

Владимир Моисеев

Краткая история астрономии

Том 1

От неандертальцев до Николая Коперника



Моисеев В.

М-74 Краткая история астрономии. Том 1. От неандертальцев до Николая Коперника — Санкт-Петербург, 2020.

История астрономии — это краткое описание многих тысячелетий тяжелой и упорной работы наблюдателей и мыслителей. Это великие открытия, а также великие неудачи и заблуждения людей на пути познания природы окружающего мира, который мы называем Вселенной. Вспомнить поименно всех астрономов, внесших свой вклад в создание науки астрономии невозможно. Но хотелось бы показать, как человечество, благодаря усилиям великих людей, прошло путь от восторженного созерцания звездного неба древним охотником до разгадки нашими современниками тайн безграничного космоса.

© Моисеев В., текст, 2020.

© Источники указаны в
библиографии

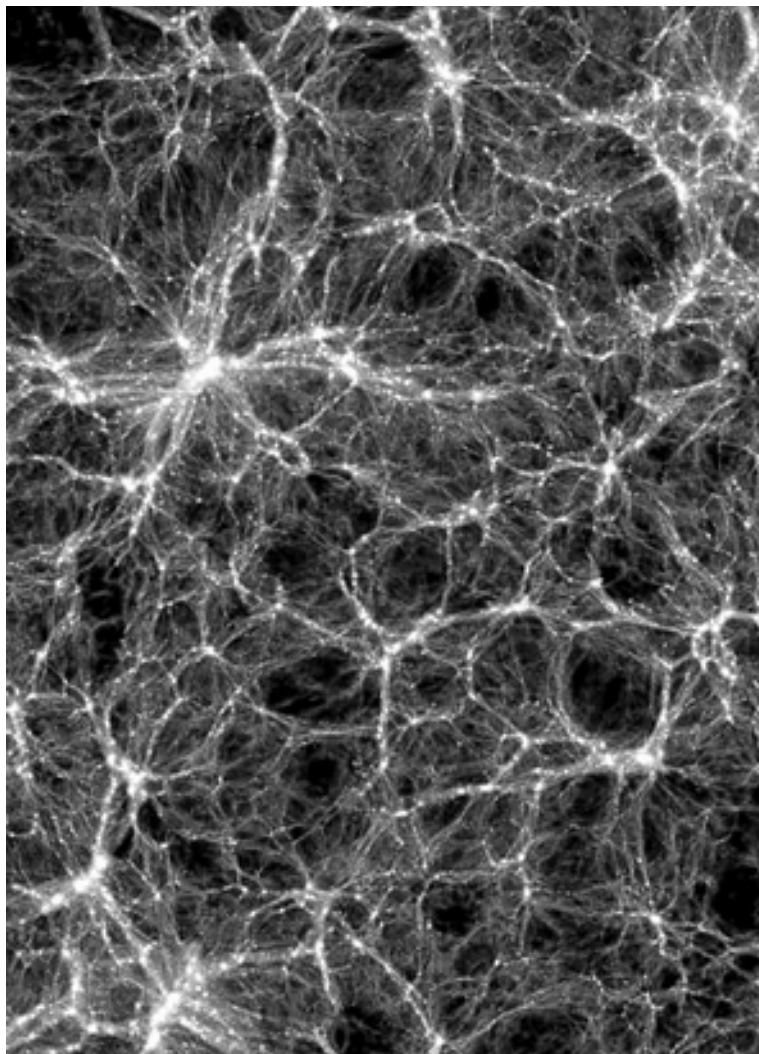


Рис. Так выглядит Вселенная

От автора

История астрономии — это краткое описание многих тысячелетий тяжелой и упорной работы наблюдателей и мыслителей. Это великие открытия, а также великие неудачи и заблуждения людей на пути познания природы окружающего мира, который мы называем Вселенной. Вспомнить поименно всех астрономов, внесших свой вклад в создание науки астрономии, невозможно. Но хотелось бы показать, как человечество, благодаря усилиям великих людей, прошло путь от восторженного созерцания звездного неба древними охотниками до разгадки нашими современниками тайн безграничного космоса.

Напомню, что история — это то, что мы прочитали где-то об интересующем нас предмете. Естественно, я буду пользоваться опубликованными материалами. Это будет отражено в библиографии. Объяснения специальных астрономических терминов будут даны в Комментариях. Моя работа будет состоять в том, чтобы подобрать и скомпоновать материал таким образом, чтобы читатели могли проследить за тем, как постепенно создавалось наше современное представление о Вселенной. Повторю еще раз: это рассказ о том, как великие люди совершали великие открытия и великие ошибки.

Апрель 2020 года. Санкт-Петербург

О пользе чтения истории астрономии

Дальнейшее развитие научных исследований, в том числе и астрономии, невозможно без четкого понимания онтологической картины мира и тщательного изучения истории познания Вселенной.

О том, что изучение традиций последовательного развития астрономии чрезвычайно важно, стало понятно еще в начале XX века. Приведу цитату из книги О. Струве «Астрономия XX века».

«В своей статье в журнале Science Рейф из Калифорнийского университета ярко описал огромное стремление к престижу и успеху в области физики за последние 10 или 20 лет. В чистой науке создалась атмосфера соревнования, в которой наиболее ценными стали считаться эффектные работы в ущерб исследованиям в старых и потому менее привлекательных областях. К тому же эта атмосфера способствовала быстрой и часто преждевременной публикации предварительных результатов, что противоречило традициям прежних длительных и тщательных исследований.

На астрономов оказывалось то же давление. Девиз «публиковать или умереть» вынуждал многих молодых астрономов избирать «наиболее модные области научной деятельности» для своих исследований и предъявлять свои права на приоритет, вместо того чтобы заняться работой в областях, которые являются наиболее важными с точки зрения будущего.

