

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет физико-математических
и естественных наук

Кафедра
«Общая физика
и методика обучения физике»

Направление подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование»
(с двумя профилями подготовки)
Профили подготовки «Физика. Технология»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему:

**«ГЕНЕЗИС АСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ: ОТ
ВИЗУАЛЬНЫХ ДО ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ»**

Студент Исакова 11.06.2020 г. Исакова Элина Илхомжоновна
(подпись, дата) (Ф.И.О. полностью)
Руководитель Е.Н. Калинин 11.06.20 г. Калинин Е.Н.
(подпись, дата) (фамилия, инициалы)
Нормоконтролёр Е.Н. Калинин 11.06.20 г. Калинин Е.Н.
(подпись, дата) (фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от _____ № ____)

Заведующий кафедрой Мигунов Казаков А.Ю.
(подпись) (фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой ____ (протокол заседания ГЭК от _____ № ____)

Секретарь ГЭК Паскевич Н.В.
(подпись) (фамилия, инициалы)

Пенза, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
 Глава 1. Генезис астрономических наблюдений	
1.1. Практические основы астрономии	5
1.2. Методы астрофизических исследований.....	11
1.3. Строение и эволюция Вселенной	19
1.4. Генезис астрономических наблюдений	25
 Глава 2. Разработка лабораторных работ по астрономии	
2.1 Подвижная карта звездного неба	39
2.2. Лабораторная работа № 1: «Знакомство с подвижной картой звездного неба».....	42
2.3. Лабораторная работа № 2: «Исследование восхода и захода небесных светил»	44
 ЗАКЛЮЧЕНИЕ	 47
Список использованной литературы.....	48
Приложение 1	49
Приложение 2	50
Приложение 3	51

ВВЕДЕНИЕ

Генезис астрономических наблюдений – это многогранный исторический процесс, который затрагивает все сферы деятельности людей: от бытовых, до высоконучных точных исследований. Причем развитие астрономических взглядов не всегда носит эволюционный характер: в определенный исторический этап происходили и шаги назад и революционные прорывы вперед.

Появляющиеся в разные исторические эпохи новые астрономические инструменты никак не исключают друг друга, а наоборот совершенствуются в ногу с технологическим прогрессом.

Введение в последние годы в школьный курс астрономии, а в итоговую аттестацию по физике, вопросов по астрономии, поставило задачу качественной подготовки и проведения занятий по астрономии в рамках школьного курса физики. Стала проходить ревизия школьного курса астрономии и в рамках нехватки бюджетных средств на закупку дорогостоящего оборудования, зачастую весьма специфического и требующего квалификационных навыков по его обслуживанию, актуальной становится тема набора методических материалов по астрономии и простейших приспособлений и инструментов для проведения практических и лабораторных занятий по астрономии. В связи с этим, бакалаврская работа, посвященная историческому обзору и генезису астрономических наблюдений, а также изготовлению простейших астрономических инструментов и приспособлений становится весьма актуальной.

Целью данной работы является раскрытие происхождения и развития астрономических наблюдений: от визуальных до инструментальных. Изготовление подвижной карты звездного неба и методического сопровождения по работе с ней, оформленные в виде конспектов уроков.

Исходя из цели, поставлен ряд **задач**:

– обозначить практические основы астрономии, которые как раз и являются объектами астрономической науки и астрономических наблюдений;

– изучить существующие методы астрофизических исследований: чтобы показать развитие астрономических взглядов, нужно изучить какими способами происходит познание в астрономической науке;

– изготовить подвижную карту звездного неба для демонстрационного показа принципов работы с ней на уроках астрономии;

– разработать лабораторные работы для школьников: чтобы обучающиеся на практике могли проводить астрономические наблюдения, самостоятельно конструировать для этого приборы и уметь ими пользоваться.

ГЛАВА 1. ГЕНЕЗИС АСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

1.1. ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АСТРОНОМИИ

Астрономия, то есть наука о небесных светилах, гораздо старше остальных естественных наук. Все культурные народы древности уже на первых ступенях своей истории до того изучили небесные явления, что могли успешно предсказывать не только времена года и фазы Луны, но даже затмения и появления планет. Между тем, их сведения по другим естественным наукам были в те времена очень малы [1, с.12].

Долгое время ученые могли изучать только движения светил, в настоящее время они имеют возможность изучать и сами светила, например, как пишет в своём учебнике И.Ф. Полак «определять их размеры и массу, исследовать их физическую природу, химический состав и процессы их развития. Поэтому можно сказать, что современная астрономия измеряет, взвешивает и анализирует светила» [1, с. 12].

Исходя из этого, при изучении небесных тел ученые сегодня ставят перед собой следующие главные задачи, требующие последовательного решения:

1. Изучение видимых и непосредственно действительных положений небесных тел в пространстве, установление их размеров и форм;
2. Исследование физического строения небесных тел и их молекулярного состава;
3. Решение проблем генезиса отдельных небесных тел и их систем.

Первая задача решается продолжительными наблюдениями в течении долгих лет, поэтому в этой части астрономии имеется наиболее обширная информация, особенно для небесных тел, сравнительно близких к Земле.

Исследование физической структуры светил – относительно новое направление для астрономии, поэтому в этой молодой части астрономической науки информации немного. Решение некоторых аспектов

впервые стало возможным относительно недавно, по астрономическим меркам, сто лет назад, а основных проблем – лишь в последние годы.

Третья задача сложнее первых двух. Для ее решения имеющегося наблюдательного материала пока еще далеко не достаточно, и знания человека в этой сфере астрономии ограничены только общими суждениями и рядом более или менее вероятных предположений [2, с. 5].

Как уже говорилось, основными аспектами изучения астрономии являются небесные светила. Причем многие учёные, в частности И.Ф. Полак, Б.А. Воронцов-Вельяминов, с давних времен классифицируют эти небесные тела на «неподвижные звезды» и светила, движущиеся относительно звезд.

Самый многочисленный класс небесных тел составляют звезды. В безлунную ночь они видны тысячами даже для невооруженного глаза. С появлением Луны более слабые из них исчезают, а в сиянии Солнца исчезают все. В действительности же, как нам всем уже давно известно, звезды и днем остаются на небе, и более яркие из них можно видеть в телескоп и при Солнце [1, с. 12].

Видимые на небе невооруженным глазом звезды ученые еще до нашей эры поделили на шесть величин. Самые яркие стали считать звездами первой величины. Чем меньше яркость звезды, тем больше число, означающее ее звездную величину. В каждом созвездии звезды получают название букв греческого алфавита. Самая яркая в этом созвездии звезда обозначается альфа (α), вторая по яркости бета (β) и так далее [3].

Звезды разбросаны по небу разнообразными неправильными, но неизменными группами. Эти группы, на которые люди разделили звезды, чтобы легче было их изучать, называются созвездиями. В глубокой древности созвездиям были даны названия, которые остались до наших дней и кажутся теперь очень странными [1, с. 12].

Примерно триста звезд носят имена арабского и греческого происхождения. Это либо самые яркие звезды, либо наиболее любопытные объекты из числа более слабых звезд. Так, например, «средняя звезда в ручке

ковша Большой Медведицы называется Мицар, что по-арабски означает «конь». Эта звезда второй величины. Рядом с ней можно видеть более слабую звезду четвертой величины, которую называли Алькор – всадник. По этой звезде проверяли качество зрения у арабских воинов несколько веков тому назад» [3].

Интересно отметить, что созвездия не меняются в течение многих тысячелетий, но вид звездного неба сильно переменяется уже через немного часов, так как звезды аналогично Солнцу и Луне, восходят и заходят. Создаётся впечатление, что они прикреплены к небесному своду, а он всё время вращается, как поверхность твердого шара, которую люди рассматривают изнутри, и делает один оборот в сутки. В наше время всем известно, что никакого свода в реальности не существует. Суточное вращение светил также есть явление кажущееся: оно объясняется вращением нашей Земли в обратном направлении. Картину того, что в результате суточного вращения Земли происходит со звездным небом, позволяет запечатлеть фотоаппарат (рис. 1).

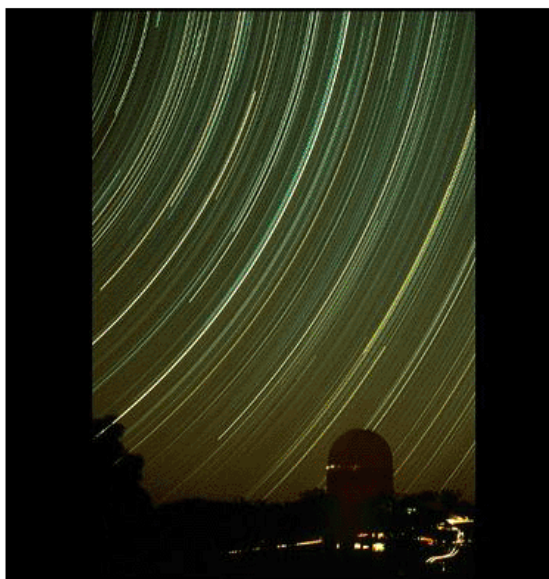


Рис. 1. Суточное вращение неба

Так как звезды не изменяют своих относительных положений, то их часто называют, как уже отмечалось, неподвижными звездами [1, с. 13].

Невооруженному глазу доступны не все существующие звезды, а лишь несколько тысяч звезд. Это число сильно зависит от остроты зрения, но в телескопы они видны миллионами. Светлая полоса, так называемый Млечный Путь, представляет собой скопление таких телескопических звезд, свет которых для невооруженного глаза сливается в сплошное сияние. Все звезды, видимые простым глазом, и многие из телескопических давно уже сосчитаны, зарегистрированы и занесены на карты. При этом выяснилось, что на самом деле звезды движутся, так что название неподвижные звезды – неправильно, и фигуры созвездий на небесных картах постепенно изменяются. Но эти изменения происходят почти так же медленно, как изменения очертаний материков на земных картах [1, с. 13].

Для указания положения светил на небе используют систему координат, похожую на систему экваториальных координат, с помощью которой строятся небесные карты. Подробнее о звездных картах будет рассмотрено в практической части данной работы. Пример звездной карты представлен в Приложении 1.

