

Содержание

Введение

I. Основные задачи и инструменты практической астрономии

1. Задачи практической астрономии

2. Угломерные инструменты

- *Секстант*
- *Пассажный инструмент*
- *Специальные инструменты*

3. Астрономические часы и хронометры

- *Маятниковые часы*
- *Хронометры*
- *Кварцевые часы*
- *Атомные часы*

II. Электромагнитное излучение, исследуемое в астрофизике

III. Астрофизические инструменты и основные методы наблюдения

1. Оптические телескопы

2. Радиотелескопы

3. Астрофотография

4. Фотоэлектрические приемники излучения

5. Спектральные приборы

Литература

Введение

Из всех картин природы самая величественная – картина звездного неба. Мы часто любуемся ею в ясные безлунные ночи, она будит наше воображение. Мы можем облететь или объехать весь земной шар, звездное же небо – это необозримое, бесконечное пространство. Каждая звездочка, даже еле заметно мерцающая в темном небе, представляет собой огромное светило, часто более горячее и более яркое, чем Солнце. Но все звезды находятся от нас несравненно дальше Солнца и поэтому кажутся слабо светящимися точками.

Давно человек подметил на небе группы звезд, ориентируясь по которым можно найти верное направление на суше и на море. Эти знания нужны были людям при всяком передвижении их по Земле. По мере развития человеческого общества ориентировка на суше и на море по небесным светилам приобрела все большее значение. Наблюдая за небесными явлениями, люди постепенно накапливали все больше знаний о них. Они заметили на небе несколько особенно ярких светил, которые то передвигаются среди созвездий вперед и назад, то неподвижно стоят на месте. Эти блуждающие светила назвали планетами, в отличие от обычных звезд.

Шли века. Все точнее становились наблюдения над небесными явлениями. Задолго до нашей эры астрономы составляли так называемые звездные каталоги – списки наиболее ярких звезд с указанием их положения на небе. Астрономические знания, накопленные в Египте и Вавилоне особенно в VI–V вв. до н. э. заимствовали древние греки. В VI в. до н. э. греческий философ Гераклит высказал мысль, что Вселенная всегда была, есть и будет, что в ней нет ничего неизменного – все движется, изменяется, развивается. В конце VI в. до н. э. Пифагор впервые высказал предположение, что Земля имеет форму шара. Позднее, в IV в. до н. э. Аристотель при помощи остроумных соображений доказал шарообразность Земли. В то же время Аристотель считал Землю центром Вселенной, вокруг которой обращаются все небесные тела. Живший в III в. до н. э. Аристарх Самосский полагал, что Земля обращается вокруг Солнца. Расстояние от Земли до Солнца он определил в 600 диаметров Земли (в 20 раз меньше действительного). Эти гениальные мысли Аристарха, через много веков подтвержденные открытием Коперника, не были поняты современниками. Аристарха обвинили в безбожии и осудили на изгнание, а его правильные догадки были забыты.

В конце IV в. до н. э. после походов и завоеваний Александра Македонского греческая культура проникла во все страны Ближнего Востока. Возникший в Египте город Александрия стал крупнейшим культурным центром.

В Александрийской академии, объединившей ученых того времени, в течение нескольких веков велись астрономические наблюдения уже при помощи угломерных инструментов. В III в. до н. э. александрийский ученый Эратосфен впервые определил размеры земного шара.

Во II в. до н. э. великий александрийский астроном Гиппарх, используя уже накопленные наблюдения, составил каталог более, чем 1000 звезд с довольно точным определением их положения на небе. Гиппарх разделил звезды на группы и к каждой из них отнес звезды примерно одинакового блеска. Звезды с наибольшим блеском он назвал звездами первой величины, звезды с несколько меньшим блеском – звездами второй величины и т.д. Гиппарх правильно определил размеры Луны и ее расстояние от Земли. Он вывел продолжительность года с очень малой ошибкой – только на 6 минут. Позднее, в I в. до н. э., александрийские астрономы участвовали в реформе календаря, предпринятой Юлием Цезарем. Этой реформой был введен календарь, действовавший в Западной Европе до XVI – XVII вв., а в нашей стране – до 1917 года.

Во II в. до н. э. александрийский астроном Птолемей выдвинул свою систему мира, позднее названной геоцентрической: неподвижная Земля в ней была расположена в центре Вселенной.

