

## Работа 4.4

### Изучение зрительной трубы

**Оборудование:** зрительная труба, шкала.

#### Введение

Для рассматривания отдаленных предметов применяется *зрительная труба*. Зрительная труба, применяемая для наблюдения за небесными телами, называется *телескопом*. В такой трубе объектив и окуляр располагаются таким образом, что

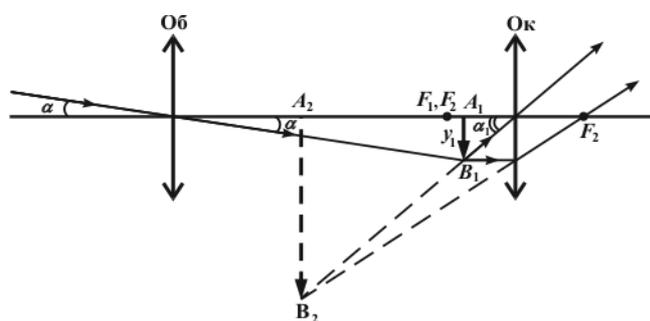


Рис. 4.9

задний фокус объектива  $F_1$  совпадает с передним фокусом окуляра  $F_2$  (рис. 4.9).

Подобные оптические системы называются *телескопическими*. Для наведения на резкость, расстояние между объективом и окуляром можно немного изменять. Изображение отдаленного предмета, которое дает объектив, получается практически в

задней фокальной плоскости объектива. Это изображение рассматривается через окуляр, выполняющий роль лупы.

Длину трубы можно не учитывать в сравнении с расстоянием до предмета. Поэтому можно считать, что невооруженным глазом предмет будет виден под углом  $\alpha$ , тангенс которого  $y_1/F_1$ . Тангенс угла  $\alpha_1$ , под которым будет видно изображение в зрительную трубу,  $y_1/F_2$ . Следовательно, увеличение, даваемое зрительной трубой, определяется соотношением:

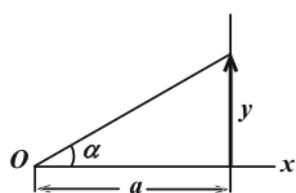


Рис. 4.10

$$\Gamma = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{F_1}{F_2}.$$

Часто для характеристики увеличения, создаваемого оптической системой, используется величина, называемая *углом зрения* и представляющая собой угол, под которым глаз, находящийся в точке  $O$  (рис. 4.10), видит предмет или изображение предмета ( $y$ ), перпендикулярные оси  $O\bar{x}$ .

Величина угла зрения  $\alpha$  может быть найдена из соотношения

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{a},$$

где  $a$  — расстояние между предметом и глазом.

Угловым увеличением системы называется отношение тангенса угла зрения, под которым видно изображение, получаемое в оптической системе, к тангенсу угла зрения, под которым виден предмет невооруженным глазом.

Пусть  $l_0$  — величина предмета, находящегося на расстоянии  $d_0$  от глаза наблюдателя,  $l$  — величина изображения предмета, который виден в трубу и находится на расстоянии  $d$  от точки  $O$ ,  $\alpha_0$  и  $\alpha$  — соответственно углы зрения (рис. 4.11).

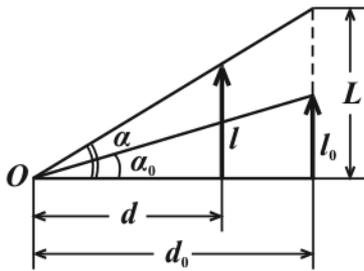


Рис. 4.11

Согласно определению увеличения:

$$\Gamma = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_0} = \frac{ld_0}{dl_0}.$$

Спроектируем изображение  $l$  на плоскость предмета при помощи центральной проекции с центром в точке  $O$  так, чтобы все точки изображения переместились вдоль лучей, соединяющих их с глазом наблюдателя. Спроектированное таким образом изображение занимает положение  $L$ . Очевидно, что угол зрения, под которым видна эта проекция, есть  $\alpha$ , а расстояние ее от глаза —  $d_0$  (рис. 4.11). В этом случае

$$\Gamma = \frac{L}{l_0}.$$

Если предмет представляет собой шкалу, длина одного деления которой  $l_0$ , то, спроектировав ее изображение на ту же шкалу, получим изображение, цена деления которого будет  $L$ , причем  $L > l_0$ . Если теперь выбрать такой отрезок шкалы, чтобы на нем разместились  $n$  делений предмета и  $N$  делений изображения ( $n$  и  $N$  — целые числа) и  $n > N$ , то  $nl_0 = NL$ , а следовательно,

$$\Gamma = \frac{L}{l_0} = \frac{n}{N}. \quad (1)$$

Если же предмет расположен не таким образом, как показано на рисунке 4.11, а пересекает ось прибора, то соотношение (1) не изменится. В этом легко убедиться графически. Если число делений линейки, которые видны в трубе, равно  $n$ , а расстояние от трубы до линейки —  $L_1$ , то поле зрения оптической трубы, определенное в градусах, находится по формуле

$$\alpha = 57,3 \frac{n \cdot l_0}{L_1} . \quad (2)$$

### Порядок выполнения работы

**Задание 1.** Определение увеличения зрительной трубы.

1. При помощи кремальеры сфокусируйте трубу на четкое видение отдаленной на несколько метров линейки с делениями.

2. Смотрите одним глазом на изображение этой линейки в трубе, а другим — непосредственно на линейку.

3. Постарайтесь смотреть так, чтобы изображение в трубе как бы совмещалось с линейкой, которая видна невооруженным глазом, и определите число целых делений шкалы линейки  $n$ , которые совпадают с  $N$  целыми делениями ее изображения.

По формуле (1) определите  $\Gamma$ .

4. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

№ п/п	$n$	$N$	$\Gamma$
-------	-----	-----	----------

**Задание 2.** Определение поля зрения зрительной трубы.

1. Сфокусируйте трубу на линейку и заметьте, сколько делений  $n$  этой линейки можно видеть в трубу.

2. Измерьте рулеткой расстояние  $L_1$  от объектива трубы до линейки.

3. Определите поле зрения оптической трубы по формуле (2).

4. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

№ п/п	$n$	$L_1, \text{ м}$	$\alpha^\circ$
-------	-----	------------------	----------------

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ УИР

1. Приведите примеры разных телескопических систем, дайте их характеристики и назовите особенности.

2. Определите относительную и абсолютную погрешности при измерении поля зрения зрительной трубы.



### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие оптические системы называются телескопическими?

2. Нарисуйте ход лучей в зрительной трубе.

3. Что называется угловым увеличением системы?
4. Выведите формулу для определения углового увеличения.
5. Как определить величину поля зрения зрительной трубы?
6. Нарисуйте ход лучей в телескопе Ньютона.
7. Нарисуйте ход лучей в телескопе Максудова.
8. Нарисуйте ход лучей в зрительной трубе Галилея.
9. Какую роль выполняет линза объектива в зрительной трубе?
10. Что такое «угол зрения»?