Американский астроном Тринстейн недавно писал в частном письме:

«Я ужасаюсь абсолютному невежеству многих наших выпускников [которых он характеризует как исключительно одаренных] в основных проблемах современной астрономии и в вопросах истории науки,

даже если относить к истории события чуть более чем десятилетней давности».

В том же духе пишет Сэндейдж из обсерватории Маунт Вилсон и Маунт Паломар:

«Современная книга по истории астрономии будет величайшим стимулом для студентов, которые в последнее время не читают литературы — ни текущей, ни десятилетней давности».

Астроном, активная пора научной деятельности которого приходится на первые годы XX века, должен чувствовать себя одним из немногих уцелевших динозавров. В своих допотопных университетах он учил, что «столбовая дорога успеха» в науке начинается с кропотливого собирания и неторопливого усвоения обширной массы наблюдательных и теоретических фактов, открытых его предшественниками; что только после этого его может более или менее внезапно осенить новая идея; что он будет проверять эту идею всеми доступными средствами и, разумеется, не обнаружит ее, пока всего этого не сделает, и что если для такой проверки данных наблюдений нет или их недостаточно, он перестанет думать об этой идее или отложит ее на более позднее время. Этот динозавр, к своему изумлению, замечает, что новые существа, пришедшие ему на смену, хотя еще и используют большой объем знаний, накопленных в ограниченной области, часто считают возможным компенсировать отсутствие убедительных доказательств догадкой. Эта догадка может быть хорошей или плохой и соответственно идея может оказаться верной или ошибочной. Новый метод быстрее дает результаты и часто стимулирует воображение, но он, безусловно, сильно отличается от старого медленного и мучительного пути познания истины».

Прошло более пятидесяти лет. Ситуация если и изменилась, то только в худшую сторону. А это означает, что следует призвать и астрономов, и любителей больше внимания уделять изучению истории астрономии. Это позволит не совершать ошибок, которые уже кто-то однажды совершил.

СОДЕРЖАНИЕ

1-0. Введение

- 1-0-1 (том-часть-глава). Что такое астрономия
- 1-0-2. Структура астрономии
- 1-0-3. Астрономия как естественная наука
- 1-0-4. Влияние астрономии на научный прогресс
- 1-0-5. Эпистемологические разрывы
- 1-0-6. Принципы наблюдений
- 1-0-7. Оптическая астрономия
- 1-0-8. Новые методы наблюдений

Часть 1

Доисторическая астрономия

- Глава 1-1-1 (Том-часть-глава). Звездное небо
- Глава 1-1-2. Археoaстрономия
- Глава 1-1-3. Самая древняя легенда о звёздном небе
- Глава 1-1-4. О чем можно догадываться
- Глава 1-1-5. Гёбекли-Тепе
- Глава 1-1-6. Стоунхендж
- Глава 1-1-7. Гозекский круг
- Глава 1-1-8. Древний Египет
- Глава 1-1-9. Астрономия майя
- Глава 1-1-10. Восприятие времени древними людьми

Часть 2

Месопотамия

- Глава 1-2-1. Древние цивилизации
- Глава 1-2-2. Шумеры
- Глава 1-2-3. Справка. История Месопотамии. Вавилония
- Глава 1-2-4. Астрономия в Вавилонии
- Глава 1-2-5. Сводка результатов
- Глава 1-2-6. «Энума Ану Энлиль»

Глава 1-2-7. «Мул Апин»
Глава 1-2-8. Халдейская Вавилония
Глава 1-2-9. Кидинну
Глава 1-2-10. Селевк
Глава 1-2-11. «Халдейские таблицы»

Часть 3

Астрономия древнего Китая

Глава 1-3-1. (том-часть-глава)
Возникновение астрономии в древнем Китае
Глава 1-3-2. Книги частично астрономического содержания
Глава 1-3-3. Солнечные затмения
Глава 1-3-4. Солнечные пятна
Глава 1-3-5. Неравномерность движения Солнца
Глава 1-3-4. Исследования движения Луны
Глава 1-3-6. Звездные каталоги
Глава 1-3-7. Звездные карты
Глава 1-3-9. Кометы
Глава 1-3-9. Звезды-гости
Глава 1-3-10. Метеоры и метеориты
Глава 1-3-12. Длина земного меридиана
Глава 1-3-13. И-Син
Глава 1-3-14. Чжан Хэн
Глава 1-3-15. Шень Ко

Часть 4

Древняя Греция

Глава 1-4-1. (том-часть-глава)
Особенности развития астрономии в Греции
Глава 1-4-2. Древнегреческий календарь
Глава 1-4-3. Пути познания древнегреческих философов
Глава 1-4-4. Космическая натурфилософия
Глава 1-4-5. Фалес Милетский
Глава 1-4-6. Анаксимандр

Глава 1-4-7. Пифагор
Глава 1-4-8. Гераклит Эфесский
Глава 1-4-9. Парменид
Глава 1-4-10. Анаксагор
Глава 1-4-11. Филолай
Глава 1-4-12. Демокрит
Глава 1-4-13. Платон
Глава 1-4-14. Евдокс Книдский
Глава 1-4-15. Аристотель
Глава 1-4-16. Философское учение Аристотеля

Часть 5

Астрономия в эллинистический период

Глава 1-5-1. (книга- часть-глава)
Александрия — культурная столица эллинов
Глава 1-5-2. Астрономия в Александрии
Глава 1-5-3. Евклид
Глава 1-5-4. Аполлоний Пергский
Глава 1-5-5. Архимед
Глава 1-5-6. Эратосфен
Глава 1-5-7. Аристарх Самосский
Глава 1-5-8. Первая гелиоцентрическая система мира
Глава 1-5-9. Гиппарх
Глава 1-5-10. Клавдий Птолемей
Глава 1-5-11. «Альмагест»
Глава 1-5-12. Влияние Клавдия Птолемея на развитие науки

Часть 6

Астрономия Средневекового Востока (V—XV вв.)