Кроме изучения «неподвижных звезд», существуют и другие практические основы изучения астрономии. Самые яркие светила, не относящиеся к «неподвижным», а постепенно перемещающиеся из одного места в другое – это Солнце, Луна, планеты и кометы: на них также направлены исследования астрономической науки.

Солнце. Еще с давних времен люди заметили, что полуденная высота Солнца за год меняется, как изменяется и вид звездного неба: в полночь над южной частью горизонта в разные времена года видны звезды различных созвездий. На основании этих предположений был сделан вывод о том, что Солнце перемещается по небу, переходя из одного созвездия в другое, и завершает полный оборот в течение года.

Как уже известно, передвижение Солнца на фоне звезд – явление кажущееся. Происходит оно вследствие годичного обращения Земли вокруг Солнца (рис. 2).

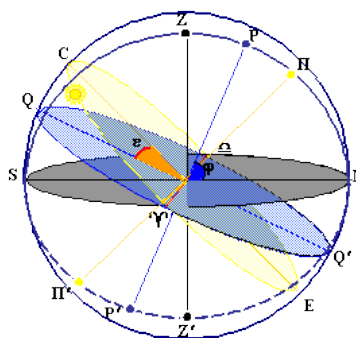


Рис. 2. Движение Солнца

Следующее подвижное небесное тело – это луна. Луна является ближайшим к Земле небесным телом, ее единственным естественным спутник. Находясь на расстоянии около 380 тыс. км от Земли, Луна вращается вокруг нее в том же направлении, что и Земля вокруг своей оси. За каждые сутки она перемещается относительно звезд примерно на 13° , совершая полный оборот за 27,3 суток. Этот промежуток времени – период обращения Луны вокруг Земли в системе отсчета связанной со звездами – называется звездным или сидерическим месяцем [3].

Своего свечения Луна не имеет, а Солнце освещает только одно ее полушарие. Поэтому по мере движения Луны по орбите вокруг Земли происходит изменение ее вида, то есть смена лунных фаз (рис. 3).

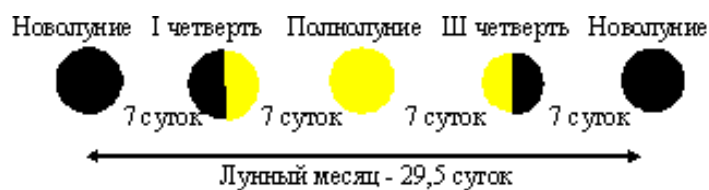


Рис. 3. Смена фаз Луны

Другие подвижные светила – это планеты. Планеты по виду почти не отличаются от звезд, но если их положение наносить на карту, то уже через несколько месяцев, а иногда даже дней, они окажутся среди других звезд, в другом созвездии. Невооруженным глазом видно всего 5 планет. Две из них, Венера и Юпитер, всегда значительно ярче любой из звезд.

Луну и планеты можно видеть почти каждую ясную ночь. Гораздо реже появляются кометы, имеющие туманную светящуюся оболочку и светлый хвост. Падающие звезды или метеоры, наоборот, очень обыкновенны. Ничего общего со звездами они не имеют, они несравненно меньше звезд и их вспышки происходят, собственно говоря, на Земле, в верхних слоях нашей атмосферы.

Изучением всех перечисленных тел занимается астрономия. Оказалось, что из наблюдений над ними можно узнать много и о нашей Земле. Астрономические наблюдения открыли нам, что Земля, как и другие небесные тела, имеет форму шара, что подобно им она движется и что размеры её в сравнении с размерами многих небесных тел совсем невелики. Таким образом, Земля тоже принадлежит к числу небесных тел, которыми занимается астрономия, поэтому их правильнее называть не небесными, а мировыми. Выяснилось также, что различие свойств мировых тел нередко бывает вызвано тем, что разные тела находятся в данный момент на разных ступенях эволюции. Сопоставляя между собой свойства различных светил, можно проследить ход этой эволюции и раскрыть природу космических процессов в окружающем нас мире.

Таким образом, основа астрономии – наблюдения. Наблюдения доставляют нам основные факты, которые позволяют объяснить то или иное астрономическое явление. На сегодняшний момент выделяют следующие объекты, на которые направлено практическое изучение астрономии:

- звезды и созвездия, а также их видимые движения;
- небесные координаты и звездные карты;
- годовое движение Солнца по небу;
- движения и фазы Луны;
- а так же время и календарь.

Необходимость изучения астрономии обусловлена важностью ее вклада в формирование научной картины мира и развитие научного мировоззрения современных людей.

1.2. МЕТОДЫ АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для того, чтобы понять как происходило развитие астрономических взглядов в целом, необходимо сначала обозначить какими способами происходит познание астрономических явлений.

Как уже говорилось ранее, истинная картина мира стала раскрываться перед человечеством только после исследовательской работы сотен поколений. Работа эта складывается из двух элементов: астрономической практики, то есть наблюдений и астрономической теории.

Важно понимать, что астрономические наблюдения состоят не только в рассматривании светил в телескоп или невооруженным глазом, они всегда сводятся к измерению каких-нибудь величин, например углов, определяющих положение или размеры светила. Чтобы астрономические наблюдения дали ценные для науки результаты, они должны быть произведены с наивысшей точностью, достижимой при данном состоянии техники, то есть, как говорят, с астрономической точностью. Такая точность достигается при соблюдении следующих условий:

- тщательно разработанная методика исследования,
- наивысшее совершенство измерительных приборов,
- тщательнейшее исправление каждой измеренной величины с учетом влияния инструментальных и других ошибок.

Такой учет влияния различных погрешностей называется вычислением наблюдений или их обработкой. Вычисление астрономических наблюдений отнимает обычно гораздо больше времени, чем сами наблюдения. Окончательные результаты наблюдений получаются в виде чисел, дающих, например, положение светила в данный момент [1, с. 14].

Большие пространственно-временные масштабы исследуемых объектов и явлений определяют отличительные особенности астрофизических методов, которые также необходимо обозначить.

Информацию о том, что происходит за пределами Земли в космическом пространстве, ученые получают главным образом на основе приходящего от этих объектов света и других видов излучения. Наблюдения – основной источник информации в астрономии. Эта первая особенность астрономии отличает ее от других естественных наук, где важную роль играют опыты, эксперименты. Возможности проведения экспериментов за границами Земли появились только благодаря космонавтике. С запуском первого искусственного спутника Земли в нашей стране в 1957 г. началась эра космических исследований, что позволило применить в астрономии методы других наук: физики, геологии, геохимии, биологии. Астрономия продолжает оставаться наблюдательной наукой, но недалек тот день, когда астрономические наблюдения будут производиться не только с межпланетных станций и орбитальных обсерваторий, но и с поверхности Луны или других планет [2]. Но и здесь речь идет об экспериментальных исследованиях малого масштаба, таких, например, как проведение исследования химического состава лунных пород или пород на других ближних планетах. Невозможно провести эксперименты над планетой в целом, звездой или галактикой.

Следующая особенность объясняется большой продолжительностью целого ряда исследуемых в астрономии явлений: от сотен до миллиардов лет. Поэтому наблюдать происходящие изменения невозможно. Когда трансформации происходят особенно медленно, приходится проводить наблюдения многих родственных между собой объектов, например, звезд. Основные сведения об эволюции звезд получены именно таким способом.

Третья особенность астрономии определена необходимостью указать положение небесных светил в пространстве и невозможностью различить, какое из них находится ближе, а какое дальше от нас, так как на первый взгляд все наблюдаемые светила кажутся нам в равной мере далекими [3, с. 16].

Исходя из того, что наблюдательная астрономия делится на два больших отдела: астрометрию и астрофизику, все астрономические наблюдения можно разделить на две группы.

1. Определение положений светил на небесной сфере. Оно позволяет изучать сначала видимое движение небесных тел, а затем узнавать и их истинное движение в пространстве, расстояние и размеры. Видимое положение светила определяется посредством измерения его координат, чаще всего экваториальных. Поэтому измерения прямых восхождений и склонений являются важнейшими астрометрическими наблюдениями, а приборы, служащие для этих измерений, могут считаться главными астрометрическими инструментами.

2. Изучение физических свойств небесных тел. Сюда относят:

- изучение поверхности светил;
- измерение их яркости;
- определение химического состава.

Говоря о способах астрофизических исследований, нужно уделить большое внимание их средствам. В настоящее время одними из основных астрометрических инструментов являются телескопы, которые подразделяются на две группы: рефракторы и рефлекторы.

Рефракторы или зрительные трубы. Астрономическая труба, называемая рефрактором, в своей простейшей форме (рис. 4) состоит из двух выпуклых стёкол: большого объектива с длинным фокусным расстоянием и маленького короткофокусного окуляра. Лучи идущие от светила собираются объективом в так называемой фокальной плоскости и дают действительное обратное изображение светила. Это изображение рассматривается при помощи окуляра, который играет роль лупы. Рефрактор дает, таким образом, обратные изображения предметов, при наблюдении небесных тел это не представляет никаких неудобств.



Рис. 4. Астрономическая труба

На сегодняшний день самые большие телескопы-рефракторы находятся в следующих учреждениях:

1. в Йеркской обсерватории (Висконсин, США) – диаметром 102 см;
2. в Ликской обсерватории (Калифорния, США) – диаметром 91 см;
3. в Парижской обсерватории (Медон, Франция) – диаметром 83 см;
4. в Потсдамском институте (Потсдам, Германия) – диаметром 81 см.

Рефлекторы или зеркальные телескопы. Законы отражения не зависят от длины волны, и естественно возникла мысль заменить линзовый объектив вогнутым сферическим зеркалом (рис. 5). Такой телескоп называется рефлектором, то есть отражательным телескопом.

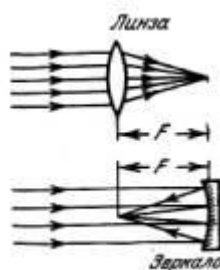


Рис. 5. Линзовый и зеркальный объективы

Сферическое зеркало не собирает параллельного пучка лучей в точку; оно дает в фокусе несколько размытое пятнышко. Это искажение называется сферической аберрацией. Если зеркалу придать форму параболоида вращения, то сферическая аберрация исчезает. Параллельный пучок, направленный на такой параболоид вдоль его оси, собирается в фокусе практически без искажений, если не считать неизбежного размытия из-за дифракции. Поэтому современные рефлекторы имеют зеркала параболоидальной или, как чаще говорят, параболической формы.

