

### Контрольные вопросы

1. Допускает ли принцип Ферма существование нескольких путей, по которым луч света распространяются от точечного источника  $S$  к приемнику. Рассмотрите случаи, когда лучи проходят через:  
а) однородную и изотропную среду? б) неоднородную среду?
2. На сколько клеток и в каком направлении (рис. 1) наблюдателю следует переместить голову (глаз), чтобы увидеть в зеркале всё изображение стрелки?  
а) Стрелка уже видна полностью; б) на 1 клетку влево; в) на 1 клетку вверх; г) на 1 клетку вверх и на одну клетку влево. (ЕГЭ-2006)
3. Ночь. По лесу едет грузовик. Почему лужа на дороге, освещенной фарами автомобиля, кажется водителю темным пятном?
4. Экспериментатор Глюк наблюдает закат Солнца. Назовем «геометрическим» закатом такое положение Солнца, при котором его верхний край находится на одной прямой с линией горизонта. Геометрический или фактический (т.е. наблюдаемый Глюком) закат происходит раньше?
5. Почему воздушные пузыри блестят в воде?
6. Увеличится или уменьшится показатель преломления воды при повышении её температуры от  $10^\circ C$  до  $25^\circ C$ ? Как при этом изменится предельный угол полного отражения?
7. Трое ныряют в воду без масок. Один из них с нормальным зрением, другой – близорукий, а третий – дальнорезкий. Кто будет видеть под водой лучше всего, а кто хуже?
8. Плосковыпуклую стеклянную линзу (показатель преломления стекла  $n_{ст}=1,48$ ) полностью погрузили в ёмкость с жидким сероводородом ( $n=1,88$ ).  
Каким будет пучок параллельных лучей, после прохождения через линзу?  
а) сходящимся; б) расходящимся; в) результат зависит от того, на какую сторону (плоскую или выпуклую) будет падать пучок.
9. Собирающая линза дает на экране перевернутое изображение предмета  $ACB$ . Верхнюю половину линзы закрыли ширмой (рис. 2). Какие изменения произойдут с изображением? Будет ли теперь на экране видно все изображение предмета, или только его часть?

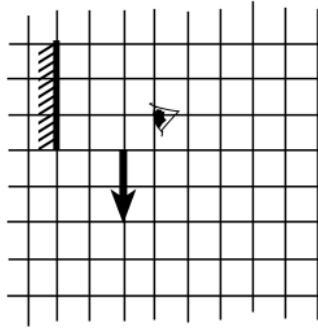


Рис. 1

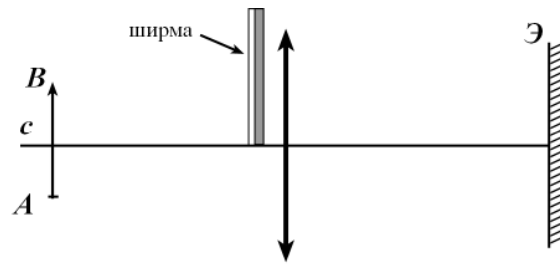


Рис. 2



Рис. 3

10. Иногда в небе можно видеть такую картину как на фотографии (рис. 3). Почему мы видим расходящиеся лучи?

#### Задачи

1. Экспериментатор Глюк рассматривает дно бассейна, приблизив глаз почти вплотную к поверхности воды. Определите площадь той части дна, которую сможет увидеть Глюк, наблюдая из одной точки, если глубина бассейна  $H = 2,5$  м. Показатель преломления воды принять равным  $n = 4/3$ .

2. В воду, показатель преломления которой  $n_B$ , поместили тонкий стеклянный клин с углом при вершине  $\alpha$  ( $\alpha \ll 1$ ) и показателем преломления  $n_C$ . Найдите угол  $\delta$  отклонения световых лучей, прошедших через этот клин (рис. 1).

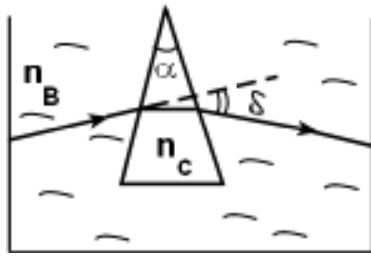


Рис. 1

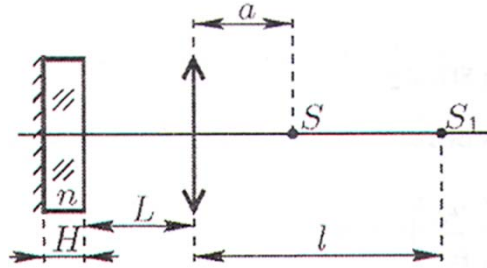


Рис. 2

3. Оптическая система, состоящая из собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 20$  см и плоского зеркала в форме посеребренной с одной стороны плоскопараллельной пластинки толщиной  $H = 6$  см с показателем преломления  $n = 1,5$ , создает действительное изображения точечного источника света  $S$ , расположенного на главной оптической оси линзы. Расстояние от источника  $S$  до линзы  $a = 0,6F$ , а от изображения  $S_1$ , даваемого системой, до линзы  $l = 1,5F$  (рис. 2). Найдите расстояние  $L$  от линзы до передней поверхности пластины, тыльная сторона которой посеребрена (зеркальная). Отражением от передней поверхности пренебречь.