Глава 1-6-1 (книга-часть-глава)
Астрономия в средневековой Индии (V—VII вв.)
Глава 1-6-2. Контакты индийской и арабской астрономии

- Глава 1-6-3. Ариабхата
- Глава 1-6-4. Брахмагупта
- Глава 1-6-5. Астрономия в странах ислама
- Глава 1-6-6. Астрономические таблицы (зиджи)
- Глава 1-6-7. Аль-Хорезми
- Глава 1-6-8. Аль-Фергани
- Глава 1-6-9. Мухаммад аль-Баттани
- Глава 1-6-10. Абдуррахман ас-Суфи
- Глава 1-6-11. Ибн Юнус
- Глава 1-6-12. Аль-Бируни
- Глава 1-6-13. Насир ад-Дин Туси
- Глава 1-6-14. Улугбек
- Глава 1-6-15.
- Основные достижения мусульманских астрономов
- Глава 1-6-16.
- Натуральная философия мусульманских астрономов
- Глава 1-6-17. «Андалусийский бунт»
- Глава 1-6-18. «Марагинская революция»
- Глава 1-6-19. Выход за пределы геоцентризма
- Глава 1-6-20. Обсерватории в мусульманских странах
- Глава 1-6-21. Астрономические инструменты
- Глава 1-6-22. Закат астрономии в странах ислама

Хронология

Использованная литература. Том 1.



1-0. Введение

Содержание

- 1-0-1 (том-часть-глава). Что такое астрономия
- 1-0-2. Структура астрономии
- 1-0-3. Астрономия как естественная наука
- 1-0-4. Влияние астрономии на научный прогресс
- 1-0-5. Эпистемологические разрывы
- 1-0-6. Принципы наблюдений
- 1-0-7. Оптическая астрономия
- 1-0-8. Новые методы наблюдений

1-0-1. Что такое астрономия

Астрономия — одна из древнейших наук, она возникла из практических потребностей человека. Первобытным охотникам было важно уметь ориентироваться во времени и в пространстве. При переходе человеческих сообществ (племен) к оседлой жизни земледельцев необходимость слежения за небом стала еще больше, поскольку стали жизненно важными небесные приметы приближения того или иного сельскохозяйственного сезона. Многолетние наблюдения за циклическими изменениями условий существования привели к созданию календаря.

С тех пор прошло несколько тысячелетий, астрономия стала мощной наукой, которая во многом определяет материалистическое отношение к возникновению и развитию Вселенной.

Сейчас астрономия — одна из физико-математических наук, которая, используя достижения математики, физики и техники, изучает строение, движение, структуру, происхождение и развитие небесных тел и систем окружающей нас безграничной материальной Вселенной.

Основные задачи астрономии:

- изучение видимых, а затем и действительных положений и движений небесных тел в пространстве, определение их размеров и формы;

- изучение строения небесных тел, исследование химического состава и физических свойств (плотности, температуры и т. п.) вещества в них;

- решение проблем происхождения и развития отдельных небесных тел и образуемых ими систем.

- изучение наиболее общих свойств Вселенной как объединения всех наблюдаемых материальных объектов, ее возникновения и законов развития.

Объекты изучения астрономии:

- Солнце и другие звёзды;

- планеты Солнечной системы и их спутники;

- астероиды;

- кометы;
- экзопланеты;
- межпланетная, межзвездная и межгалактическая среды;
- пульсары;
- туманности;
- галактики и их скопления;
- квазары;
- чёрные дыры;
- строение Вселенной;
- темная материя;
- темная энергия.

И многое другое.

Комментарий

Вселенная — не имеющее строгого определения понятие в астрономии и философии. Оно делится на две принципиально отличающиеся сущности: умозрительную (философскую) и материальную, доступную наблюдениям в настоящее время или в обозримом будущем. Если автор различает эти сущности, то, следуя традиции, первую называют Вселенной, а вторую — астрономической Вселенной или Метагалактикой.

Любое исследование или наблюдение, будь то наблюдение физика за тем, как раскалывается ядро атома, ребёнка за кошкой или астронома, ведущего наблюдения за отдалённой галактикой, — всё это наблюдение за Вселенной, вернее, за отдельными её частями. Эти части служат предметом изучения отдельных наук, а Вселенной в максимально больших масштабах, и даже Вселенной как единым целым занимаются астрономия и космология; при этом под Вселенной понимается или область мира, охваченная наблюдениями и космическими экспериментами, или объект космологических экстраполяций — физическая Вселенная как целое.