На сегодняшний день существуют следующие наикрупнейшие телескопы-рефлекторы:

1. большой Канарский телескоп находится в Обсерватории Роке де лос Мучачос, которая расположена на пике потухшего вулкана Мучачос, примерно 2400 метров над уровнем моря, на одном из Канарских островов под названием Пальма; диаметр зеркала составляет 10,4 метра, собирающая площадь 73 кв м, а фокусное расстояние – 169,9 м;

2. два телескопа Кек принадлежат обсерватории Мауна-Кеа, которая располагается на высоте 4145 метров, на пике горы Мауна-Кеа (Гавайи, США); телескопы имеют зеркала диаметром по 10 метров каждый, собирающая площадь по 76 м² и фокусное расстояние 17,5 м;

3. телескоп Хобби-Эберли находится в Обсерватории Макдональда (Техас, США) на высоте 2070 метров; его апертура равна 9,2 м, хотя физически основное зеркало рефлектора имеет размеры 11 х 9,8 м, собирающая площадь 77,6 м², фокусное расстояние 13,08 м.

4. большой южно-африканский телескоп, принадлежащий Южно-африканской астрономической обсерватории, имеет зеркало наибольших размеров – 11,1 х 9,8 метров; при этом его эффективная апертура несколько меньше – 9,2 метра, собирающая площадь составляет 79 м², телескоп находится на высоте 1783 метра в полупустынном регионе Кару, ЮАР;

5. большой бинокулярный телескоп является одним из наиболее технологически развитых телескопов, он обладает двумя зеркалами, каждое из которых имеет диаметр 8,4 метра, собирающая площадь 110 м², а фокусное расстояние 9,6 м, телескоп находится на высоте 3221 метр и принадлежит Международной обсерватории Маунт-Грэм (Аризона, США);

6. телескоп Субару имеет диаметр 8,2 м, собирающую площадь 53 м² и фокусное расстояние 15 м, принадлежит обсерватории Мауна-Кеа (Гавайи, США), той же, что и телескопы Кек, но находится шестью метрами ниже – на высоте 4139 м.

7. VLT (Very Large Telescope – в переводе с англ. «Очень большой телескоп») состоит из четырех оптических телескопов с диаметрами по 8,2 м и четырех вспомогательных – по 1,8 м, телескопы располагаются на высоте 2635 м в пустыне Атакама, Чили, находятся под контролем Европейской Южной Обсерватории.

С середины прошлого века в астрономии стал применяться фотографический метод регистрации излучения. Для астрономических фотографий употребляют инструменты трёх видов:

1. астрограф – фотографический редактор, который отличается от обыкновенного рефрактора формой стёкол объектива;
2. астрографические камеры с сильными объективами;
3. всякий рефлектор может употребляться и для фотографирования.

В настоящее время данный метод занимает лидирующие позиции в оптических методах астрономии. Длительные экспозиции на высокочувствительных пластинках позволяют получать фотографии очень слабых объектов, в том числе таких, которые практически недоступны для визуальных наблюдений. В отличие от глаза, фотографическая эмульсия способна к длительному накоплению светового эффекта. Существенным свойством фотографии служит панорамность: разом фиксируется сложное отображение, которое может состоять из немалого количества частиц. Значительно, что информация, которая получается фотографическим методом, не зависит от свойств глаза наблюдателя, как это имеет место при визуальных наблюдениях. Фотографическое изображение, полученное однажды, сохраняется как угодно долго, и его можно изучать в лабораторных условиях.

Простые фотоэлементы с внешним фотоэффектом применяются сейчас сравнительно редко. На смену им пришли более сложные фотоэлектрические приемники – фотоумножители. В этих приборах с помощью вторичной электронной эмиссии можно получить усиление фототока.

Фотометрические приборы, в которых в качестве приемника света используется фотоэлемент или фотоумножитель, называются электрофотометрами. Электрофотометром можно определить цветовые характеристики звезд, а если ввести в оптический путь поляризационный анализатор, то можно измерять с высокой точностью степень поляризации света звезд.

Описанных методов и инструментов достаточно для изучения движения небесных тел, но они бессильны раскрыть нам природу светил, их химический состав и физические свойства. Поэтому в конце XIX века появляется новый научный метод – спектральный анализ. Он не только производит химический анализ светил, но определяет также их температуру, измеряет скорости и расстояния, проникает вглубь не только Солнца, но и далеких звезд, исследует движения внутри их огненных масс.

Вначале использовался визуальный спектроскоп, потом спектры стали фотографировать, а сейчас применяется также и фотоэлектрическая запись спектра. Спектральные приборы с фотографической регистрацией спектра называют спектрографами, а с фотоэлектрической – спектрометрами.

До начала сороковых годов XX в. астрономы использовали для своих наблюдений исключительно визуальную область спектра. После конца второй мировой войны стали быстро развиваться радиоастрономические методы исследования. Успехи радиоастрономии показали, как важно вести исследования в новых областях спектра, распространить наблюдения на возможно более широкий диапазон длин волн. Тем не менее, земная атмосфера непрозрачна. Следовательно, возникла задача проведения астрономических исследований вне земной атмосферы.

Так ученые стали запускать так называемые баллонные телескопы, то есть телескопы на воздушных шарах. Для инфракрасной астрономии большие перспективы связаны с возможностью установки телескопов на самолетах. А в ультрафиолетовой и рентгеновской областях спектра земная атмосфера поглощает так сильно, что для их изучения надо поднимать

аппаратуру на высоту не менее 100 км над земной поверхностью. Это можно сделать только с помощью ракет и искусственных спутников Земли.

Полеты космических кораблей постепенно превращают астрономию в экспериментальную науку. До недавнего времени общим свойством все астрономических методов был их пассивный характер: мы только наблюдали явления, регистрировали то, что природа сама нам показывала. Этим астрономия принципиально отличалась от физики, в основе которой лежит эксперимент – активный метод исследования. Экспериментатор не просто наблюдает явления природы, а вторгается в них, меняет условия опыта и, конечно, имеет больше шансов понять сущность явлений, чем, если бы он ограничился пассивным наблюдением.

Со временем в исследовании планет и межпланетного пространства роль эксперимента в астрономии будет, по-видимому, быстро возрастать.

Заметим, что космические полеты являются не единственным средством экспериментального исследования Солнечной системы. Чисто экспериментальным методом является и радиолокация небесных тел. В направлении космического тела посылается мощный импульс радиоволн и принимается отраженный импульс. Могут исследоваться отражения от отдельных деталей на поверхности планет, облачного слоя, ионосферы и т.д. Конечно, такой способ годится только для объектов не очень удаленных; по-видимому, радиолокации никогда не удастся выйти за пределы Солнечной системы. Более подробно о современных инструментах будет сказано в 4 пункте данной главы.

Итак, подводя итог вышесказанному: на сегодняшний момент выделяют следующие методы и инструменты астрофизических исследований:

1. глаз как приемник излучения,
2. телескопы,
3. астрофотография,
4. фотоэлектрические приемники излучения,

5. спектральные приборы,
6. астрофизические исследования с воздушных шаров, самолетов и космических аппаратов,
7. радиолокационные методы.

1.3. СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ

Изучение происхождения различных астрономических наблюдений невозможно без раскрытия темы строения и эволюции Вселенной. Важно понимать, что Вселенная не всегда была такой и ученые много лет изучают ее статичное положение: она постоянно меняется, как и взгляды о ней.

Согласно современным представлениям, полученным в результате многовековых наблюдений и исследований, строение Вселенной в основных чертах носит следующий характер [3, с. 321].

Изученная часть пространства заполнена огромным количеством звезд – небесных тел, подобных нашему Солнцу.

Звезды находятся в пространстве неравномерно, они создают системы, называемые галактиками. Согласно статье физика А. Иванчика, «в современной астрономии для классификации галактик по формам используется самая первая классификация галактик, предложенная Эдвином Пауэллом Хабблом в 1926 году, и доработанная впоследствии им же, а затем Жераром де Вокулером и Аланом Сандиджем. Графически эту классификацию представляют как ряд, который называют последовательность Хаббла или камертон Хаббла, из-за сходства схемы с этим инструментом» (рис. 6) [5].

Согласно этой классификации все галактики делятся на 5 основных типов:

- эллиптические (E);
- спиральные (S);
- спиральные галактики с перемычкой – баром (SB);
- неправильные (Irr);

– линзообразные (S0).

Очень тусклые галактики тоже отражаются в классификации символом Q.

Помимо этого используются цифры, которые указывают, насколько сплюснута эллиптическая галактика, и также применяются буквы, чтобы указать, насколько рукава спиральных галактик примыкают к ядру.

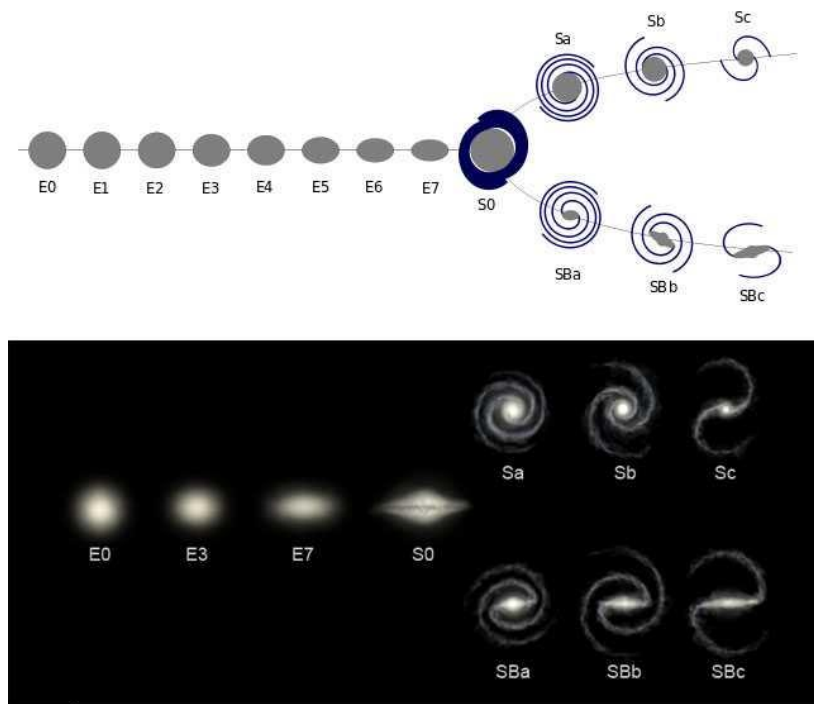


Рис. 6. Последовательность Хаббла

Размеры галактик таковы, что свет, двигаясь со скоростью 300 000 км/сек, проходит расстояние от одного края галактики до другого за десятки и сотни тысяч лет. Расстояния между отдельными галактиками еще больше – они в десятки раз превосходят размеры самих галактик.

