



# АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИБОРЫ

Авторы: А. М. Черепашук

---

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИБОРЫ, аппаратура для выполнения астрономич. наблюдений и их обработки. Осн. инструмент для астрономич. наблюдений – [телескоп](#). Он выделяет направление на исследуемый объект и строит его изображение. В зависимости от используемого объектива, телескопы делятся на линзовые ([рефракторы](#)), зеркальные ([рефлекторы](#)) и [зеркально-линзовые телескопы](#).

Осн. характеристики телескопа – это разрешающая способность, собирающая площадь и поле зрения. Теоретич. разрешающая способность телескопа (способность разрешать мелкие детали изображения) обусловлена волновой природой света и определяется отношением длины волны электромагнитного излучения к диаметру объектива. Для крупнейших оптич. телескопов, напр. для 6-метрового телескопа РАН на Сев. Кавказе, теоретич. разрешающая способность составляет сотые доли угловой секунды. Однако из-за искажающего влияния атмосферной турбулентности такая разрешающая способность, как правило, не достигается, и изображение звезды в крупный телескоп, полученное обычным методом с большой экспозицией, имеет ложный диск диаметром порядка угловой секунды и более.

Совр. крупные телескопы – это рефлекторы с гл. зеркалом диаметром 8–10 м. Гл. зеркало сравнительно тонкое (толщиной всего ок. 20 см) и изготавливается из кристаллич. стекла (ситалла) с очень малым коэф. теплового расширения. Зеркало помещается в оправу, содержащую неск. сотен разгрузочных активных опор. Спец. компьютерные системы, используя одну из звёзд поля зрения как стандартную, в реальном времени изменяют фигуру гл. зеркала, что позволяет частично компенсировать атмосферные искажения принимаемого волнового фронта и добиваться разрешающей способности в десятые доли угловой секунды. Это т. н.

активная оптика телескопа. В последние годы всё большее распространение получают адаптивные системы построения изображения в телескопе, которые позволяют почти полностью компенсировать атмосферные помехи и достигать (по крайней мере, в ближнем инфракрасном диапазоне) теоретич. разрешающей способности крупного телескопа. Особенно важно и даже необходимо применение адаптивных систем в планируемых гигантских наземных оптич. телескопах с эффективным диаметром гл. зеркала в 30 м и даже 100 м. Такие зеркала будут уже не сплошными, а составными, состоящими из сотен сравнительно небольших зеркал, свет от которых собирается в общем фокусе с помощью лазерных систем контроля и компьютерных систем слежения. Составные гл. зеркала используются в уже работающих 10-метровых телескопах обсерватории им. У. М. Кека (США). Если снимать изображение объекта с очень короткой экспозицией на крупном телескопе и затем применять спец. методы обработки изображения, то можно для ярких объектов также достичь теоретич. разрешающей способности порядка сотой доли угловой секунды (метод спекл-интерферометрии).

Собирающая площадь совр. крупных телескопов в миллионы раз больше площади зрачка человеческого глаза, а совр. приборы зарядовой связи (ПЗС-приёмники) регистрируют до 90% падающего излучения. Поэтому крупным телескопам доступны для исследования звёзды до 26–28-й звёздной величины, что в сотни миллионов и миллиарды раз слабее звёзд, доступных наблюдению невооружённым глазом.

Поле зрения крупного телескопа обычно составляет десятки угловых минут. Применение спец. линзовых корректоров, устанавливаемых вблизи фокальной плоскости объектива, позволяет увеличить поле зрения до 1–2°. Ограничивается поле зрения телескопа разл. внеосевыми аберрациями – комой, астигматизмом, кривизной поля. Совр. крупные телескопы чаще всего устанавливаются на азимутальной вилочной монтировке, а компенсация суточного движения небесной сферы и вращения поля зрения телескопа осуществляются спец. автоматизированными компьютерными системами.

Для солнечных исследований применяются горизонтальные или вертикальные [солнечные телескопы](#), которые располагаются неподвижно, а компенсация суточного

движения Солнца осуществляется с помощью спец. подвижной системы зеркал – целостата. Для устранения искажающего действия турбулентных потоков воздуха в трубе телескопа используются вакуумные солнечные телескопы, у которых в трубе создаётся значит. разрежение воздуха.

В радиоастрономич. исследованиях применяются радиотелескопы с антеннами диаметром в десятки и сотни метров, а также интерферометры, состоящие из десятков и сотен 10–20-метровых антенн, синхронно наводящихся на исследуемый объект (см. Апертурный синтез). У некоторых радиотелескопов, напр. у 300-метрового радиотелескопа в Аресибо (Пуэрто-Рико) и у 600-метрового радиотелескопа РАТАН-600 (Сев. Кавказ), для наведения на объекты используется суточное вращение Земли. Широко применяется в радиоастрономии метод межконтинентальной радиоинтерферометрии, когда изображение одного и того же объекта записывается на разных радиотелескопах, разнесённых на расстояния порядка диаметра земного шара (ок. 12 тыс. км). Затем эти изображения анализируются в одном центре (корреляторе) с использованием систем синхронизации на базе атомных стандартов частоты. Таким методом достигается угловое разрешение вплоть до  $10^{-4}$  угловой секунды.