Рис. Наблюдатели Гринвичской обсерватории



Рис. Йеркская обсерватория

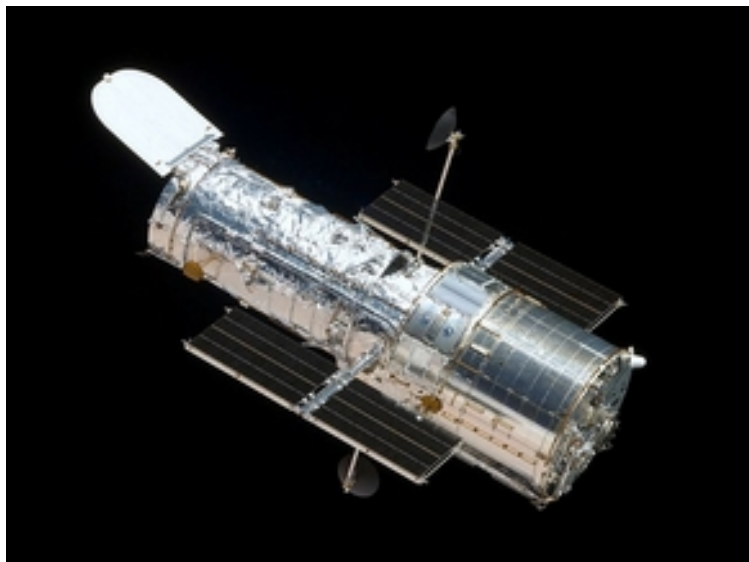


Рис. Космический телескоп Хаббла

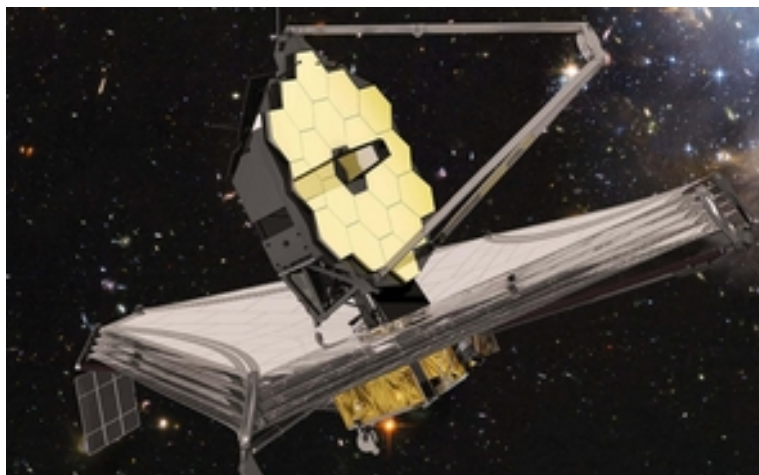


Рис. Космический телескоп «Джеймс Уэбб»

1-0-2. Структура астрономии

Современная астрономия делится на ряд научных направлений, тесно связанных между собой. Главные из них:

— фундаментальная астрометрия, задачи которой определение координат небесных тел из наблюдений, составление каталогов звёздных положений и определение числовых значений астрономических параметров, — величин, позволяющих учитывать закономерные изменения координат светил;

— сферическая астрономия, чья цель — разработка математических методов определения видимых положений и движений небесных тел с помощью различных систем координат, а также создание теории закономерных изменений координат светил со временем;

— теоретическая астрономия занимается методами определения орбит небесных тел по их видимым положениям и методами вычисления эфемерид (видимых положений) небесных тел по известным элементам их орбит (обратная задача);

— небесная механика изучает законы движений небесных тел под действием сил всемирного тяготения, определяет массы и форму небесных тел и устойчивость их систем;

— астрофизика исследует физические свойства и химический состав небесных объектов. Она делится на:

а) практическую (наблюдательную) астрофизику, в которой разрабатываются и применяются практические методы астрофизических исследований и специальные инструменты и приборы;

б) теоретическую астрофизику, в которой, на основании законов физики, даются объяснения наблюдаемым физическим явлениям;

— звёздная астрономия изучает закономерности пространственного распределения и движения звёзд,

звёздных систем и межзвёздной материи с учётом их физических особенностей;

— космохимия занимается химическим составом космических тел, законами распространённости и распределения химических элементов во Вселенной, процессами сочетания и миграции атомов при образовании космического вещества;

— космогония рассматривает вопросы происхождения и эволюции небесных тел, в том числе и нашей Земли;

— космология изучает общие закономерности строения и развития Вселенной.

Комментарий

Основные этапы развития Вселенной

Большое значение для определения возраста Вселенной имеет периодизация основных протекавших во Вселенной процессов. В настоящее время принята следующая периодизация:

Самая ранняя эпоха, о которой существуют какие-либо теоретические предположения, — это планковское время (10^{-43} секунды после Большого взрыва). В это время гравитационное взаимодействие отделилось от остальных фундаментальных взаимодействий. Продолжалась до времени порядка 10^{-11} секунды после Большого взрыва.

Следующая эпоха характеризуется рождением первоначальных частиц кварков и разделением видов взаимодействий. Эта эпоха продолжалась до времён порядка 10^{-2} секунды после Большого взрыва. В настоящее время существуют возможности подробного физического описания процессов этого периода.

Современная эпоха стандартной космологии началась через 0,01 секунды после Большого взрыва и продолжается до сих пор. В этот период образовались ядра первичных элементов, возникли звёзды, галактики, Солнечная система.

1-0-3. Астрономия как естественная наука

Астрономия относится к естественным наукам, поэтому ее развитие в значительной степени обусловлено достигнутым в тот или иной период уровнем других областей естествознания. Цель естественных наук — установление так называемых «законов природы» и познание мира, управляемого этими законами.

Астрономию иногда рассматривают как часть физики, что не вполне соответствует действительности. Физика возникла в XVI — XVII веках как наука, занимающаяся исследованием мира при помощи воспроизводимых экспериментов, по результатам которых устанавливаются закономерности природных явлений.

У астрономии как самостоятельной науки есть существенные особенности:

1. Невозможность проведения активного повторного эксперимента над небесными объектами;

2. Исследуемые астрономией явления имеют настолько большие масштабы, что их невозможно воспроизвести в земных условиях;

3. Гораздо более сильное, чем других естественных наук, влияние астрономии на духовную культуру общества (формирование мировоззрения). Сложные ситуации, возникавшие в истории астрономии, в значительной мере были обусловлены именно ее ролью в формировании мировоззрения людей. Это проявлялось, в частности, в вопросе об устройстве Вселенной.

