

Разные оптические системы

В задачах данного листка фигурируют комбинации оптических систем, рассмотренных в предыдущих листках.

ЗАДАЧА 1. (*Всеросс., 2007, ОЭ, 9*) Две одинаковые собирающие тонкие линзы L_1 и L_2 с фокусным расстоянием F каждая расположены на расстоянии l друг от друга ($l > 2F$). Линзу L_3 с каким фокусным расстоянием F' следует поставить посередине между линзами L_1 и L_2 , чтобы любой луч, падающий на оптическую систему под малым углом к главной оптической оси, выходил бы из неё параллельно своему первоначальному направлению? Главные оптические оси всех трёх линз совпадают.

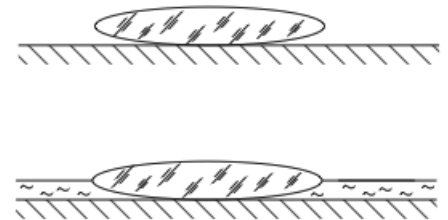
$$\frac{1}{F'} = \frac{1}{l - F}$$

ЗАДАЧА 2. (*Всеросс., 2001, финал, 10*) На поверхности плоского зеркала лежит тонкая симметричная двояковыпуклая линза с фокусным расстоянием $F_0 = 8$ см (рис.).

1) Где будет находиться изображение точечного источника, помещенного на расстоянии $l_1 = F_0$ от линзы?

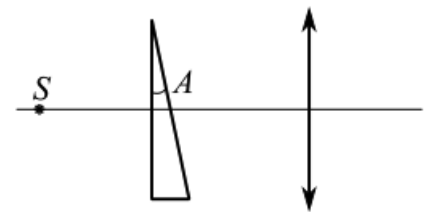
2) На поверхность зеркала наливают воду так, что уровень воды совпадает с плоскостью симметрии линзы. Если теперь точечный источник поместить на расстоянии $l_2 = 12$ см от линзы, то его изображение совпадёт с самим источником. На каком расстоянии от линзы нужно расположить точечный источник, чтобы его изображение совпало с ним самим, если долить воды так, чтобы она полностью скрыла линзу?

Примечание. Оптические силы тонких линз, расположенных вплотную друг к другу, складываются.



$$1) \text{ Совпадает с источником; } 2) l_3 = \frac{2F_0 - l_2}{l_2 F_0} = 24 \text{ см}$$

ЗАДАЧА 3. (*«Физтех», 2017, 11*) Тонкая линза с фокусным расстоянием $F = 20$ см создаёт действительное изображение точечного источника света S , находящегося на главной оптической оси на расстоянии $d = 60$ см от линзы. Между источником и линзой на расстоянии $L = 30$ см от линзы помещают (см. рис.) тонкую стеклянную призму с малым преломляющим углом $A = 0,04$ радиан при вершине. Призма изготовлена из стекла с показателем преломления $n = 1,5$.



1) Найти расстояние f между линзой и изображением до помещения призмы.

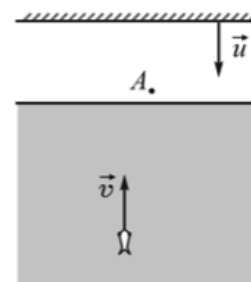
2) На какой угол δ отклонится после прохождения призмы луч, идущий от источника вдоль главной оптической оси линзы?

3) Найти смещение изображения после помещения призмы.

