

Научно-исследовательская работа

Предмет: астрономия

**Угломерные инструменты прошлого и настоящего**

***Выполнил:***

***Небогатов Алексей Константинович***

*МАУДО ДПШ им. Крупской,*

*Россия, г. Челябинск*

***Папулова Наталика Владимировна,***

***Ачимов Алексей Юрьевич***

*педагоги дополнительного образования*

*высшей категории,*

*МАУДО ДПШ им. Крупской,*

*Россия, г. Челябинск*

## **Введение**

Как-то раз я читал энциклопедию по астрономии. Мне попала на глаза статья про обсерваторию Улугбека. Тогда я задался вопросом: как древние астрономы справлялись без современных приборов? Мне стало интересно, какие приборы тогда использовались и смогу ли я почувствовать себя древним астрономом, сделав такие же приборы и проведя наблюдения? Как это: сложно или легко? Я узнал, что и в современном мире существует множество угломерных приборов. И некоторые из них мало изменились с древних времен. Для чего же применялись и применяются угломерные инструменты и как проводить с их помощью наблюдения? Узнать это явилось **целью моей работы**. Для выполнения цели были поставлены следующие **задачи**:

- изучить историю создания угломерных инструментов;
- познакомиться с древними и современными способами измерения угловых расстояний;
- самому изготовить несколько таких инструментов и провести пробные измерения с их помощью;
- понять, как древние астрономы могли проводить измерения с такой высокой точностью.

**Актуальность** работы: исследование позволяет наблюдать хронологию изобретения угломеров с широким диапазоном применения. Работа способствует освоению современного способа измерения высоты светил над горизонтом и взаимного их расположения.

**Практическая значимость исследования:** изготовленные модели квадранта, астролябии и посоха Якова позволят провести сравнительный анализ результатов измерения высот светил с помощью различных приборов, древних и современных.

**Гипотеза:** возможность проведения точных измерений с помощью простых угломерных приборов.

**Объект исследования:** измерение угловых расстояний между небесными телами.

**Предмет исследования:** угломерные приборы древности.

## 1 История возникновения астрономических инструментов

С древних времен люди интересовались звездами и планетами. Они пытались понять, что, из себя представляет Космос и как он влияет на человеческую жизнь. Более 2000 лет назад такие страны, как Китай, Греция, Египет, Вавилон и др., славились своими астрономами и их исследованиями в области Космоса. Уже в древние времена у охотников, земледельцев, а особенно с освоением мореплавания возникла потребность изучать небо. Так во времена древних восточных государств (Шумер, Ассирия, Вавилон, Египет) возникают принципы систематизации небесных объектов. Возникают идеи эклиптики. Она разбивается на 12 частей. Формируются созвездия и даются им названия. Повсюду строятся пригоризонтные обсерватории. Их называли еще дневными астрономическими обсерваториями Солнца и полной Луны. Они не были оборудованы сложными приборами, которых тогда просто не существовало, однако на них, тем не менее, производились очень точные наблюдения; высокая точность была отличительной чертой такого рода сооружений. Что такое пригоризонтная обсерватория хорошо описал астроархеолог Константин Константинович Быструшкин: «Чтобы пригоризонтная обсерватория в принципе могла служить инструментом астрономических наблюдений, для которых она была создана, ей нужно иметь три составных элемента: рабочее место наблюдателя (РМН), ближний визир (БВ) и дальний визир (ДВ)». Примером пригоризонтных обсерваторий на территории нашей страны можно считать Аркаим (Челябинская область), Вороний камень (Мурманск) (Рисунок А.1).

Однако морякам такой инструмент был бесполезен. Потому появляются ручные астрономические инструменты. Из истории известно, что во втором тысячелетии до н.э. народы моря напали на Египет. Народы моря - это пеласги, лелеги, этруски и другие народы, которые относились к индоевропейцам ариям. То есть наши родственники-предки. Они свободно ходили по Средиземному и Чёрному морям. И их умение ориентироваться, в том числе и по Солнцу и звёздам, перешло к грекам. Те, в свою очередь, изучив наследие своих предков-астрономов, систематизировали и усовершенствовали полученные знания. Всё это привело к тому, что стали появляться первые астрономические инструменты или приборы: гномон, армиллярная сфера, астролябия, квадрант, октант, секстант, хронометр...

## 2 Описание древних астрономических приборов

### 2.1 Гномон

Самый древний из астрономических угломерных инструментов - **гномон** (Рисунок А.2). Гномон (др.-греч. – указатель) – вертикальный предмет (стела, колонна, шест), позволяющий по наименьшей длине его тени (в полдень) определить угловую высоту Солнца. В простейшем варианте он представлял собой вертикальный стержень, отбрасывающий тень на горизонтальную плоскость. Древние астрономы использовали гномоны для измерения полуденной высоты Солнца в различные дни года, а главное в дни солнцестояний, когда эта высота достигает экстремальных значений. Таким образом, несмотря на простоту, **гномон** позволял измерять очень важные в астрономии величины. Эти измерения были тем точнее, чем крупнее был гномон и чем, следовательно, длиннее (при прочих равных

условиях) отбрасываемая им тень. Так как конец тени, отбрасываемой гномом, не бывает резко очерчен (из-за полутени), то на некоторых древних гномонах сверху укрепляли вертикальную пластинку с маленьким круглым отверстием. Солнечные лучи, пройдя сквозь это отверстие, создавали четкий солнечный блик на горизонтальной плоскости, от которого измеряли расстояние до основания гномона.