В средние века наибольшего развития астрономия достигла в странах Средней Азии и в Азербайджане. Среднеазиатские ученые Бируни, Омар Хайям, азербайджанский астроном Насирэддин Туси были самыми крупными астрономами средневековья. Правитель Самарканда Улугбек, будучи просвещенным государственным деятелем и крупным астрономом, привлекая в Самарканд ученых, выстроил для них грандиозную обсерваторию. Таких крупных обсерваторий не было нигде ни до Улугбека, ни долгое время после него. Самым замечательным из трудов самаркандских астрономов были "Звездные таблицы" – каталог, содержащий точные положения на небе 1018 звезд. Он долго оставался самым полным и самым точным: европейские астрономы переиздавали его еще спустя два века. Не меньшей точностью отличались и таблицы движений планет.

В начале XVI в. польский астроном Николай Коперник после тридцати лет упорного труда, долгих размышлений и сложных математических расчетов показал, что Земля – только одна из планет, а все планеты обращаются вокруг Солнца. В 70-х годах XVI в. английский ученый Т. Диггес высказал мнение, что Вселенная бесконечна, а звезды находятся не на одинаковом расстоянии от Солнца, а рассеяны повсюду в бесконечной Вселенной. Особенно смело развил и углубил эту идею в последней четверти XVI в. итальянский мыслитель Джордано Бруно. Его соотечественник Галилео Галилей с помощью сконструированного им телескопа сделал выдающиеся астрономические открытия, положившие начало новой эры в астрономии. Одновременно с Галилеем выдающиеся открытия в области строения солнечной системы и движения тел в ней сделал австрийский ученый Иоганн Кеплер. Всемирно известный английский ученый Исаак Ньютон обогатил своими открытиями и математику, и физику, и астрономию.

В России астрономия бурно начала развиваться с конца XVII века, когда Петр I открыл в Москве в Сухаревой башне школу, где обучали этой науке. Позже в Петербурге открылась обсерватория при Академии наук. Составление карт страны требовало точного определения положения городов на Земле, а это можно сделать только по звездам. Для изучения расположения звезд на небе и исследований строения звездного мира в 1839 г. под Петербургом на Пулковских холмах была построена крупнейшая обсерватория, которую называли астрономической столицей мира. Сюда приезжали учиться точным наблюдениям астрономы из Западной Европы и Америки.

Российский ученый В. Я. Струве именно в это время впервые измерил расстояние до одной из ближайших звезд. Оно оказалось таким громадным, что луч света, проходящий за 1 секунду 300 тыс. км, доходит до нас от этой звезды более, чем за 4 года!

В конце XIX и начале XX в. астрономические обсерватории в России были при восьми университетах. Параллельно с ростом технических возможностей развивалась и конструкторская мысль. Наиболее значительным было изобретение Д. Д. Максудовым менискового телескопа. Менисковые телескопы значительных размеров установлены в ряде отечественных и зарубежных обсерваториях.

Очень много интересных астрономических открытий было сделано в нашей стране после завоевания космического пространства. Чего стоят только облетевшие весь мир сенсационные фотографии обратной стороны Луны, поверхности Венеры, кометы Галлея!

В девяностые годы, в связи с экономическими трудностями, переживаемыми нашей страной астрономические исследования сократились. Но в последнее время научная работа в России вновь начала "набирать обороты". Одно из последних приятных сообщений: весной 1998 г. возобновила свою работу костромская обсерватория.

I. Основные задачи и инструменты практической астрономии

1. Задачи практической астрономии

В практической астрономии рассматриваются методы наблюдений и соответствующие инструменты, используемые при решении задач, выдвигаемых производственной жизнью общества. Наиболее важные из них следующие:

- определение времени;
- определение географических координат (широты ? и долготы ?);

- определение азимутов земных предметов.

Трудно найти такую область человеческой деятельности, где знание времени не имело бы существенного значения. Передача сигналов точного времени осуществляется научными лабораториями, носящих название "служб времени". Для этой цели каждая служба времени имеет точные (прецизионные) астрономические часы, которые в момент передач показывают точное время соответствующего часового пояса.

