси OO' (см. рисунок). Оптическая система включает в себя собирающую линзу с фокусным расстоянием F и уголкового отражатель, состоящий из двух плоских взаимно перпендикулярных зеркал. Отражатель расположен симметрично относительно оптической оси. Луч, отражённый от двух зеркал уголка, выходит из линзы под малым углом β к оптической оси. Найти этот угол, если падающий луч проходит на небольшом расстоянии d ($d \ll F$) от оптической оси, а расстояние от линзы до уголкового отражателя $L = 3F/2$.



Указание. Для малых углов α считать, что $\sin \alpha \approx \alpha \approx \tan \alpha$.

$$\frac{d}{F} \approx \theta$$

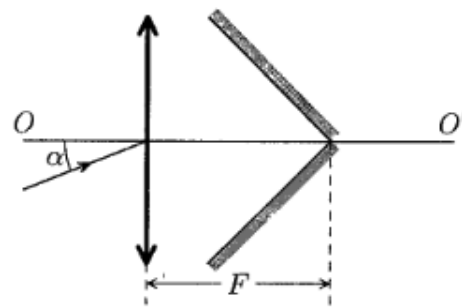
Задача 10. (МФТИ, 2004) Луч света падает на оптическую систему под малым углом α к её оптической оси OO' (см. рисунок). Оптическая система включает в себя рассеивающую линзу с фокусным расстоянием F ($F > 0$) и уголкового отражатель, состоящий из двух плоских взаимно перпендикулярных зеркал. Отражатель расположен симметрично относительно оптической оси. Луч, отражённый от двух зеркал уголка, выходит из линзы под малым углом β к оптической оси. Найти этот угол, если падающий луч проходит через оптический центр линзы, а расстояние от линзы до уголкового отражателя $L = F/2$.



Указание. Для малых углов α считать, что $\sin \alpha \approx \alpha \approx \tan \alpha$.

$$\beta \approx 2\alpha$$

Задача 11. (МФТИ, 2004) Луч света падает на оптическую систему под малым углом α к её оптической оси OO' (см. рисунок). Оптическая система включает в себя собирающую линзу с фокусным расстоянием F и угловой отражатель, состоящий из двух плоских взаимно перпендикулярных зеркал. Отражатель расположен симметрично относительно оптической оси. Луч, отражённый от двух зеркал уголка, выходит из линзы под углом β к оптической оси линзы. Найти этот угол, если падающий луч проходит через оптический центр линзы, а расстояние от линзы до углового отражателя $L = F$.



Указание. Для малых углов α считать, что $\sin \alpha \approx \alpha \approx \tan \alpha$.

$$\beta \approx \alpha$$

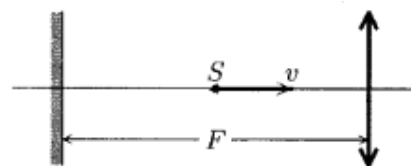
Задача 12. (МФТИ, 2004) За тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием $F = 10$ см поместили плоское зеркало перпендикулярно главной оптической оси линзы. При этом оказалось, что при расположении предмета на расстоянии L перед линзой изображение в системе линза–зеркало–линза получается прямое при $L > 3F$ и перевёрнутое при $L < 3F$. Найти расстояние от линзы до зеркала.

$$L = 12,5 \text{ см} = \frac{5}{2} F = x$$

Задача 13. (МФТИ, 2004) За тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием $F = 10$ см поместили плоское зеркало, перпендикулярное главной оптической оси линзы. При расположении предмета на расстоянии $d = F/2$ перед линзой ближайший к предмету фокус линзы оказался посередине между предметом и его изображением в системе линза–зеркало–линза. Найдите расстояние от линзы до зеркала.

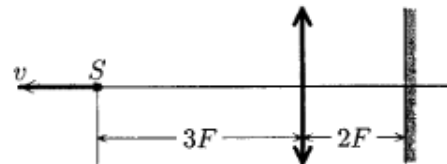
$$L = F = 10 \text{ см}$$

Задача 14. (МФТИ, 2006) Вдоль оптической оси системы, состоящей из плоского зеркала и тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F , равномерно движется точечный источник света S со скоростью v (см. рисунок). Пренебрегая отражением света от поверхностей линзы, определите скорости (по величине и направлению) всех трёх изображений в данной системе в тот момент, когда источник находится посередине между зеркалом и линзой (расстояние между которыми равно фокусному расстоянию линзы).



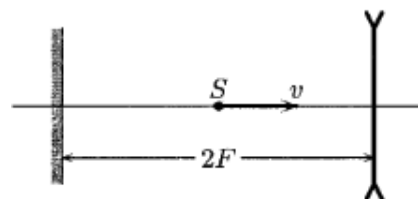
$$v_1 = v \text{ (в зеркале, влево); } v_2 = 2v \text{ (в линзе, вправо); } v_3 = 2v \text{ (в системе, влево)}$$

Задача 15. (МФТИ, 2006) Вдоль оптической оси системы, состоящей из тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F и плоского зеркала, равномерно движется точечный источник света S со скоростью v . Расстояние между линзой и зеркалом равно $2F$ (см. рисунок). Пренебрегая отражением света от поверхностей линзы, определите скорости (по величине и направлению) всех трёх изображений в данной системе в тот момент, когда источник находится на расстоянии $3F$ от линзы.



