

2. Начальный этап развития астрономии

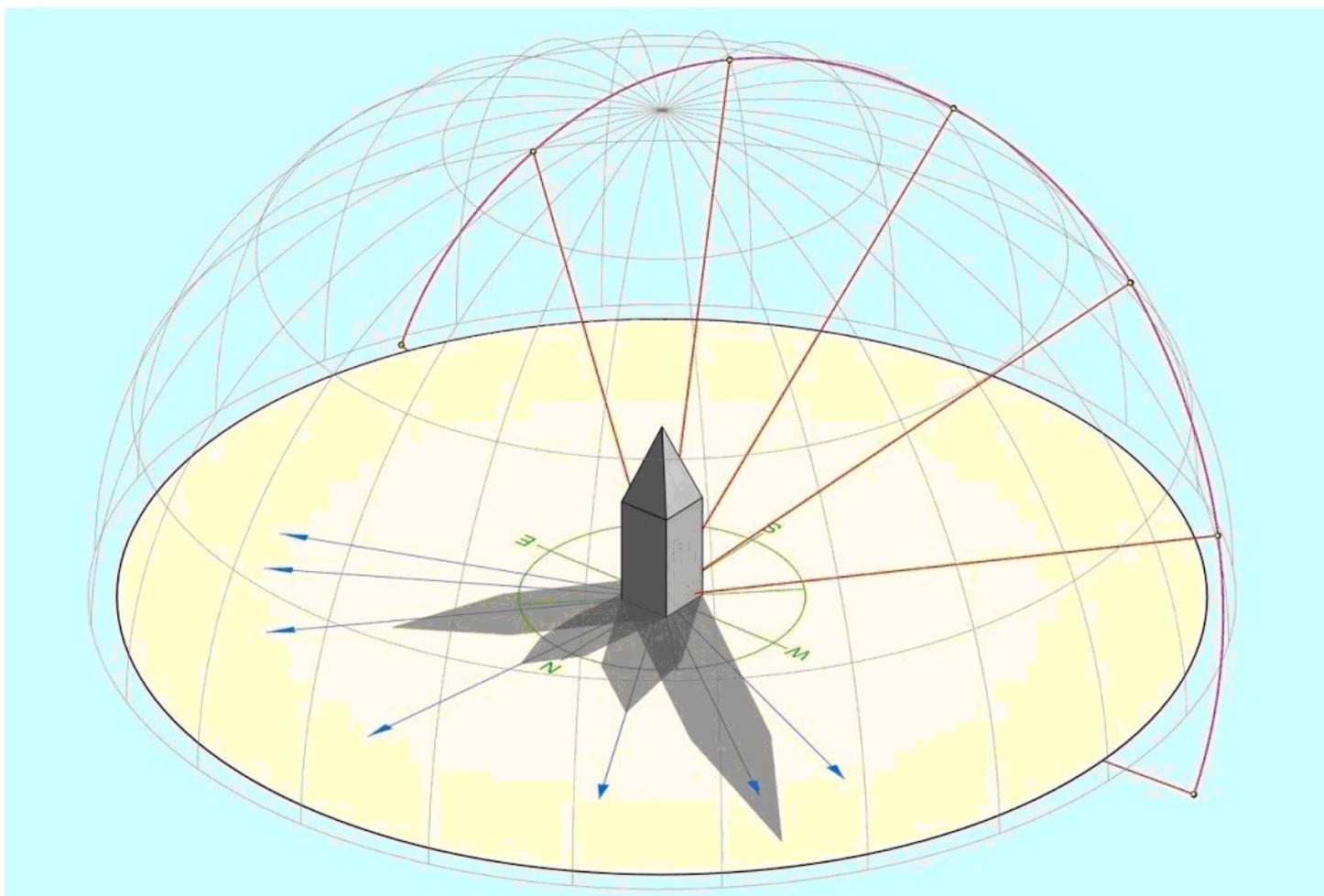
Астрономия принадлежит к числу самых древних наук; начало ее теряется во мраке времен. Когда же она возникла? – С того дня, когда человек, созерцая звезды, научился мало-помалу распознавать их сочетания, в которых они представляются нам на небе; с того дня, когда люди, видевшие каждое утро восход Солнца и каждый вечер закат его, попытались дать себе отчет в том, что происходит пред их глазами. На первых порах предстояло решить более простую задачу – подметить цикличность в небесных явлениях и по этим небесным циклам создать первые календари.

По-видимому, первыми это сделали египетские жрецы, когда примерно за 6000 лет до наших дней они подметили, что предутреннее появление Сириуса в лучах зари совпадает с разливом Нила. Для этого не нужны были какие-либо астрономические инструменты – требовалась лишь большая наблюдательность. Зато и ошибка в оценке продолжительности года была велика – первый египетский солнечный календарь содержал в году 360 суток.

Нужды практики заставляли древних астрономов совершенствовать календарь, уточнять продолжительность года. Предстояло разобраться и в сложном движении Луны – без этого счет времени по Луне был бы невозможен. Надо было уточнить особенности движения планет и составить первые звездные каталоги. Все перечисленные задачи предполагают угловые измерения на небе, числовые характеристики того, что до сих пор описывалось лишь словами. Так возникла нужда в угломерных астрономических инструментах.

2.1. Древние угломерные астрономические инструменты.

Самый древний из них гно́мон (см. рис.). В простейшем варианте он представляет собой вертикальный стержень, отбрасывающий тень на горизонтальную плоскость. Зная длину гномона и измерив длину отбрасываемой им тени, можно найти угловую высоту Солнца над горизонтом.



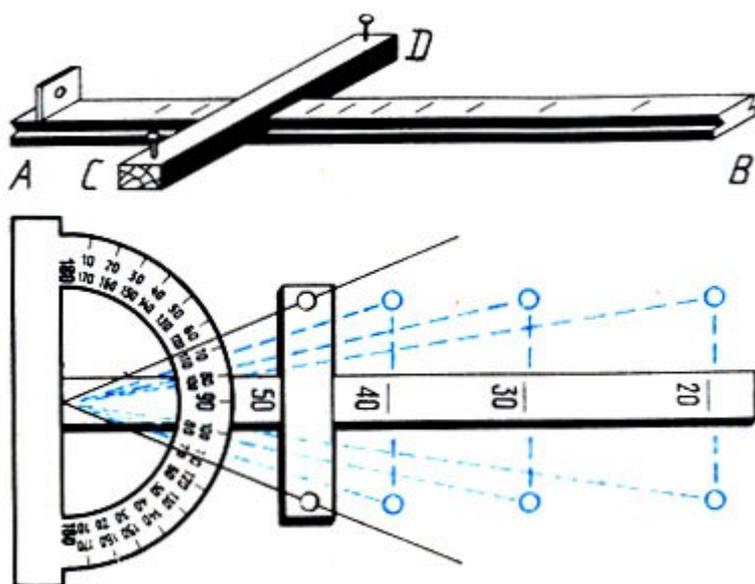
Древние использовали гномоны для измерения полуденной высоты Солнца в различные дни года, а главное в дни солнцестояний, когда эта высота достигает максимальных значений. С другой стороны, внимательно следя за длиной полуденной тени, можно достаточно точно подметить, когда она становится самой длинной или самой

короткой, то есть, иначе говоря, зафиксировать дни солнцестояний, а значит, и продолжительность года. Отсюда легко вычислить и даты солнцестояний.