Указание: при малых углах α справедливо $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha \approx \alpha$

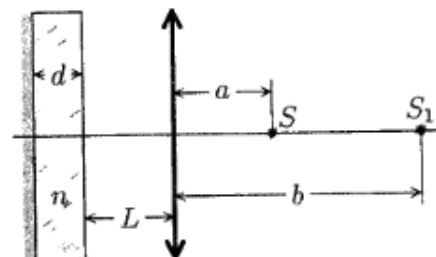
$$1) f = \frac{d-p}{v(1-u)(1-p)f} = n \text{ (3) } \text{трет } 20,0 \text{ в } A(1-u) = \delta \text{ (2) см } 0,8 = \frac{d-p}{f} = f \text{ (1)}$$

ЗАДАЧА 4. («Курчатов», 2015, 11) Маленькая рыбка плавёт к стенке аквариума со скоростью v . Параллельно стенке аквариума расположено плоское зеркало, которое перемещается со скоростью u в сторону аквариума (см. рисунок). Чему равна скорость изображения рыбки в зеркале с точки зрения наблюдателя, находящегося в точке A , и с точки зрения рыбки? Показатель преломления воды n , стенки аквариума тонкие и прозрачные.



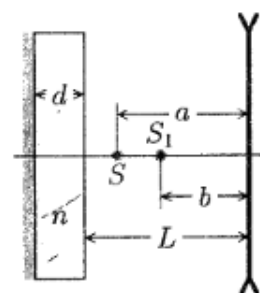
$$(a + nu)z = za : \frac{u}{a} + n = 1a$$

ЗАДАЧА 5. (МФТИ, 2002) Оптическая система, состоящая из собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 20$ см и плоского зеркала в форме посеребрённой с одной стороны плоскопараллельной пластинки толщиной $d = 6$ см с показателем преломления $n = 1,5$, создаёт действительное изображение точечного источника света S , расположенного на главной оптической оси линзы. Расстояние от источника S до линзы равно $a = 3F/5$, а от изображения S_1 , даваемого системой, до линзы — $b = 3F/2$ (см. рисунок). Найти расстояние L от линзы до зеркала. Отражением от передней поверхности пластинки пренебречь.



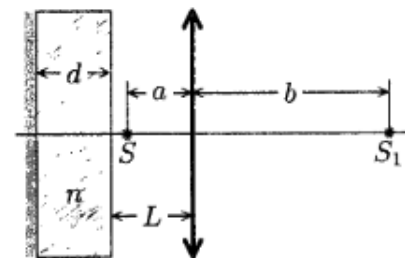
$$\text{№ 11} = \frac{u}{p} - \frac{v}{f} = 1 \text{ см}$$

ЗАДАЧА 6. (МФТИ, 2002) Оптическая система, состоящая из рассеивающей линзы и плоского зеркала в форме посеребрённой с одной стороны плоскопараллельной пластинки толщиной $d = 3$ см с показателем преломления $n = 1,5$, создаёт мнимое изображение (после отражения от зеркала и прохождения линзы) точечного источника света S , расположенного на главной оптической оси линзы. Найти фокусное расстояние линзы F , если расстояние от источника света до линзы равно $a = F$, а от изображения S_1 , даваемого системой, до линзы — $b = 2F/3$ (см. рисунок). Расстояние между линзой и зеркалом $L = 10$ см. Отражением от передней поверхности пластинки пренебречь.



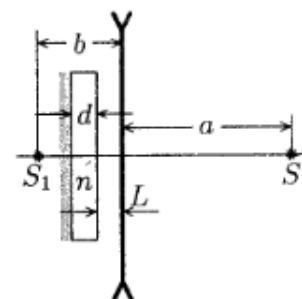
$$\text{№ 8} = \left(\frac{u}{p} + 1 \right) \frac{z}{c} = 1 \text{ см}$$

Задача 7. (МФТИ, 2002) Оптическая система, состоящая из собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 12$ см и плоского зеркала в форме посеребрённой с одной стороны плоскопараллельной пластинки толщиной $d = 9$ см, создаёт действительное изображение (после отражения от зеркала и прохождения линзы) точечного источника света S , расположенного на главной оптической оси линзы между линзой и зеркалом (см. рисунок). Расстояние от источника до линзы равно $a = 2F/3$, а от изображения S_1 , даваемого системой, до линзы — $b = 2F$. Найти показатель преломления пластинки n . Расстояние между линзой и зеркалом $L = 10$ см. Отражением от передней поверхности пластинки пренебречь.



