

## Линза и жидкость

ЗАДАЧА 1. («Физтех», 2013) Для определения показателя преломления неизвестной прозрачной жидкости экспериментатор Глюк положил на дно мензурки монету и налил в неё исследуемую жидкость. Толщина слоя жидкости  $H = 27$  см. Далее он сфотографировал монету с высоты  $h = 37$  см над поверхностью жидкости и получил резкое изображение, диаметр которого в  $k = 10$  раз меньше диаметра монеты. Фокусное расстояние объектива  $F = 50$  мм. Оптическая ось объектива перпендикулярна поверхности жидкости.

- 1) Какое расстояние  $d$  было установлено на шкале дальности объектива?
- 2) Найдите показатель преломления  $n$  жидкости.

$$\frac{z}{z'} = \frac{y - f(1+y)}{H} = u \quad ; \quad \text{так как } z z' = f(1+y) = p \quad (1)$$

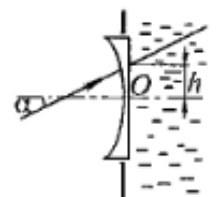
ЗАДАЧА 2. («Покори Воробьёвы горы!», 2015, 10–11) Тонкая плосковыпуклая линза немного погружена в воду своей горизонтальной плоской стороной (выпуклая поверхность линзы находится в воздухе). На линзу падает сверху узкий вертикальный пучок света, ось которого проходит точно через вершину выпуклой поверхности. Этот пучок фокусируется в воде на глубине  $h = 27$  см. Оптическая сила линзы в воздухе  $D = 5$  дптр. Найти показатель преломления воды.

$$n \approx D h = 1,35$$

ЗАДАЧА 3. (МФТИ, 1993) Тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием  $F = 15$  см прикреплена к стенке аквариума, заполненного водой ( $n = 4/3$ ). На линзу под углом  $\alpha$  падает параллельный пучок света. Известно, что луч, прошедший сквозь линзу на расстоянии  $h$  от её оптического центра, не изменяет своего направления. Найти угол  $\alpha$ , если  $h = 5$  мм.

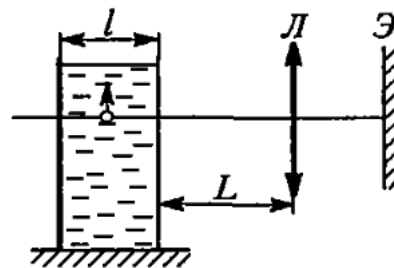
$$\tan \alpha = \frac{f(1-u)}{y} = 0,81$$

ЗАДАЧА 4. (МФТИ, 1993) Тонкая рассеивающая линза с фокусным расстоянием  $F = 15$  см прикреплена к стенке аквариума, заполненного водой ( $n = 4/3$ ). На линзу под углом  $\alpha$  падает параллельный пучок света (см. рисунок). Известно, что луч, прошедший сквозь линзу на расстоянии  $h$  от её оптического центра, не изменяет своего направления. Найти  $h$ , если  $\tan \alpha = 0,08$ .



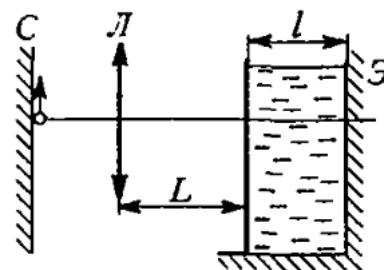
$$\tan \alpha = 0,81 \cdot f(1-u) = y$$

Задача 5. (МФТИ, 1995) Маленький воздушный пузырёк всплывает по центру прямоугольного сосуда, заполненного прозрачной жидкостью с показателем преломления  $n = 1,4$  (см. рисунок). С помощью собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 24$  см его изображение наблюдают на экране Э. Скорость перемещения изображения пузырька на экране в момент пересечения главной оптической оси линзы равна  $v = 80$  см/с. Определить скорость  $u$  пузырька. Линейные размеры:  $l = 56$  см,  $L = 10$  см.



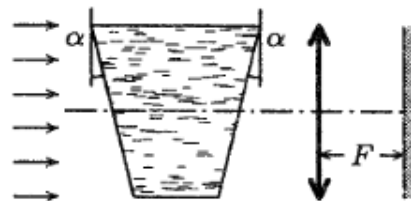
$$v/v_0 = \left( \frac{u}{l} + F - F \right) \frac{d}{a} = n$$

Задача 6. (МФТИ, 1995) По вертикальной стене С ползёт муха со скоростью  $v = 2$  см/с. С помощью собирающей линзы Л с фокусным расстоянием  $F = 24$  см изображение мухи получают на задней стенке Э прямоугольного сосуда, заполненного прозрачной жидкостью с показателем преломления  $n = 1,4$  (см. рисунок). Определить скорость  $u$  перемещения изображения мухи в момент пересечения главной оптической оси линзы. Линейные размеры:  $l = 28$  см,  $L = 10$  см.



$$v/v_0 = \frac{u}{l} = n$$

Задача 7. (МФТИ, 2000) Стекланный трапециевидальный сосуд с малым углом  $\alpha = 6^\circ$  заполнен водой с показателем преломления  $n = 1,33$ . На сосуд падает параллельный пучок света. За сосудом расположена собирающая линза с фокусным расстоянием  $F = 50$  см (см. рисунок). На экране, расположенном в фокальной плоскости линзы, наблюдается светлая точка. На сколько сместится эта точка на экране, если убрать сосуд?