Еще за тысячу лет до нашей эры в Египте был построен **гномон** в виде обелиска высотой в 117 римских футов. В царствование императора Августа гномон перевезли в Рим, установили на Марсовом поле и определяли с его помощью момент полдня. На Пекинской обсерватории в XIII веке н. э. был установлен гномон высотой 13 м, а знаменитый узбекский астроном Улугбек (XV век) пользовался гномом, по некоторым сведениям, высотой 55 м. Самый же высокий гномон работал в XV веке на куполе Флорентийского собора. Вместе со зданием собора его высота достигала 90 м!

## 2.2 Посох Якова

К числу древнейших угломерных инструментов принадлежит астрономический посох или **Посох Якова**. (Рисунок А.3) Этот поперечный жезл — один из первых инструментов для астрономических наблюдений, служащий для измерения углов. Используется в астрономии, навигации и геодезии. Свое название получил, по мнению некоторых из писателей эпохи его употребления, от библейского патриарха Иакова, бывшего его первым изобретателем. Посох Якова появился в 1300-х годах. Первоначально он состоял из одной рейки и использовался для астрономических измерений. В оригинальном виде посох Якова имеет основную рейку со шкалой по всей длине. Поперечная рейка, (также называемая ригелем или поперечиной), скользит вверх и вниз по основной рейке. На старых инструментах концы поперечины просто обрезались. Более новые инструменты имели латунные фитинги на концах с отверстиями для наблюдения. Чтобы измерять углы в разных диапазонах величин, нужно было иметь несколько ригелей разной длины. Самым распространённым случаем были инструменты с тремя ригелями. В более поздних изделиях вместо сменных ригелей стали использовать один с колышком для обозначения конца ригеля. Эти колышки устанавливались в одном из нескольких пар отверстий, расположенных симметрично по обе стороны ригеля. Это дало те же возможности по измерению с меньшим количеством деталей.

Вдоль градуированной линейки перемещалась подвижная рейка, на концах которой иногда укрепляли небольшие стержни — визиры. В некоторых случаях визир с отверстием был и на том конце линейки, к которому наблюдатель прикладывал свой глаз. По положению подвижной рейки относительно глаза наблюдателя можно было судить о высоте светила над горизонтом, или об угле между направлениями на две звезды. В наше время название «посох Якова» применяется в основном применительно к инструменту для геодезии.

## 2.3 Квадрант

Однако, астрономический посох не мог обеспечить высокую точность измерений, и потому ему нередко предпочитали **квадранты** (Рисунок А.4). Квадрант (лат. – сделать четырёхугольным) – астрономический инструмент, для определения высот светил. Стенной квадрант был одним из важнейших

наблюдательных инструментов дооптической астрономии. Самый простой квадрант представлял собой плоскую доску в форме четверти градуированного круга. Около центра этого круга вращалась подвижная линейка с двумя диоптрами (иногда линейку заменяли трубкой). Если плоскость квадранта вертикальна, то по положению трубы или визирной линейки, направленной на светило, легко можно было измерить высоту светила над горизонтом. В тех случаях, когда вместо четверти круга использовали его шестую часть, инструмент назывался **секстантом** (Рисунок А.5), а если восьмую часть — **октантом** (Рисунок А.6). Шкала октанта составляет  $1/8$  часть окружности. Октант применялся в мореходной астрономии, практически вышел из употребления. Секстант — навигационный измерительный инструмент, используемый для измерения высоты светила над горизонтом, с целью определения географических координат той местности, в которой производится измерение. Квадрант, октант и секстант отличаются только долей окружности. В остальном это один и тот же прибор. Современный секстант имеет оптический визир. Чем крупнее был **квадрант или секстант**, чем точнее была его градуировка и установка в вертикальной плоскости, тем более точные измерения с ним можно было выполнять. Для обеспечения устойчивости и прочности крупные квадранты укрепляли на вертикальных стенах. Такие стенные квадранты еще в XVIII веке считались лучшими угломерными инструментами. К концу средневековья квадранты достигли высокой степени совершенства.

Часто древним астрономам приходилось измерять не высоты светил, а углы между направлениями на два светила (например, на планету и какую-нибудь из звезд). Для этой цели весьма удобен был универсальный квадрант (Рисунок А.7). Этот инструмент был снабжен двумя трубками — диоптрами, из которых одна (AC) неподвижно скреплялась с дугой квадранта, а вторая (BC) вращалась вокруг его центра. Главная же особенность универсального квадранта — его штатив, с помощью которого квадрант можно было фиксировать в любом положении. При измерениях углового расстояния от звезды до планеты неподвижный диоптр направлялся на звезду, а подвижный — на планету. Отсчет по шкале квадранта давал искомый угол.