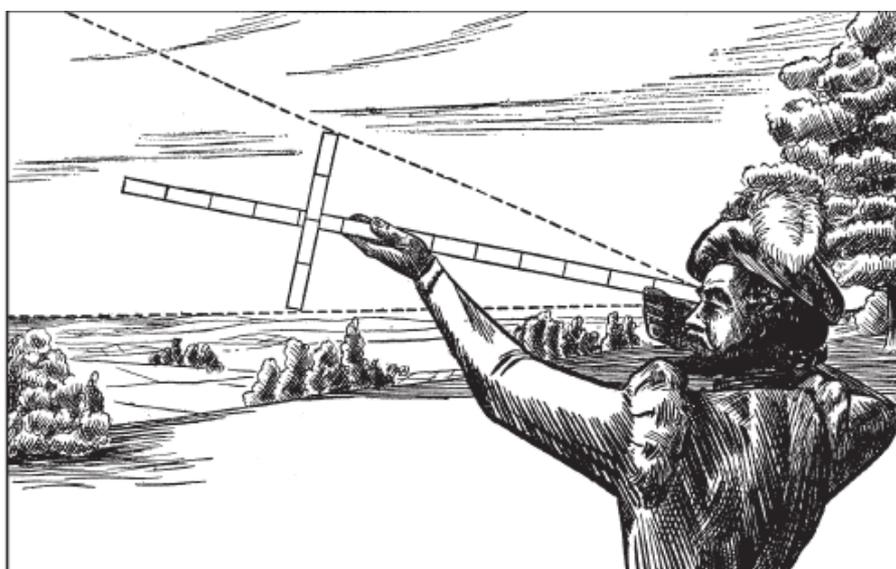
Таким образом, несмотря на простоту, гномон позволяет измерять очень важные в астрономии величины. Эти измерения будут тем точнее, чем крупнее гномон и чем, следовательно, длиннее (при прочих равных условиях) отбрасываемая им тень. Так как конец тени, отбрасываемой гномоном, не бывает резко очерчен (из-за 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 гнома.

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 гномоном, по некоторым сведениям, высотой 55 м. Самый же высокий гномон был установлен в XV веке на куполе Флорентийского собора. Вместе со зданием собора его высота достигала 90 м.

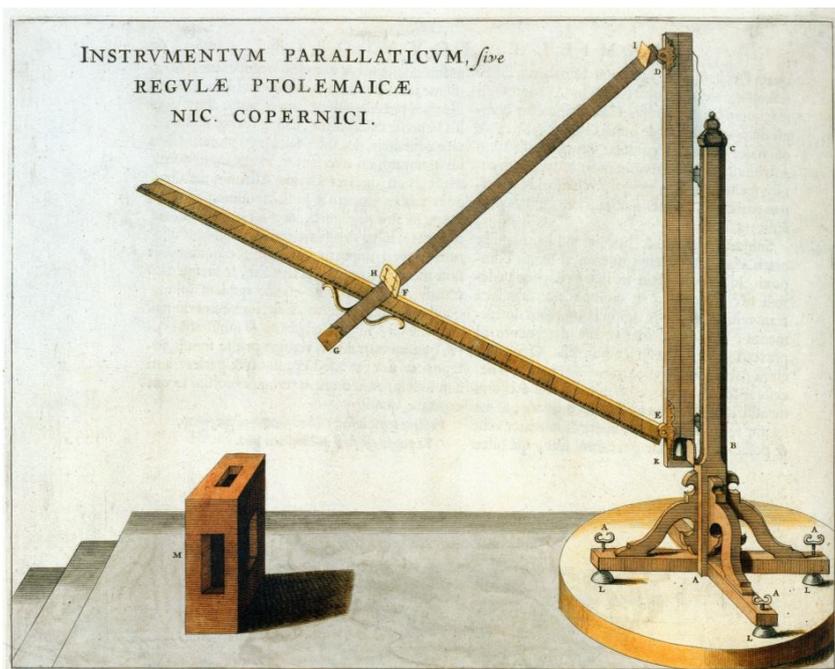
К числу древнейших угломерных инструментов принадлежит также астрономический пóсох (см. рис.).



Вдоль градуированной линейки АВ перемещалась подвижная рейка CD, на концах которой иногда укрепляли небольшие стержни – визиры. В некоторых случаях визир с отверстием был и на том конце линейки АВ, к которому наблюдатель прикладывал свой глаз (точка А). По положению подвижной рейки относительно глаза наблюдателя можно было судить о высоте светила над горизонтом (см. рис.), или об угле между направлениями на две звезды.



Древние греческие астрономы пользовались так называемым трикветром, состоящим из трех соединенных вместе линеек (см. рис.).



