

Оптическая система создает два изображения, одно из которых есть изображение самого предмета  $A_1$ , второе – изображение предмета  $A_2$ , являющегося зеркальным изображением предмета  $A_1$  (рис.8). Ввиду того, что оба изображения имеют одинаковые размеры, равны и их увеличения. Ясно, что это возможно только в случае, когда одно из изображений – действительное а другое – мнимое. Следовательно, предмет  $A_1$  находится между линзой и ее фокусом, а предмет  $A_2$  – за фокусом линзы. Воспользуемся формулой линзы для этих случаев:

$$\frac{1}{d_1} - \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} \text{ и } \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F},$$

где  $f_1$  и  $f_2$  – расстояния до изображений предметов. Для увеличений  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$  получим

$$\Gamma_1 = \frac{F}{F - d_1} \text{ и } \Gamma_2 = \frac{F}{d_2 - F}.$$

Из равенства  $\Gamma_1 = \Gamma_2$  следует, что  $d_1 + d_2 = 2F$ , или  $d_1 + l = F$ . Таким образом, зеркало должно быть расположено в фокальной плоскости линзы:  $L = F$ .

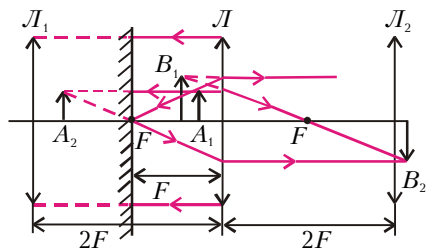


Рис. 9

На рисунке 9 показан ход лучей, позволяющих получить изображение источников  $A_1$  и  $A_2$ , даваемых линзой. Легко видеть, что изображения линзы в зеркале находится на удвоенном фокусном расстоянии. Следовательно, увеличение линзы в системе равно  $\Gamma = 1$ .

**Задач 7.** Сложный объектив состоит из двух тонких линз: положительной с фокусным расстоянием  $F_1 = 20$  см и отрицательной с фокусным расстоянием  $F_2 = 10$  см. Линзы расположены на расстоянии  $l = 15$  см друг от друга. С помощью объектива получают на экране изображение Солнца. Какое фокусное расстояние должна иметь тонкая линза, чтобы изображение Солнца, полученное с ее помощью, имело такой же размер?

Пусть  $\alpha$  – угловой размер Солнца. Изображение Солнца, даемое первой линзой, находится в ее фокальной

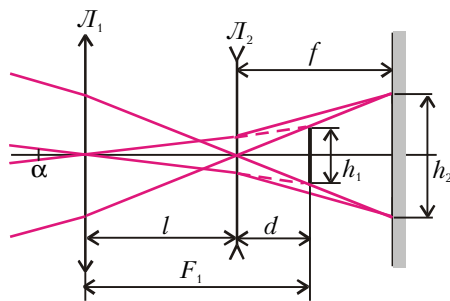


Рис. 10

плоскости и имеет размер (с учетом плоскости  $\alpha$ )  $h_1 = \alpha F_1$  (рис.10). Расстояние от этого изображения до второй линзы  $d = F_1 - l$ . Из формулы линзы

$$-\frac{1}{F_1 - l} + \frac{1}{f} = -\frac{1}{F_2}$$

находим расстояние между экраном и линзой  $L_2$ :

$$f = \frac{F_2(F_1 - l)}{F_2 - F_1 + l}.$$

Тогда размер второго изображения равен

$$h_2 = h_1 \frac{f}{d} = \frac{\alpha F_1 F_2}{F_2 - F_1 + l}.$$

Если используется одинокая тонкая линза с фокусным расстоянием  $F$ , то размер изображения Солнца в ней составляет

$$h_2 = \alpha F.$$

Окончательно, для фокусного расстояния этой линзы получаем

$$F = \frac{F_1 F_2}{F_2 - F_1 + l} = 40 \text{ см.}$$

**Упражнения**

1. Источник света расположен на двойном фокусном расстоянии от собирающей линзы на ее оси. За линзой перпендикулярно к оптической оси помещено плоское зеркало. На каком расстоянии от линзы нужно поместить зеркало, чтобы лучи, отраженные от зеркала, пройдя вторично через линзу, стали параллельными? Фокусное расстояние линзы  $F$ .
2. Покажите, что оптическая сила системы, состоящей из двух тонких линз, приложенных вплотную друг к другу, равна сумме оптических сил этих линз.
3. Перпендикулярно главной оптической оси тонкой положительной линзы с фокусным расстоянием  $F$  расположено плоское зеркало (рис.11). Эта оптическая система создает действительное изображение предмета  $A$ , находящегося между линзой и ее фокусом, с увеличением  $\Gamma = F/d$ , где  $d$  – расстояние между

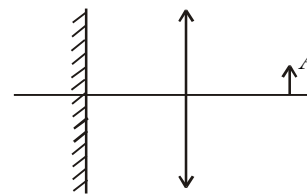


Рис. 11

линзой и предметом. Найдите расстояние между линзой и зеркалом.

4. Система из двух тонких линз, собирающей и рассеивающей, с одинаковыми по модулю фокусными расстояниями  $F$  дает изображение точечного источника света. Главные оптические оси линз совпадают. Расстояние между линзами  $L = 3F$ . Источник расположен на главной оптической оси на расстоянии  $d = 2F$  перед собирающей линзой. На сколько и в какую сторону сместится изображение источника, если ближайшую к источнику (собирающую) линзу сместить перпендикулярно главной оптической оси на  $x = 2$  см?
5. Точечный источник света расположен на расстоянии  $d = 30$  см от собирающей линзы, оптическая сила которой  $D = 5$  дптр. На какое расстояние сместится изображение источника, если между линзой и источником поместить толстую стеклянную пластинку толщиной  $L = 15$  см с показателем преломления  $n = 1,57$ ?
6. Из-за конечной разрешающей способности фотопленки при фотографировании резко получаются предметы, находящиеся на расстояниях от  $d_1 = 15$  м и до  $d_2 = 30$  м от фотоаппарата. Величину  $d_1$  называют ближней границей глубины резкости,  $d_2$  – дальней. Не меняя наводки фотоаппарата, объектив задиафрагмировали (т.е. уменьшили диаметр открытой части линзы объектива). При этом ближняя граница глубины резкости стала  $d_{1*} = 10$  м. Найдите дальнюю границу.
7. Найдите эквивалентное фокусное расстояние системы двух линз с фокусными расстояниями  $F_1$  и  $F_2$ , расположенными на одной оптической оси на расстоянии  $l$  друг от друга, и местоположение эквивалентной линзы.