## 2.4 Астролябья

К тому же типу инструментов, что и квадрант, относится астролябья или астрономическое кольцо. Разделенный на градусы металлический круг подвешивается к какой-нибудь опоре за кольцо. В центре астролябии укреплена алидада — вращающаяся линейка с двумя диоптрами. По положению алидады, направленной на светило, легко отсчитывается его угловая высота.

**Астролябья** — угломерный снаряд, употребляющийся для астрономических и геодезических наблюдений. Астролябья применялась Гиппархом для определения долгот и широт звезд. Она состоит из кольца, которое устанавливалось в плоскости эклиптики, и перпендикулярного к нему кольца, на котором отсчитывалась широта наблюдаемого светила, после того как на него были наведены диоптры инструмента. По горизонтальному кругу отсчитывалась разность долгот между данным светилом и каким-нибудь другим. В более позднее время астролябья была упрощена, в ней был оставлен только один круг, посредством которого мореплаватели отсчитывали высоту звезд над горизонтом. Круг этот

подвешивался на кольце в вертикальной плоскости, и посредством алидады, снабженной диоптрами, наблюдались звезды, высота которых отсчитывалась на лимбе, к которому впоследствии приделывался нониус. Позднее вместо диоптра стали употреблять зрительные трубы, и, постепенно совершенствуясь, астролябия перешла в новый тип инструмента — теодолит, который и употребляется теперь во всех тех случаях, когда требуется некоторая точность измерений. Наивысшего пика своей популярности в Европе астролябия достигла в эпоху Возрождения. В XV—XVI столетиях она, наряду с армиллярной сферой, была одним из основных инструментов астрономического образования. Знание астрономии в то время считалось основой образования, а умение пользоваться астролябией было делом престижа и знаком образованности.

Европейские мастера, подобно своим предшественникам арабам, уделяли большое внимание художественному оформлению астролябии. Таким образом, астролябия стала предметом моды и коллекционирования при королевских дворах. В XVI веке астролябии стали делать по собственным расчётам, чтобы иметь возможность применять в европейских широтах.

Одним из лучших изготовителей инструментов XVI века считался фламандский мастер Гуалтерус Арсениус. Его астролябии отличались точностью и изяществом форм, поэтому они имели спрос у знатных особ того времени. Одна из таких астролябий, которая была изготовлена Арсениусом в 1568 году и принадлежала в то время австрийскому полководцу Альбрехту фон Валленштейну, находится ныне в Музее М. В. Ломоносова.

Современным потомком астролябии, как инструмента, является планисфера — это подвижная карта звёздного неба, которая используется в учебных целях. В землемерном искусстве астролябия еще продолжает применяться, где при достаточно тщательной градуировке она позволяет измерять углы с точностью до минут дуги.

### 2.5 Армиллярная сфера

Широкое распространение в древней астрономии получили **армиллярные сферы, или армиллы** (рисунок А.8). **Армиллярная сфера** есть собрание кругов, изображающих важнейшие дуги небесной сферы. Она имеет целью изобразить относительное положение экватора, эклиптики, горизонта и других кругов.

По существу, это были модели небесной сферы с ее важнейшими точками и кругами — полюсами и осью мира, меридианом, горизонтом, небесным экватором и эклиптической. Нередко армиллы дополнялись малыми кругами — небесными параллелями и другими деталями. Почти все круги были градуированы, и сама сфера могла вращаться вокруг оси мира. В ряде случаев делался подвижным и меридиан — наклон оси мира можно было менять в соответствии с географической широтой места. Из всех древних астрономических инструментов армиллы оказались самыми живучими. Эти модели небесной сферы и сейчас можно купить в магазинах наглядных пособий, и они используются на учебных занятиях по астрономии для решения различных задач. Так же применяли небольшие армиллы и древние астрономы. Что же касается крупных армилл, то они были приспособлены для угловых измерений на небе.

Армилла прежде всего жестко ориентировалась так, чтобы ее горизонт лежал в горизонтальной плоскости, а меридиан — в плоскости небесного меридиана. При наблюдениях с армиллярной сферой глаз наблюдателя совмещали с ее центром. На оси мира укрепляли подвижной круг склонения с диоптрами и в те моменты, когда сквозь эти диоптры была видна звезда, отсчитывали по делениям кругов армиллы координаты звезды — ее часовой угол и склонение. При некоторых дополнительных устройствах с помощью армилл удавалось измерять непосредственно и прямые восхождения звезд.

