

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4.1.2

---

# Моделирование оптических приборов и определение их увеличения

---

**Автор:**

Глеб Уваркин  
615 группа

**Преподаватель:**

Клёнов Сергей Львович



15 марта 2018 г.

## Цель работы:

Изучение модели зрительных труб (астрономической трубы Кеплера и земной трубы Галилея) и микроскопа, определение их увеличения.

## В работе используются:

Оптическая скамья, набор линз, экран, осветитель со шкалой, зрительная труба, диафрагма, линейка.

## 1 Теоретическая справка.

### 1.1 Определение фокусных расстояний тонких линз с помощью зрительной трубы.

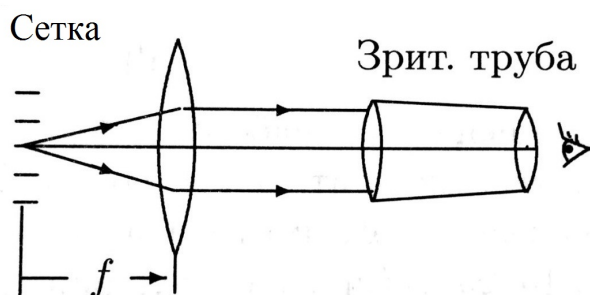


Рис. 1: Определение фокусного расстояния линзы.

Для определения фокусных расстояний линз с помощью зрительной трубы (рис. 1) необходимо настроить трубу на бесконечность. Передвигая линзу вдоль скамьи, получим в окуляре изображение предмета. При этом расстояние между предметом и серединой тонкой линзы равно её фокусному расстоянию.

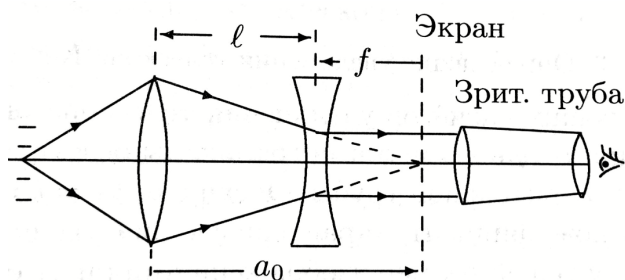


Рис. 2: Определение фокусного расстояния рассеивающей линзы.

Для определения фокусного расстояния тонкой рассеивающей линзы получим на экране увеличенное изображение сетки при помощи одной короткофокусной собирающей линзы. Измерим расстояние  $a_0$  между линзой и экраном. Измерив расстояние между линзами  $l$ , рассчитаем фокусное расстояние рассеивающей линзы  $f = l - a_0$ .

### 1.2 Телескоп Кеплера.

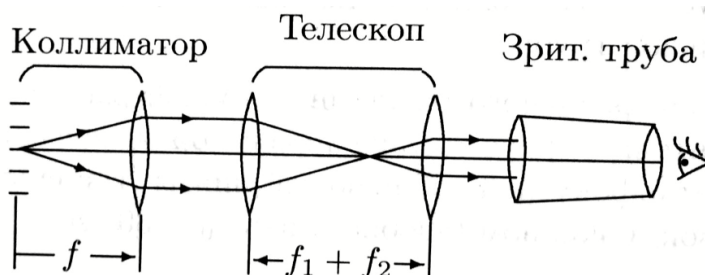


Рис. 3: Определение увеличения телескопа Кеплера.

Схема изучения зрительной трубы Кеплера представлена на рис. 3. Определим размер изображения  $h_1$  одного миллиметра шкалы осветителя в делениях окулярной шкалы зрительной трубы. Очевидно, что  $h_1 = k \operatorname{tg} \alpha_1 \approx k \alpha_1$ , где  $k$  – некоторый коэффициент, характеризующий увеличение зрительной трубы,  $\alpha_1$  – угловой размер изображения миллиметрового деления шкалы осветителя, наблюдаемого через коллиматор.

Соберём модель телескопа, рассчитаем увеличение исследуемой модели телескопа через отношение передних фокусных расстояний линз  $f_1, f_2$ :

$$N_T = -\frac{f_1}{f_2} \quad (1)$$

Определим увеличение телескопа через отношение углов, под которыми объект виден через телескоп и без него:

$$N_T = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = -\frac{h_2}{h_1}, \quad (2)$$

где  $\alpha_2$  – угловой размер изображения миллиметрового деления шкалы при наблюдении через телескоп,  $h_2$  – размер изображения миллиметрового деления шкалы осветителя в делениях окулярной шкалы.

Определим увеличение телескопа, сравнив диаметр оправы его объектива и диаметр изображения этой оправы в окуляре:

$$N_T = \mp \frac{D_1}{D_2}, \quad (3)$$

где  $D_1$  – диаметр объектива, а  $D_2$  – диаметр его изображения.

### 1.3 Модель микроскопа.

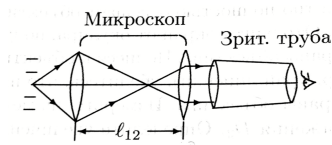


Рис. 4: Модель микроскопа.

