

# Лабораторная работа 5.2

## Моделирование оптических приборов и определение их увеличения.

Жарков Андрей 495

28 марта 2017 г.

### Теоретические сведения.

**Увеличение астрономической зрительной трубы.** Труба Кеплера состоит из двух собирающих линз расположенных на расстоянии  $f_1 + f_2$  друг от друга (см. рис). Как было выяснено, при наблюдении далёких предметов с помощью астрономической зрительной трубы (трубы Кеплера) глазом, аккомодированным на бесконечность, задний фокус объектива совпадает с передним фокусом окуляра. В этом случае труба является афокальной системой: параллельный пучок лучей, входящий в объектив, остаётся параллельным по выходе из окуляра. Такой ход лучей называют телескопическим.

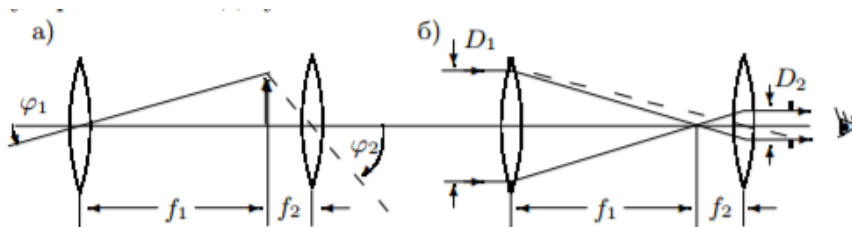


рис. Труба Кеплера.

Увеличение можно найти как

$$\gamma = \frac{tg\varphi_2}{tg\varphi_1} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{D_1}{D_2} \quad (1)$$

**Увеличение галилеевой зрительной трубы.** Если заменить положительный окуляр астрономической трубы отрицательным, получается галилеева (или земная) труба. При телескопическом ходе лучей в галилеевой трубе расстояние между объективом и окуляром равно разности (точнее — алгебраической сумме) их фокусных расстояний (рис. 5а), а изображение оправы объектива, даваемое окуляром, оказывается мнимым. Это изображение располагается между объективом и окуляром. Легко показать, что формула (1), полученная для астрономической трубы, справедлива и для земной трубы.

Достоинством галилеевой трубы является то, что она даёт прямое изображение. Поэтому зрительные трубы, бинокли и т.д. делаются по схеме Галилея.

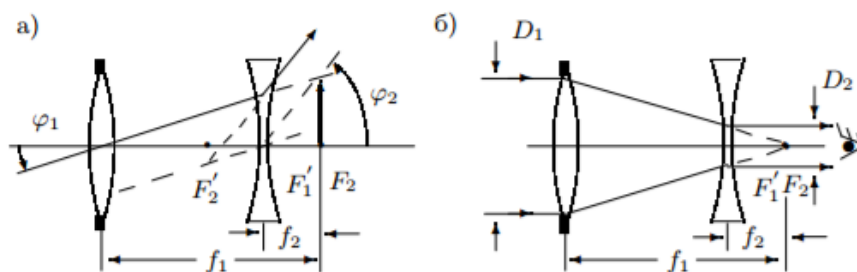


рис. Труба Галилея

**Увеличение микроскопа.** Увеличение микроскопа (см. рис) можно найти, как

$$\gamma = \frac{tg\varphi_2}{tg\varphi_1} = \frac{L(\Delta - f_1 - f_2)}{f_1 f_2} \quad (2)$$

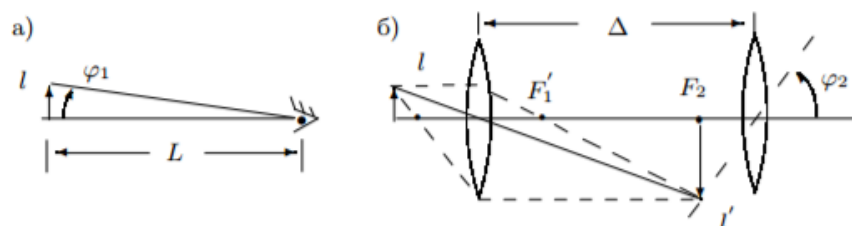


рис. Микроскоп

### Выполнение работы.

**Измерение фокусных расстояний линз.** Настроим зрительную трубу на бесконечность. Фокусные расстояния собирающей и рассеивающей линз можно определить следующим образом:

