

Практическая работа № 1

Анализ строения и принципа действия различных видов телескопа.

Определение характеристик телескопа

Цель работы: рассмотреть строение и принцип действия телескопов различных видов, научиться вычислять характеристики телескопа.

Средства обучения: методические рекомендации по выполнению практических работ, калькулятор.

Место проведения: учебная аудитория.

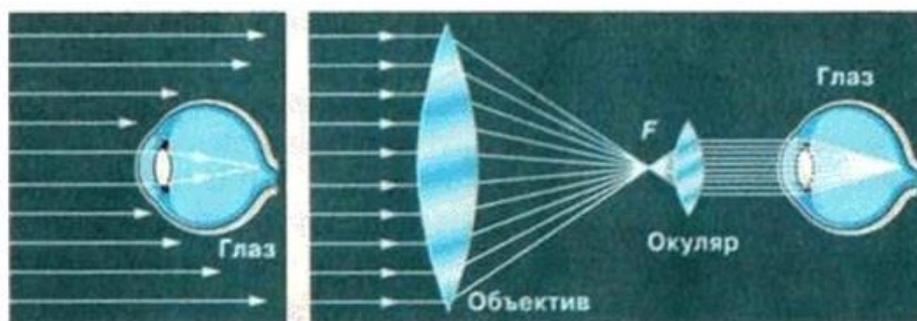
Виды самостоятельной работы:

Решение тренировочных заданий.

Краткая теоретическая справка

Телескоп – *оптический прибор, увеличивает угол зрения, под которым видны небесные тела (разрешающая способность), и собирает во много раз больше света, чем глаз наблюдателя (проницающая сила).*

Телескоп применяют, во-первых, для того, чтобы собрать как можно больше света, идущего от исследуемого объекта, а во-вторых, чтобы обеспечить возможность изучать его мелкие детали, недоступные невооруженному глазу. Чем более слабые объекты дает возможность увидеть телескоп, тем больше его *проницающая сила*. Возможность различать мелкие детали характеризует *разрешающую способность* телескопа. Обе эти характеристики телескопа зависят от диаметра его объектива.



Собирание света объективом телескопа

Принцип работы телескопа

Параллельные лучи света (например, от звезды) падают на объектив. Объектив строит изображение в фокальной плоскости. Лучи света, параллельные главной оптической оси, собираются в фокусе F , лежащем на этой оси. Другие пучки света собираются вблизи фокуса – выше или ниже. Это изображение с помощью окуляра рассматривает наблюдатель.

Диаметры входного и выходного пучков сильно различаются (входной имеет диаметр объектива, а выходной – диаметр изображения объектива, построенного окуляром). В правильно настроенном телескопе весь свет, собранный объективом, попадает в зрачок наблюдателя. При этом выигрыш пропорционален квадрату отношения диаметров объектива и зрачка.

Основные характеристики телескопов.

1) Апертура телескопа (D) – это диаметр главного зеркала телескопа или его собирающей линзы.

Чем больше апертура, тем больше света соберёт объектив и тем более слабые объекты вы увидите.

2) Фокусное расстояние телескопа – это расстояние, на котором зеркало или линза объектива строит изображение бесконечно удаленного объекта.

Обычно имеется ввиду фокусное расстояние объектива (F), поскольку окуляры сменные, и у каждого из них фокусное расстояние своё.

От фокусного расстояния зависит не только увеличение, но и качество изображения. Чем больше **фокусное расстояние**, тем качественнее изображение.

3) Увеличение (или кратность) телескопа (W) показывает, во сколько раз телескоп может увеличить объект или угол, под которым наблюдатель видит объект. Оно равно отношению фокусных расстояний объектива F и окуляра f.

$$W = \frac{F}{f}$$

Телескоп увеличивает видимые угловые размеры Солнца, Луны, планет и деталей на них, но звезды из-за их колоссальной удаленности все равно видны в телескоп, как светящиеся точки.

F вы изменить чаще всего не можете, но имея окуляры с разным f, вы сможете менять **кратность или увеличение телескопа** Г. Имея сменные окуляры, можно с одним и тем же объективом получать различное увеличение. Поэтому **возможности телескопа в астрономии принято характеризовать не увеличением, а диаметром его объектива.**

4) Разрешающая способность – минимальный угол между двумя звездами, видимыми отдельно. Проще говоря, под разрешающей способностью можно понимать «чёткость» изображения.

Разрешающая способность можно вычислить по формуле:

$$\delta = \frac{140''}{D}$$

где δ – угловое разрешение в секундах, D – диаметр объектива в миллиметрах.

Расстояние между объектами на небе в астрономии измеряются **углом**, который образовывается лучами, проведенными из точки, в которой находится наблюдатель к объектам. Это расстояние называют **угловым**, и выражают в градусах и долях градуса.