Выдающимся достижением человеческой мысли стало создание геоцентрической системы — первым прямым переходом от мифологического восприятия Мира к интеллектуальному, научному.

Теория Коперника важна, прежде всего, тем, что показала возможность развития представлений о Мире.

Возникновение современной космологии связано с ОТО Эйнштейна и физики элементарных частиц.

1-0-4. Влияние астрономии на научный прогресс

Надо отметить, впрочем, что развитие физики и других точных наук до современного уровня без астрономии было бы невозможным. Таким образом, астрономия является одной из фундаментальных наук, в свою очередь опирающейся на физику и математику.

Многие открытия в астрономии нашли применение в современных технологиях. Мысли о возможности осуществления управляемой реакции термоядерного синтеза возникли на основе решения давнишней проблемы астрономии об источниках энергии Солнца и звезд. Более того, астрономия указала те конкретные методы, с помощью которых оказывается возможным удерживать сверхгорячую плазму в ограниченном объеме.

Разработка магнитогидродинамических генераторов оказалась возможной только на базе такой новой области астрофизики, какой является космическая магнитная гидродинамика, созданная шведским ученым Альвеном. Магнитная гидродинамика оказалась важной для изучения физики Солнца, межзвездной среды и космических лучей.

Существует две основные концепции научного познания мира. Согласно традиционным представлениям об истории естествознания рост знания — непрерывный процесс. Мы привыкли к тому, что эмпирические факты, установленные в результате многих экспериментов и наблюдений, накапливаются, после чего количество информации переходит в новое знание. Получается, что основное занятие ученых — устанавливать новые факты и закономерности, встречающиеся в окружающем мире. И непрерывно совершенствовать, расширять, углублять и обобщать существующие теории.

Другая концепция — революционная, — утверждает, что периоды накопления и количественного роста знаний (эволюционные периоды) в развитии науки чередуются с этапами качественной перестройки фундаментальных

теорий и общих представлений (научные революции), когда старые идеи отбрасываются и заменяются новыми, несовместимыми с ними и происходит смена всей картины мира либо ее существенных частей.

Для того чтобы формализовать научный процесс познания и сделать его понятнее (в первую очередь для самих ученых) ввели понятие парадигмы. Кроме того, это позволяет относиться к научному прогрессу как объекту исследования.

Парадигма — это определённый набор концепций или шаблонов мышления, включая теории, методы исследования, постулаты и стандарты, в соответствии с которыми осуществляются последующие построения, обобщения и эксперименты.

Проще говоря, любая парадигма — это три обязательные составные части научного познания:

1. Фундамент современного научного знания. Установленные факты, представление об исследуемом феномене, признанные теории;

2. Методы исследований, математический аппарат, образование, система подготовки ученых, научные библиотеки, справочники и специальные журналы;

3. Постановка актуальных проблем, решение которых должно обеспечить дальнейшие исследования.

Понятие научной парадигмы ввел Томас Кун в книге «Структура научных революций» (1962). Он считал, что развитие науки идет от одной научной революции до другой.

Циклы развития науки (по Т. Куну) следующие:

Нормальная наука: открытие поддается объяснению с позиций господствующей (на тот момент) теории.

Экстраординарная наука: кризис в науке. Появление аномалий — необъяснимых фактов. Увеличение количества аномалий приводит к появлению альтернативных теорий. В науке сосуществует множество противоборствующих научных школ.

Научная революция: формирование новой парадигмы.

1-0-5. Эпистемологические разрывы

Но в истории познания были моменты, когда одной научной революцией не обойдешься. Как-то так получается, что однажды люди вдруг начинают думать по-другому, отбрасывают привычные стереотипы. Историк науки Гастон Башляр назвал такие процессы эпистемологическим разрывом. (Эпистемология — философско-методологическая дисциплина, исследующая знание как таковое, его строение, структуру, функционирование и развитие).

Интерес ученых вызывают уже не просто новые, а неожиданные и непонятные события. Описание фактов и составление справочников отходит на второй план по сравнению с объяснением, а на первый план выходит теория как способ объяснения наблюдаемых фактов — сначала «странных» и потому любопытных, а потом теория используется и в качестве средства понимания и обобщения любого фактического материала знания. И мы оказываемся в другом контексте. Прежнее представление о познании больше не работает. Теории, основанные на прежних представлениях, больше не рассматриваются. Как, например, это произошло с теорией геоцентризма после открытий Коперника, Кеплера и Ньютона.

Отмечу следующие эпистемологические разрывы, прямо связанные с развитием астрономии:

- Появление геоцентрической системы. Утилитарное познание сменилось древнегреческой философией;

- Занятия философией сменились долгими веками начетничества и софистики;

- Геоцентризм сменился гелиоцентризмом;

- Появился научный метод Ф. Бэкона;

- Представление о мире как о солнечной системе, ограниченной сферой неподвижных звезд, заменяется картиной бесконечной Вселенной;

- А сейчас мы попадаем в мир относительности и квантовых процессов.