Знание точного времени необходимо и при определении географических координат пунктов на поверхности Земли, и прежде всего при определении географической долготы. Определение же географических координат и азимутов земных предметов необходимо для изучения размеров и формы Земли методом триангуляции. В этой области практическая астрономия тесно связана с такими науками, как геодезия и гравиметрия и имеет большое значение для народного хозяйства. Координаты пунктов триангуляции служат опорными при топографических съемках различных масштабов, на основе которых составляются карты и планы местности, совершенно необходимые для правильного научного развития производительных сил и экономики.

Изменения географических широт, обнаруженные в конце XIX в., требуют систематического их изучения и учета. Поэтому специальные научные станции службы широты регулярно определяют географическую широту мест своего расположения.

Наконец, астрономические методы ориентировки (определение географических координат и азимутов направлений), несмотря на развитие других методов и наличие различных приборов, используемых для этой цели, до сих пор являются наиболее надежными методами при далеких плаваниях морских кораблей и дальних воздушных перелетах. Особое значение астрономические способы ориентировки имеют при космических полетах.

2. Угломерные инструменты

Из принципов решения астрономических задач следует, что во время наблюдений

необходимо измерять углы в горизонтальной и вертикальной плоскостях и отмечать моменты времени. Измерение углов производится угломерными инструментами различных конфигураций. Современные астрономические угломерные инструменты являются довольно сложными прецизионными приборами. Основными частями угломерных инструментов являются точно разделенные круги и астрономическая труба, играющая роль визира.

Астрономическая труба

Астрономическая труба в принципе состоит из тубуса и двух двояковыпуклых собирающих линз, помещенных на ее концах. Одна из линз, обращенная к рассматриваемому объекту, называется объективом, а другая, обращенная к глазу наблюдателя, – окуляром. Объектив служит для получения изображения небесных светил. Из оптики известно, что выпуклые линзы дают действительное, уменьшенное и перевернутое изображение удаленных предметов, а так как расстояния до небесных светил очень велики, то их изображения, кроме того, всегда находятся в фокусе объектива. Это изображение рассматривается в окуляре, который действует как увеличительное стекло (лупа). Чтобы изображение было резким, необходимо совместить фокус окуляра с фокусом объектива. Увеличение n трубы подсчитывается по фокусному расстоянию F объектива и фокусному расстоянию f окуляра: $n = F / f$

В астрономических трубах фокусные расстояния объективов обычно делают от нескольких дециметров до двух десятков метров, редко больше; фокусные расстояния окуляров – от 0,5 см до 6 см. Большие астрономические трубы угломерных инструментов всегда снабжаются несколькими окулярами с различными фокусными расстояниями, позволяющими получать увеличение трубы в пределах от 100 до 300 раз.

В угломерных инструментах астрономическая труба имеет крест паутинных нитей, помещаемый в фокальной плоскости объектива. Прямая линия, соединяющая центр объектива с точкой пересечения нитей креста, называется визирной линией. Если изображение какой-нибудь точки светила находится на кресте нитей, то визирная линия имеет именно то направление, по которому луч света от этой точки идет к наблюдателю.

Универсальный инструмент

Одним из основных угломерных инструментов, позволяющим в любой точке ее поверхности измерить горизонтальные координаты светила, является универсальный инструмент, который состоит из небольшой астрономической трубы, имеющей

возможность поворачиваться вокруг двух взаимно перпендикулярных осей – горизонтальной и вертикальной. Установка осей в плоскости математического горизонта и в вертикальной плоскости производится с помощью уровней и регулировочных винтов.

Углы поворота трубы около той или другой оси отсчитываются по двум кругам – лимбам, – вертикальному и горизонтальному. Круги делятся штрихами на градусы, а каждый градус на 2,3,6 или 12 частей, т.е. между двумя соседними штрихами содержится 30', 20', 10' или 5'.

Для отсчета долей деления лимба служит верньер или нониус, позволяющий отсчитывать углы с точностью до 30", 20", 10" или 5".

Секстант

При наблюдениях на море (с палубы корабля) или в воздухе (с борта самолета) пользуются переносным инструментом, называемым секстантом. Он не требует прочной установки, и при наблюдении его держат в руках. Существенной особенностью этого инструмента является то, что визирование обоих предметов, между которыми измеряется угол, осуществляется не последовательно, а одновременно и заключается в совмещении изображений обеих наблюдаемых точек в поле зрения трубы.