### 2.6 Трикветрум

Древние греческие астрономы пользовались **трикветрумом**, состоящим из трех соединенных вместе линеек (Рисунок А.9). К вертикальной неподвижной линейке  $AB$  на шарнирах прикреплены линейки  $BC$  и  $AC$ . На первой из них укреплены два визира или диоптра  $m$  и  $n$ . Наблюдатель направляет линейку  $BC$  на звезду так, чтобы звезда одновременно была видна сквозь оба диоптра. Затем, удерживая линейку  $BC$  в этом положении, к ней прикладывают линейку  $AC$  таким образом, чтобы расстояния  $BA$  и  $BC$  были равны между собой. Это было легко сделать, так как на всех трех линейках, составляющий трикветр, имелись деления одинаковой шкалы. Измерив по этой шкале длину хорды  $AC$ , наблюдатель затем по специальным таблицам находил угол  $ABC$ , то есть зенитное расстояние звезды.

## 3 Современные угловые инструменты

Сегодня в современной астрономии используются совершенные научные приборы, которые помогают исследовать объекты вне Солнечной системы. Но многие астрономические задачи до сих пор решаются с помощью угломерных инструментов. И некоторые приборы мало изменились с древних времен. Если раньше угломерные инструменты позволяли опознавать и регистрировать относительно точные данные о положении нескольких сотен звезд, то современные исследования позволяют зарегистрировать сотни тысяч звезд. В современных угломерных инструментах роль визира играют зрительная труба или телескоп. Одним из переносных угловых инструментов является **универсал** (Рисунок Б.1). С помощью него производят измерение горизонтальных координат небесного тела. Угломерные инструменты используются не только в астрономии. В лесном хозяйстве приходится часто решать задачи построения плана местности. Сегодня основным угломерным инструментом у лесоводов является буссоль (Рисунок Б.2). **Буссоль** (франц. *boussole*) – геодезический инструмент для измерений горизонтальных углов между магнитным меридианом и направлением на какой-либо предмет. Ни одно строительство не обходится без применения геодезической техники. Самым распространенным прибором на строительной площадке является теодолит. (Рисунок Б.3) **Теодолит** предназначен для измерения горизонтальных и вертикальных углов с определением расстояния по оптическому дальномеру. В мореходстве используют морской секстант (Рисунок Б.4) - прибор для измерения углов с целью определить координаты места наблюдателя. Таким образом, современные угломерные инструменты достаточно схожи с приборами ученых Эпохи Возрождения, отличаются они лишь более совершенным устройством, хотя в большинстве своем, их

принцип действия очень схож с более ранними приборами. Во все времена, людям хотелось знать высоту светил.

#### **4 Изготовление астрономических инструментов (практическая часть)**

Для изготовления посоха (Рисунок В.1) я взял две деревянные рейки длиной 90 и 28 см, шириной 4 см и толщиной 0,8 см. На короткой рейке, с помощью нескольких планок, сделали прямоугольное отверстие. Через это отверстие в короткую рейку вставляется длинная рейка и, таким образом, короткая рейка свободно перемещается вдоль длинной. На длинную рейку я наклеил полоску белой бумаги с нанесенной на нее шкалой в градусах. На короткой рейке, на равном расстоянии друг от друга установлены 3 визира, сделанные из гвоздиков. Чтобы избежать возможных травм, края визиров скруглены. Если угол между наблюдаемыми объектами больше 90 градусов, для измерения его величины используются крайние визиры, которые совмещаются с этими объектами.

Для определения углов малой величины (до 90 градусов) используются средний визир и один из крайних. С одного торца длинной рейки прикреплен планка с отверстием-окуляром, через который ведется наблюдение за объектами. Диаметр отверстия 2.5 см.

Квадрант: пошаговая сборка. Готовую выкройку квадранта я взял из интернета (Рисунок В.2). На компьютере я увеличил эту выкройку, а в типографии распечатал ее в формате А3 на самоклеющейся плёнке. Основу будущего инструмента я выпилил из ДВП и сверху обклеил готовой выкройкой. Окуляр изготовлен в виде трубки из плотной бумаги и прикреплен на верхнюю сторону модели квадранта. В углу квадранта сделано отверстие, в котором с помощью винта и гайки закреплена леска с грузом, выполняющая роль отвеса для определения угла возвышения объекта наблюдения над горизонтом (Рисунок В.3).

Астролябия: пошаговая сборка. Астролябия была выполнена по тому же принципу и в той же технике, что и квадрант. Основа астролябии выпилена из ДВП и обтянута самоклеющейся пленкой с нанесенной на нее шкалой астролябии (Рисунок В.4). В центре астролябии я сделал отверстие и с помощью винта и гайки закрепил на ней подвижную деталь – алидаду, с отверстиями на противоположных концах для наблюдения, и отверстием для определения величины угла по шкале (Рисунок В.5).