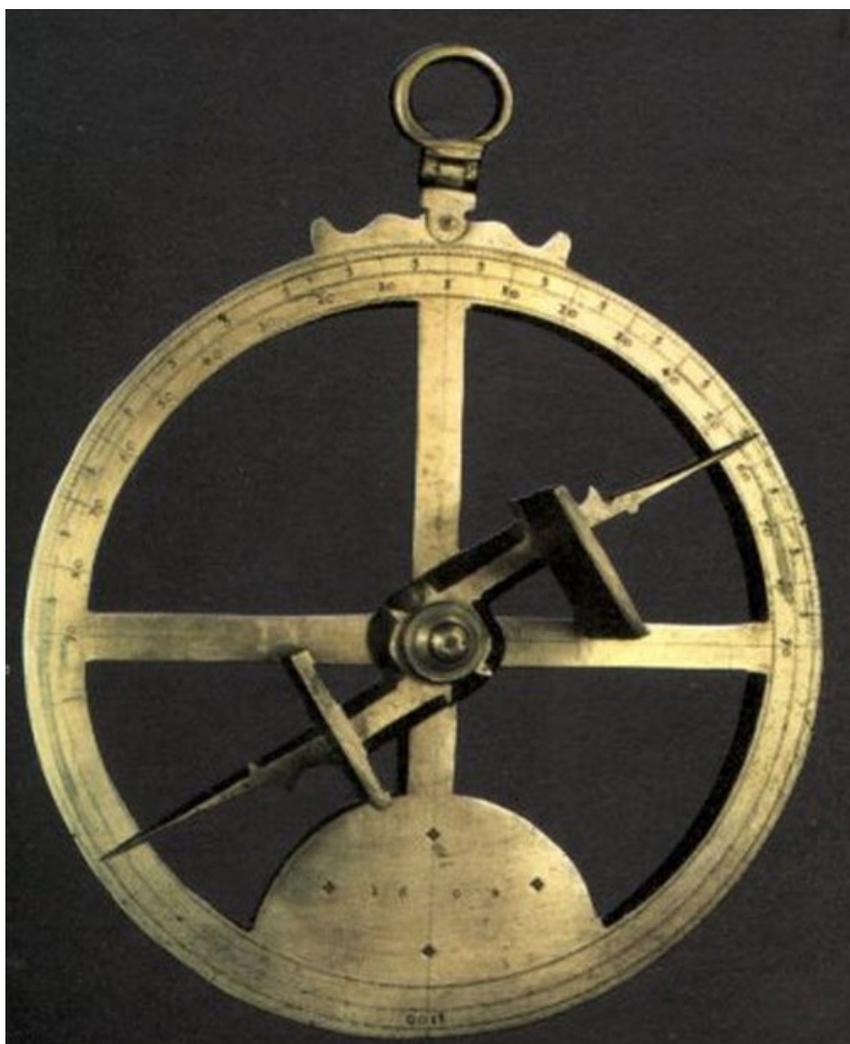
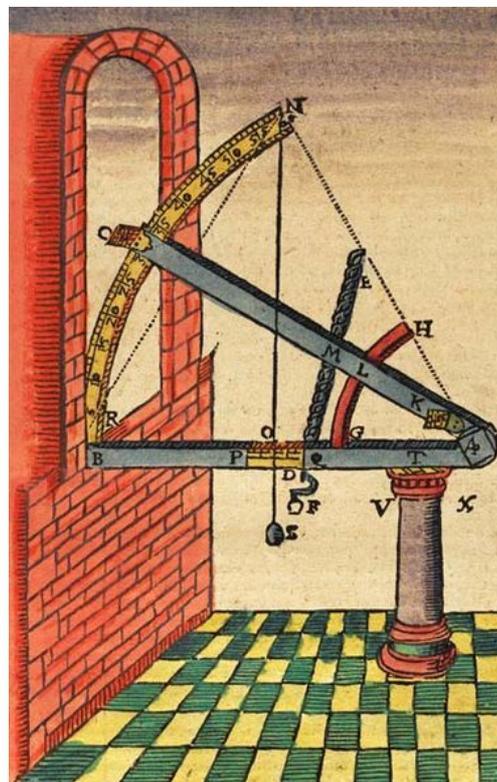
К вертикальной неподвижной линейке на шарнирах прикреплены наклонные линейки. На первой из них укреплены два визира или диоптра. Наблюдатель направляет линейку с диоптрами на звезду так, чтобы звезда одновременно была видна сквозь оба диоптра. Затем, удерживая линейку с диоптрами в этом положении, к ней прикладывают вторую линейку таким образом, чтобы получился равнобедренный треугольник (основание данного треугольника - вертикальная линейка). Измерив сторону треугольника, наблюдатель затем по специальным таблицам находил угловое расстояние звезды.

И астрономический посох и трикветр не могли обеспечить высокую точность измерений, и потому им нередко предпочитали квадранты – угломерные инструменты, достигшие к концу средневековья высокой степени совершенства. В простейшем варианте (см. рис.) квадрант представляет собой плоскую доску в форме четверти градуированного круга. Около центра с этого круга вращается подвижная линейка с двумя диоптрами (иногда линейку заменяли трубкой). Если плоскость квадранта вертикальна, то по положению трубы или визирной линейки, направленных на светило, легко измерить высоту светила над горизонтом. В тех случаях, когда вместо четверти круга использовали его шестую часть, инструмент назывался секстантом, а если восьмую часть – октантом. Как и в других случаях, 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.

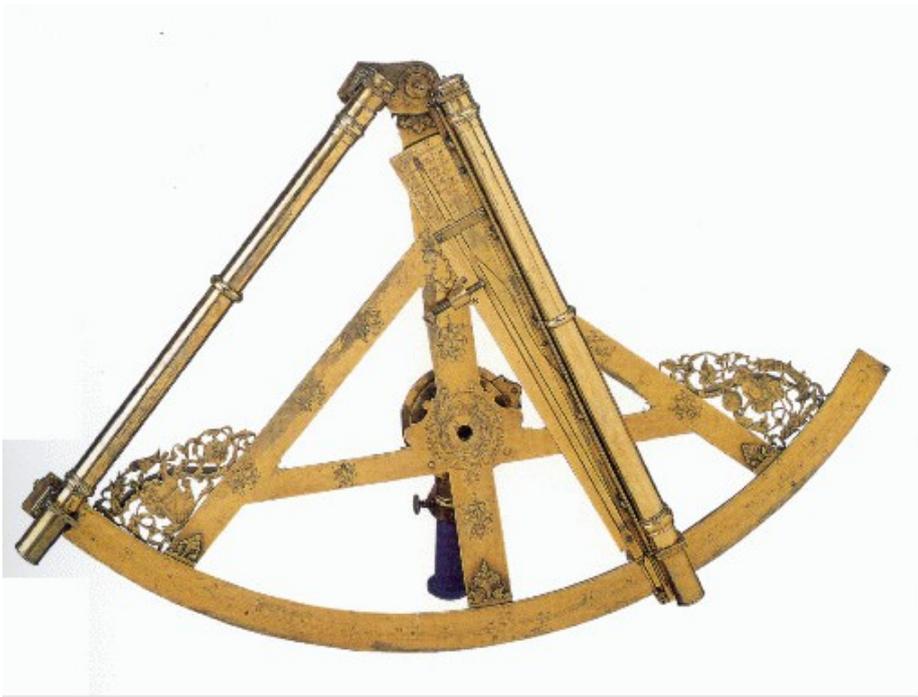


Для обеспечения устойчивости и прочности крупные квадранты укрепляли на вертикальных стенах (см. рис.). Такие стенные квадранты еще в XVIII веке считались лучшими угломерными инструментами.