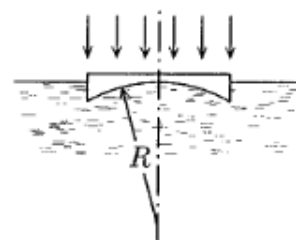


Указание. Для малых углов  $x$  справедливо  $\sin x \approx x$ .

$$x = 2F\alpha(n-1) \approx 3,45 \text{ см}$$

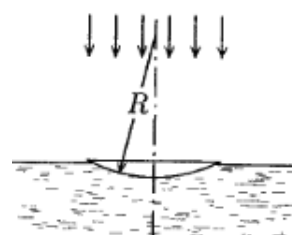
Задача 8. (МФТИ, 2003) Тонкая рассеивающая линза с фокусным расстоянием  $F = -15$  см вогнутой стороной с радиусом кривизны  $R = 10$  см притоплена в воду (см. рисунок). Показатель преломления воды  $n = 1,33$ . На каком расстоянии от линзы и где будет находиться изображение Солнца, находящегося в зените?

$$d = \frac{nRF}{nR - (n-1)F} = 39,5 \text{ см, в воде}$$

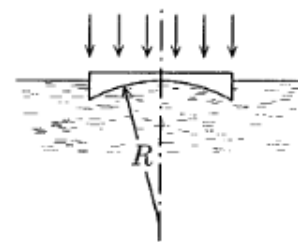


Задача 9. (МФТИ, 2003) Тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием  $F = 20$  см выпуклой стороной с радиусом кривизны  $R = 10$  см притоплена в воду (см. рисунок). Показатель преломления воды  $n = 1,33$ . На каком расстоянии от линзы и где будет находиться изображение Солнца, находящегося в зените?

$$d = \frac{nRF}{nR - (n-1)F} = 4,75 \text{ см, в воде}$$

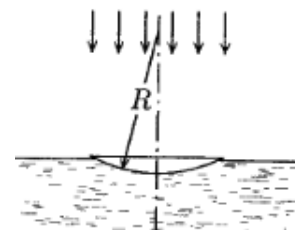


Задача 10. (МФТИ, 2003) Тонкая плосковогнутая линза, изготовленная из стекла с показателем преломления  $n_2 = 1,66$ , вогнутой стороной с радиусом кривизны  $R = 14$  см притоплена в воду (см. рисунок). Показатель преломления воды  $n_1 = 1,33$ . На каком расстоянии от линзы и где будет находиться изображение Солнца, находящегося в зените?



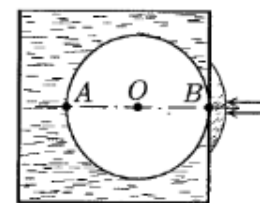
$$b = \frac{Rn_1}{n_2 - n_1} = 56,4 \text{ см} = q$$

Задача 11. (МФТИ, 2003) Тонкая плосковыпуклая линза, изготовленная из стекла с показателем преломления  $n_2 = 1,66$ , выпуклой стороной с радиусом кривизны  $R = 12$  см притоплена в воду (см. рисунок). Показатель преломления воды  $n_1 = 1,33$ . На каком расстоянии от линзы и где будет находиться изображение Солнца, находящегося в зените?



$$b = \frac{Rn_1}{n_2 - n_1} = 48,4 \text{ см} = q$$

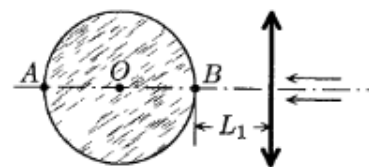
Задача 12. (МФТИ, 2005) В жидкости с показателем преломления  $n = 1,5$  на воздушный пузырёк, расположенный у плоской поверхности тонкой прозрачной стенки сосуда, вдоль диаметра  $AB$  пузырька падает параллельный пучок света (см. рисунок). Диаметр пучка много меньше радиуса пузырька. Если вплотную к стенке приставить линзу с фокусным расстоянием  $F_1 = 2$  см, то фокусировка света, вошедшего в пузырёк, произойдёт в центре пузырька  $O$ . Линзу с каким фокусным расстоянием нужно поставить взамен первой линзы, чтобы свет сфокусировался в точке  $A$ ?