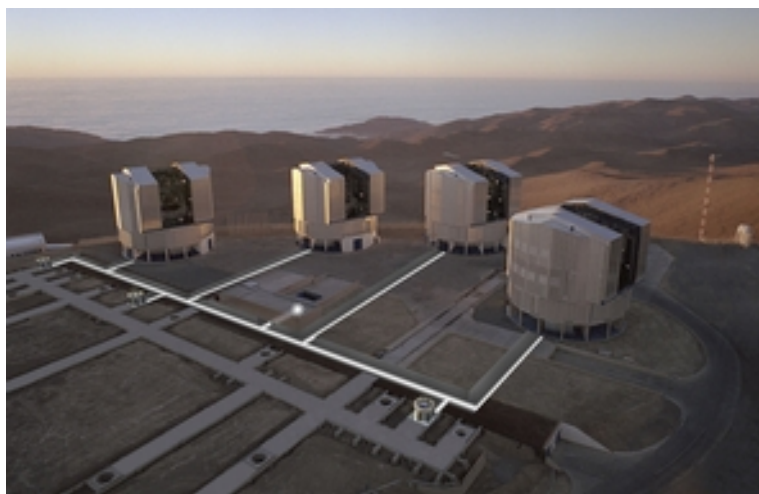


Рис. Очень Большой Телескоп

1-0-6. Принципы наблюдений

Удивительно, но принципы познания очень мало изменились с самых древних времен. Это позволяет нам не только понимать результаты, полученные древними исследователями, не только догадываться о причинах, заставивших их заниматься тем-то и тем-то, но и следить за развитием научных методов.

Астрономические наблюдения характеризуются следующими особенностями:

1. Прежде всего, это способность выделять астрономические явления. Ко многим событиям мы привыкли, они кажутся нам естественными, но для первых исследователей такой подход не был очевидным. Например, смена дня и ночи. Строго говоря, нет никаких оснований считать, что, опустившись вечером на западе, Солнце взойдет утром на востоке. Оно двигалось по небу, и значит, считалось живым. К нему возникло религиозное отношение, естественно, появились многочисленные культы солнцепоклонников. Но умершие люди к жизни не возвращаются, следовало узнать, относится ли это и к Солнцу? Для того, чтобы быть уверенным в том, что Солнце утром вернется, приносились жертвоприношения. Вариант древней коррупции. Убежденность в том, что если Солнце взошло сегодня, то взойдет и завтра, в наше время называется методом экстраполяции. Но то, что его можно применять в данном случае, есть научное открытие. Смену дня и ночи признали астрономическим феноменом. А к природным (изменчивым) явлениям, как выяснилось, применять его нельзя. Если два дня подряд идут дожди, из этого не следует, что и на третий это случится.

2. Обязательна привязка ко времени. Можно что-то увидеть, но наблюдением это станет только в том случае,

если будет зафиксировано, когда это произошло. Именно поэтому первые осознанные астрономические действия были связаны с составлением календарей. Это кажется легкой задачей, но только потому, что основная работа была проделана древними астрономами. Ими были созданы лунные и позднее солнечные календари. Доказана повторяемость событий (временные периоды разделены на годы, месяцы и недели). Приведу пример, показывающий, почему это так важно.

Ко времени Амми-цадуки относятся древнейшие известные нам астрономические клинописные тексты Вавилона, в частности, записи наблюдений гелиакических восходов и заходов планеты Венера с астрологической интерпретацией этих явлений [см. комментарий]. Именно к ним современные историки привязывают хронологию Месопотамии и Передней Азии III-го и первой половины II-го тысячелетий до н. э. Однако из-за того, что планета Венера имеет 60-летний цикл, восходы и заходы в вавилонских записях могут соответствовать любому из трёх возможных хронологических периодов, разделенных 120 годами. «Таблички Венеры», таким образом, вынуждают учёных выбирать один из трёх хронологических периодов царствования вавилонских царей — «длинного», «среднего» и «короткого».

3. Наблюдения требуется накапливать. Но было бы неверно считать, что первые наблюдения за небом можно считать астрономией, в привычном смысле. Само по себе накопление данных еще не является наукой, но должно предшествовать ее появлению. Надо отметить, что астрономия как наука возникла, как только появилась возможность передавать результаты наблюдений другим людям, то есть с появлением письменности и точной привязки ко времени (создание календаря). Можно сделать смелое предположение, что и эти великие изобретения, изменившие ход истории, связаны, в том числе, с потребностями возникающей астрономии и способствовали развитию общей культуры.

4. Анализ собранных наблюдений. Самым интересным было следить за повторяющимися событиями: восходом и

заходом Солнца и Венеры, фазами Луны. По результатам наблюдений были составлены лунные календари.

Календари выбивали на камнях еще в неолите (8 – 7-ое тысячелетия до н.э.). Уже в то время появилось деление на месяцы. Это было сделать не трудно, наблюдая за изменением фаз Луны. Особо отмечался день летнего солнцестояния. На камнях выбивались наиболее яркие звездные узоры (созвездия). Такие артефакты были обнаружены в Закавказье (IV тысячелетии до н. э.) и в Северной Америке.

5. Познавая окружающий мир, древние люди придерживались здравого принципа: каждый факт есть следствие некой причины. Не будет преувеличением считать, что наука — есть процесс установления причин наблюдаемого явления и объяснения механизмов, приводящих к видимому результату.

Когда объяснять наблюдаемые явления естественными причинами не удавалось, приходилось придумывать сверхъестественные. Так возникли религии. Люди чувствовали свою беззащитность перед силами природы: наводнениями, засухами, неурожаями, эпидемиями, ответственность за которые возлагали на богов.

6. Далеко не всегда поиски подходящей причины были успешны. К постоянно повторяющимся явлениям привыкнуть было легко. Каждое явление, нарушавшее привычный вид неба, вызывало ужас или восторг. Затмения, кометы, метеорные дожди становились событием, память о которых хотелось сохранить.

И все было бы хорошо, но установление истинных причин возможно только при понимании происходящих процессов. В противном случае, будут сделаны ложные выводы. Это верно и для современных исследований.