Количество звезд в каждой галактике колоссально – от сотен миллионов до сотен миллиардов звезд. С Земли галактики видимы как слабозаметные туманные пятна, и поэтому их раньше называли внегалактическими туманностями. Только в близких к нам галактиках и только на фотографиях, полученных самыми сильными телескопами, можно рассмотреть отдельные звезды [3, с. 322].

«Внутри галактик» звезды распределены также неравномерно, концентрируясь к их центрам и образуя различные скопления.

Пространство между звездами в галактиках и пространство между галактиками заполнено материей в виде газа, пыли, элементарных частиц, электромагнитного излучения и гравитационных полей. Плотность вещества межзвездной и межгалактической среды очень низка. Солнце и большинство звезд и звездных скоплений, наблюдаемых на небе, образуют систему, которую мы называем нашей Галактикой. Большое число входящих в нее слабых звезд представляется невооруженному глазу белесой полосой, проходящей через все небо и называемой Млечным Путем».

Солнце – одна из многих миллиардов галактических звезд. Как отмечают в своём учебнике Бакулин, Кононович и Мороз, «но Солнце – не одинокая звезда: оно окружено планетами – темными телами, вроде нашей Земли. Планеты (не все) в свою очередь имеют спутников. Спутником Земли является Луна. Солнечной системе принадлежат также астероиды (малые планеты), кометы и метеорные тела».

Наука обладает данными, разрешающими утверждать, что многие звезды в нашей Галактике и звезды в других галактиках имеют планетные системы, схожие с Солнечной.

«Во Вселенной все находится в движении. Двигутся планеты и их спутники, кометы и метеорные тела; движутся Солнце и звезды в галактиках, движутся галактики друг относительно друга. Как нет пространства без материи, так нет и материи без движения».

Главные характеристики устройства Вселенной, описанные выше, раскрыты в итоге колоссальной работы, которая велась в течение тысячелетий. Несомненно, разнообразные части Вселенной описаны с разной степенью изученности. Например, до XIX в. главным образом изучалась Солнечная система и только с середины XIX в. стали уделять особое внимание строению Млечного Пути, а с XX в. – звездных систем.

Как уже было отмечено, развитие Вселенной носит эволюционный характер (рис. 7).

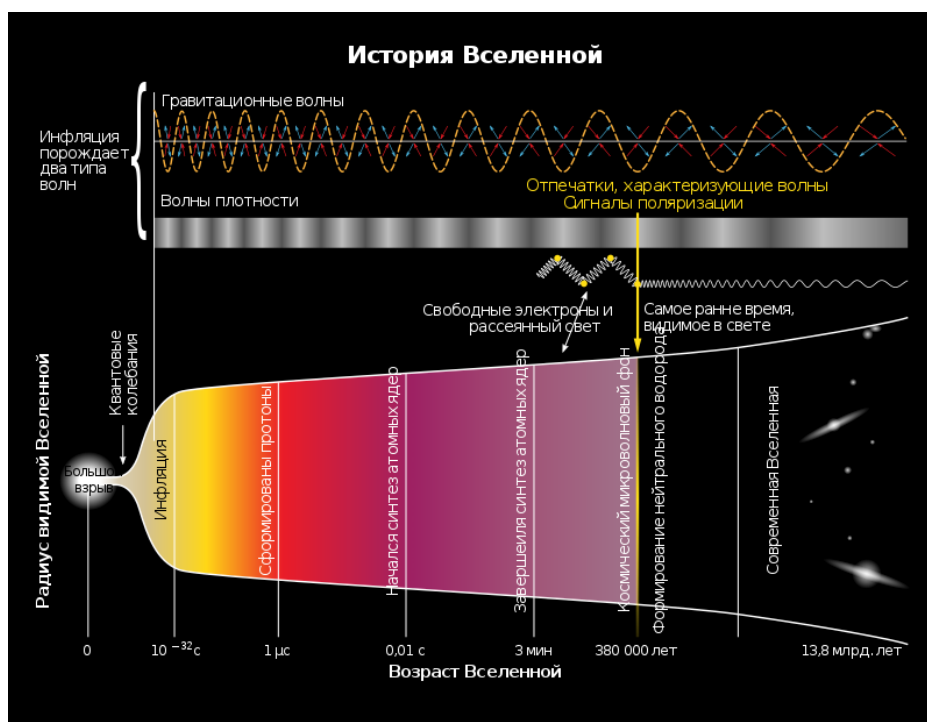


Рис. 7. Эволюция Вселенной

Сегодня все понятия о Вселенной и ее этапах эволюции строятся на теории Большого взрыва. Наша Вселенная зародилась примерно 13,8 миллиардов лет назад и в процессе своей эволюции прошла через различные стадии, которые характеризуются протеканием разнообразных физических процессов, преобладанием различных форм материи, меняющейся динамикой скорости расширения Вселенной.

Первым этапом стала – «инфляция». Расширение пространства шло со скоростями большими, чем скорости распространения света по этому пространству. Это привело к современной картине Вселенной, при которой она представляется в пространстве плоской и с огромным видимым объемом. Эта стадия протекала практически в первые доли секунды рождения Вселенной – это 10^{-32} секунды, то есть совсем невообразимое время [5].

Окончание инфляционного расширения Вселенной сопровождалось стадией распада инфляционного поля с рождением фотонов, электронов,

кварков и других частиц, разогретых до огромных температур, превышающих миллиарды градусов Кельвина. За инфляцией последовала так называемая фридмановская стадия эволюции Вселенной. Проблемы, описывающие эту стадию, были получены Фридманом Александром Александровичем в 1922 году в результате решения уравнений общей теории относительности. Фридмановская стадия эволюции Вселенной – это наиболее изученный этап развития Вселенной, предельно теоретически обоснованный и имеющий большое количество наблюдательных подтверждений.

В 1948 году Георгий Гамов, изучая происхождение химических элементов, создал модель ранней горячей Вселенной. Гамов предположил, что расширяющаяся сегодня Вселенная в прошлом была гораздо меньше, а значит, гораздо плотнее и горячее. «То есть в истории Вселенной был период, когда вещество было разогрето до столь высоких температур и в нем присутствовало настолько много фотонов, что эти фотоны разбивали привычную нам материю на элементарные составляющие. Не было ни атомов, ни молекул. Атомы ионизировались. Ядра разрушались до самых простейших составляющих протонов и нейтронов. Таким образом, вещество Вселенной представляло собой простейшую смесь элементарных частиц. По мере расширения и остывания Вселенной начал протекать процесс образования из этих элементарных частиц химических элементов таблицы Менделеева». Этот процесс получил название «первичного нуклеосинтеза». Он протекал приблизительно в первые моменты эволюции Вселенной, от нескольких долей секунд до нескольких десятков минут [5].

По завершении процессов первичного нуклеосинтеза, после того как Вселенная расширилась настолько, что дальнейшее протекание ядерных реакций стало невозможным, сформировался первичный химический состав вещества.

Эволюция Вселенной после первичного нуклеосинтеза долгое время протекала без изменения химического состава вещества. По мере

расширения и остывания Вселенной «радиационно-доминированная эра» сменилась эрой доминирования холодной темной материи. Обычное вещество Вселенной по-прежнему ионизовано, «реликтовое излучение», то есть излучение, оставшееся от эпохи Большого взрыва, однородно заполняет непрозрачную Вселенную. Приблизительно через 300 тысяч лет после Большого взрыва Вселенная уже остыла настолько, что электроны и ядра гелия и водорода начали соединяться и, соединяясь, стали образовывать нейтральные атомы. Процесс перехода полностью ионизованной материи в полностью нейтральную называется «первичной рекомбинацией» [5].

В определенном смысле реликтовое излучение показывает эволюцию Вселенной по различным эпохам и служит определенной пространственно-временной фотографией нашей Вселенной.

Наблюдения последних лет показали, что наша Вселенная расширяется с ускорением, что стало настоящим открытием для космологов и астрофизиков. Гравитация, являясь универсальной силой, имеет только один знак – притяжение. Для того чтобы расширяться с ускорением, нужна антигравитация, которая создается, как принято сейчас говорить, темной энергией. Это неизвестная на сегодняшний день форма материи, природу которой еще предстоит выяснить в новых физических и астрофизических экспериментах.

Как дальше будет развиваться наша Вселенная зависит от форм материи, которые ее заполняют, и от их эволюции [5].

Таким образом, развитие Вселенной носит эволюционный характер и, согласно теории Большого взрыва, включает в себя следующие стадии: большой взрыв, инфляция, формирование протонов, синтез атомных ядер, формирование нейтрального водорода и современная Вселенная.

Итак, дальнейшие наблюдения и исследования должны объяснить еще очень многое в строении и эволюции Вселенной. Они должны уточнить нарисованную выше картину, для чего необходимо будет решить много важных и принципиальных вопросов. И, несмотря на огромную отдаленность

небесных объектов, современные методы и средства исследований позволяют с уверенностью говорить о том, что многие из этих вопросов будут решены уже в скором будущем.

1.4. ГЕНЕЗИС АСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Рассмотренный выше теоретический материал является базой для изучения истории зарождения и развития астрономических наблюдений.