Наблюдения с секстантом менее точны, чем с универсальным инструментом, зато они позволяют просто и быстро определить географические координаты с приемлемой в практике точностью. Секстанты специальной конструкции применяются при ориентировке космических кораблей с космонавтами на борту.

Меридианный круг

Меридианный круг (рис. 3) состоит из астрономической трубы АВ, которая может вращаться только вокруг горизонтальной оси ЕW. Последняя лежит на прямоугольных вырезах – лагерах, прикрепленных к кирпичным или каменным столбам, установленным на солидном фундаменте. Горизонтальная ось меридианного круга должна быть направлена точно с востока на запад.

Тогда труба будет располагаться и вращаться точно в плоскости небесного меридиана. На горизонтальную ось EW насажен круг CD, вращающийся вместе с трубой АВ. На круге с очень большой точностью нанесены штрихи через каждые 2' или 4'. Отсчеты на круге производятся по неподвижному указателю М, укрепленному на столбе. Увеличение точности отсчета достигается с помощью микроскопа с измерительным приспособлением – микрометром, позволяющим отсчитывать показания круга с точностью до 0,1". Меридианный круг используется главным образом для определения экваториальных координат светил (а и d).

Пассажный инструмент

Стационарный пассажный инструмент устроен совершенно так же, как и меридианный круг, только вместо точного деления круга на горизонтальную ось насажен небольшой круг – искатель, который служит для приближенной установки трубы на нужную высоту над горизонтом. Этот инструмент используется только для наблюдения моментов прохождения светил через меридиан, по которым затем вычисляются их прямые восхождения.

Для определения точного времени, которое также получается из моментов прохождения светил через меридиан, употребляются небольшие переносные пассажные инструменты.

В фотоэлектрическом пассажном инструменте в фокальной плоскости объектива вместо сетки нитей устанавливается визирная решетка – непрозрачная пластина с рядом параллельных прозрачных щелей. Для наведения трубы на звезду фотоэлектрический пассажный инструмент снабжен дополнительной трубой – искателем.

Фотоэлектрические наблюдения имеют существенные преимущества перед визуальными, так как они почти полностью свободны от ошибок, вносимых наблюдателем.

Специальные инструменты

Кроме основных инструментов, описанных выше, в современных обсерваториях для некоторых наблюдений используются специальные инструменты.

Зенит-телескоп служит для точного измерения малых разностей зенитных расстояний звезд вблизи зенита. Наблюдения на зенит-телескопах ведутся главным образом для определения точных значений географической широты места наблюдения, с целью изучения движений полюсов Земли.

Призменная астролябия служит исключительно для наблюдения звезд на некоторой постоянной высоте h_0 , обычно близкой к 60° . Для увеличения точности наблюдения астролябия имеет специальную призму (призму Волластона).

Фотографическая зенитная труба (ФЗТ) используется также для определения географической широты места наблюдения и точного времени. ФЗТ состоит из неподвижной вертикальной трубы, оптическая ось которой располагается вертикально, и ртутного горизонта, помещенного под объективом на расстоянии, несколько большем половины его фокусного расстояния.

Тогда лучи звезд, находящиеся близко к зениту, пройдя объектив и отразившись от поверхности ртути, идут вверх и образуют изображения звезд немного ниже объектива. В этом месте, перпендикулярно к оптической оси, помещается пластинка, которая плавно передвигается часовым механизмом перпендикулярно плоскости небесного меридиана.

3. Астрономические часы и хронометры

При всех астрономических наблюдениях необходимо с той или иной степенью точности отмечать и записывать моменты наблюдаемых явлений. Для этой цели служат астрономические часы и хронометры самых разнообразных конструкций.

Маятниковые часы

Маятниковые часы основаны на свойствах маятника сохранять в идеальных условиях постоянным период своего колебания. Период колебаний маятника очень чувствителен к изменениям температуры и атмосферного давления. Поэтому стержень маятника изготавливается из материалов с небольшим температурным коэффициентом линейного

расширения (из инвара или суперинвара), устраиваются приспособления, компенсирующие температурные изменения длины маятника. Кроме того, маятник часов помещают в термостатированное помещение или в подвал на глубине 10-20 метров, где суточные изменения температуры отсутствуют, а годовые не превышают $0,5^\circ$. Непостоянство атмосферного давления, т.е. изменение плотности окружающей маятник среды, устраняется тем, что маятник помещают в герметический медный цилиндр, в котором создается постоянное низкое давление около 20 мм ртутного столба.