Долгое время наблюдения за небом были привилегией жрецов, особым образом отобранных людей, допущенных к сакральному знанию. Но напомним, что они пытались обнаружить причинные связи. А поскольку важные события для людей происходят часто, едва ли не каждый день, обнаружить якобы существующую связь между ними и небесными явлениями нетрудно. Ночами

наблюдали комету, выдался неурожайный год. После солнечного затмения случилось наводнение. Появилась яркая звезда, которой раньше не было, у вождя родился сын-наследник. Так возникла астрология — попытка предсказывать будущее, используя небесные «знамения».

Комментарий

Гелиакический (гелиакальный) восход — первый после некоторого периода невидимости восход небесного светила (звезды или планеты) непосредственно перед восходом Солнца: «восход в лучах утренней зари».

Ежегодные гелиакические восходы одной и той же звезды приходятся приблизительно на один и тот же день (± 1 день) и могут использоваться для поддержания правильного счёта дней в календаре. Так, гелиакический восход Сириуса, предвещавший начинающийся в июне разлив Нила, играл особую роль в хронологии Древнего Египта и считался там началом года.



Рис. Гелиакический (гелиакальный) восход

1-0-7. Методы астрономических наблюдений

Большая часть астрономических наблюдений — это регистрация и анализ видимого света и другого электромагнитного излучения. Астрономические наблюдения могут быть разделены в соответствии с областью электромагнитного спектра, в которой проводятся измерения. Некоторые части спектра можно наблюдать с Земли (то есть с её поверхности), а другие наблюдения ведутся только на больших высотах или в космосе (на космических аппаратах на орбите Земли).

Оптическая астрономия

С древнейших времен до середины XX века астрономы могли наблюдать небесные тела только в видимой части спектра, в диапазоне примерно от 4000 \AA до 7000 \AA (400 — 700 нанометров).

Сначала наблюдения зарисовывали от руки. В конце XIX века и большей части XX века исследования осуществлялись по фотографиям. Сейчас изображения получают цифровыми детекторами.

Инфракрасная астрономия

Инфракрасная астрономия занимается регистрацией и анализом инфракрасного излучения небесных тел. Инфракрасное излучение сильно поглощается атмосферой, кроме того, в этом диапазоне излучает атмосфера Земли. Поэтому обсерватории для изучения инфракрасного излучения должны быть расположены на высоких и сухих местах или в космосе. Инфракрасный спектр полезен для изучения объектов, которые слишком холодны, чтобы излучать видимый свет (например, экзопланеты и газопылевые диски вокруг звёзд). Инфракрасные лучи могут проходить через облака пыли,

поглощающие видимый свет, что позволяет наблюдать молодые звезды в молекулярных облаках и ядрах галактик и изучать химический состав астрономических объектов.

Ультрафиолетовая астрономия

Ультрафиолетовая астрономия имеет дело с длинами волн примерно от 100 до 3200 Å (10—320 нанометров). Свет на этих длинах волн поглощается атмосферой Земли, поэтому исследование этого диапазона выполняют из верхних слоёв атмосферы или из космоса. Ультрафиолетовая астрономия лучше подходит для изучения горячих звёзд (классов O и B), поскольку основная часть их излучения приходится именно на этот диапазон. Сюда относятся исследования голубых звёзд в других галактиках и планетарных туманностей, остатков сверхновых, активных галактических ядер. Однако ультрафиолетовое излучение легко поглощается межзвёздной пылью, поэтому в результаты измерений следует вносить поправку за этот эффект.

Радиоастрономия

Радиоастрономия — это исследование излучения с длиной волны, большей, чем один миллиметр (примерно). Радиоастрономия отличается от большинства других видов астрономических наблюдений тем, что исследуемые радиоволны можно рассматривать именно как волны, а не как отдельные фотоны.

Большинство радиоизлучения, наблюдаемого с Земли, является по происхождению синхротронным излучением, которое возникает, во время движения электронов в магнитном поле. Кроме того, некоторые спектральные линии вызываются межзвёздным газом, в частности спектральная линия нейтрального водорода длиной 21 см.

В радиодиапазоне наблюдается широкое разнообразие космических объектов, в частности сверхновые звезды, межзвёздный газ, пульсары и активные ядра галактик.

Рентгеновская астрономия

Рентгеновская астрономия изучает астрономические объекты в рентгеновском диапазоне. Обычно объекты излучают рентгеновское излучение благодаря:

- синхротронному механизму (релятивистские электроны, движущиеся в магнитных полях);

- тепловое излучение от тонких слоёв газа, нагретых выше 10^7 К (10 миллионов кельвинов — так называемое тормозное излучение);

- тепловое излучение массивных газовых тел, нагретых свыше 10^7 К (так называемое излучение абсолютно чёрного тела).

Поскольку рентгеновское излучение поглощается атмосферой Земли, рентгеновские наблюдения в основном выполняют космическими телескопами. К известным рентгеновским источникам в космосе относятся: рентгеновские двойные звезды, пульсары, остатки сверхновых, эллиптические галактики, скопления галактик, а также активные ядра галактик.

Гамма-астрономия

Гамма-астрономия — это исследование самого коротковолнового излучения астрономических объектов. Гамма-лучи могут наблюдаться непосредственно космическими телескопами или опосредованно с помощью специализированных атмосферных телескопов Черенкова. Эти телескопы фиксируют вспышки видимого света, образующиеся при поглощении гамма-лучей атмосферой Земли вследствие различных физических процессов вроде эффекта Комптона, а также черенковское излучение.

Большинство источников гамма-излучения — это гамма-всплески, которые излучают гамма-лучи всего от нескольких миллисекунд до тысячи секунд. Только 10 % источников гамма-излучения активны долгое время. Это, в частности, пульсары, нейтронные звезды и кандидаты в чёрные дыры в активных галактических ядрах.