Укрупненно генезис астрономических наблюдений можно представить на схеме, которая представлена в Приложении 2.

Генезис астрономических наблюдений – это многогранный исторический процесс, который затрагивает все сферы деятельности людей: от бытовых и иногда мистических взглядов до высоконаучных точных исследований. Появляющиеся в разные исторические эпохи новые астрономические инструменты никак не исключают друг друга, а наоборот совершенствуются в ногу с технологическим прогрессом.

Астрономии, одной из древнейших наук, насчитывается от шести до восьми тысяч лет. Уже с древности известны такие периодически происходящие трансформации небосвода как: цикличность смены дней на ночи, лунные фазы, времена года и их периодичность.

Устойчивость этих циклов дала толчок к появлению единиц времени: суток, месяцев, годов.

Как отмечалось в первом пункте данной главы, несмотря на мнимую неподвижность звёзд, было отмечено, что отдельные объекты, названные позже планетами, движутся по небосводу. Наблюдения за этими изменениями нахождения светил предоставило возможность связать эти перемены с периодичной сменяемостью времён года. В свою очередь, это навело на рациональную мысль о том, что имеется связь небесных перемещений с событиями на Земле. Хотя, конечно, древние народы также считали, что небесные явления воздействуют и на значимые, особенно для

того времени, события – появление на свет будущего вождя, войну, неурожай, заболевания [8].

Эти астрологические вымыслы способствовали собственно развитию астрономии как науки. Ведь в древности астрономы изобрели первый астрономический инструмент – гномон.

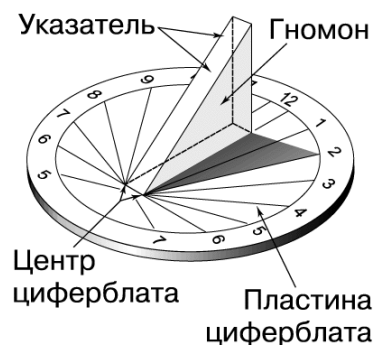


Рис. 8. Гномон

Гномон – прибор в виде шеста, измеряющий высоту Солнца над горизонтом, исходя из длины тени (рис. 8). Кстати, интересно отметить, что считается, что гномон изобрел древнегреческий философ Анаксимандр Милетский (610 год до н.э.). Кроме того, гномоном называли ещё и часть солнечных часов. В них по направлению его тени можно определить время.

Изобретение первого календаря – тоже заслуга древних астрономов. Наблюдая за звездным небом, вавилонские жрецы создали астрономические таблицы, установили среди созвездий главные и зодиакальные. Во второе тысячелетие до нашей эры появляется лунный календарь, усовершенствованный уже в первом тысячелетии. Интересно отметить, что солнечный год уже в то время делился у вавилонян на 12 месяцев и состоял из 365,25 дней.

Астрономия параллельно развивалась на разных территориях. Астрономия Египта древних времён является вторичной по отношению к вавилонской. Собственных существенных открытий египтяне не совершили, но активно пользовались трудами вавилонян. А вот Древний Китай среди восточноазиатских стран имел самую развитую астрономическую науку. Уже

в 12-ом веке до нашей эры Китай обзавёлся древнейшими обсерваториями. В 631 году до нашей эры в одной из них была зафиксирована комета, на 1137 год приходится запись про лунное затмение, а на 1328 год – про солнечное. Также в те времена появилась первая запись о звёздном дожде, и сделали первое упоминание о солнечных пятнах. Надо отметить, что пятна на Солнце позже фиксировались неоднократно.

Древняя Индия не может похвастаться значимыми астрономическими успехами. Индийцы, как правило, пользовались наработками греков. Отличительной чертой инкской астрономии является её космологическая и мифологическая направленность. Но нужно отметить, что инки различали звёзды и планеты. Велли наблюдения за Венерой, Юпитером (возможно, уже тогда знали об его спутниках) и Сатурном.

Для народов майя астрономические знания имели приоритетное значение. Астрономы этой цивилизации, предсказывали затмения, вели наблюдения за Плеядами, Меркурием, Венерой, Марсом и Юпитером. В городах майя имелись храмы-обсерватории. У известного календаря майя была очень высокая точность.

Древнегреческая астрономия весьма своеобразна. Изначально познания греков в астрономии были очень неглубоки, они, например, воспринимали утреннюю и вечернюю Венеру за две разные звезды. Последователями Пифагора была предложена пироцентрическая модель устройства Вселенной, в сердцевине которой располагался Центральный Огонь, а все небесные тела обращались вокруг него. Пифагорейцы полагали, что Земля имеет форму вращающейся сферы, а периодичность смены дней и ночей, определяется её вращением. А некоторые из пифагорейцев уже тогда предлагали гелиоцентричность мира.

«У Платона, ученика Сократа, не было уже ни каких сомнений в том, что Земля шар. По Аристотелю, чьим учителем был Платон, длина земной окружности была подсчитана в 400 тысяч стадиев (70 тысяч км), для той

эпохи – весьма точный результат (действительная длина окружности 40075км)» [8].

Об астрономических инструментах греков классического периода практически ничего неизвестно. Про Анаксимандра Милетского сообщали, что для распознавания равноденствий и солнцестояний он использовал тот же гномон. Евдоксу приписывают изобретение так называемого «паука» – основного конструктивного элемента астрлябии (рис. 9).

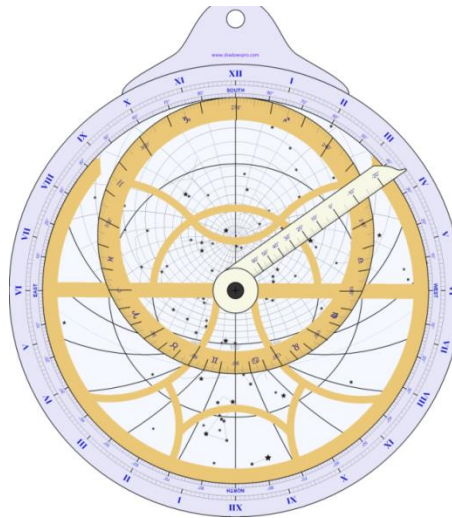


Рис.9. Схематическое устройство астрлябии (роль паука здесь выполняет прозрачная пластина с картой звёздного неба)

Для исчисления времени днём, по всей видимости, часто использовались солнечные часы. Сначала были изобретены сферические солнечные часы, так называемые скафэ. Усовершенствований конструкции солнечных часов также приписывалось Евдоксу. Вероятно, это было изобретение одной из разновидностей плоских солнечных часов.

Больше известно об астрономических инструментах эпохи эллинизма. Архимед построил небесный глобус – механический планетарий, помещаясь внутри которого человек мог видеть движение по небосводу планет, Луны и Солнца, лунные фазы, солнечные и лунные затмения.

Первой обсерваторией в современном смысле этого слова был знаменитый музей в Александрии, устроенный Птолемеем. Ряд таких астрономов как Аристилл, Тимохарис, Гиппарх, Аристарх, Эратосфен,

Гемин, Птолемей подняли это учреждение на высоту небывалую. Здесь впервые начали употреблять инструменты с разделёнными кругами. Аристарх установил на портике музея медный круг в плоскости экватора и с его помощью наблюдал непосредственно времена прохождения Солнца через точки равноденствия. Гиппарх изобрёл прибор, похожий на астролябию (рис. 9).

Сама астролябия впервые появилась во времена Древней Греции. Её изобретателем считается Аполлоний Пергский (3 век до н.э.). Этот прибор использовался для определения времени и продолжительности дня, математических вычислений и астрологических предсказаний. Начиная с восемнадцатого века, астролябия стала использоваться при межевании земель, чтобы измерить горизонтальные углы при работе. В настоящее время астролябия вытеснена теодолитом.

В исторической литературе описание астролябии часто смежно с термином «астролабон». Но Птолемей (2 век до н.э.) в сочинении «Планисферий» «астролабоном» называет другой инструмент – армиллярную сферу.

Армиллярная сфера – астрономический инструмент, употреблявшийся для определения экваториальных или эклиптических координат небесных светил (рис. 10).

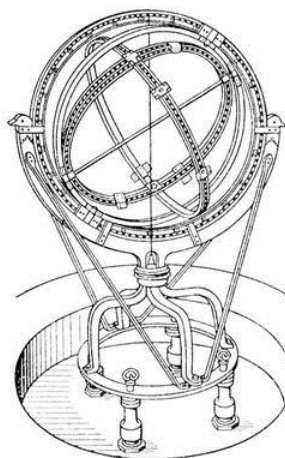


Рис. 10. Армиллярная сфера

Армиллярная сфера состоит из подвижной части, изображающей небесную сферу с её основными кругами, а также вращающейся вокруг вертикальной оси подставки с кругом горизонта и небесным меридианом. Подвижная сфера образуется тремя основными большими кругами – небесным экватором, а также проходящими через небесные полюсы «колюром равноденствий» и «колюром солнцестояний». Ещё один большой круг, выполненный обычно в форме широкого кольца, изображает эклиптику с нанесёнными на неё знаками зодиака. Кроме того, на сфере имеются малые круги, изображающие северный и южный тропики.

Также Птолемей ввёл квадранты (рис. 11) и устанавливал их при помощи отвеса. Переход от полных кругов к квадрантам был, в сущности, шагом назад, но авторитет Птолемея удержал квадранты на обсерваториях до времён Рёмера, который доказал, что полными кругами наблюдения производятся точнее, однако квадранты были совершенно оставлены только в начале XIX века.

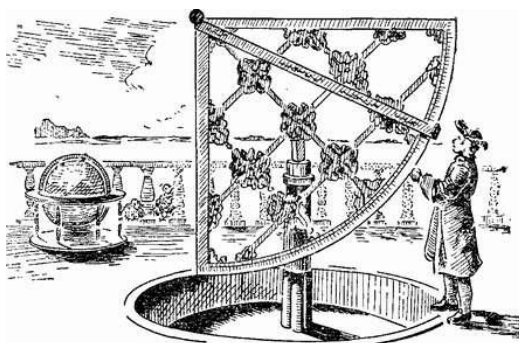


Рис. 11. Квадрант

В первом веке уже нашей эры встречаются упоминания о таком инструменте как диоптр (рис. 12).

