

# Лабораторная работа 5.2. Моделирование оптических приборов и определение их увеличения

Сергей Миллер, 494

6 февраля 2017

**В работе используются:** оптическая скамья, набор линз, экран, осветитель со шкалой, зрительная труба, диафрагма, линейка

## 1 Схемы приборов

### Астрономическая трубка

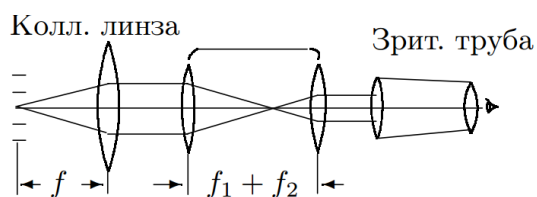


Рис. 1: Схема установки

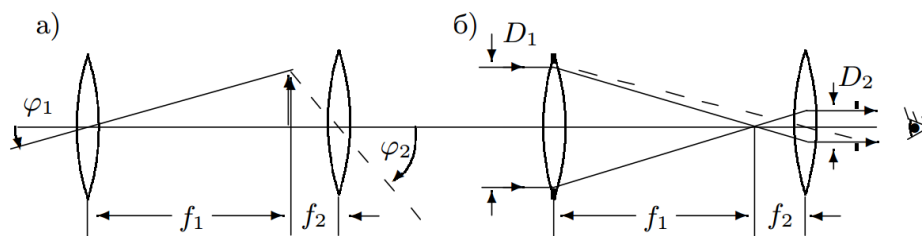


Рис. 2: Ход лучей в зрительной трубе Кеплера

**Определение 1.** Отношение углового размера изображения объекта, рассматриваемого наблюдателем через окуляр прибора, к угловому размеру

объекта, рассматриваемого невооружённым глазом, называется угловым увеличением оптического прибора.

*Замечание.* Для того чтобы исключить в теории произвол, связанный с неопределённостью расстояния  $d$  (расстояние от мнимого изображения до окуляра), полагают обычно, что глаз наблюдателя аккомодирован на бесконечность. При этом мнимое изображение должно располагаться в бесконечности, и, следовательно, промежуточное изображение должно совпадать с фокальной плоскостью окуляра.

**Определение 2.** Афокальной системой называют оптическую систему, для которой параллельный пучок лучей, входящий в объектив, остаётся параллельным по выходе из окуляра.

Увеличение зрительной трубы равно:

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

#### Галелеева зрительная труба

*Замечание.* Если заменить положительный окуляр астрономической трубы отрицательным, получается галлеева (или земная) труба. При телескопическом ходе лучей в галлеевой трубе расстояние между объективом и окуляром равно разности (точнее — алгебраической сумме) их фокусных расстояний, а изображение оправы объектива, даваемое окуляром, оказывается мнимым.

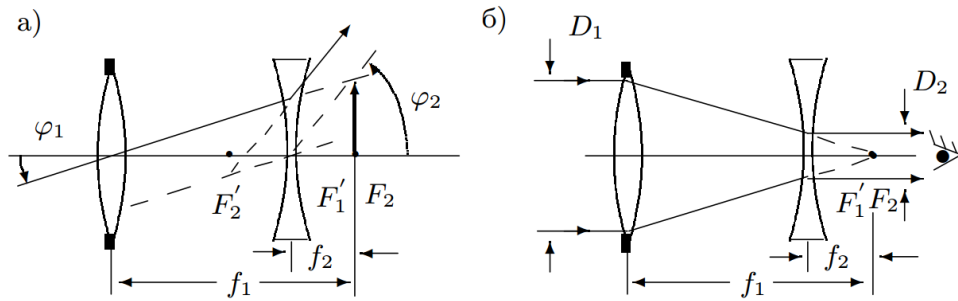


Рис. 3: Ход лучей в зрительной трубе Галилея

Увеличение зрительной трубы равно:

$$\gamma = \frac{\operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi_2} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{D_1}{D_2} \quad (2)$$