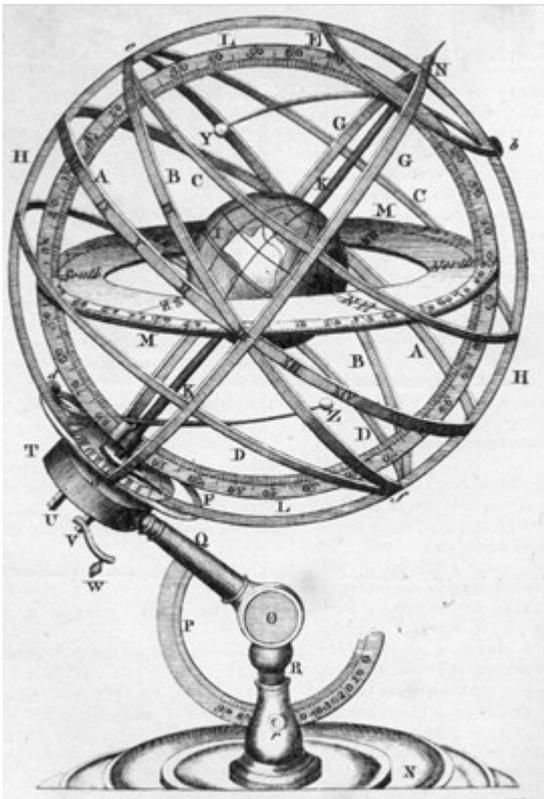
К тому же типу инструментов, что и квадрант, относится астролябия или астрономическое кольцо. Разделенный на градусы металлический круг подвешивается к какой-нибудь опоре за кольцо. В центре астролябии укреплена алидада – вращающаяся линейка с двумя диоптрами. По положению алидады, направленной на светило,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



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 (см. рис.). Этот инструмент был снабжен двумя трубками – диоптрами, из которых одна неподвижно скреплялась с дугой квадранта, а вторая 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.



Широкое распространение в древней астрономии получили армиллярные сферы, или армиллы (см. рис.).



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. 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.

2.2. Древние часы

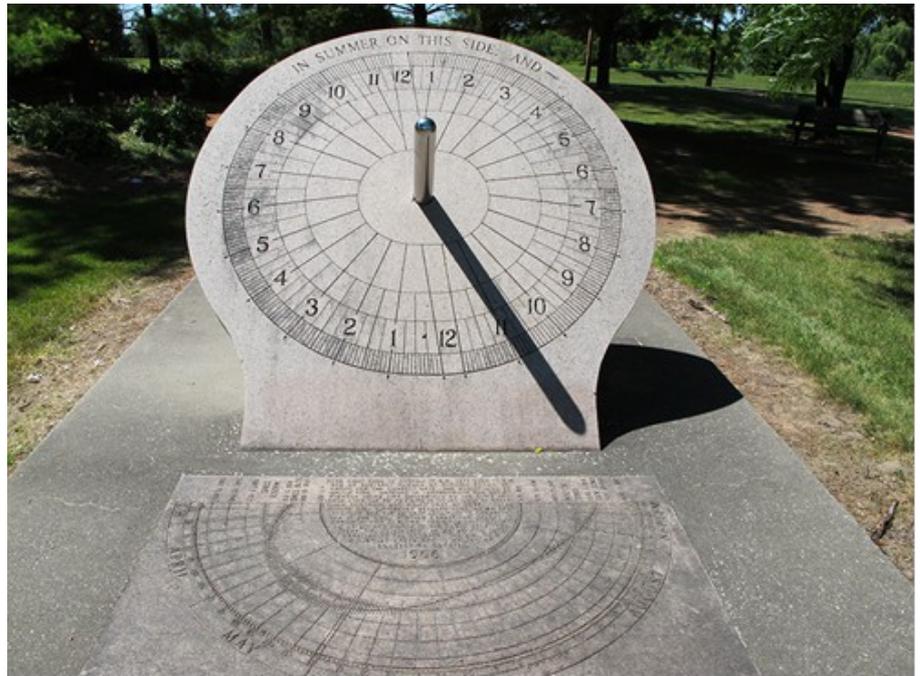
На любой современной обсерватории есть точные часы. Были часы и на древних обсерваториях, но они и по принципу действия и по точности сильно отличались от современных. Самые древние из часов – солнечные. Их употребляли еще за много веков до нашей эры.

Простейшие из солнечных часов – экваториальные (см. рис.).

Они состоят из стержня, направленного к Полярной звезде (точнее, к северному полюсу мира), перпендикулярного к нему циферблата, разделенного на часы и минуты. Тень от стержня выполняет

роль стрелки, причем шкала на циферблате равномерная, то есть все часовые (и, конечно, минутные) деления равны между собой. У экваториальных солнечных часов есть существенный недостаток — они показывают время лишь в период с 21 марта до 23 сентября, то есть когда Солнце находится над небесным экватором. Можно, конечно, сделать двусторонний циферблат и укрепить еще один нижний стержень, но от этого экваториальные часы вряд ли станут более удобными.

Более употребительны горизонтальные солнечные часы (см. рис.). Роль стержня в них обычно выполняет треугольная пластинка, верхняя сторона которой направлена на северный полюс мира. Тень от этой пластинки падает на горизонтальный циферблат, часовые деления которого на этот раз не равны между собою (равны лишь попарно часовые деления, симметричные относительно полуденной линии). Для каждой широты оцифровка циферблата таких часов различна. Иногда вместо горизонтального употребляли вертикальный циферблат (настенные солнечные часы) или циферблаты особой сложной формы.



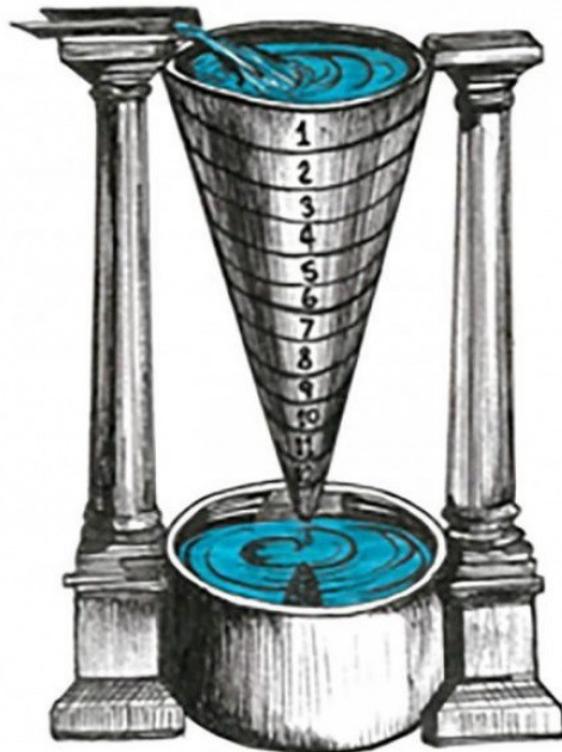
и



Самые крупные солнечные часы были построены в начале XVIII века в Дели. Тень от треугольной стены, вершина которой имеет высоту 18 м, падает на оцифрованные мраморные дуги с радиусом около 6 м. Эти часы исправно действуют до сих пор и показывают время с точностью до одной минуты.