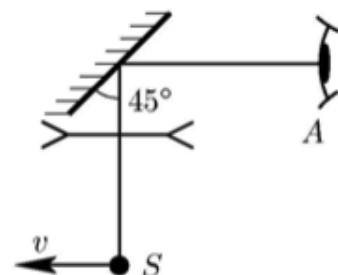
$$\left(\frac{v}{a} = \varepsilon a \right) ; \left(\frac{v}{a} = \varepsilon a \right) ; \left(\frac{v}{a} = \varepsilon a \right)$$

Задача 16. (МФТИ, 2006) Вдоль оптической оси системы, состоящей из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием F и плоского зеркала, равномерно движется точечный источник света S со скоростью v . Расстояние между линзой и зеркалом равно $2F$ (см. рисунок). Пренебрегая отражением света от поверхностей линзы, определите скорости (по величине и направлению) всех трёх изображений в данной системе в тот момент, когда источник находится посередине между зеркалом и линзой.



$$\left(\frac{v}{a} = \varepsilon a \right) ; \left(\frac{v}{a} = \varepsilon a \right) ; \left(\frac{v}{a} = \varepsilon a \right)$$

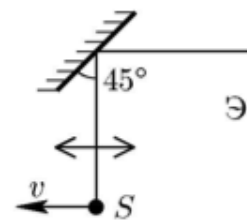
Задача 17. («Физтех», 2015, 11) Оптическая система состоит из тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $F = -40$ см и небольшого плоского зеркала (см. рисунок). Плоскость зеркала составляет угол 45° с главной оптической осью линзы. Расстояние между линзой и зеркалом равно 20 см. Шарик S находится на расстоянии $d = 120$ см от линзы и колеблется вблизи оптической оси, двигаясь перпендикулярно ей и имея максимальную скорость $v = 12$ см/с. Наблюдатель A , находясь на расстоянии 40 см от зеркала, следит за изображением шарика, глядя в сторону зеркала.



- 1) На каком расстоянии (от себя) увидел бы наблюдатель A изображение при отсутствии линзы?
- 2) На каком расстоянии (от себя) видит наблюдатель A изображение при наличии линзы?
- 3) Найдите максимальную скорость этого изображения при наличии линзы.

$$\left(\frac{v}{a} = \varepsilon a \right) ; \left(\frac{v}{a} = \varepsilon a \right) ; \left(\frac{v}{a} = \varepsilon a \right)$$

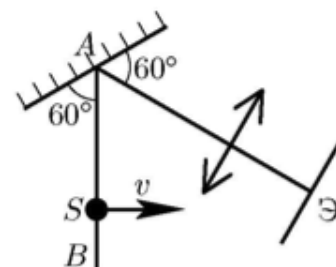
ЗАДАЧА 18. («Физтех», 2015, 11) Оптическая система состоит из тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 25$ см и небольшого плоского зеркала и экрана Э (см. рисунок). Плоскость зеркала составляет угол 45° с главной оптической осью линзы. Расстояние между линзой и зеркалом равно 50 см. Шарик S находится на расстоянии $d = 30$ см от линзы и колеблется вблизи оптической оси, двигаясь перпендикулярно ей и имея максимальную скорость $v = 3$ см/с. На экране наблюдается резкое изображение шарика.



- 1) На каком расстоянии от линзы и где надо было бы поместить экран для наблюдения изображения при отсутствии зеркала?
- 2) Найдите расстояние между зеркалом и экраном.
- 3) Найдите максимальную скорость изображения на экране.

1) На расстоянии 150 см от линзы; 2) 100 см; 3) $v = 15$ см/с

ЗАДАЧА 19. («Физтех», 2015, 11) Оптическая система состоит из тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 20$ см и небольшого плоского зеркала и экрана Э (см. рисунок). Плоскость зеркала составляет угол 60° с главной оптической осью линзы. Расстояние между линзой и зеркалом равно 25 см. Комар S пересекает линию AB , находясь на расстоянии 35 см от зеркала, двигаясь перпендикулярно AB и имея скорость $v = 4$ см/с.



- 1) На каком расстоянии от линзы надо поместить экран для наблюдения резкого изображения комара?
- 2) Найдите скорость изображения на экране.

1) 30 см; 2) 2 см/с

ЗАДАЧА 20. (МОШ, 2009, 11) Оптическая система состоит из собирающей линзы с фокусным расстоянием F и зеркального шарика радиусом R , центр которого находится на главной оптической оси линзы на расстоянии d от неё. Определить расстояние a от линзы до точечного источника света S , расположенного на оптической оси системы, если изображение источника в данной системе совпадает с самим источником.

1) $\frac{F-d}{F}$ и $\frac{F-d}{F}$; 2) $\frac{F-d}{F}$ и $\frac{F-d}{F}$; 3) $\frac{F-d}{F}$ и $\frac{F-d}{F}$; 4) $\frac{F-d}{F}$ и $\frac{F-d}{F}$; 5) $\frac{F-d}{F}$ и $\frac{F-d}{F}$; 6) $\frac{F-d}{F}$ и $\frac{F-d}{F}$; 7) $\frac{F-d}{F}$ и $\frac{F-d}{F}$; 8) $\frac{F-d}{F}$ и $\frac{F-d}{F}$; 9) $\frac{F-d}{F}$ и $\frac{F-d}{F}$; 10) $\frac{F-d}{F}$ и $\frac{F-d}{F}$