Диоптр, представляющий собой простейшее приспособление для установки направления на объект, состоит из двух пластинок. В одной пластинке, называемой глазным диоптром, имеется малое отверстие или узкая щель, в противоположной пластинке, называемой предметным диоптром, в значительно большем отверстии закреплена мушка или тонкий

волосок. Использование диоптра заключается в повороте его таким образом, чтобы малое отверстие, волосок и объект находились на одной прямой.

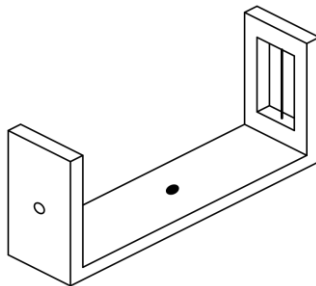


Рис. 12. Диоптр

После разрушения александрийского музея со всеми его коллекциями и инструментами – обсерватории начали вновь устраиваться уже в эпоху средневековья арабами и покорёнными ими народами. В новых обсерваториях начинают использовать усовершенствованные квадранты – секстанты (рис. 13). Самый известный секстант – Угломерный инструмент обсерватории Улугбека (1417-1420 гг.). Главная особенность секстанта, которая позволила ему вытеснить астролябию, состоит в том, что при его использовании высота светила измеряется относительно горизонта, а не относительно самого инструмента. Это даёт большую точность. При наблюдении через секстант горизонт и светило совмещаются в одном поле зрения, и остаются неподвижными относительно друг друга, даже если наблюдатель находится на качающемся корабле. Это происходит потому, что секстант показывает неподвижный горизонт прямо, а астрономический объект – сквозь два противоположных зеркала.

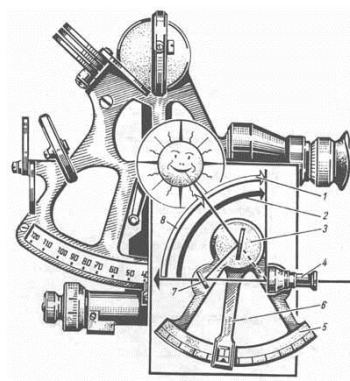


Рис. 13. Секстант

В литературе средних веков широкое описание получили демонстрационные приборы такие как: небесные глобусы (рис. 14), известные с глубокой древности (глобусы Гиппарха, Птолемея), и демонстрационные приборы с зубчатыми передачами (планетарии, теллурии). Последние приборы существовали уже на грани веков, когда астрономы начинают уделять всё большее внимание устройству Солнечной системы.

Планетарий – прибор, позволяющий проецировать на куполообразный экран изображения различных небесных тел, а также моделировать их движение. Например, с помощью планетария можно изобразить полное солнечное затмение. Аппарат позволяет ускорить, или наоборот, замедлить и даже остановить любое небесное явление, связанное с движением Земли. Сегодня название прибора распространяется и на все здание, в котором прибор размещается.

Теллурий – прибор для наглядной демонстрации годового движения Земли вокруг Солнца и суточного вращения Земли вокруг своей оси.

В теллурии меньший шарик, изображающий Землю, движется вокруг большего шарика или какого-либо источника света, представляющего Солнце. Кроме того, шарик-Земля вращается вокруг оси, проходящей через его центр и сохраняющей неизменное наклонное направление подобно земной оси. Иногда в теллурии третий, ещё меньший шарик изображает Луну, обращающуюся вокруг Земли (рис. 15).

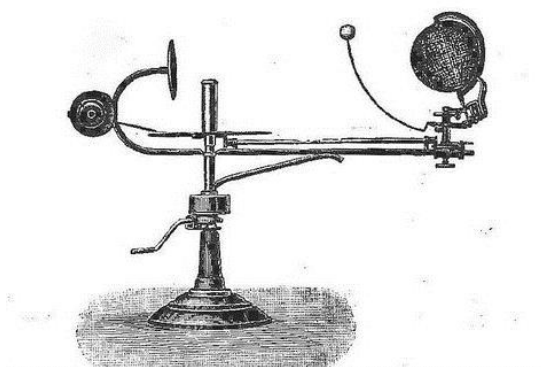


Рис. 15. Теллурий

В начале эпохи Возрождения немецкий философ Николай Кузанский делает предположение о бесконечности Вселенной и отсутствии у неё центра. Коперник в своём труде «О вращении небесных сфер», завершённом в 1530 году и опубликованным незадолго до смерти, приводит теорию гелиоцентрического устройства мира.

В 1608 году голландцы изобрели зрительную трубу, а уже в середине 1609 года она была усовершенствована Галилеем, последователем Коперника, и преобразована в первый в мире телескоп-рефрактор (рис. 16). Последняя модель Галилея уже имела 32-кратное увеличение. С помощью своего детища он: выявил, что Млечный Путь составляют отдельные звёздные скопления, установил существование лунных гор и кратеров, определил солнечные пятна и спутники Юпитера. Галилей усовершенствовал теорию Коперника и предложил вращение Земли вокруг своей оси. Позднее происходит то, о чем мы уже говорили в своей работе: большой шаг назад в изучении астрономии – Ватикан объявил теорию о гелиоцентризме ересью и Галилея отрекся от своей теории.



Рис. 16. Телескоп Галилея

Важная роль в прогрессе астрономической науки принадлежит знаменитому английскому учёному Уильяму Гершелю. Его заслуга – постройка уникальных рефлекторов, имеющих диаметр зеркала до 1,2 метра

(рис. 17). В 1781 году Гершелем была открыта седьмая планета – Уран, а позднее его спутники и часть спутников Сатурна. Гершель обнаружил в солнечном спектре инфракрасное излучение, установил, что от количества пятен на Солнце зависят многие земные процессы.



Рис. 17. Телескоп Гершеля

В конце 18 века Джон Доллонд изобретает и начинает производство ахроматических телескопов-рефракторов, применяемых и сегодня. Позднее его сын Питер Доллонд совершенствует работу отца и создает апохроматический телескоп с более качественной картинкой.

В XIX веке бурно развивается астрономическая наука и небесная механика, увеличивается число обсерваторий, телескопы растут в размерах. У. Парсонс строит двухметровый рефлектор, названный «Левиафаном», а В. Лассаль строит 122-х сантиметровой рефлектор.

Как уже отмечалось в первом пункте данной главы, в 1836 году положено начало фотометрического изучения звезд. Впервые Солнце наблюдается в инфракрасном диапазоне в 1840 году, а уже в 1841 год рождается фотографическая астрономия, методы которой также мы уже описали в первом пункте данной главы. В 1874 году выходит первый лунный фотографический атлас.

Так же в начале эпохи технологического прогресса Р. Бунзеном и Г. Кирхгофом разработаны начала спектрального анализа. Появляется такой инструмент как спектроскоп (рис. 18).

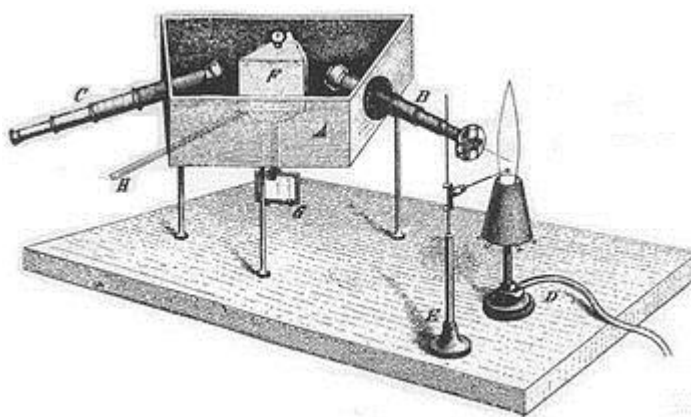


Рис. 18. Спектроскоп

Естественно, многие астрономические инструменты используются и сегодня, но стоит отметить, что современные обладают гораздо большими возможностями и сконструированы в соответствии с технологическими возможностями нашего времени.

В 1811 году была открыта хроматическая поляризация света и Франсуа Араго впервые представил миру полярископ. Араго сделал целый ряд открытий, значительно продвинувших науку вперед.

Для астрофизических исследований нужны телескопы со специальными приспособлениями, предназначенными для спектральных (объективная призма, астроспектрограф), фотометрических (астрофотометр), поляриметрических наблюдений.

В 1826 году, с момента изобретения Йозефом Фраунгофером нового усовершенствованного телескопа, начинается время новых рефракторов.

В ходе астрономических наблюдений получают ряды чисел, астрофотографии, спектрограммы и другие материалы, которые для окончательных результатов должны быть подвергнуты лабораторной обработке. Такая обработка ведется с помощью лабораторных измерительных приборов. При обработке результатов астрономических наблюдений используются суперкомпьютеры.

Существенно обогатила наши представления о Вселенной радиоастрономия, зародившаяся в начале 30-х гг. прошлого столетия. В 1943

г. советские ученые Л.И. Мандельштам и Н.Д. Папалекси теоретически обосновали возможность радиолокации Луны. Радиоволны, посланные человеком, достигли Луны и, отразившись от нее, вернулись на Землю. 50-е гг. XX в. – период необыкновенно быстрого развития радиоастрономии. Ежегодно радиоволны приносили из космоса новые удивительные сведения о природе небесных тел.

Интересно отметить, что первый радиотелескоп с параболическим зеркалом построил Гроут Ребер, радиолобитель из США, в 1937 году.

В настоящий момент в астрономической науке созданы инструменты, позволяющие вести наблюдения небесных тел в различных диапазонах электромагнитного излучения, в том числе и в невидимом диапазоне. Это радиотелескопы и радиоинтерферометры, а также инструменты, применяемые в рентгеновской астрономии, гамма-астрономии, инфракрасной астрономии.

Сегодня радиоастрономия использует самые чувствительные приемные устройства и самые большие антенны (рис. 19). Радиотелескопы проникли в такие глубины космоса, которые пока остаются недостижимыми для обычных оптических телескопов. Перед человеком раскрылся радиокосмос – картина Вселенной в радиоволнах.