#### **5 Наблюдения с помощью изготовленных инструментов**

Я решил измерять высоту над горизонтом двух объектов: планеты Юпитер и звезды из созвездия Орион - Бетельгейзе. Выбор пал на эти объекты из-за их хорошей видимости в течение зимнего сезона. Наблюдения начал в конце января и завершил в середине марта. Время наблюдений – 23.00. Довольно часто мешала плохая погода. Измерения проводил с помощью двух приборов: квадранта и астролябии. В наблюдаемый период угловая высота Юпитера неуклонно росла с небольшими погрешностями. А высота Бетельгейзе, наоборот, уменьшалась. Результаты измерений по двум приборам отличались незначительно. Насколько же точны были приборы



средневековых астрономов? Мне захотелось сравнить их с истинным положением, полученным с помощью современных приборов. Понаблюдать с помощью теодолита пока не удалось. Надеюсь, это случится осенью. Тогда мне пришла идея сравнить полученные мною экспериментальные данные с данными, полученными с помощью программы STELLARIUM (виртуальный планетарий, отображающий реалистичное небо в 3D таким, каким Вы видите его невооружённым глазом). Поскольку я измерял высоту объектов, отсчитывая от горизонта, пришлось ставить азимутальную сетку, по которой удалось определить градусную величину измеряемого параметра. Результаты удовлетворительные (см. таблицу). Если сделать инструменты по размерам больше, то можно получить и более точные данные.

№ п/п	Дата (число, месяц).	Время (ч:мин)	Наименование исследуемого объекта	Высота, градус		
				квадрант	астролябия	программа Стеллариум
1.	24.01.2016	23 : 00	Юпитер	10	12	10
2.	24.01	23 : 00	Бетельгейзе	44	43	42
3.	26.01	23 : 00	облачно			
4.	28.01	23 : 00	Юпитер	14	16	11
5.	28.01	23 : 00	Бетельгейзе	43	42	42
6.	30.01	23 : 00	снег			
7.	31.01	23 : 00	Юпитер	18	14	15
8.	31.01	23 : 00	Бетельгейзе	43	41	41
9.	02.02	23 : 30	Юпитер	20	18	17
10.	02.02	23 : 30	Бетельгейзе	40	41	39
11.	04.02	23 : 00	облачно			
12.	06.02	23 : 00	Юпитер	20	24	19
13.	06.02	23 : 00	Бетельгейзе	39	41	40
14.	08.02	23 : 00	Юпитер	22	24	20
15.	08.02	23 : 00	Бетельгейзе	40	39	39
16.	10.02	23 : 00	Юпитер	23	25	18
17.	10.02	23 : 00	облачно			
18.	11.02	23 : 00	Юпитер	23	24	19
19.	11.02	23 : 00	Бетельгейзе	38	40	38
20.	12.02	23 : 30	Юпитер	25	21	20
21.	12.02	23 : 30	Бетельгейзе	38	38	38

22.	13.02	23 : 00	Юпитер	24	24	21
23.	13.02	23 : 00	Бетельгейзе	38	38	37
24.	14.02	23 : 00	снег			
25.	16.02	23 : 00	Юпитер	21	23	23
26.	16.02	23 : 00	Бетельгейзе	37	39	37
27.	18.02	23 : 00	снег			
28.	20.02	23 : 30	Юпитер	26	28	26
29.	20.02	23 : 30	Бетельгейзе	36	36	35
30.	22.02	23 : 30	Юпитер	28	27	27
31.	22.02	23 : 30	Бетельгейзе	33	31	31
32.	26.02	23 : 00	Юпитер	30	31	29
33.	26.02	23 : 00	Бетельгейзе	33	33	33
34.	27.02	23 : 00	облачно			
35.	29.02	23 : 00	Юпитер	31	35	31
36.	29.02	23 : 00	Бетельгейзе	33	35	32
37.	02.03	23 : 00	облачно			
38.	04.03	23 : 00	Юпитер	32	32	32
39.	04.03	23 : 00	Бетельгейзе	32	30	30
40.	05.03	23 : 00	Юпитер	34	35	34
41.	05.03	23 : 00	Бетельгейзе	28	30	30
42.	06.03	23 : 00	снег			
43.	08.03	23 : 00	Юпитер	35	35	35
44.	08.03	23 : 00	Бетельгейзе	28	29	28
45.	10.03	23 : 00	облачно			
46.	12.03	23 : 30	Юпитер	39	41	37
47.	12.03	23 : 30	Бетельгейзе	25	26	26
48.	10. 04	23 : 00	Юпитер	24	26	25
49.	21.11.2017	23 : 00	Бетельгейзе	24	25	24
50.	25.11	23 : 00	Бетельгейзе	23	24	25
51.	27.11	23 : 00	Бетельгейзе	30	32	29
52.	23.12	23 : 00	Бетельгейзе	39	40	38
53.	26. 01.2018	23:00	Бетельгейзе	41	40	40
54.	25. 02	23 : 00	Бетельгейзе	33	32	31
55.	27. 03	23 : 00	Бетельгейзе	18	17	19

56.	11. 04	23 : 00	Бетельгейзе	10	12	11
57.	11. 04	23 : 00	Юпитер	6	7	6

С помощью посоха Якова я попытался определить угловое расстояние между Юпитером и Бетельгейзе. Наблюдения проводились раз-два в месяц. Чаще не имело смысла, так как изменения были ничтожные. Наблюдения прекратил в конце апреля, так как в указанное время Бетельгейзе почти заходила за горизонт. За этот период выявил, что расстояние между объектами изменялось (см. таблицу). То есть, это доказывает, что планета Юпитер движется на фоне звезд. Не зря в переводе слово «планета» означает «блуждающая». Звезды с течением времени сохраняют взаимное видимое положение друг относительно друга, поэтому из них и складываются созвездия (это справедливо для «небольших» временных отрезков до тысячи лет).