Для создания модели микроскопа с увеличением  $N_M = 5$  отберём самые короткофокусные собирающие линзы из набора. Рассчитаем необходимые оптический интервал  $\Delta$  и длину тубуса  $l_{12}$  по формулам:

$$N_M = N_1 N_2, \quad N_1 = -\frac{\Delta}{f_1}, \quad N_2 = \frac{L}{f_2}, \quad \Delta = l_{12} - f_1 - f_2, \quad (4)$$

где  $N_1, N_2$  – увеличения объектива и окуляра,  $f_1, f_2$  – положительные передние фокусные расстояния линз,  $L = 25$  см – расстояние наилучшего зрения.

Для экспериментального определения увеличения микроскопа измерим величину изображения  $h_2$  миллиметрового деления предметной шкалы в делениях окулярной шкалы:

$$N_M = -\frac{h_2 L}{h_1 f} \quad (5)$$

## 2 Проведение и обработка измерений.

### 2.1 Определение фокусных расстояний тонких линз с помощью зрительной трубы.

Для начала отберём из набора собирающие линзы и определим "на глаз" их фокусные расстояния. Занесём результаты в таблицу 1.

Таблица 1: Определение фокусных расстояний собирающих линз "на глаз".

№ линзы	1	2	3	4
Фокусное расстояние, см	10	10	22	30

Теперь определим их более точным способом, а именно с помощью зрительной трубы (рис. 1). Результаты занесём в таблицу 2.

Таблица 2: Определение фокусных расстояний собирающих линз с помощью зрительной трубы.

№ линзы	1	2	3	4
Фокусное расстояние, см	8.0	10.7	19.0	27.4

Погрешности измерений возьмём равными 0.5 см. Она обусловлена конечной толщиной линз и случайной неточностью измерения.

Для 4 линзы проведём измерения, повернув её другой стороной к источнику. Получаем, что  $f = 28$  см, что приблизительно совпадает с уже имеющимся значением. Отсюда делаем вывод, что линзу можно считать тонкой.

Определим фокусное расстояние рассеивающей линзы с помощью установки, показанной на рис. 2.

Таблица 3: Определение фокусного расстояния рассеивающей линзы.

$a_0$ , см	$l$ , см	$f$ , см
23.5	14.0	9.5

### 2.2 Телескоп Кеплера.

Соберём установку, показанную на рис. 3. Измерим расстояние между объективом и окуляром телескопа и сравним его с суммой фокусных расстояний (табл. 4).

Таблица 4: Расстояние между объективом и окуляром.

$f_1 + f_2$ , см	Факт., см
38.1	39.5

Измерим увеличение телескопа различными способами, описанными в разделе 1.2. Значения занесём в таблицу 6

Таблица 5: Необходимые данные для определения увеличения телескопа.

$f_1$ , см	$f_2$ , см	$h_1$ , дел	$h_2$ , дел	$D_1$ , см	$D_2$ , см
10.7	27.4	9	24	3.6	1.4

Таблица 6: Увеличение телескопа.

$N_T$ (отношение $f_1$ и $f_2$ )	$N_T$ (отношение углов)	$N_T$ (отношение диаметров)
<b>2.56</b> $\pm$ 0.13	<b>2.67</b> $\pm$ 0.16	<b>2.57</b> $\pm$ 0.18

## 2.3 Труба Галилея.

Соберём модель трубы Галилея, поставив в модели трубы Кеплера вместо собирающей окулярной линзы рассеивающую линзу. Измерим увеличение трубы двумя способами: через отношение передних фокусных расстояний линз  $f_1$ ,  $f_2$  и через отношение углов, под которыми объект виден через телескоп и без него. Данные занесём в таблицу 8.

Таблица 7: Необходимые данные для определения увеличения телескопа.

$f_1$ , см	$f_2$ , см	$h_1$ , дел	$h_2$ , дел
27.4	9.5	9	26

Таблица 8: Увеличение трубы Галилея.

$N_T$ (отношение $f_1$ и $f_2$ )	$N_T$ (отношение углов)
<b>2.88</b> $\pm$ 0.16	<b>2.88</b> $\pm$ 0.17

## 2.4 Модель микроскопа.

Соберём модель микроскопа, как показано на рис. 4. Получим в поле зрения трубы изображение миллиметровой шкалы осветителя. С помощью формулы (5) рассчитаем увеличения микроскопа. Данные занесём в таблицу 9.

Таблица 9: Увеличение микроскопа.

$h_1$ , дел	$h_2$ , дел	$L$ , см	$f$ , см	$N_M$
9	34	25.0	19.0	<b>4.97</b> $\pm$ 0.31

Теперь рассчитаем увеличение микроскопа по формуле (4). Данные занесём в таблицу 10.

Таблица 10: Увеличение микроскопа (теория).

$l_{12}$ , см	$f_1$ , см	$f_2$ , см	$\Delta$ , см	$N_M$
34.0	8.0	10.7	15.3	<b>4.47</b> $\pm$ 0.42

### 3 Вывод.

- В результате проведения данной лабораторной работы была изучена модель зрительных труб (астрономической трубы Кеплера и земной трубы Галилея) и микроскопа, а также определено их увеличение.
- Значения увеличения, полученные разными способами, с учётом погрешности совпадают.
- Наибольшую погрешность в результат вносит неточность метода измерения расстояний между элементами приборов.