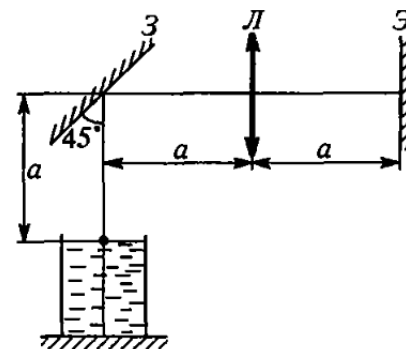
$$q'1 = \frac{7\varepsilon - dV}{p\varepsilon} = u$$

Задача 8. (МФТИ, 2002) Оптическая система, состоящая из рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $F = -20$ см и плоского зеркала в форме посеребрённой с одной стороны плоскопараллельной пластинки с показателем преломления $n = 1,5$, создаёт мнимое изображение точечного источника света S , расположенного на главной оптической оси линзы (см. рисунок). Расстояние от источника S до линзы равно $a = |F|$, а от изображения S_1 , даваемого системой, до линзы — $b = |F|/2$. Найти толщину зеркальной пластинки. Расстояние между линзой и зеркалом $L = 3$ см. Отражением от передней поверхности пластинки пренебречь.



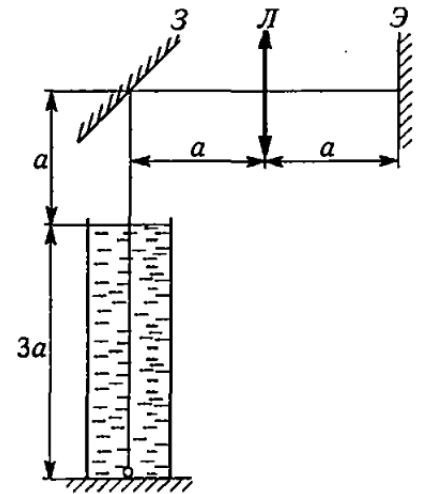
$$\text{но } \varepsilon = \left(7 - \frac{v}{|F|}\right) u = p$$

Задача 9. (МФТИ, 1995) С помощью оптической схемы, состоящей из плоского зеркала Z (под углом 45° к горизонту), положительной линзы L и экрана \mathcal{E} , наблюдают за падением маленьких шариков в сосуде с прозрачной жидкостью, показатель преломления которой $n = 1,5$ (см. рисунок). В начальный момент на экране наблюдается изображение поверхности жидкости и неподвижного шарика. Затем линзу перемещают направо вдоль главной оптической оси на расстояние $\delta = 2$ см и отпускают шарик. Через время $\tau = 5$ с на экране появляется резкое изображение шарика. Полагая, что шарик падает с постоянной скоростью u , определить её величину. Расстояние $a = 30$ см.



$$u = \frac{3n\delta(a+\delta)}{(a-3\delta)\tau} = 2,4 \text{ cm/s}$$

Задача 10. (МФТИ, 1995) С помощью оптической схемы, состоящей из плоского зеркала Z (под углом 45° к горизонту), положительной линзы L и экрана \mathcal{E} , наблюдают за всплытием маленьких пузырьков воздуха в сосуде с жидкостью, показатель преломления которой $n = 1,5$ (см. рисунок). В начальный момент на экране наблюдается изображение дна сосуда и неподвижного пузырька. Затем линзу перемещают влево вдоль главной оптической оси на расстояние $\Delta = 1$ см. Через время $\tau = 3$ с после отрыва пузырька на экране вновь появляется его резкое изображение. Полагая, что пузырёк всё время движется с постоянной скоростью u , определить её величину. Расстояние $a = 20$ см.



$$\frac{c}{n \cdot g} = n$$