№ п/п	Дата, ч. М. г.	Время, ч : мин	расстояние, градус
1.	31.01.2016	23 : 00	85
2.	11.02.2016	23 : 00	84
3.	04.03.2016	23 : 00	82
4.	01.04.2016	23 : 00	79
5.	16.04.2016	23 : 00	77
6.	10.04.2017	23 : 00	75
7.	27.11.2017	6 : 20	71
8.	26.01.2018	23: 00	121
9.	25.02.2018	23 : 00	96
10.	27.03.2018	23 : 00	56
11.	11.04.2018	23 : 00	32

### Заключение

Таким образом, с помощью трех сделанных приборов я с декабря месяца проводил наблюдения за Юпитером и Бетельгейзе, определяя их высоту над горизонтом и взаимное угловое расстояние. Полученные данные мы сравнивали с данными компьютерной программы «Стеллариум». Результаты сравнений показали достаточно высокую точность измерений, полученных с помощью изготовленных самостоятельно астрономических приборов.

Я планирую повторить наблюдения, но так как было мало ясных дней, не удалось получить данные наблюдений в полной мере. Сейчас я использую угломерные инструменты для наблюдений на астрономических выездах. Впереди еще много таких, и я надеюсь осуществить все свои планы.

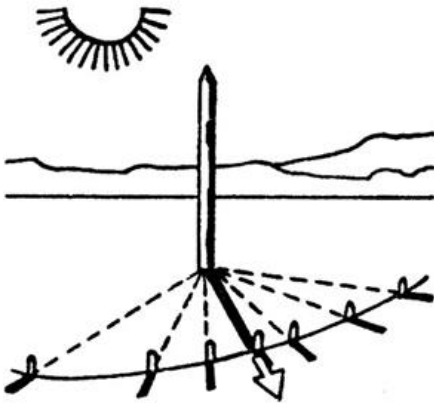
### Список используемой литературы

1. Астрономические инструменты [электронный ресурс]:  
<http://grigam.narod.ru/planet/instrum/instrum.htm>
2. Авторский сайт Быструшкина Константина Константиновича [электронный ресурс]:<http://www.seredinamira.ru/>
3. Как ориентироваться по звездам [электронный ресурс]:<http://lx-plus.ru/kak-orientirovatsya-po-zvezdam/>
4. Соколов Б.В. ВОЙНА ЕГИПТА С «НАРОДАМИ МОРЯ» [электронный ресурс]: <http://bibliotekar.ru/encW/100/3.htm>
5. Возникновение и основные этапы развития астрономии.[электронный ресурс]: <http://www.bibliotekar.ru/astronomia/3.htm>
6. Солнце отсчитывает время днем [электронный ресурс]:  
<http://www.astro-cabinet.ru/library/zvdr/zvezdochety-drevnosti32.htm>
7. Начала астрономии. Гномон - астрономический инструмент [электронный ресурс]: <http://www.astrogalaxy.ru/489.html>
8. Угломерные инструменты. [электронный ресурс]:<http://www.astro-cabinet.ru/library/astnab/astronomi-nabludayut2.htm>
9. Посох Якова. [электронный ресурс]:<http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1102991>
10. Посох Якова. [электронный ресурс]:[https://ru.wikipedia.org/wiki/Посох\\_Якова](https://ru.wikipedia.org/wiki/Посох_Якова)
11. Квадрант. [электронный ресурс]: <http://enc-dic.com/astronomy/Kvadrant-380.html>
12. Секстан и его устройство. [электронный ресурс]:  
<http://seaspirit.ru/navigator/navigation/sektan.html>
13. Астролябия – чудесный компьютер древности. [электронный ресурс]:<http://lifeglobe.net/entry/1845>
14. Астролябия.Секреты и история древнего изобретения. [электронный ресурс]:<http://alldayplus.ru/society/science/5828-astrolyabiya-sekrety-i-istoriya-drevnego-izobreteniya.html>
15. Армилярная сфера. [электронный ресурс]:  
<http://www.astronet.ru/db/msg/1172862>
16. Астрономический словарь. Трикетрум. [электронный ресурс]:  
<http://dic.academic.ru/dic.nsf/astro/2105>
17. Угломерные астрономические инструменты [электронный ресурс]:<http://www.vehi.net/brokgauz/all/103/103921.shtml>
18. Буссоль- точный компас. [электронный ресурс]: <http://b2b-geodezia.ru/lib/spravochnik/124640>

