**Лабораторная работа № 2**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЛЕСКОПА**

***Приборы и принадлежности***:

оптическая скамья, осветитель мишени, мишень с изображенной на нейо стрелкой, держатели для линз, белый экран, длиннофокусная собирающая линза (объектив), короткофокусная рассеивающая (уменьшительная) линза (окуляр), две короткофокусная собирающая линза (окуляр).

***Вводная информация.***

Телескопы (зрительные трубы) служат для наблюдения сильно удаленных объектов. Телескоп состоит из двух основных элементов: длиннофокусного объектива (в простейшем случае – собирающая линза), с помощью которого получают действительное перевернутое изображение предмета, и короткофокусного окуляра, дающего увеличенное мнимое изображение. В качестве окуляра используют рассеивающую (уменьшительную) линзу (система Галилея), либо коротко-фокусную собирающую линзу (система Кеплера).

Исторически первой была изобретена труба Галилея (Рисунок 1), с помощью которой он разглядел кольца Сатурна и кратеры Луны. Недостатком его схемы являлось суженное зрительное поле, обязанное применением в качестве окуляра уменьшительной линзы. Объект можно было наблюдать только в круге маленького диаметра. Для расширения поля зрения нужно было увеличивать диаметр объектива с искажением его сферической формы, что было технически невыполнимо. Зато труба Галилея позволяла видеть удаленные объекты в неперевернутом виде. Некоторое время труба Галилея использовалась в качестве раздвижной зрительной трубы на полях сражений.

**L**

**F**

**-f**

**Рисунок 1**. Схема трубы Галилея. F – фокусное расстояние объектива, -f – фокусное расстояние окуляра, L – Длина трубы.

Со временем схема Галилея была вытеснена схемой Кеплера (Рисунок 2).

**F**

**f**

**L**

**Рисунок 2.** Оптическая схема трубы (телескопа) Кеплера.

При наблюдении удаленного предмета окуляр телескопа в обоих случаях располагают таким образом, чтобы его передняя фокальная плоскость совпала с задней фокальной плоскостью объектива. Отсюда получаем, что длина трубы L по схеме Галилея составит F-f, по схеме Кеплера – F+f. Преимущество схемы Галилея перед схемой Кеплера – в уменьшение общей длины трубы на два фокусных расстояния окуляра и в получении прямого неперевернутого изображения наблюдаемого предмета. Существенным недостатком является уменьшение видимого диаметра объектива и-за уменьшительного эффекта рассеивающей линзы, в результате чего наблюдаемый объект виден в круге малого диаметра.

Первое преимущество незначительно, второе обходится применением дополнительных устройств. В результате в настоящее время применяется только схема Кеплера в различных модификациях: зрительная труба с прямым и перевернутым изображением, бинокль и перископ прямого изображения, телескоп-рефрактор и телескоп-рефлектор, у которого вместо стеклянного объектива применяется вогнутое зеркало (схема Ньютона).

В зрительной трубе прямого изображения (например, оптический прицел) эффект прямого изображения достигается путем установки между объективом и окуляром пары одинаковых линз, отнесенных друг от друга на двойное фокусное расстояние (коллиматор). Их назначение – обратное переворачивание изображения наблюдаемого предмета (Рисунок 3).

**F**

**f**

**L**

**K**

**Рисунок 3.** Получение прямого изображение по схеме Кеплера с использованием коллиматора (К).

В классических биноклях и перископах для получения прямого изображения применяют два плоских зеркала, в качестве которых используют посеребренные диагональные грани треугольных призм. В ходе двукратного преломления хода луча восстанавливается прямое изображение предмета. В бинокле при этом уменьшается расстояние между окуляром и объективом при сохранении оптической длины системы.

Одной из основных характеристик телескопа является его видимое увеличение G = F/f, определяемое как отношение фокусного расстояния объектива к фокусному расстоянию окуляра, независимо от того какая линза используется в качестве окуляра: собирающая ли рассеивающая (увеличительная или уменьшительная).

Для конструирования простейшего телескопа (трубы) нам достаточно знать фокусные расстояния линзы-объектива F и линзы-окуляра f. Например, если в качестве объектива взять линзу от очков +1 диоптрий (фокусное расстояние 1 м), а в качестве окуляра – увеличительное стекло часовых дел мастера (фокусное расстояние 5 см), то, закрепив их на тубусе из подручного материала, получим смотровую трубу по схеме Кеплера длиной 105 см с увеличением 100 см / 5 см = 20. Изображение будет перевернутым, но с такой трубой уже можно рассматривать луну. Труба теодолита с аналогичным увеличением имеет длину всего 15-20 см при лучшем качестве изображения за счет замены отдельных линз объектива и окуляра набором склеенных линз, снижающих сферическую аберрацию. Современные бинокли при меньших размерах могут иметь еще большее увеличение и более высокую светосилу за счет применения линз более сложной формы, чем сферические, и антибликовых покрытий.