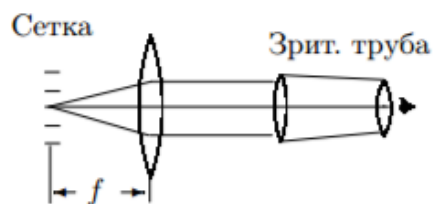


Рис. 7. Определение фокусного расстояния собирающей линзы

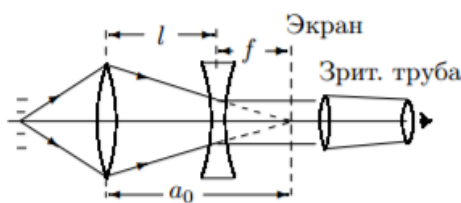


Рис. 8. Определение фокусного расстояния рассеивающей линзы

Результаты измерений в таблице ( $f_{\text{перев}}$  - измерения после переворачивания линзы другой стороной,  $f_{\text{инстр}}$  - по паспорту линзы)

| №                       | 1    | 2    | 3     | 4     |
|-------------------------|------|------|-------|-------|
| $f$ , см                | 20,0 | 14,9 | -13,2 | -24,1 |
| $f$ , см                | 10,3 | 14,8 | -12,9 | -24,2 |
| $f$ , см                | 10,1 | 15,1 | -13,0 | -24,0 |
| $f_{\text{перев}}$ , см | 10,1 | 15,0 | -12,9 | -24,3 |
| $f_{\text{инстр}}$ , см | 10,0 | 15,0 | -13,0 | -24,0 |

Как видим, линзы можно считать тонкими. Фокусные расстояния определены с точностью до 1мм.

### Труба Кеплера.

В качестве коллиматора возьмём линзу  $f = 15,0\text{см}$ . Найденное  $l_1 = 1,30 \pm 0,05\text{мм}$  - размер изображения одного деления шкалы осветителя.

Теперь соберём модель телескопа Кеплера ( $f_1 = 40,0\text{см}$ ,  $f_2 = 10,0\text{см}$ ):

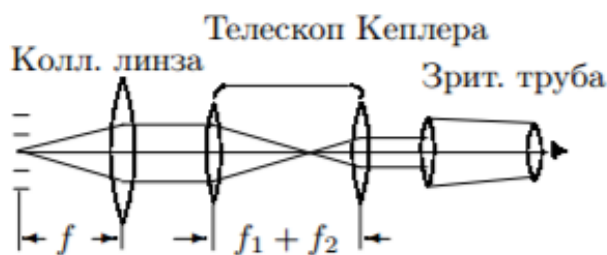


Рис. 9. Модель телескопа

Тогда, по формуле (1)  $\gamma = \frac{f_1}{f_2} = 4,00 \pm 0,04$

С другой стороны, измерив  $l_2 = 5,1 \pm 0,1\text{мм}$  - размер изображения одного деления шкалы осветителя после прохождения телескопа,  $\gamma = \frac{l_2}{l_1} = 3,92 \pm 0,15$

Через диаметры ( $D_1 = 3,2 \pm 0,1\text{см}$ ,  $D_2 = 0,9 \pm 0,1\text{см}$ ):  $\gamma = \frac{D_1}{D_2} = 3,6 \pm 0,4$

В пределах погрешности найденные значения совпадают.

### Труба Галилея.

В трубе  $f_1 = 40,0\text{см}$ ,  $f_2 = -13,0\text{см}$ .

По формуле (1)  $\gamma = \frac{f_1}{f_2} = 3,08 \pm 0,04$

С другой стороны, измерив  $l_2 = 4,0 \pm 0,1\text{мм}$  - размер изображения одного деления шкалы осветителя после прохождения трубы галилея,  $\gamma = \frac{l_2}{l_1} = 3,1 \pm 0,1$

В пределах погрешности найденные значения совпадают.

### Увеличение микроскопа.

Будем использовать линзы  $f_1 = 15,0\text{см}$ ,  $f_2 = 10,0\text{см}$ . Хочется получить  $\gamma = 5$ . Для этого, пользуясь (2) подберём значение  $\Delta$ . Получим,  $\Delta = 55,0\text{см}$ . Теперь соберём установку.



Рис. 10. Модель микроскопа

Измерим  $l_2 = 4,0 \pm 0,1\text{мм}$  - размер изображения одного деления шкалы осветителя после прохождения трубы галилея. Тогда, взяв  $L = 25\text{см}$  - расстояние наилучшего зрения, можно посчитать увеличение  $\gamma = \frac{l_2}{l_1} \frac{L}{f} = 5,1 \pm 0,2$ .

В пределах погрешности совпадает с  $\gamma = 5$  - вычисленное по (2).