## Приложение А Инструменты древности



Рисунок А.1 Пригоризонтные обсерватории



ГНОМОН

Рисунок А.2 Гномон

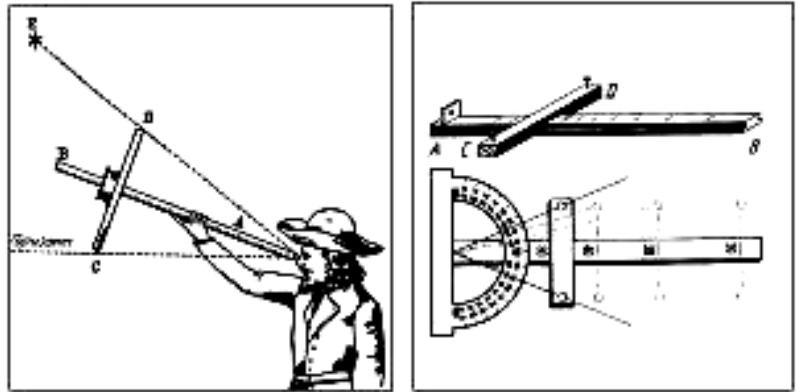


Рисунок А. 3 Посоx Якова

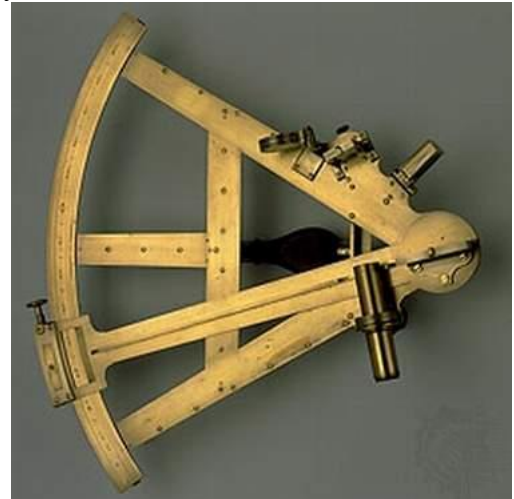
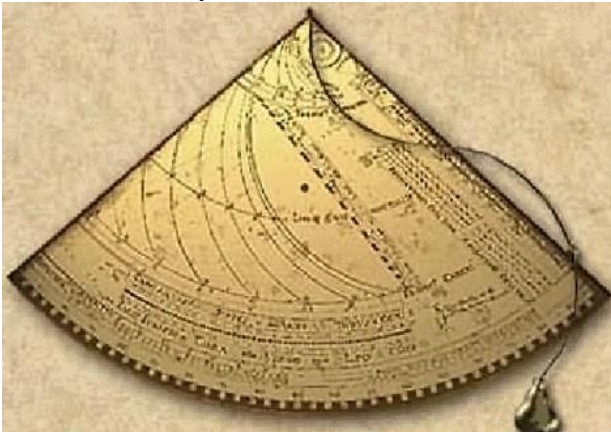