4. Оптическая система состоит из двух линз: собирающей  $L_1$  ( $F_1 = 40$  см) и рассеивающей  $L_2$  ( $F_2 = -40$  см), главные оптические оси которых параллельны и смещены друг относительно друга

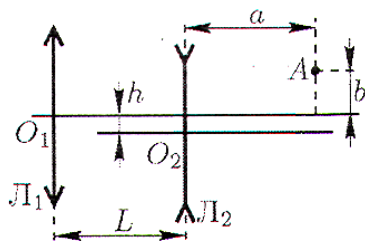


Рис. 3

на расстояние  $h = 1$  см (рис. 3). Параллельный пучок света, направленный на систему вдоль главных оптических осей, фокусируется системой в точке  $A$ , расположенной на расстоянии  $a = 10$  см от рассеивающей линзы.

- 1) Найдите расстояние  $L$  между линзами.
- 2) Найдите расстояние  $b$  от точки  $A$  до главной оптической оси собирающей линзы.

5. Для радиоволн в заданном диапазоне частот показатель преломления ионосферы (слоисто-неоднородной среды) начиная с уровня  $H_0 = 100$  км от поверхности Земли изменяется с высотой  $H_0 + y$ , по закону:  $n = 1,0$  (при  $y \leq 0$  и при  $y > 40$  км),  $n(y) = 0,8 + k(y_0 - y)^2$ , (при  $0 < y \leq 40$  км) (здесь  $y_0 = 20$  км,  $k = 5,0 \cdot 10^{-10} \text{ м}^{-2}$ ).

С поверхности Земли с помощью радиолокатора пытаются связаться со спутником, находящимся на «высокой» орбите. При каком угле падения узкого «луча» радиолокатора на нижнюю границу ионосферы возможна связь со спутником?

На какую максимальную высоту  $h$  относительно поверхности Земли сможет подняться этот «луч» если угол падения  $\varphi = 60^\circ$  ?

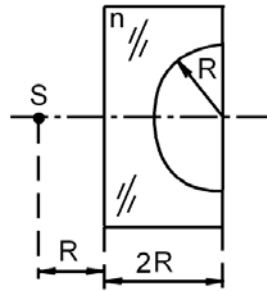


Рис. 4

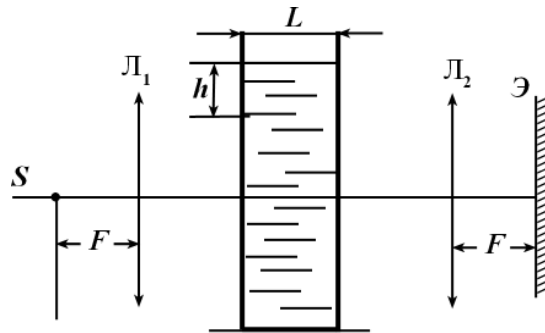


Рис. 5

6. В стеклянной пластине толщиной  $2R$  сделано углубления в форме половины шара радиуса  $R = 10$  см. Показатель преломления стекла  $n = 1,5$ . Наблюдатель рассматривает через получившуюся толстую линзу точечный источник света  $S$ , расположенный на расстоянии  $R$  от плоской поверхности линзы (рис. 4). На каком расстоянии  $L$  от этой поверхности он видит изображение источника?

Указание: считайте, что в формировании изображения участвуют только параксиальные лучи.

7. В схеме (рис. 5) точечный источник  $S$  расположен в фокусе линзы  $L_1$ , а экран  $\mathcal{E}$  в фокальной плоскости такой же линзы  $L_2$ . Между линзами, фокусное расстояние которых равно  $F$ , поставили сосуд с плоскопараллельными

стенками, наполненный прозрачной жидкостью, показатель преломления которой изменяется пропорционально глубине  $h$  сосуда по закону:  $n(h) = n_0 + kh$ . Вычислите коэффициент  $k$  если после установки сосуда изображение источника сместилось на экране на расстояние  $x$ . Толщина сосуда равна  $L$ . Изменение показателя преломления считать малым в пределах диаметра светового пучка. (МФТИ, 1981).

**8.** Между зеркалом и небольшим предметом  $A$  поместили тонкую собирающую линзу с фокусным расстоянием  $F = 10$  см так, что ее главная оптическая ось перпендикулярна плоскости зеркала. Расстояние от предмета до линзы равно  $L$ . Оказалось, что если  $L < 3F$ , система линза-зеркало-линза дает перевернутое изображение, если же  $L > 3F$  - изображение прямое. Вычислите расстояние  $z$  от линзы до зеркала. (МФТИ, 2004)

**9.** С помощью тонкой линзы получено увеличенное изображение предмета, расположенного перпендикулярно главной оптической оси линзы. Расстояние между предметом и экраном в 4,5 раза больше фокусного расстояния линзы. С каким увеличением изображается предмет? (МФТИ, 2007)

**10.** В круглое отверстие непрозрачной ширмы вставлена собирающая линза с фокусным расстоянием  $F = 20$  см и диаметром  $D = 69$  мм. Точечный источник находится на главной оптической оси линзы на расстоянии  $a = 40$  см от её плоскости. На экране, расположенном перпендикулярно главной оптической оси системы, получено резкое изображение этого источника. Линзу при неподвижных источнике и экране передвинули на  $x = 20$  см вдоль главной оптической оси в сторону экрана.

- а) На каком расстоянии от экрана получилось новое изображение источника?
- б) Вычислите диаметр светлого пятна на экране. (МФТИ, 2007)