Наиболее совершенными маятниковыми часами являются часы английского инженера Шорта и российского конструктора Федченко.

Хронометры

Хронометры (переносные часы) используются главным образом в экспедициях и в мореплавании. Устройство хронометра аналогично устройству карманных часов. Движущей силой в них является сила упругости сильной спиральной пружины, а регулятором движения стрелок – баланси́р, колеблющийся то в одну, то в другую сторону под действием слабой спиральной пружины.

От карманных часов хронометры отличаются большими размерами и большей точностью механизма. Размер циферблата хронометра около 10 см. На нем имеются часовая, минутная и секундная стрелки. Механизм хронометра устроен так, что секундная стрелка резко перескакивает через каждые полсекунды с четким ударом, слышимым на расстоянии нескольких метров.

В настоящее время маятниковые часы используются только в тех случаях, когда достаточно знать время с небольшой точностью. В современных же службах времени для его сохранения и распространения используют кварцевые часы, молекулярные и атомные стандарты частоты.

Кварцевые часы

Кварцевые часы представляют собой генератор переменного электрического напряжения, колебания которого задаются пьезоэлектрическими деформациями пьезоэлектрической кварцевой пластинки, происходящими в переменном электрическом поле. В зависимости от формы и величины кварца частота колебаний может достигать сотен кГц или десятков мГц. Упругие деформации кварцевой пластинки

подобно колебаниям маятника в обычных часах обеспечивают постоянство частоты кварцевого генератора с относительной стабильностью 10^{-10} – 10^{-11} . Это означает, что частота, например, в 1 МГц выдерживается с точностью 10^{-4}

–4

–10

–5

Гц. С такой же относительной точностью измеряется и какой-либо интервал времени.

Атомные часы

В атомных часах используется частота электромагнитных колебаний, возникающих при дискретных переходах между энергетическими уровнями в атоме и сопровождающихся излучением спектральных линий. Однако вследствие тепловых движений атомов обычные спектральные линии слишком широки, т.е. содержат излучение в заметном интервале частот. Поэтому их нельзя использовать в качестве точного эталона частоты. Для этой цели пригодны источники только очень узких спектральных линий, так же как, например, квантовые генераторы, излучающие запрещенные спектральные линии, возникающие при переходах с метастабильных уровней. В реально осуществленных атомных часах использовались мазеры, работавшие на аммиаке и атомарном водороде, которые позволили получить относительную стабильность частоты вплоть до 10^{-12} – 10^{-13} .

Чтобы регистрировать моменты времени на практике, необходимо создать колебания с частотой значительно меньшей, чем у мазеров и даже кварцевых генераторов. Для этого атомные и кварцевые часы снабжают электронными делителями частоты, позволяющими на выходе получать импульсы различной длительности, вплоть до секундных, которые используются для приведения в движение секундной стрелки часов. Атомные часы могут также работать в паре с кварцевыми, регулярно подправляя частоту их колебания.

Возможен и другой принцип использования молекулярного генератора, когда для его возбуждения используется умноженная на в соответствующее число раз частота кварцевого генератора. В этом случае квантовый генератор служит индикатором, контролирующим частоту колебаний кварца. Так работает наиболее распространенный в настоящее время эталон частоты – цезиевый стандарт, с точностью около 10^{-12} воспроизводящий основную единицу измерения времени – атомную секунду.

II. Электромагнитное излучение, исследуемое в

астрофизике

Цель астрофизики – изучение физической природы и эволюции отдельных космических объектов, включая и всю вселенную. Таким образом, астрофизика решает наиболее общие задачи астрономии в целом. Как известно, за свою многовековую историю астрономия претерпела несколько революций, полностью изменивших ее характер. Одним из результатов этого процесса явилось возникновение и бурное развитие астрофизики. Особенно этому способствовало применение телескопа с начала VII века, открытие спектрального анализа и изобретение фотографии в XIX веке, возникновение фотоэлектрии, радиоастрономии и внеатмосферных методов исследования в XX веке. Все это необычайно расширило возможности наблюдательной, или практической астрофизики, и привело к тому, что в середине XX века астрономия стала всеволновой, т.е. получила возможность извлекать информацию практически из любого диапазона спектра электромагнитного излучения.