Все солнечные часы обладают очень большим недостатком – в пасмурную погоду и по ночам они не работают. Поэтому наряду с солнечными часами древние астрономы употребляли также песочные часы и водяные часы, или клепсидры (см. рис.). И в тех, и в других время, по существу, измеряется равномерным движением песка или воды. Небольшие песочные часы встречаются до сих пор, клепсидры же постепенно вышли из употребления еще в XVII веке после того как были изобретены высокоточные механические маятниковые часы.



Как же внешне выглядели древние обсерватории?

2.3. Древние обсерватории

Для того чтобы подметить первое появление Сириуса в лучах утренней зари, никаких специальных зданий типа современных обсерваторий, разумеется, не требуется. Нужен лишь открытый горизонт и чистое, ясное небо.

Поэтому древние египетские жрецы, бывшие одновременно и первыми астрономами, вели астрономические наблюдения с подножья пирамид или с оснований исполинских каменных сфинксов. Позже для астрономических наблюдений во многих странах и восточного и западного полушарий использовались плоские площадки на вершинах пирамид или башен.

Первые астрономические обсерватории возникли, по-видимому, Китае. В период династии Чжоу (с XII века до н.э.) просвещение Китае стало широко распространяться и в городе Чжоугун (современная провинция Хэнань) правитель У-Ван построил большую обсерваторию (см. рис.). Ныне от этой обсерватории остались частично разрушенный старинный гномон и сравнительно невысокая башня с площадкой наверху, предназначенной для размещения переносных угломерных инструментов.

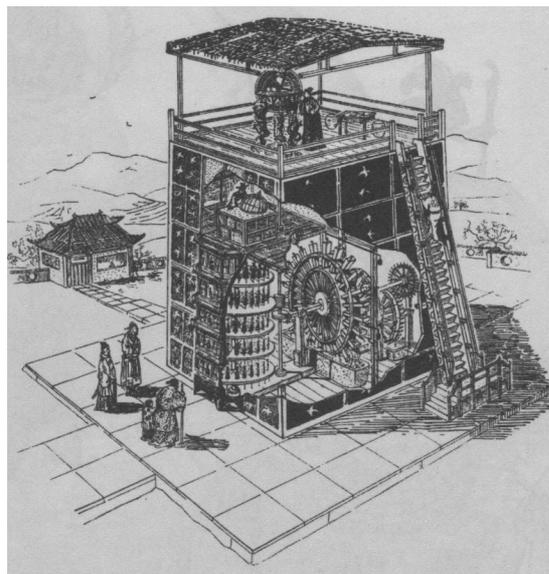
Древние китайские астрономы ввели в употребление астрономически обоснованные солнечный и лунный календари. Были составлены звездные каталоги, изготовлены звездные глобусы, введены многочисленные созвездия, в том числе и 28 зодиакальных. Астрономы древнего Китая аккуратно регистрировали вспышки новых звезд и появление ярких комет, причем эти наблюдения ценны и для современной астрономии.

Первый звездный каталог, содержащий сведения о 800 звездах, появился в Китае еще в IV веке до нашей эры и, судя по всему, был первым в мире звездным каталогом. Позже знаменитый астроном древнего Китая Чжан Хэн (8 – 139 гг. н. э.) разделил звездное небо на 124 созвездия, причем подсчитал, что общее количество хорошо видимых в Китае звезд близко к 1500. Из них 320 звездам Чжан Хэн дал собственные имена.

Этот великий астроном сконструировал множество астрономических приборов, в том числе армиллярную сферу, приводимую во вращение специальным гидромеханическим механизмом. Рядом со сферой стояло искусственное дерево-календарь, с которого ежедневно падало по одному листу. В конце месяца упавшие листья снова водворялись на дерево.

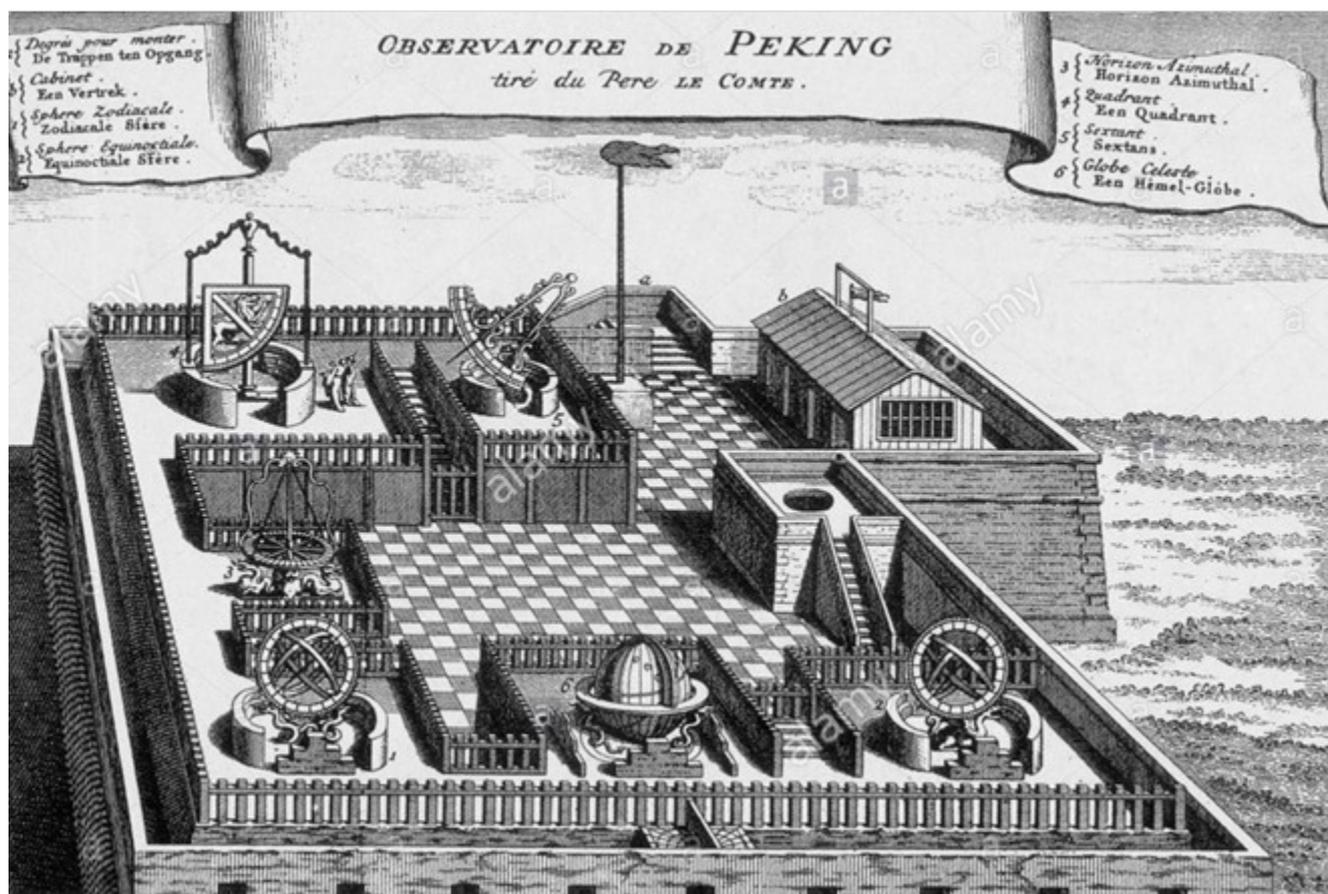
Особое внимание китайские астрономы уделяли предвычислению солнечных и лунных затмений. В ту пору считалось, что эти «небесные знамения» грозят несчастьем правителям и простому люду. Предсказание затмений рассматривалось как важнейшая государственная служба. В книге «Шу-Кинг» рассказывается о солнечном затмении, наступившем в 2137 году до н. э. и не предсказанном заранее придворными астрономами. Из-за возникшей во время затмения паники придворным астрономам отрубили головы.