С поверхности Земли удаётся наблюдать также инфракрасное излучение небесных тел (в т. н. окнах прозрачности земной атмосферы) и жёсткое гамма-излучение с использованием явления широких атмосферных ливней, при которых приход гамма-кванта высокой энергии в земную атмосферу порождает каскадное рождение и распространение элементарных частиц.

Поскольку земная атмосфера прозрачна лишь в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне длин волн, для астрономич. исследований в ультрафиолетовом, рентгеновском и гамма-диапазоне используют внеатмосферные телескопы, установленные на космич. аппаратах. Космические телескопы работают также в видимом и инфракрасном диапазонах, поскольку устраняется искажающее действие земной атмосферы. С 1990 на орбите вокруг Земли работает космич. телескоп им. Э. Хаббла с диаметром зеркала 2,4 м. С помощью этого телескопа получены многочисл. высококачественные снимки галактик, звёзд, областей звездообразования

и т. п. С помощью телескопа, установленного на астрометрич. спутнике «Гиппаркос», измерены координаты, параллаксы и собственные движения сотни тысяч звёзд с погрешностью 0,002 угловой секунды.

Рентгеновские и гамма-наблюдения небесных тел позволяют изучать процессы в космич. пространстве, связанные с гигантским выделением энергии, – аккрецию вещества в двойных системах на нейтронные звёзды и чёрные дыры, взаимодействие космич. лучей с газом Галактики, космич. гамма-всплески и т. п. Для рентгеновских и гамма-наблюдений применяют спец. телескопы, в которых изображение объекта строится либо с помощью системы «кодированная маска плюс координатно-чувствительный детектор» (в жёстком гамма-диапазоне), либо зеркал косоугольного падения (в мягком рентгеновском диапазоне). Кроме того, для измерения потока в рентгеновских лучах пользуются газовыми пропорциональными счётчиками.

Применение столь специфичной аппаратуры связано с тем, что рентгеновские и гамма-лучи не преломляются и не отражаются в обычных условиях. Для получения спектров рентгеновского и гамма-излучения используется явление дифракции излучения на атомах в узлах кристаллич. решёток некоторых кристаллов.

Нейтринные телескопы и детекторы расположены глубоко под землёй для устранения влияния фонового излучения космич. частиц. В качестве рабочих тел используются вещества с относительно большой вероятностью захвата нейтрино (хлор, галлий и др.). В результате взаимодействия этих веществ с нейтрино образуются радиоактивные изотопы атомов, которые в дальнейшем можно зарегистрировать физико-химич. методами. Применяются также нейтринные телескопы, работа которых основана на регистрации черенковского излучения, возникающего при рассеянии нейтрино на электронах. Поскольку вероятность взаимодействия нейтрино с веществом чрезвычайно мала (нейтрино свободно выходят даже из центра Солнца), для регистрации космич. нейтрино используют большие массы (десятки и сотни тонн) рабочего вещества и длительные времена накопления (неск. месяцев).

В нач. 21 в. введён в строй гравитационно-волновой телескоп LIGO (США). Из-за чрезвычайной слабости гравитационного взаимодействия создание телескопа для приёма гравитационных волн представляет собой сложную и дорогостоящую задачу.

Помимо телескопов, в астрономии широко применяются разл. [приёмники излучения](#), устанавливаемые в фокусе телескопа. В видимом и ультрафиолетовом диапазонах – это фотоумножители и ПЗС-матрицы. В инфракрасном диапазоне – охлаждаемые ПЗС-матрицы на базе антимонида индия, а также болометры, глубоко охлаждаемые жидким гелием.

В радиодиапазоне в качестве высокочувствительных приёмных устройств применяют разл. [радиометры](#), для радиоспектроскопии – спец. многоканальные приёмники излучения в разл. радиолиниях и непрерывном спектре. Для исследования линейной и круговой поляризации радиоволн используют [радиополяриметры](#).

Для спектроскопии небесных тел в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах спектра широко применяются разл. [астроспектрографы](#). Измерения блеска небесных светил проводятся с помощью электрофотометров (см. [Астрофотометр](#)), одноканальных и многоканальных, на базе неск. фотоумножителей или с использованием ПЗС-матрицы. Поляризация излучения небесных тел изучается с помощью спец. приборов – [поляриметров](#), в т. ч. спектрополяриметров, позволяющих исследовать распределение степени поляризации излучения по спектру объекта.

Для измерения магнитных полей небесных тел служат солнечные и звёздные [магнитографы](#), с помощью которых изучается распределение степени поляризации по профилю линии с большим фактором Ланде, уширенному за счёт действия эффекта Зеемана.

## Литература

Лит.: Современные телескопы / Под ред. Дж. Бербиджа, А. Хьюит. М., 1984; Эклз М., Сим Э., Триттон К. Детекторы слабого излучения в астрономии. М., 1986; Попов Г. М. Современная астрономическая оптика. М., 1988; Уокер Г. Астрономические наблюдения. М., 1990.