Таблица 1

Электромагнитный спектр, исследуемый в астрофизике

Область

спектра

Длина волны

Прохождение сквозь земную

атмосферу

Методы

исследования

Приемники

радиации

Гамма-лучи

Рентгеновские

лучи

$< 0,1$?

$0,1 - 100$?

Сильное поглощение N, O, N₂, O₂, O₃

В основном – внеатмосферные (космические ракеты, искусственные спутники)

Счетчики фотонов, ионизационные камеры, фотоэмульсии, люминофоры

Далекий

ультрафиолет

100 – 3100 ?

Поглощение молекулами воздуха

Внеатмосферные

Фотоэлектронные умножители

Близкий

ультрафиолет

3100 – 3900 ?

Слабое поглощение

С поверхности Земли

Видимые лучи

3900 – 7600 ?

То же

То же

Глаз, фотоэмульсии, фотокатоды

Инфракрасные лучи

0,76 – 15 мкм

15 мкм – 1 мм

Частые полосы поглощения Н₂, О, СО₂ и др.

Сильное молекулярное поглощение

Частично с поверхности Земли

С аэростатов

Болометры, термомпары, фотосопротивления специальные, фотокатоды и фотоэмульсии.

Радиоволны

Длиннее 1 мм

Пропускается около 1 мм,

4,5 мм, 8 мм

и от 1 см до 20 м

С поверхности Земли

Радиотелескопы

III. Астрофизические инструменты и основные методы наблюдения

3.1. Оптические телескопы

"...Сатурн состоит как бы из трех тел, причем центральное больше находящихся по сторонам. У Сатурна два спутника? Но почему тогда они не меняют своего положения?"

"...Едва заметный ущерб Венеры увеличивался все больше и больше. Венера за несколько дней превратилась в полудиск. Она действительно убывает, словно Луна!"

"...Около Юпитера на самом деле видны четыре движущиеся звезды!"

"...У Галилея не вызывало сомнения, что та темная точка, которую Кеплер принял за Меркурий, была Солнечным пятном."

После того, как в 1609 году Галилей впервые направил на небо телескоп, возможности астрономических наблюдений намного возросли. Этот год явился началом новой эры в науке – эры телескопической астрономии.

Телескоп имеет три основных назначения:

- 1) собирать излучение от небесных светил на приемное устройство (глаз, фотопластинка, спектрограф и др.);
- 2) строить в своей фокальной плоскости изображение объекта или определенного участка неба;
- 3) помочь различать объекты, расположенные на близком угловом расстоянии друг от друга и поэтому неразличимые невооруженным глазом.

Оптическая часть телескопа аналогична астрономической трубе. Механическая конструкция, несущая трубу и обеспечивающая ее наведение на небо, называется монтировкой. Телескоп с линзовым объективом называется *рефрактором*, т.е. преломляющим телескопом (рис. 4) Так как световые лучи различных длин волн преломляются по-разному, то одиночная линза дает окрашенное изображение. Это явление называется

хроматической абберацией

. Она устраняется добавлением второй линзы, изготовленной из стекла с другим коэффициентом преломления (ахроматический объектив, или *ахромат*).

Законы отражения не зависят от длины волны, и, естественно, возникла мысль заменить линзовый объектив вогнутым сферическим зеркалом. Такой телескоп называется рефлектором, т.е. отражательным телескопом. Первый рефлектор диаметром всего лишь в 3 см и длиной 15 см был построен Ньютоном в 1671 г. На рисунке 5 – схема телескопа-рефлектора системы Ньютона: плоским зеркалом фокус выведен вбок.

Сложной технической задачей является наведение телескопа на объект и слежение за ним. Современные обсерватории снабжены телескопами диаметром от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров.

Монтировка телескопа, т.е. основание конструкции, с помощью которой ведется слежение за небесным объектом, всегда имеет две взаимно перпендикулярные оси, поворот вокруг которых позволяет навести его в любую область неба. В монтировке, называемой вертикально-азимутальной, одна из осей направлена в зенит, другая лежит в горизонтальной плоскости. На ней монтируются небольшие переносные телескопы. Крупные телескопы, как правило, устанавливаются на экваториальной монтировке, одна из осей которой направлена в полюс мира (полярная ось), а другая лежит в плоскости небесного экватора (ось склонения). Телескоп на экваториальной монтировке называется экваториалом.