#### Микроскоп

Увеличение по определению равно:

$$\gamma = \frac{\operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi_2} \quad (3)$$

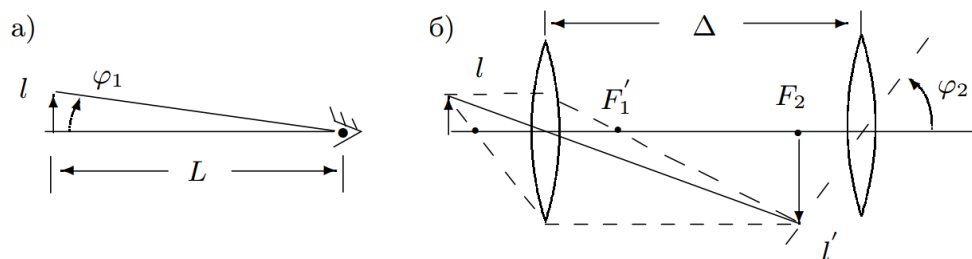


Рис. 4: Ход лучей в микроскопе. Вспомогательные изображения для вычисления увеличения.

Где тангенсы углов определяются как:

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{l'}{f_2} = \frac{\Delta - f_2 - f_1}{f_1 \cdot f_2} \quad (4)$$

где  $l'$  - размер промежуточного изображения,  $l$  — размер предмета,  $\Delta$  — длина тубуса (расстояние между линзами).

Откуда увеличение равно:

$$\gamma = \frac{L(\Delta - f_2 - f_1)}{f_1 \cdot f_2} \quad (5)$$

## 2 Ход работы

Расчёт фокусного расстояния линз:

Номер линзы:	1	2(рассеивающая)	3	4
Толщина линзы (h, мм):	15	19	14	13
Расстояние до линзы ( $f_1$ , мм):	111	220	234	227
Расстояние до перевёрнутой линзы ( $f_2$ , мм):	113	223	230	225
Итоговое фокусное расстояние(f, мм):	$119 \pm 8$	$231 \pm 11$	$239 \pm 9$	$232 \pm 7$

Формула для расчёта фокусного расстояния:

$$f = \frac{f_1 + f_2 + h}{2} \pm \frac{|f_1 - f_2| + h}{2} \quad (6)$$

**Трубка Кеплера**

| источник - линза №3 - линза №1 -линза №4 - экран |

Размер изображения

а) только с коллиматором -  $D_1 = 10 \pm 1 \text{ mm}$

б) в трубе Кеплера -  $D_2 = 18 \pm 2 \text{ mm}$

Увеличение по формуле для фокусов:  $\gamma_1 = \frac{f_1}{f_4} = 0.51 \pm 0.04$

Увеличение по формуле для размеров изображения:  $\gamma_2 = \frac{D_1}{D_2} = 0.55 \pm 0.8$

### Трубка Галилея

| источник - линза №1 - линза №2 - линза №3 - экран |

Размер изображения

а) только с коллиматором -  $D_1 = 56 \pm 5mm$

б) в трубе Кеплера -  $D_2 = 60 \pm 5mm$

Увеличение по формуле для фокусов:  $\gamma_1 = \frac{f_2}{f_3} = 0.97 \pm 0.06$

Увеличение по формуле для размеров изображения:  $\gamma_2 = \frac{D_1}{D_2} = 0.9 \pm 0.1$

### Микроскоп

| источник | -160мм- | линза №1 | -480мм- | линза №3 | -480мм- | экран

$L \sim 250$  - расстояние наилучшего зрения нормального глаза

$\Delta = 520 \pm 10mm$

Увеличение(по формуле):  $\gamma_1 = \frac{L(\Delta - f_3 - f_1)}{f_1 \cdot f_3} = 1.4 \pm 0.2$

Увеличение исходя из размеров образа изображения:  $\gamma_2 = \frac{l_2}{N} = \frac{28}{20} \approx 1.4 \pm 0.1$