Астрономы древнего Китая первыми в мире открыли пятна на Солнце.



В
В

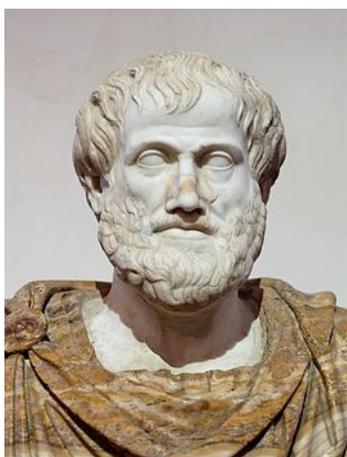
В эпоху средневековья китайские астрономы совершенствовали астрономические инструменты, главным образом армиллы и небесные глобусы. С помощью сложных водяных механизмов сферы и глобусы приводились в медленное вращение, совершая полный оборот за сутки. По их поверхности перемещались в соответствующем темпе шарики, изображавшие Луну и Солнце. Глобусы и сферы соединялись с часами, колокола которых звонили каждые четверть часа.



Вместе с усовершенствованием инструментов строятся и новые обсерватории. В V веке н. э. возникла обсерватория в Нанкине, а в XII веке н. э. положено начало Пекинской обсерватории. Эта последняя, ныне превращенная в музей, располагается на древней городской стене и к ней ведет длинная пологая лестница (см. рис.).

2.4. Древние астрономы

Аристотель

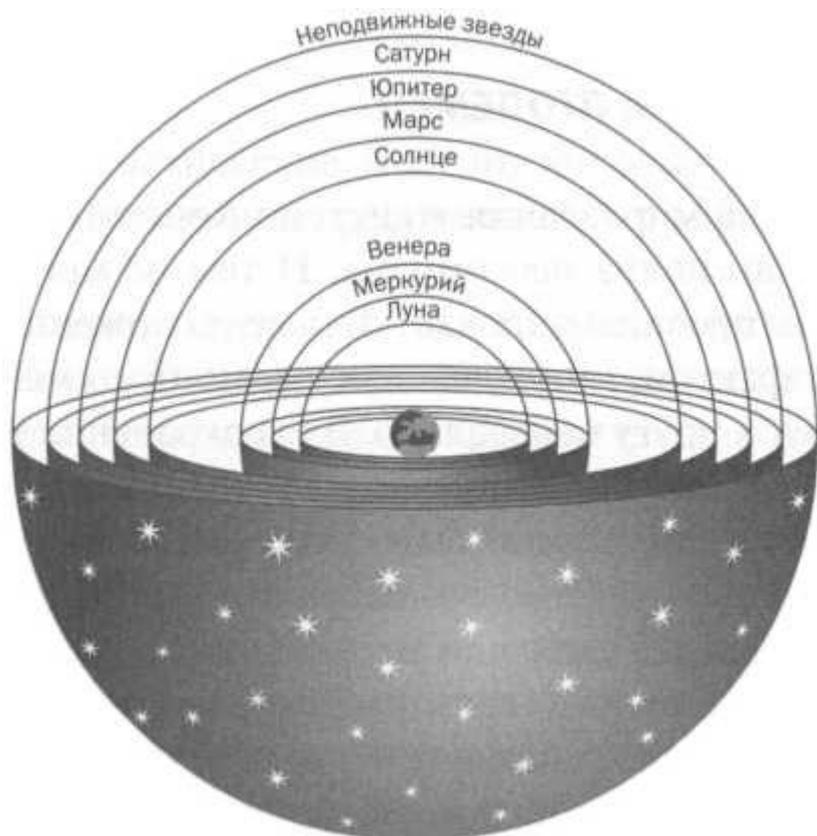


Первым ученым, постаравшимся объяснить устройство Вселенной с точки зрения науки, стал знаменитый античный философ Аристотель (384–322 до н. э.) (см. рис.). Он родился в Стагире (Фракия), в юношеском возрасте переехал в Афины, где и провел большую часть жизни. Аристотель был учеником Платона. В сочинениях Аристотеля отражены все современные ему области знания – логика, психология, естествознание, политика, этика, эстетика. Он был также знатоком математики и астрономии.

Вопросы астрономии рассмотрены в его трудах «О небе» и «Метеорология». В данных трудах Аристотель подробно разобрал предположения других ученых о том, что Земля «уходит своими корнями в бесконечность», «плавает в воде» или «удерживается в пространстве сжатым воздухом», и пришел к выводу, что ни одно из них не соответствует действительности. Аристотель считал, что Земля имеет шарообразную форму и находится в центре мира. Исходя из того, что граница между светлой и темной частью на Луне представляет собой кривую линию, считал, что Луна является шаром. Аристотель понимал причину лунных

затмений и видел доказательство шарообразности Земли в округлой форме ее тени на Луне. Звезды и планеты, по Аристотелю, являются также шарами, поскольку сфера – единственная совершенная геометрическая фигура.

По мнению Аристотеля, космос был совокупностью вращающихся сфер, заключенных одна в другую (см. рис.). Они состояли из вечного, неразрушающегося и прозрачного материала, называемого эфиром или квинтэссенцией. Все светила (планеты, Луна и Солнце) были включены в одну из этих сфер, все вместе они составляли единый механизм, как если бы космос был огромными часами, и шестеренки в них задавали движение всех планет.



Круг и сфера были главными фигурами, описывавшими весь мир.