Чтобы следить за небесным светилом в экваториал, достаточно поворачивать его только вокруг полярной оси в направлении роста часового угла, так как склонение светила остается неизменным. Этот поворот осуществляется автоматически часовым механизмом. По своей конструкции монтировки различаются на немецкие, английские, американские.

ЭВМ позволяют осуществлять точное слежение за небесным светилом и при вертикально-азимутальной установке путем плавного поворота вокруг обеих осей. Первым в мире крупным оптическим телескопом на вертикально-азимутальной установке является рефлектор с диаметром зеркала 6 м, установленный на Северном Кавказе на горе Пастухова, 2070 м над уровнем моря. Следующий по размерам рефлектор имеет диаметр 5 м и находится в США (Обсерватория Маунт Паломар).

3.2. Радиотелескопы

Космические тела излучают электромагнитную энергию в очень широком диапазоне частот – от гамма-лучей до самых длинных радиоволн. Радиоизлучение от космических объектов принимается специальными установками, называемыми радиотелескопами, которые состоят из антенны и очень чувствительного приемника. В настоящее время космическое радиоизлучение исследуется в длинах волн от одного миллиметра до нескольких десятков метров. Антенны радиотелескопов (рис.7), принимающих миллиметровые, сантиметровые, дециметровые и метровые волны чаще всего представляют собой параболические отражатели (2), подобные зеркалам обычных астрономических рефлекторов. В фокусе параболоида устанавливается облучатель (1) – устройство, собирающее радиоизлучение, которое направляется на него зеркалом. Облучатель передает принятую энергию на вход приемника (3), и, после усиления и детектирования, сигнал регистрируется на ленте самопишущего электроизмерительного прибора (4).

Радиоастрономические зеркала не требуют такой точности изготовления, как оптические. Чтобы зеркало не давало искажений, его отклонение от заданной параболической формы не должно превышать $\lambda/8$, а длины волн в радиодиапазоне значительно больше, чем в оптическом. Например, для волны $\lambda = 10$ см достаточно иметь точность зеркала около 1 см. Более того, зеркало радиотелескопа можно делать не сплошным, например, натянуть металлическую сетку на каркас, придающей ей приблизительно параболидальную форму. Наконец, радиотелескоп можно сделать неподвижным, если заменить поворот зеркала смещением облучателя (в пределах до $10-20^\circ$). Благодаря этим особенностям радиотелескопы могут намного превосходить в размерах оптические телескопы.

Самая большая в мире "полнопрофильная" (т.е. представляющая собой единое сплошное зеркало) радиоастрономическая антенна имеет диаметр 300 м. Она находится в обсерватории Аресибо в Пуэрто-Рико и установлена в кратере потухшего вулкана, которому придали форму парабоида, закрепили бетоном, а на бетон нанесли металлическое покрытие.

Радиотелескопы очень большого размера могут быть построены из большого количества отдельных зеркал, фокусирующих принимаемое излучение на один облучатель. Примером является радиотелескоп РАТАН-600, расшифровывается как "радиотелескоп Академии наук, диаметр 600 м, который установлен вблизи станции Зеленчукской (недалеко от шестиметрового рефлектора) и представляет собой замкнутое кольцо, состоящее из 900 плоских зеркал размером $2,7,4$ м, образующих сегмент парабоида.

Радиоастрономические зеркала меньших размеров устанавливаются на вертикально-азимутальной или экваториальной монтировке. Среди высокочастотных инструментов, пригодных для работы на самых коротких волнах, к числу наилучших принадлежит 22-метровый радиотелескоп, установленный в Физическом институте им. П. Н. Лебедева.

3.3. Астрофотография

С середины прошлого века в астрономии стал применяться фотографический метод регистрации излучения. В настоящее время он занимает ведущее место в оптических методах астрономии. Длительные экспозиции на высоко-чувствительных фотопластинках позволяют получать фотографии очень слабых объектов, в том числе и таких, которые практически недоступны для визуальных наблюдений. В отличие от глаза, фотографическая эмульсия способна к длительному накоплению светового эффекта. Очень важными свойствами фотографии является панорамность: одновременно регистрируется сложное изображение, которое может состоять из очень большого числа элементов. Существенно и то, что информация, которую получают фотографическим методом, не зависит от свойств глаза наблюдателя, как это имеет место при визуальных наблюдениях. Фотографическое изображение получается однажды, сохраняется как угодно долго, его можно изучать в лабораторных условиях.