Ограничение на предельное увеличение накладывает явление дифракции – огибание световыми волнами краев объектива. Из-за дифракции вместо изображения точки получаются кольца. Угловой размер центрального пятна (**теоретическое угловое разрешение**):

$$\delta = \frac{\lambda}{D}$$

где δ – угловое разрешение в секундах, λ – длина волны излучения, D – диаметр объектива в миллиметрах.

Чем меньше размер изображения светящейся точки (звезды), которое дает объектив телескопа, тем лучше его разрешающая способность. Если расстояние между изображениями двух звезд меньше размера самого изображения, то они сливаются в одно. Минимальный размер изображения звезды (в секундах дуги) можно рассчитать по формуле:

$$\alpha = \frac{206265 \cdot \lambda}{D} \cdot 2,44$$

где λ – длина световой волны, а D – диаметр объектива.

Пути повышения разрешающей способности телескопа:

- 1) увеличение диаметра телескопа
- 2) уменьшение длины волны изучаемого излучения

5) Проницающая сила телескопа характеризуется предельной звездной величиной m самой слабой звезды, которую можно увидеть в данный инструмент при наилучших условиях наблюдений. Для таких условий проницающую силу можно определить по формуле:

$$m = 2,1 + 5 \lg D$$

где D – диаметр объектива в миллиметрах, m – предельная звездная величина.

6) Относительное отверстие – отношение диаметра D к фокусному расстоянию F :

$$A = \frac{D}{F}$$

7) Часто вместо относительного отверстия используется понятие **светосилы**, равной $(D/F)^2$. **Светосила** характеризует освещенность, создаваемую объективом в фокальной плоскости.

8) **Относительным фокусным расстоянием телескопа** (обозначается перевернутой буквой A) называется величина, обратная относительному отверстию:

$$\forall = \frac{F}{D} = \frac{1}{A} = A^{-1}$$

Виды телескопов:

1. Оптические телескопы

1.1. Рефрактор.

1.2. Рефлектор.

1.3. Зеркально – линзовый.

2. Радиотелескопы

Если в качестве объектива телескопа используется линза, то он называется *рефрактор* (от латинского слова refracto – преломляю), а если вогнутое зеркало, – то *рефлектор* (reflecto – отражаю). В зеркально-линзовых телескопах используется комбинация зеркала и линз.

Телескоп – рефрактор использует преломление света. Лучи, которые идут от небесных светил собираются линзой или системой линз.

Главная часть простейшего **рефрактора** – **объектив** – двояковыпуклая линза, установленная в передней части телескопа. Объектив собирает излучение. Чем больше размеры объектива D , тем больше собирает излучения телескоп, тем более слабые источники могут быть обнаружены им. Чтобы избежать хроматической аберрации, линзовые объективы делают составными. Однако в случаях, когда требуется свести к минимуму рассеяние в системе, приходится использовать и одиночную линзу. *Расстояние от объектива до главного фокуса называется главным фокусным расстоянием F .*

Телескоп – рефлектор использует отражение света. В них используют вогнутое зеркало, способное фокусировать отраженные лучи.

Основным элементом **рефлектора** является зеркало – отражающая поверхность сферической, параболической или гиперболической формы. Обычно оно делается из стеклянной или кварцевой заготовки круглой формы и затем покрывается отражающим покрытием (тонкий слой серебра или алюминия). Точность изготовления поверхности зеркала, т.е. максимально допустимые

отклонения от заданной формы, зависит от длины волны света, на которой будет работать зеркало. Точность должна быть лучше, чем $\lambda/8$.

*Обращенная к глазу наблюдателя оптическая система называется **окуляр***. В простейшем случае окуляр может состоять только из одной положительной линзы (в этом случае мы получим сильно искаженное хроматической аберрацией изображение).

Помимо рефракторов и рефлекторов в настоящее время используются различные типы **зеркально-линзовых телескопов**.

В нынешних обсерваториях мы можем увидеть крупные оптические телескопы. Крупнейший в России телескоп-рефлектор, который имеет зеркало диаметром 6 м. Он называется «Большой телескоп азимутальный» (сокращённо БТА).

Телескопы бывают самыми разными – оптические (общего астрофизического назначения, коронографы, телескопы для наблюдения ИСЗ), радиотелескопы, инфракрасные, нейтринные, рентгеновские. При всем своем многообразии, все телескопы, принимающие электромагнитное излучение, решают **две основных задачи**:

- *создать максимально резкое изображение и, при визуальных наблюдениях, увеличить угловые расстояния между объектами (звездами, галактиками и т. п.);*
- *собрать как можно больше энергии излучения, увеличить освещенность изображения объектов.*

Современные телескопы часто используются для того, чтобы сфотографировать изображение, которое дает объектив. Телескопы, приспособленные для фотографирования небесных объектов, называются **астрографами**.