Граница конечной Вселенной, сфера неподвижных звезд, начала перемещаться благодаря первому импульсу, который идентифицировался с божеством, и это движение увлекало за собой соседнюю сферу. Вращение охватило сферы планет и промежуточные сферы, функция которых заключалась только в передаче движения и заполнения пустоты (Аристотель считал, что вся Вселенная заполнена). В аристотелевской системе насчитывалось 56 сфер. Передача импульса от первого движителя происходила сверху вниз до последней сферы, в которой находилась Луна. Вращение Земли вокруг оси Аристотель отрицал.

Эта система объясняла физические и механические причины перемещения светил (их влечет движение, передающееся с верхних сфер), а также причину, по которой они держатся в небе: светила просто закреплены на сфере.



Лунная сфера была границей, делившей Вселенную на две области: надлунный мир – сферический мир с совершенными движениями небес по окружности, и подлунный мир – хаос, присущий Земле, разрушение, беспорядок, смятение и смерть.

Гиппарх и Птолемей

Уже в древности среди астрономов наметились два типа ученых – наблюдателей и теоретиков. Первые из них прославились многочисленными и очень точными астрономическими наблюдениями. В процессе этих наблюдений они неизбежно открывали новые, порою необыкновенные и трудно объяснимые космические явления. Астрономам-теоретикам и в древности и теперь приходится решать сложную задачу — теоретически

осмыслить то новое, что открыто в Природе, и, если удастся, построить достаточно общую теорию, объясняющую большой класс явлений. Два знаменитых астронома древности Гиппарх и Птолемей являют собой два типа астрономов – величайшего наблюдателя древности и блестящего теоретика, создавшего весьма общую теоретическую схему, которой пользовалась наука на протяжении почти пятнадцати веков.

О жизни Гиппарха (см. рис.) известно очень мало. Родился он в Никее и большую часть жизни провел на острове Родос, где и построил себе обсерваторию. Вероятно, ему приходилось бывать и в Александрии – крупнейшем культурном центре древнего мира. Расцвет творческой деятельности Гиппарха захватил середину II века до нашей эры. Лишь одно и притом второстепенное его сочинение дошло до нас. Об остальных главных трудах Гиппарха мы знаем лишь по изложению этих трудов в более поздних сочинениях других авторов.

Гиппарха справедливо считают изобретателем сферической тригонометрии, формулами которой ему приходилось пользоваться для пересчета экваториальных координат светил в эклиптикальные. Гиппарх был отличным вычислителем – об этом свидетельствуют его таблицы движения Солнца и Луны. Однако важнейшие заслуги Гиппарха относятся к области практической, наблюдательной астрономии. Он пользовался уже знакомыми нам угломерными инструментами, но довел технику наблюдений до такого совершенства, при котором положения светил определялись им с ошибкой, не превосходящей одной минуты дуги.

Сегодня мы в полной мере можем оценить трудность тех задач, которые поставил перед собой и успешно решил Гиппарх. Ему удалось подметить неравномерное движение Солнца по эклиптике – «отражение» неравномерного обращения Земли вокруг Солнца. Гиппарх же, считая Землю центром Вселенной, объяснил обнаруженные им неравномерности тем, что центр круговой орбиты Солнца не совпадает с центром Земли. Тогда при таком эксцентричном положении Земли наблюдателю будет казаться, что в удаленных от него частях орбиты Солнце движется медленнее, а в более близких – быстрее, хотя на самом деле движение Солнца совершенно равномерно.

На основе этого остроумного, хотя и неверного по существу, объяснения Гиппарх и составил свои солнечные таблицы, по которым можно было узнать положение Солнца на эклиптике для любого момента времени.

Подобное объяснение Гиппарх пытался дать и движениям Луны. Но эти движения гораздо сложнее солнечных. Как мы теперь знаем, благодаря возмущениям со стороны Солнца, Земли и планет лунная орбита непрерывно меняет свою форму и положение в пространстве. К этому добавляется и неравномерное движение Луны по орбите, сильно осложненное влиянием тяготения Земли. Можно лишь поражаться, что Гиппарху удалось подметить важнейшие из лунных неравенств, то есть неправильностей в очень сложном движении Луны.

В июле 134 года до н. э. Гиппарх неожиданно заметил яркую незнакомую звезду в созвездии Скорпиона. Это была первая новая звезда, открытая на европейском континенте. Она вскоре померкла и исчезла со звездного неба, но Гиппарх, пораженный необычайным небесным явлением, решил составить подробную перепись видимых на небе ярких звезд, измерив при этом их координаты.

Звездный каталог Гиппарха – древнейший из дошедших до нас. Он включает в себя 1022 звезды, распределенные по 48 созвездиям. Звезды по видимой яркости (блеску) впервые разделены на шесть категорий, шесть звездных величин. Введены и промежуточные оценки яркости в этой условной, но до сих пор общепринятой шкале. Каталог Гиппарха содержит 15 самых ярких звезд первой величины, 45 – второй, 208 – третьей, 474 – четвертой, 217 – пятой и 49 – шестой. Тут же в каталоге указаны еще девять «тусклых» звезд и пять «туманностей».

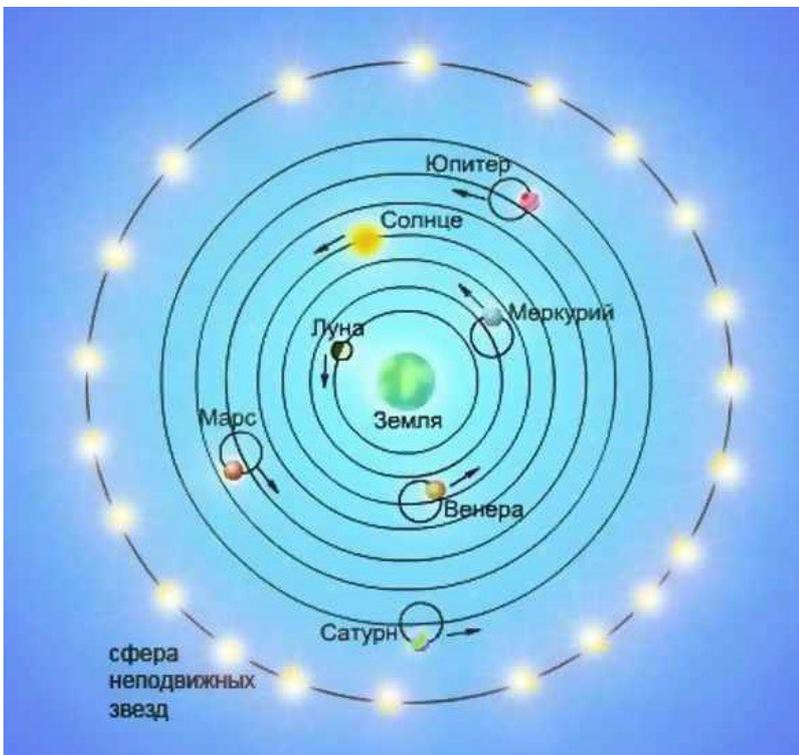
Когда Гиппарх сравнил, координаты некоторых звезд его каталога с теми координатами, которые были получены его предшественниками, в частности, Тимохарисом (III век до н. э.), он обнаружил значительные расхождения. Объяснить их можно было только одним – начало отсчета координат, точка весеннего равноденствия, очень медленно смещается по эклиптике навстречу Солнцу, завершая полный оборот (как мы теперь знаем) за 26 000 лет. Так было открыто предварение равноденствий, вызванное прецессией оси земного шара, то есть очень медленным перемещением ее по конусообразной поверхности. При этом (что отметил и Гиппарх) наклон эклиптики к экватору остается неизменным.