**Измерения и обработка результатов**

Целью настоящей работы является изучение принципа действия линейных оптических систем Галилея и Кеплера, использующихся в оптических устройствах типа телескопа-рефрактора, подзорной трубы и теодолита, определение их увеличения и полной длины оптического устройства.

**Описание установки**

В качестве наблюдаемого предмета в настоящей работе используется плоская мишень, подсвечиваемая боковым светильником. Чтобы отличать прямое изображение от перевернутого, на мишени изображена стрелка. Для визуальной регистрации получаемого объективом наблюдаемого предмета используем белый плоский экран. Моделирование телескопа производится с помощью длиннофокусной линзы (объектива) и одной из двух короткофокусных линз (рассеивающей или собирающей), выполняющих роль окуляров по схеме Галилея и Кеплера, соответственно.

**1. Получение изображения мишени на экране.** Установите на оптической скамье мишень, линзу-объектив и белый экран согласно рисунку 4. Включите подсветку мишени. Передвигая линзу-объектив по оптической скамье, получите на экране изображение мишени. Отметьте фломастером положение объектива и экрана. Измерьте расстояние между ними. Занесите в соответствующую графу таблицы в рабочей тетради положение стрелки мишени.

**2**

**1**

**3**

**Рисунок 4.** Получение изображения стрелки-мишени на экране. 1.—мишень, 2 – объектив, 3 – экран.

Обратите внимание, что расстояние между объективом и экраном больше фокусного расстояния объектива. Объясните этот факт.

**2. Получение визуального изображения мишени по схеме Галилея.** Удалите экран. Установите на оптической скамье держатель с окуляром в виде рассеивающей линзы. Двигая окуляр в сторону объектива от места расположения экрана, смотря в окуляр, получите резкое изображение мишени. Отметьте на оптической скамье положение окуляра. Измерьте расстояние между объективом и окуляром. Зарисуйте в рабочей тетради изображение стрелки. Глядя одним глазом в окуляр, другим непосредственно на мишень, оцените увеличение телескопа, сравнивая оба изображения. Оцените степень уменьшения диаметра объектива рассеивающей линзой окуляра.

**1**

**2**

**3**

**Рисунок 5.** Схема получения визуального изображения мишени в трубе Галилея. 1 – мишень, 2 – объектив, 3 – окуляр.

**3**. **Получение визуального изображения мишени по схеме Кеплера.**

**1**

**2**

**3**

**4**

Рисунок 6. Схема получения визуального изображения мишени в трубе Кеплера. 1 – мишень, 2 – объектив, 3 – мнимое изображение стрелки мишени, 4 – окуляр.

Установите на оптической скамье держатель с окуляром в виде собирающей линзы. Двигая окуляр в сторону от объектива от места расположения экрана, смотря в окуляр, получите резкое изображение мишени. Отметьте на оптической скамье положение окуляра. Измерьте расстояние между объективом и окуляром. Зарисуйте в рабочей тетради изображение мишени. Глядя одним глазом в окуляр, другим непосредственно на мишень, оцените увеличение телескопа, сравнивая оба изображения. Оцените степень увеличения диаметра объектива собирающей линзой окуляра по сравнению с диаметром, видимым невооруженным глазом.

С помощью окуляра вы рассматриваете полученное объективом невидимое изображение удаленного предмета, как с помощью увеличительного стекла (лупы) рассматривают мелкие буквы текста.

Таблица

Таблицу доработаю позже

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | №  изм. |  |  | S |  |  | h | h' | |Гэ| | |Гт| |
| см | см | см | см | см | дел. окул. | |
| Система  Кеплера | Окул.  № 2 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |
| 3 |  |  |
| Система  Галилея | Окул.  № 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |
| 3 |  |  |

**Контрольные вопросы**

1. Дайте определение видимого увеличения телескопа.

2. Опишите устройство телескопа и принцип его действия.

3. Постройте ход лучей в телескопах Кеплера и Галилея.

4. Опишите преимущества и недостатки схем Галилея и Кеплера.

5. Объясните назначение коллиматора в схеме Кеплера..

**Литература**

Савельев И. В. Курс общей физики. М., Наука, 1971, т. 3.