С помощью телескопов производятся не толь визуальные и фотографические наблюдения, но преимущественно высокочастотные фотоэлектрические и спектральные наблюдения. Сведения о температуре, химическом составе, магнитных полях небесных тел, а также об их движении получают из спектральных наблюдений. Кроме света, небесные тела излучают электромагнитные волны большей длины волны, чем свет (инфракрасное излучение, радиоволны), или меньшей (УФ, рентгеновское излучение и гамма лучи).

В настоящее время излучение от космических объектов регистрируется во всем диапазоне электромагнитного спектра от длинноволнового радиоизлучения до гамма-излучения. Для этой цели используются различные приборы, каждый из которых способен

принимать излучение в определенном диапазоне электромагнитных волн: инфракрасное, ультрафиолетовое, рентгеновское, гамма- и радиоизлучение.

Радиоизлучение из космоса достигает поверхности Земли без значительного поглощения. Для его приема построены самые крупные астрономические инструменты – радиотелескопы.

Их металлические зеркала-антенны, которые достигают в диаметре нескольких десятков метров, отражают радиоволны и собирают их подобно оптическому телескопу-рефлектору. Для регистрации радиоизлучения используются особые чувствительные радиоприемники. Любой **радиотелескоп** по принципу своего действия похож на оптический: он собирает излучение и фокусирует его на детекторе, настроенном на выбранную длину волны, а затем преобразует этот сигнал, показывая условно раскрашенное изображение неба или объекта.

Так, радиоволны принесли информацию о наличии крупных молекул в холодных молекулярных облаках, об активных галактиках, о строении ядер галактик, в том числе и нашей Галактики, тогда как оптическое излучение от центра Галактики полностью задерживается космической пылью.

Современные инфракрасные, рентгеновские и гамма обсерватории вынесены за пределы земной атмосферы.

Приборы для исследования остальных видов излучения обычно тоже называют телескопами, хотя по своему устройству они порой значительно отличаются от оптических телескопов. Как правило, они устанавливаются на искусственных спутниках, орбитальных станциях и других космических аппаратах, поскольку сквозь земную атмосферу эти излучения практически не проникают. Она их рассеивает и поглощает.

Задания для аудиторной работы

1. Изучите материал краткой теоретической справки и заполните таблицу:

Характеристики телескопов

Параметр	Определение	Формула
Назначение		
Апертура		
Фокусное расстояние		
Увеличение (кратность)		
Разрешающая способность		

Проницающая сила		
Относительное отверстие		
Светосила		
Относительное фокусное расстояние		

2. Рассчитать проницающую силу телескопов с диаметром объектива 60 мм.

3. Какова была разрешающая и проницающая сила телескопа с объективом в 75 см, находившегося в Пулковской обсерватории до ее разрушения фашистами?

4. Найти увеличение и диаметр поля зрения двух телескопов, одного с объективом диаметром 30 см и светосилой 1:5, а другого с диаметром 91 см и светосилой 1:19, при окулярах с фокусным расстоянием 40 мм и 10 мм.

Задания для самостоятельной работы

Часть А

1. Составьте схему, отображающую классификацию телескопов и их применение.

2. Заполните таблицу:

Эволюция телескопов

Год изготовления	Пример телескопа	Диаметр, угловое разрешение	Приемник излучения
<i>1610</i>			
<i>1800</i>			
<i>1920</i>			
<i>1960</i>			
<i>1980</i>			
<i>2000</i>			
<i>2016</i>			

Вариант 1

Часть В

1. Рассчитать проницающую силу телескопов с диаметром объектива 100 мм.

Часть С

2. Если окуляр при фокусном расстоянии объектива в 160 см дает увеличение в 200 раз, то какое увеличение он даст при фокусном расстоянии объектива в 12 м?

3. Какое минимальное угловое расстояние между компонентами двойной звезды может быть разрешено в телескопы с объективами диаметром 20 см и 1 м?

Вариант 2

Часть В

1. Рассчитать проникающую силу телескопов с диаметром объектива 200 мм.

Часть С

2. Определить относительное отверстие, разрешение, проникающую способность, наибольшее, наименьшее и разрешающее увеличение двух телескопов, одного с объективом диаметром 37,5 см и фокусным расстоянием 6 м, а другого с объективом диаметром 1 м и фокусным расстоянием 8 м.

3. Определить минимальное угловое расстояние между компонентами двойных звезд, доступных наблюдениям в школьные телескопы с объективами диаметром 70 мм и 8 см.

Контрольные вопросы:

1. Назовите типы телескопов
2. Основные характеристики телескопов.