

Оптические системы и приборы

Ю. ЧЕШЕВ

ОПТИЧЕСКИЕ системы представляют собой совокупность различных оптических инструментов – линз, диэлектрических пластин, зеркал и т.п. Роль их огромна при изучении физических явлений. Это – исследования микромира с помощью микроскопа, изучение звезд и галактик при использовании телескопов и зрительных труб, наблюдение далеко расположенных объектов с применением бинокля, фотографирование объектов фотоаппаратом, исследование диэлектрических свойств различных сред. Одно из основных требований, предъявляемых к таким приборам, – это требование преобразования лучей, исходящих от предмета, в лучи, сходящиеся в одну точку наблюдения (действительное изображение), или в лучи, продолжение которых исходит из одной, отличной от исходной, точки пространства (мнимое изображение). Следовательно, решение задач, в которых обсуждаются различные оптические инструменты, основано на умении построения хода лучей от предметов до их изображений.

Задача 1. Рассеивающая линза L_1 и собирающая линза L_2 расположены на одной главной оптической оси (рис. 1). Такая оптическая система создает

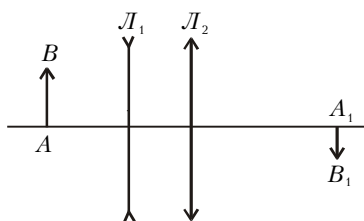


Рис. 1

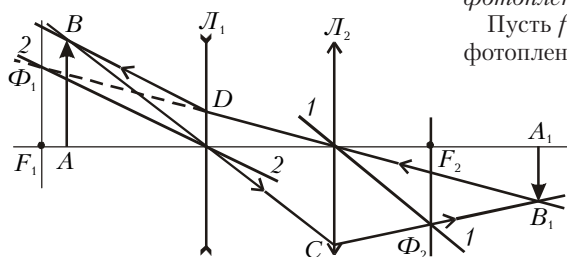


Рис. 2

действительное изображение A_1B_1 предмета AB . С помощью построения найдите положение главных фокусов обеих линз.

Из точки B через центр линзы L_1 проведем луч до пересечения с линзой L_2 в точке C (рис. 2). После преломления линзой L_2 этот луч пойдет по траектории CB_1 . Из точки B_1 через центр линзы L_2 проведем луч B_1D до пересечения с линзой L_1 . После преломления линзой L_1 он пойдет по направлению DB . Через центр линзы L_2 проведем прямую $1-1$, параллельную CB_1 с прямой $1-1$ лежит в фокальной плоскости линзы L_2 . Пересечение этой фокальной плоскости с главной оптической осью системы определяет положение правого фокуса F_2 линзы L_2 . Найдем теперь левый фокус линзы L_1 . Для этого проведем прямую $2-2$, параллельную лучу BD до пересечения с продолжением луча DB_1 в точке Φ_1 , которая определит положение фокальной плоскости линзы L_1 . Пересечение этой плоскости с главной оптической осью системы задает положение левого фокуса F_1 линзы L_1 . Аналогичным образом строятся правый фокус линзы L_1 и левый фокус линзы L_2 .

Задача 2. Газетный текст фотографируется фотоаппаратом с объективом, имеющим фокусное расстояние $F = 50$ см, дважды: а) с наименьшего допустимого для этого объектива расстояния $d = 0,5$ м; б) присоединив объектив к камере через удлинительное кольцо высотой $h = 25$ мм (также с минимально возможным в этом случае расстоянием). Найдите отношение размеров изображений, полученных на фотопленке в этих случаях.

Пусть f – расстояние от объектива до фотопленки. Формула линзы в этом случае дает

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F},$$

откуда для f получим

$$f = \frac{dF}{d-F}.$$

Увеличение в этом случае равно

$$\Gamma_1 = \frac{f}{d} = \frac{F}{d-F}.$$

Во втором варианте расстояние от объектива до пленки равно $f_1 = f + h$, и увеличение составляет

$$\Gamma_2 = \frac{F}{d_1 - F},$$

где d_1 – наименьшее расстояние от объектива до фотографируемого предмета, которое опять-таки можно выразить с помощью формулы линзы. Отношение размеров изображений равно отношению увеличений, т.е.

$$\beta = \frac{\Gamma_2}{\Gamma_1} = \frac{(d-F)h}{F^2} + 1 = 5,5.$$

Задача 3. Наблюдатель с нормальным зрением рассматривает Луну в телескоп, объектив которого $F_1 = 2$ м, окуляр $F_2 = 5$ см. Глаз наблюдателя аккомодирован на расстояние наилучшего зрения $d_0 = 25$ см. На сколько нужно переместить окуляр для того, чтобы получить изображение Луны на экране на расстоянии $d_0 = 25$ см от окуляра? Чему равен при этом размер изображения Луны на экране, если ее угловой диаметр $\alpha = 30'$?

Изображение Луны, даваемое объективом L_1 (рис. 3), расположено в его фокальной плоскости на расстоянии F_1 от линзы. Это изображение, находящееся на расстоянии d_1 от окуляра L_2 , наблюдается глазом на расстоянии d_0 от линзы L_2 с фокусным расстоянием F_2 . Из формулы линзы

$$\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_0} = \frac{1}{F_2}$$

находим

$$d_1 = \frac{d_0 F_2}{d_0 + F_2} = 4,17 \text{ см.}$$

В том случае, когда изображение Луны

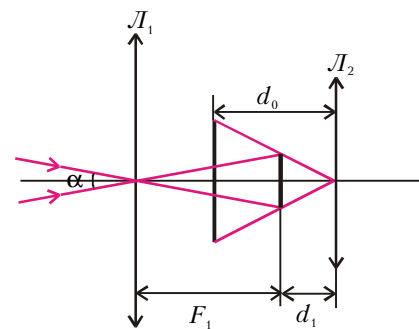


Рис. 3