Рис. 19. Радиотелескопы Very Large Array в штате Нью-Мексико, США

Астрономические инструменты для наблюдений устанавливают на астрономических обсерваториях. Для строительства обсерваторий выбирают места с хорошим астрономическим климатом, где достаточно велико

количество ночей с ясным небом, где атмосферные условия благоприятствуют получению хороших изображений небесных светил в телескопах.

Из-за поглощения земной атмосферой ультрафиолетовых и большей части длин волн инфракрасного излучения теряется огромное количество информации об объектах, являющихся источниками этих излучений.

В горах воздух чище, спокойнее, и поэтому условия для изучения Вселенной там более благоприятные. По этой причине еще с конца XIX в. все крупные астрономические обсерватории сооружались на вершинах гор или высоких плоскогорьях. В 1870 г. французский исследователь П. Жансен использовал для наблюдений Солнца воздушный шар. Такие наблюдения проводятся и в наше время. Следующим этапом заатмосферных наблюдений было создание орбитальных астрономических обсерваторий на искусственных спутниках Земли. Такими обсерваториями, в частности, являлись советские орбитальные станции «Салют». В настоящее время успешно эксплуатируется космический телескоп «Хаббл» (рис. 20).



Рис. 20. Телескоп-Хаббл

В скором будущем Хаббл предположительно заменит Космический телескоп имени Джеймса Уэбба, который получил своё название в 2002 году в честь второго руководителя НАСА. В данном телескопе планируются к использованию объективные призмы, называемые иногда гризмами: буква «Г» в названии от англ. *grating* («решётка»). Гризма – комбинация призмы и дифракционной решётки, которая пропускает свет, не смещая его спектр.

Как уже отмечалось, орбитальные астрономические обсерватории разных типов и назначений прочно вошли в практику современных исследований космического пространства.

Сегодня повысить проникающую силу телескопа удастся путем применения в наблюдениях телевизионной техники, а также фотоэлектронных умножителей.

Для наблюдений некоторых астрономических объектов разработаны специальные конструкции инструментов, такие как:

- солнечный телескоп: развитие солнечных телескопов или гелиографов начинается с 1924 года, когда была введена в эксплуатацию «Башня Эйнштейна»;
- коронограф: прибор для наблюдений солнечной короны, созданный в 1931 году французским оптиком-испытателем Бернаром Лео;
- кометоискатель и метеорный патруль: астрономические инструменты для фотофиксации метеоров, комет и связанных с ними оптических явлений, впервые установленные в 1938 году;
- спутниковая фотографическая камера (для фотографических наблюдений спутников) и многие другие.

Таким образом, астрономия, как и все другие науки, возникла из практических потребностей человека: посевные работы, война, рождение нового вождя. Это могли дать и давали наблюдения над движением небесных светил, которые велись вначале без всяких инструментов или с помощью простейших астрономических инструментов. Такие наблюдения были не очень точными, но вполне удовлетворяли практические нужды того времени. С развитием человеческого общества перед астрономией выдвигались все новые и новые задачи, для решения которых нужны всё более совершенные способы наблюдений и более точные методы расчетов, то есть можно сказать, что происходит качественный переход астрономических наблюдений от визуальных к инструментальным.

2.1 ПОДВИЖНАЯ КАРТА ЗВЕЗДНОГО НЕБА

ПОДВИЖНАЯ КАРТА ЗВЕЗДНОГО НЕБА

- Звезды
- + Двойные звезды
- Две близкие звезды
- Переменные звезды
- Звездные скопления

Солнце
Луна
Плутон
Уран
Нептун
Марс
Юпитер
Сатурн
Венера
Меркурий

Алиос Солнца
Туманности
Точка весеннего равноденствия
Точка осеннего равноденствия
Границы созвездий и их название

НАКЛАДНОЙ КРУГ К КАРТЕ ЗВЕЗДНОГО НЕБА

Широта
φ = 40°
30°
20°
10°
0°
-10°
-20°
-30°
-40°
-50°
-60°
-70°
-80°
-90°

Полночь
Утро
Вечер
Ночь

С помощью уже разработанных шаблонов можно изготовить такую карту самостоятельно для любой местности. Для этого необходимо лишь знать географическую широту города, из которого ведутся наблюдения. В соответствие с этой широтой в накладном круге вырезается овал, который в процессе работы будет показывать видимую часть неба для выбранной даты и времени. Этот овал обозначает линию горизонта. Для удобства на ней обозначены точки севера, юга, востока и запада. Соединив точки севера и юга можно получить линию небесного меридиана.

Теперь рассмотрим подробнее карту звездного неба. На ней точками обозначены наиболее яркие звезды. Размер точки характеризует степень яркости звезды. Чем жирнее точка, тем блеск звезды больше. Для удобства наблюдений альфа- и бета-звезды созвездий подписаны на этой карте. Пунктирными линиями обозначены контуры созвездий. Рядом с созвездиями подписаны их названия. Полярная звезда находится рядом с Северным полюсом мира, находящимся в самом центре карты.

Сетку экваториальных координат образуют пересекающиеся линии: прямое восхождение (прямые, обозначающие час от 0 до 24) и склонение (каждой окружности соответствует градус склонения). Для нахождения координаты звезды необходимо совместить склонение и прямое восхождение. На пересечении этих линий будет находиться искомый объект. Круг склонения, обозначающий 0 градусов – небесный экватор. Эта линия разделяет небесную сферу на северное и южное полушария.

На карте есть овал, смещенный относительно Северного полюса мира. Это линия движения Солнца по небесной сфере в течение года. Ее принято называть эклиптикой. Четыре точки на эклиптике имеют особое значение: точки весеннего и осеннего равноденствия, образованные при пересечении с небесным экватором и точки летнего и зимнего солнцестояния, дней, когда Солнце находится на максимальной и минимальной высотах над горизонтом. Эти дни приходятся на 20-22 июня и 20-22 декабря соответственно.

По краю карты нанесена шкала дат с названиями 12-ти месяцев года и календарными днями. По краю накладного круга нанесена шкала времени суток (24 часа). Каждый час в свою очередь разделен на 6 частей: на каждый промежуток приходится 10 минут. Чтобы получить видимую часть неба в заданное время, необходимо соединить части карты, совмещая дату и время. Область внутри линии горизонта покажет расположение светил в конкретную дату и время, доступное для наблюдателя. Остальная часть

накладного круга скроет небесные тела, оставшиеся под горизонтом в момент наблюдения.

На карте легко найти область зенита – точки небесной сферы, расположенной прямо над головой наблюдателя. Для этого необходимо изобразить на карте небесную параллель, склонение которой равно широте места наблюдения. Точка пересечения этой окружности с прямой, обозначающей небесный меридиан будет определять зенит в заданный день и время.

С помощью подвижной карты звездного неба можно определить примерное время восхода, захода и кульминаций светил в любой из дней года. Для фиксации момента восхода и захода света необходимо прокрутить подвижную часть карты до пересечения с линией горизонта на восточной и западной сторонах соответственно. Деление на шкале времени, находящееся напротив нужной даты укажет на время искомого явления. При определении кульминации фиксировать время нужно при пересечении с линией небесного меридиана.

Необходимо учесть, что восход (заход) светила может происходить в любой точке восточной (западной) половины линии горизонта, а не обязательно в токе востока (запада). Проведя измерения с разными звездами, можно заметить, что расположение точки восхода и захода светил зависит от их склонения. С возрастанием склонения в положительную сторону точка восхода и захода перемещается в сторону точки севера. Чем больше отрицательное склонение светила, тем ближе к точке юга оно восходит и заходит. А места восхода и захода звезд, расположенных в районе линии небесного экватора, находятся рядом с точками востока и запада.

Для любой географической широты есть звезды, которые никогда не будут заходить за горизонт. Они располагаются около Северного полюса мира и называются незаходящими. А звезды, расположенные рядом с Южным полюсом, являются невосходящими.

При изучении звезд с помощью подвижной карты можно зафиксировать две кульминации: нижнюю и верхнюю – максимально низкое и высокое положения светила над горизонтом. После восхода светило пересекает небесный меридиан в точке верхней кульминации, второе пересечение будет определять время нижней кульминации. Разница между этими явлениями примерно 12 часов, поэтому имея время одной из кульминаций можно определить время неизвестной с помощью суммы или разности.

Работая с картой можно определять явления, связанные не только со звездами, но с Луной, Солнцем, планетами. Так, например, можно определить время восхода и захода Солнца и с помощью этих данных рассчитать продолжительность светового дня. Чтобы найти положение Солнца на карте нужно соединить точку Северного полюса мира и штрих даты наблюдения. Точка пересечения полученной прямой с эклиптической – положение Солнца в исследуемый день года.

В следующих параграфах представлены лабораторные работы, которые помогут школьнику самостоятельно изготовить подвижную карту звездного неба, произвести необходимые дополнительные построения и изучить явления, наблюдаемые на небесной сфере.

2.2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1: «ЗНАКОМСТВО С ПОДВИЖНОЙ КАРТОЙ ЗВЕЗДНОГО НЕБА»

Цель работы: понять устройство подвижной карты звездного неба; научиться находить вид звездного неба в любое время суток любого из дней года; научиться находить звезды по их координатам.

Оборудование: карта звездного неба, накладной круг (Приложение 3), нитки, скотч, ножницы.

Ход работы

1. Вырезать накладной круг по линии времени и обрезать овал, соответствующий географической широте исследуемой местности (для города Пензы $\varphi=53^\circ$). Эта линия будет соответствовать линии горизонта.

2. Обозначить небесный меридиан, соединяя точки севера и юга с помощью скотча и нитки. Зенит расположен в области середины небесного меридиана.

3. Наложить вырезанный шаблон на карту звездного неба, совмещая час наблюдения, обозначенный на накладном круге, с числом нужного месяца, указанного на карте звездного неба. Внутри вырезанной фигуры – видимая часть неба.

4. Записать созвездия, которые находятся в западной части неба – от линии горизонта до точки, в центре карты – полюса мира.

5. Записать созвездия, которые находятся на юге видимой части неба – от линии горизонта до полюса мира.

6. Заполнить таблицу 1 степени видимости созвездий 10 марта в 5 часов вечера, отмечая знаком «+» ячейку, соответствующую расположению созвездия.

Таблица 1.