Указание. Для малых углов  $\alpha$  можно считать, что  $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha \approx \alpha$ .

$$F_2 = \frac{2F_1 n}{n-1} = 3 \text{ см}$$

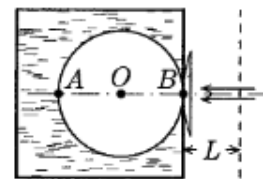
Задача 13. (МФТИ, 2005) На прозрачный шар с показателем преломления  $n = 1,5$  вдоль диаметра  $AB$  шара падает параллельный пучок света. Диаметр пучка много меньше радиуса шара. Если на расстоянии  $L_1 = 8$  см от шара поставить линзу с фокусным расстоянием  $F_1 = 10$  см (см. рисунок), то фокусировка света, вошедшего в шар, произойдёт в центре шара  $O$ . На каком расстоянии  $L_2$  от шара нужно поместить эту линзу, чтобы свет сфокусировался в точке  $A$ ?



Указание. Для малых углов  $\alpha$  можно считать, что  $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha \approx \alpha$ .

$$L_2 = \frac{2L_1 - nF_1}{2-n} = 2 \text{ см}$$

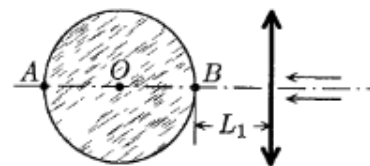
Задача 14. (МФТИ, 2005) Воздушный пузырёк радиуса  $R$  в жидкости касается плоской поверхности тонкой прозрачной стенки сосуда, к которой вплотную приставлена собирающая линза. На линзу вдоль диаметра  $AB$  пузырька падает параллельный пучок света (см. рисунок). Диаметр пучка значительно меньше радиуса пузырька. Параметры оптической системы таковы, что фокусировка света, вошедшего в пузырёк, происходит в точке  $A$ . Определить показатель преломления жидкости, окружающей пузырёк, если при смещении линзы на расстояние  $L = R/3$  от пузырька свет фокусируется в центре пузырька (точка  $O$ ).



Указание. Для малых углов  $\alpha$  можно считать, что  $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha \approx \alpha$ .

$$\frac{z}{f} = u$$

Задача 15. (МФТИ, 2005) На прозрачный шар с показателем преломления  $n = 1,5$  вдоль диаметра  $AB$  шара падает параллельный пучок света (см. рисунок). Диаметр пучка много меньше радиуса шара. Если вплотную к шару приставить линзу с фокусным расстоянием  $F_1 = 2$  см, то фокусировка света, вошедшего в шар, произойдёт в центре шара (точка  $O$ ). Линзу с каким фокусным расстоянием  $F_2$  нужно поставить взамен первой линзы, чтобы свет сфокусировался в точке  $A$ ?



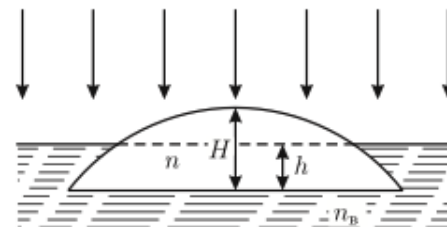
Указание. Для малых углов  $\alpha$  можно считать, что  $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha \approx \alpha$ .

$$n \cdot 8 = \frac{u-z}{1-F} = \frac{z}{F}$$

Задача 16. (МОШ, 2009, 11) Тонкая плосковогнутая рассеивающая линза прижата плоскостью к торцу цилиндрической трубки. В трубку вставлена плосковыпуклая собирающая линза так, что главные оптические оси линз совпадают с осью трубки, а собирающая линза обращена плоской стороной к рассеивающей. Собирающую линзу можно перемещать вдоль оси трубки. Если на первую линзу вдоль оси направить узкий параллельный пучок света, то при некотором расстоянии между линзами из системы выйдет также параллельный пучок. Если же пространство между линзами заполнено жидкостью, то для получения параллельного пучка расстояние между линзами необходимо увеличить в 1,5 раза. Найти показатель преломления жидкости.

$$z^2 l = u$$

Задача 17. (МОШ, 2006, 11) В воду (показатель преломления  $n_{\text{в}}$ ) частично погружена тонкая стеклянная плосковыпуклая линза, причём её плоская сторона горизонтальна и находится под водой, а толщина линзы равна  $H$  (см. рисунок). На эту систему вертикально падает параллельный пучок света. На глубинах  $l$  и  $L > l$  в воде возникают два одинаково ярких изображения. Каковы радиус  $R$  выпуклой поверхности линзы, показатель преломления  $n$  материала линзы и глубина  $h$  её погружения в воду? Отражением света от воды и от линзы, а также поглощением света пренебречь.



$$\frac{z}{H} = \eta : \frac{l-T}{1-T} u = u : \frac{(l-T) \eta u}{(1-\eta u) l T} = \mathcal{Y}$$