3.4. Фотоэлектрические приемники излучения

Для увеличения точности фотометрии применяются фотоэлементы, устанавливаемые в фокусе телескопа. Простые фотоэлементы с внешним фотоэффектом применяются сейчас довольно редко. На смену им пришли более сложные фотоэлектрические приемники – **фотоумножители** (ФЭУ). В этих приборах используется явление вторичной электронной эмиссии: электрон, обладающий достаточной энергией и разогнанный электрическим полем, попав на поверхность с малой работой выхода, может выбить несколько электронов. Таким образом, с помощью вторичной электронной эмиссии можно получить усиление фототока.

В последнее время в астрономических наблюдениях все шире применяются преобразователи изображения – **электронно-оптические преобразователи** (ЭОП) и **телевизионные системы**

Высокая чувствительность в инфракрасной области может быть получена с помощью некоторых типов **болометров**, охлаждаемых жидким гелием. Болометры принадлежат к классу тепловых приемников, действие которых основано на увеличении температуры при поглощении излучения. К классу тепловых приемников относятся также **термопары**, в которых используется термо-электрический эффект, и **оптико-акустические преобразователи** (ОАП), в которых излучение поглощается в некотором газовом объеме, нагревает его и расширяет.

В приборах, установленных на искусственных спутниках, для регистрации рентгеновского излучения используются **счетчики Гейгера, сцинтилляционные счетчики** и фотоумножители с особыми катодами. Счетчики Гейгера представляют собой колбу с двумя электродами, наполненную некоторым газом, ионизирующимся под действием рентгеновского излучения, и имеющую прозрачное для него окно. Рентгеновский квант, пройдя через газ, образует пару – ион-электрон, они ускоряются в электрическом поле между электродами, сталкиваются с нейтральными молекулами, ионизируют их, и в результате образуется лавина ионов и электронов, которая регистрируется в виде импульса тока.

Сцинтилляционный счетчик состоит из сцинтиллятора – пластины вещества, которое дает световую вспышку при попадании рентгеновского кванта, – и фотоумножителя, который эту вспышку регистрирует

3.5. Спектральные приборы

Изучая спектры небесных светил, можно получить сведения об их химическом составе, температуре, давлении, вращении и т. д. Впервые спектры звезд и планет начал наблюдать в прошлом веке итальянский астроном Секки. Затем спектральным анализом занялись многие другие астрономы. Вначале использовался визуальный спектроскоп, потом спектры стали фотографировать, а сейчас применяется также фотоэлектрическая запись спектра.

Спектральные приборы с фотографической регистрацией спектра называют **спектрографами**, а

с фотоэлектрической – **спектрометрами**.

Особенности оптической схемы и конструкции астрономических спектральных приборов сильно зависят от конкретного характера задач, для которых они предназначены.

Спектрографы, построенные для получения звездных спектров (**звездные спектрографы**)

заметно отличаются от **небулярных**

, с которыми исследуются спектры туманностей.

Солнечные спектрографы

тоже имеют свои особенности.

Грубое представление о спектральном составе излучения можно получить с помощью **ветофильтров**

. В фотографической и визуальной областях спектра часто применяют светофильтры из окрашенного стекла. В них используется зависимость поглощения (абсорбции) света от длины волны. Светофильтры этого типа называются абсорбционными. Есть еще светофильтры, в которых выделение узкого участка спектра основано на интерференции света. Они называются

интерференционными

и могут быть сделаны довольно узкополосными, позволяющими выделить участки спектра шириной в несколько десятков ангстрем. Еще более узкие участки спектра (шириной около 1 ?) позволяют выделять

интерференционно-поляризационные светофильтры.

Литература

1. Бакулин П. И., Кононович Э. В., Мороз В. И. Курс общей астрономии. М.: Наука, 1987. – 544 с.
2. Детская энциклопедия. Мир небесных тел, числа и фигуры. 2 т. М.: Просвещение, 1965.
3. Шкловский И. С. Звезды: их рождение, жизнь и смерть. М.: Наука, 1985. – 368 с.
4. Штекли А. Э. Галилей. / Жизнь замечательных людей/. М.: "Молодая гвардия", 1972.