Рисунок А. 4 Квадрант



Рисунок А.6 Октант

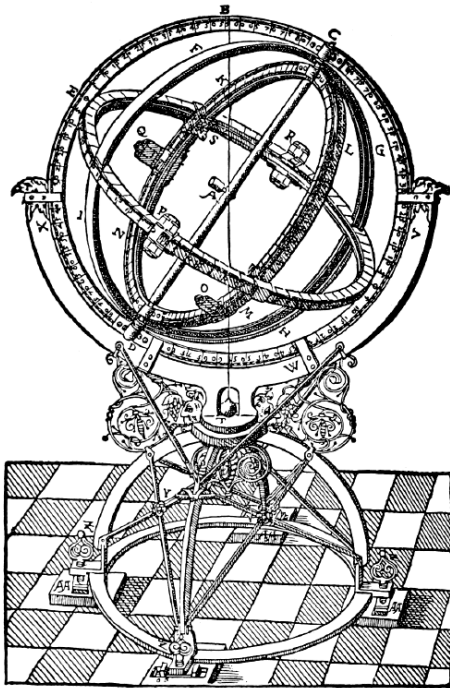


Рисунок А. 8 Армилярная сфера

Рисунок А.5 Секстант

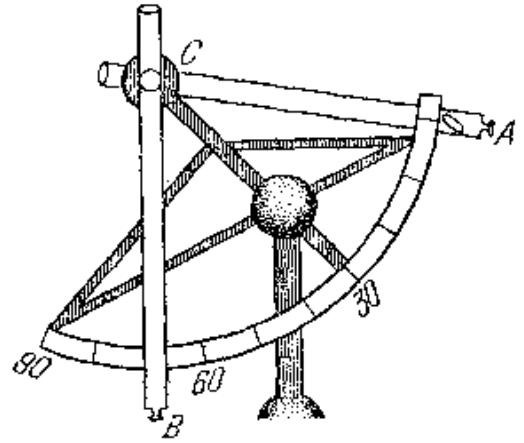


Рисунок А.7 Универсальный квадрант

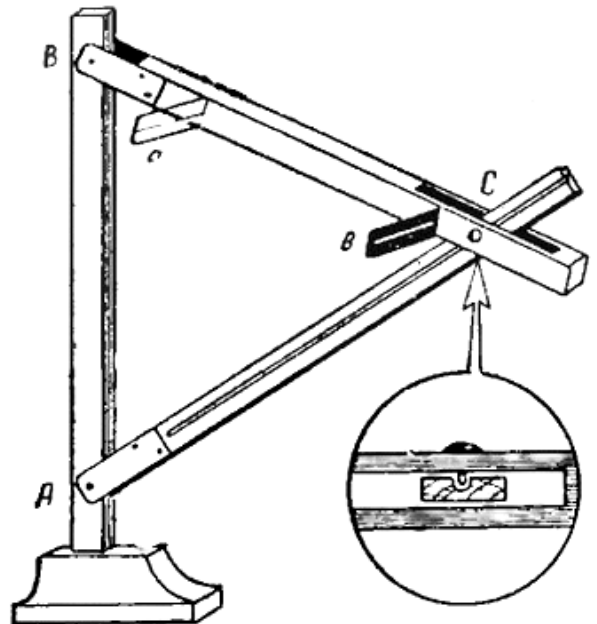


Рисунок А. 9 Трикветрум

## Приложение Б Современные угловые инструменты

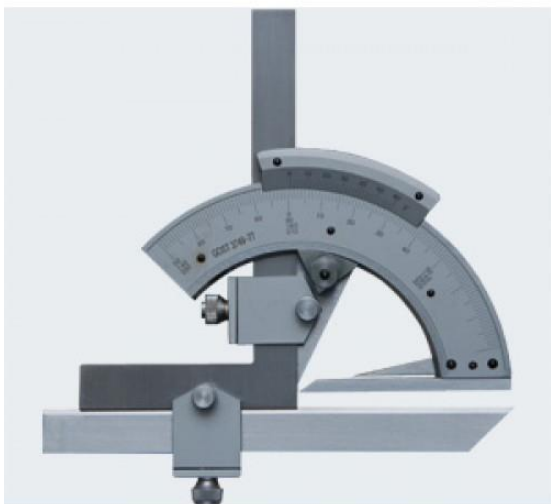


Рисунок Б. 1  
Угловой инструмент универсальный



Рисунок Б.2 Бусоль



Рисунок Б. 3 Теодолит



Рисунок Б.4 Морской секстант





## Приложение В

Рисунок В.1 Посох собственной сборки



Рисунок В.2 Выкройка квадранта

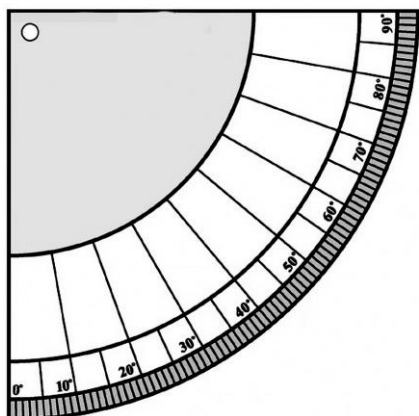


Рисунок В.3 Мой квадрант

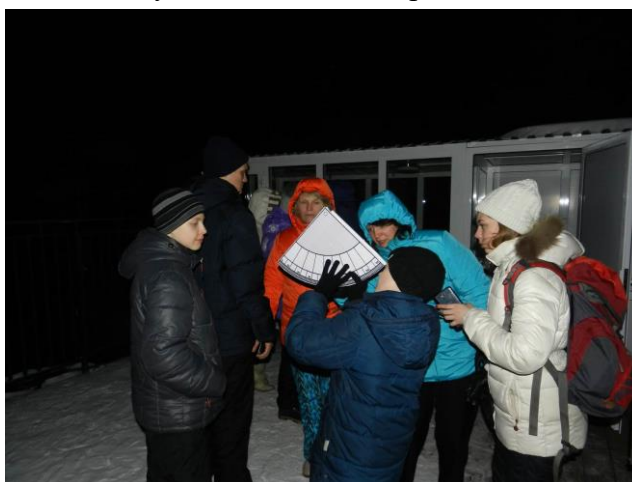


Рисунок В.4 Выкройка астролябии.

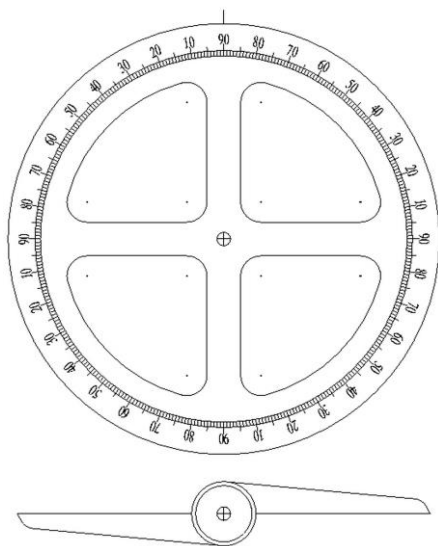


Рисунок В.5 Моя астролябия