Название созвездия	Вблизи зенита	Вблизи горизонта	Вне видимой части неба
Возничий	+		
Лира		+	
Персей	+		
Весы			+
Рак		+	
Лебедь		+	
Дева			+
Змееносец			+

7. Найти α -звезды, перечисленные в таблице, сопоставив склонение с прямым восхождением (с помощью линейки), и определить в каком созвездии находится каждая из звезд.

Таблица 2.

№	Координаты		Название звезды	Название созвездия
	Прямое восхождение	Склонение		
1	19 ч. 50 м.	+08° 52'	Альтаир	<i>Орел¹</i>
2	06 ч. 45 м.	-16° 42'	Сириус	<i>Большой Пес</i>
3	18 ч. 36 м.	+38° 47'	Вега	<i>Лира</i>
4	05 ч. 16 м.	+45° 59'	Капелла	<i>Возничий</i>
5	04 ч. 35 м.	+16° 30'	Альдебаран	<i>Телец</i>

Орел¹ -здесь и далее предполагается, что данные обозначенные курсивом записывают обучающиеся в ходе выполнения лабораторной работы.

8. Сделать вывод о проделанной работе на уроке.

2.3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2: «ИССЛЕДОВАНИЕ ВОСХОДА И ЗАХОДА НЕБЕСНЫХ СВЕТИЛ»

Цель: исследовать зависимость места восхода светил от их склонения; определить направление движения созвездий; научиться определять время восхода и захода Солнца в любой день года.

Оборудование: подвижная карта звездного неба.

Ход работы

Положение звезд фиксировать для даты: 25 марта.

1. Найдите α -звезды перечисленные в таблице 1.
2. Определите время восхода и захода каждой звезды, совмещая ее положение с линией горизонта на востоке (западе). Точки пересечения

светила с линией горизонта отметьте карандашом с соответствующей подписью.

3. Зафиксируйте время нижней и верхней кульминации, вращая подвижную часть карты до пересечения светила с небесным меридианом.

4. Полученные данные занесите в таблицу 3:

Таблица 3.

Звезда	Координаты		Созвездие	Время восхода	Время захода	Верхняя кульминация	Нижняя кульминация
	α	σ					
Альтаир	19 ч. 50 м.	+08° 52'	<i>Орел</i>	01:00	14:15	7:45	<i>Не видим</i>
Сириус	06 ч. 45 м.	-16° 42'	<i>Большой Пес</i>	14:30	22:30	18:40	<i>Не видим</i>
Вега	18 ч. 36 м.	+38° 47'	<i>Лира</i>	-	-	17:50	6:30
Капелла	05 ч. 16 м.	+45° 59'	<i>Возничий</i>	-	-	4:50	17:20
Альдебаран	04 ч. 35 м.	+16° 30'	<i>Телец</i>	9:00	00:00	16:30	<i>Не видим</i>

5. Какие из звезд являются незаходящими?

6. Определите точку положения Солнца 15 декабря, установив подвижную карту звездного неба на 12 часов дня выбранной даты. Точка пересечения небесного меридиана с эклиптической будет определять положение Солнца в заданное время для нашей местности.

7. Зафиксируйте примерное время восхода и захода Солнца для следующих дат:

Дата	Восход	Заход	Продолжительность светового дня
15 декабря	8:30	15:30	7 ч.
15 марта	6:40	17:30	10ч.50м.
15 июня	3:30	20:20	16ч. 50м.
15 сентября	06:10	18:00	11ч.50м.

8. Рассчитайте продолжительность светового дня для каждой строки таблицы.

9. Сделайте вывод о:

- направлении движения светил;
- зависимости места восхода и захода звезд от их склонения;
- продолжительности светового дня в разное время года;
- условиях видимости кульминации звезд.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе написания данной работы была изучена и проанализирована литература по астрономии, ее истории и методам наблюдений.

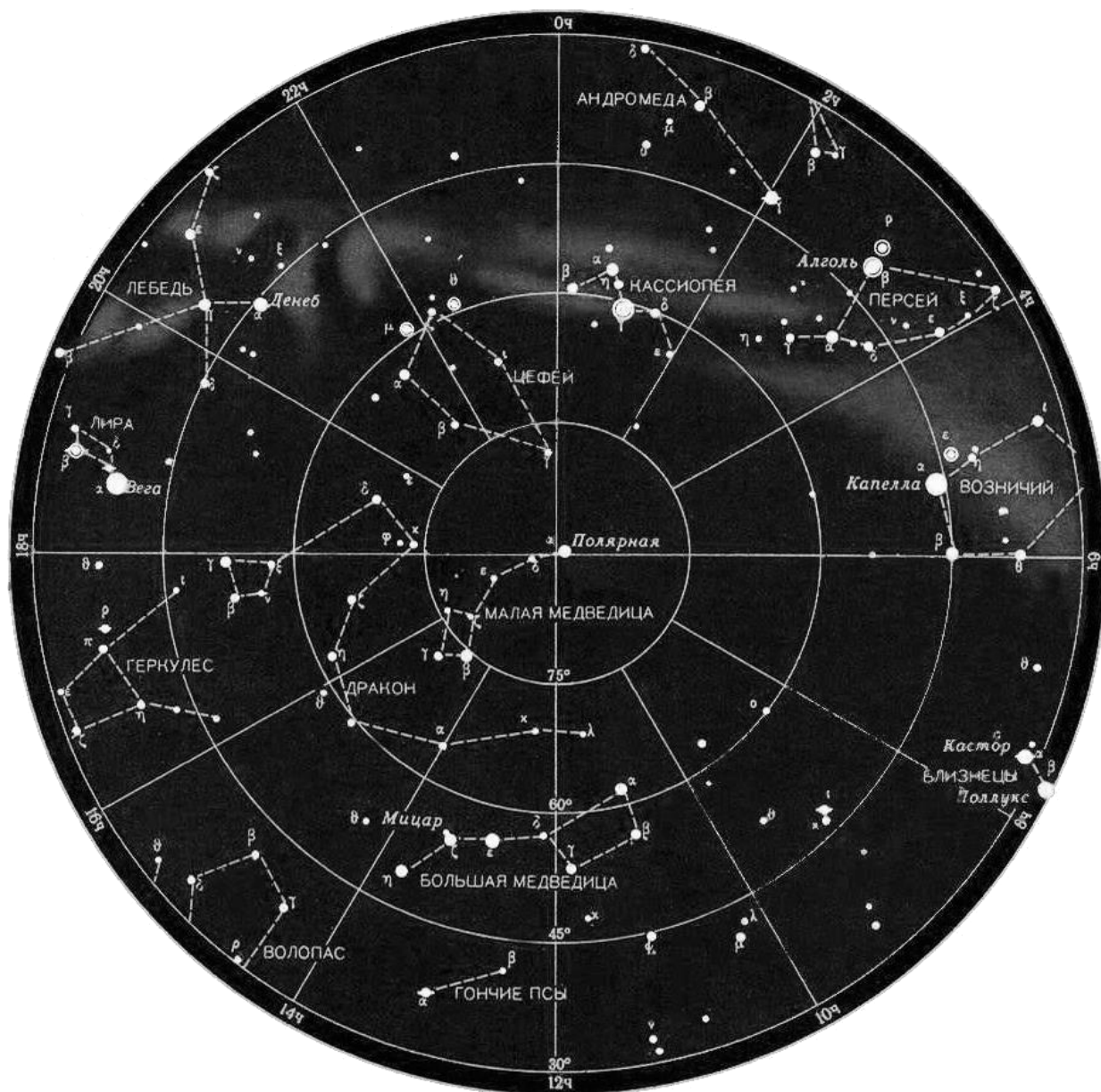
Основная цель бакалаврской работы была достигнута: раскрыто происхождение и развитие астрономических наблюдений, то есть, показан их генезис: от визуальных до инструментальных.

Исходя из цели, решены следующие задачи: обозначены практические основы астрономии, представлены существующие методы астрофизических исследований: изучены способы исследований в астрономической науке; показано строение и эволюция Вселенной; разработаны лабораторные работы для школьников.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полак, И.Ф. Курс общей астрономии / Проф. И.Ф. Полак. – Изд. 6-е, доп. – М. ; Л. : Гос. технико-теорет. изд-во, 1951. – 391 с.
2. Бакулин П.И., Кононович Э.В., Мороз В.И. Курс общей астрономии. - Издание 5-ое, переработанное. – М.: Наука, 1983. – 600 с.
3. Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия. 11 кл.: Учебник для общеобразоват. учеб. Заведений / Б.А. Воронцов-Вельяминов, Е.К. Страут. – 4-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2003. – 224 с.
4. Серов Л. В. Космологические модели Вселенной: теории и факты // Записки Горного института. 2002. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kosmologicheskie-modeli-vselennoy-teorii-i-fakty> (дата обращения: 04.02.2020)
5. URL: <https://postnauka.ru/faq/63504> (дата обращения: 11.02.2020)
6. Чечкин А.В., Иванчик А.В., Серебров А.П., Бобашев С.В. // Влияние времени жизни нейтрона на процессы, протекавшие в ранней Вселенной // Журнал технической физики, 2016, т. 86, № 7, с. 140-144.
7. Горбунов Д.С., Рубаков В.А. Вселенная в прошлом.// Введение в теорию ранней Вселенной: Теория горячего Большого взрыва. – Москва: ЛКИ, 2008. – 552 с.
8. URL: https://spravochnick.ru/astronomiya/istoriya_astronomii/ (дата обращения: 11.02.2020)
9. Замаровский В. Астрономия древних обществ. – Наука, 2002. – 334 с.
10. Берри А. Краткая история астрономии. – 2-е изд. – М.-Л.: Гостехиздат, 1946. – 363 с
11. Еремеева А.И., Цицин Ф.А. История астрономии (основные этапы развития астрономической картины мира). – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 334 с.
12. Паннекук А. История астрономии. – М.: Наука, 1966. – 590 с.
13. Чистяков В. Д. Рассказы об астрономах. – Минск: Вышэйшая школа, 1969. – 264 с.

Карта звездного неба. Созвездия северного неба



Генезис астрономических наблюдений: этапы и основные инструменты



ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Шаблон для лабораторных работ №1 и №2