Изучал Гиппарх и движения планет. Но они оказались настолько сложными, что он воздержался от каких-либо теоретических объяснений. Эту задачу предстояло решить Клавдию Птолемею (см. рис.).

Подробности жизни Птолемея неизвестны. Мы даже не знаем где и когда он родился. Некоторые исследователи утверждали, что этот великий астроном древности имел родственное отношение к династии Птолемея, правивших Египтом. Однако сам Клавдий Птолемей никогда об этом ничего не писал и не говорил. Большую часть жизни он провел в Александрии, где занимался теоретическим обобщением работ своих предшественников. В отличие от Гиппарха, это был типичный астроном-теоретик, не внесший в практику астрономических наблюдений ничего нового.

Около 150 года н. э. Птолемей опубликовал свой главный труд. Он скромно назывался «Математическим сборником или синтаксисом», но, по существу, представлял собой астрономическую энциклопедию той эпохи. Недаром арабы назвали книгу Птолемея «Альмагест», то есть «Всеобщее обозрение», и под таким наименованием она обычно и упоминается в истории астрономии.



«Альмагест» состоит из 13 книг. В первых из них излагается прямолинейная и сферическая тригонометрия. Далее следует описание всех существовавших во времена Птолемея типов астрономических инструментов, звездный каталог Гиппарха и различные математические таблицы, и наконец, теоретические схемы, объясняющие движения Солнца и Луны. Здесь Птолемей не был оригинален и почти полностью повторил лишь то, что было известно и Гиппарху. Главная же идея «Альмагеста» содержится в его последних пяти книгах. Именно здесь изложена знаменитая геоцентрическая система Птолемея – высшее теоретическое достижение древней астрономии. Напомним ее основные идеи (см. рис.).

В центре Вселенной Птолемей поместил шарообразную Землю, а Луну и Солнце водворил на концентрические круговые орбиты, общий центр которых совпадает с центром Земли. Для Птолемея, как и для всех его современников, величайшим авторитетом в области философии природы был Аристотель, по мнению которого совершенны все небесные тела и их движения – непременно круговые и равномерные.

Но видимое движение планет имеет сложный, петлеобразный и притом неравномерный характер. Для объяснения этого несоответствия, Птолемей предположил, что планеты равномерно обращаются по малым окружностям (эпициклам), а центры эпициклов опять же равномерно движутся вокруг Земли по большим окружностям – деферентам. Если предположить, что плоскости эпициклов несколько наклонены к плоскости деферентов, легко понять, что в этом случае земному наблюдателю покажется, что планеты на фоне далеких звезд описывают сложные петли.

Это было гениальное решение проблемы. Неравномерные и некруговые движения рассматривались как результат сложения двух круговых и равномерных движений. Птолемей математически доказал, что при соответствующем подборе радиусов эпициклов и деферентов, а также при надлежащем выборе скоростей их равномерных

движений удастся объяснить видимые движения планет. В то же время сохраняется и «совершенство небес» – все движения там вполне «идеальны» в том смысле, как это понимал Аристотель.

По существу, Птолемей изобрел так называемый *гармонический анализ* за полтора тысячелетия до Фурье, который считается его первооткрывателем. Суть же этого анализа заключается в том, что любое сложное движение в природе можно разложить на сумму круговых и равномерных движений, причем такое представление может быть как угодно точным – для этого надо взять в указанной сумме лишь достаточно большое количество членов. Таким образом, ложная в своей физической основе птолемея система мира с чисто математической стороны оказалась весьма совершенной теоретической схемой, увенчавшей древнюю астрономию.

Вопросы

1. Какова была главная задача астрономии на этапе её зарождения?
2. Кто и когда составил первый календарь? Каков был главный его недостаток?
3. Как и почему возникла нужда в угломерных астрономических инструментах?
4. Коротко опишите самый древний угломерный астрономический инструмент.
5. Для измерения каких величин использовался этот инструмент?
6. Какие древние угломерные астрономические инструменты были установлены и использовались в древнем Египте, в Риме, на Пекинской обсерватории, Улугбеком, на куполе Флорентийского собора?
7. Что представлял собой астрономический пóсох и каково его устройство?
8. Что можно было им измерять?
9. Каким прибором пользовались древние греческие астрономы и каково его устройство?
10. Что можно было им измерять?
11. Перечислите недостатки названных древних угломерных инструментов?
12. Что представлял собой квадрант простейшем варианте?
13. Чем отличались секстант и октант от квадранта?
14. Коротко опишите устройство астролэбии.
13. Для чего служил универсальный квадрант?
15. Что представляли собой армиллярные сферы или армиллы?
16. Какие часы использовались в самых древних обсерваториях, и как они устроены?
17. Как устроены горизонтальные солнечные часы?
18. Могут ли быть вертикальные (настенные) солнечные часы?
19. Каков главный недостаток солнечных часов?
20. С помощью каких часов древние астрономы измеряли время более точно?
21. Каким образом и откуда древние египетские жрецы, бывшие одновременно и первыми астрономами, вели наблюдения?
22. Когда и где возникли первые астрономические обсерватории?
23. Каков общий вклад древних китайских астрономов в науку?
24. Что нового внёс в науку знаменитый астроном древнего Китая Чжан Хэн?

25. Кто первым попытался объяснить устройство Вселенной с точки зрения науки?
26. Что он описал в трудах «О небе» и «Метеорология»?
27. Что представлял собой космос по его мнению?
28. Как его система объясняла физические и механические причины перемещения светил
29. Какова роль лунной сферы в устройстве его Вселенной?
30. Астрономы-наблюдатели – чем они занимались?
31. Астрономы-теоретики – какова их роль в астрономии?
32. Какие важнейшие заслуги Гиппарха относятся к области практической, наблюдательной астрономии?
33. Что представлял собой «Альмагест» – астрономическая энциклопедия Птолемея?
34. Каково устройство Вселенной по Птолемею?