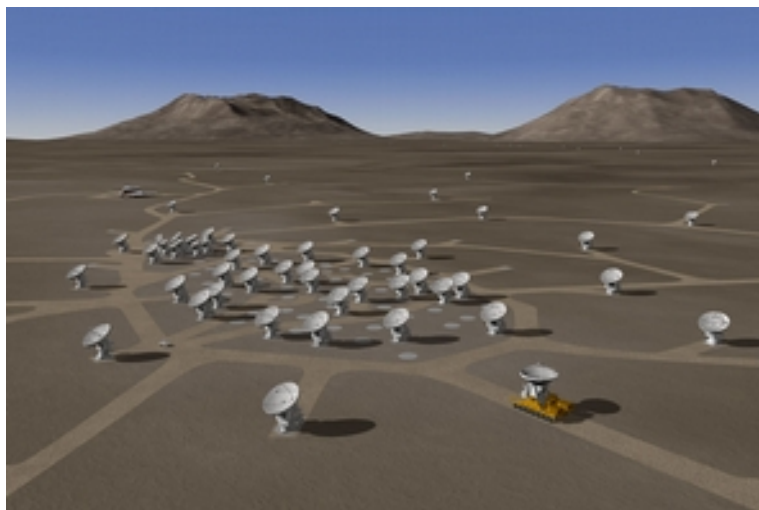


Рис. Обсерватория ALMA, Чили

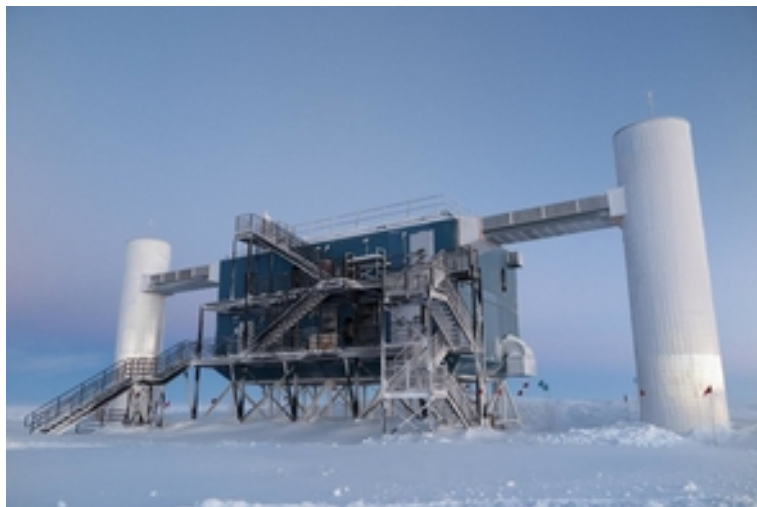


Рис. Обсерватория нейтрино Icecube в Антарктиде

Глава 1-0-8

Другие методы изучения космоса

Астрономия занимается не только наблюдениями электромагнитного излучения, применяются и другие способы изучения космоса.

Изучение космических лучей

Космические лучи — элементарные частицы и ядра атомов, движущиеся с высокими энергиями в космическом пространстве.

Физика космических лучей изучает:

процессы, приводящие к возникновению и ускорению космических лучей;

частицы космических лучей, их природу и свойства;

явления, вызванные частицами космических лучей в космическом пространстве, атмосфере Земли и планет.

Космические лучи могут возникать:

вне нашей Галактики;

в нашей Галактике;

на Солнце;

в межпланетном пространстве.

Первичными принято называть внегалактические, галактические и солнечные космические лучи.

Вторичными космическими лучами принято называть потоки частиц, возникающих под действием первичных космических лучей в атмосфере Земли и регистрирующихся на поверхности Земли.

Нейтринная астрономия

В нейтринной астрономии для выявления нейтрино используют специальные подземные объекты, такие как SAGE, GALLEX и Камиока II / III. Эти нейтрино приходят главным образом от Солнца, но также от сверхновых

звёзд. Кроме того, современные обсерватории могут регистрировать космические лучи, поскольку это частицы очень высокой энергии, дающие при входе в атмосферу Земли каскады вторичных частиц. Кроме того, некоторые будущие детекторы нейтрино будут также непосредственно чувствительны к частицам, рождённым, когда космические лучи попадают в атмосферу Земли.

Гравитационно-волновая астрономия

Новым направлением в разновидности методов астрономии может стать гравитационно-волновая астрономия, которая стремится использовать детекторы гравитационных волн для наблюдения компактных объектов. Несколько обсерваторий уже построено, например, лазерный интерферометр гравитационной обсерватории LIGO. Впервые гравитационные волны были обнаружены в 2015 году.

Планетарная астрономия

Планетарная астрономия — это комплекс наук, изучающих планеты и их спутники, а также солнечную систему в целом и другие планетные системы с их экзопланетами. Планетология изучает физические свойства, химический состав, строение поверхности, внутренних и внешних оболочек планет и их спутников, а также условия их формирования и развития.

Планетология относится к междисциплинарной области науки, первоначально развившейся из наук о Земле и астрономии. Но на сегодняшний день она включает в себя множество дисциплин, таких как планетная геология (вместе с геохимией и геофизикой), физическая география (геоморфология и картография, применительно к планетам), науки об атмосфере, теоретическая планетология и исследование экзопланет.



ЧАСТЬ 1
Доисторическая астрономия

Содержание

- Глава 1-1-1 (Том-часть-глава). Звездное небо
- Глава 1-1-2. Археоастрономия
- Глава 1-1-3. Самая древняя легенда о звёздном небе
- Глава 1-1-4. О чем можно догадываться
- Глава 1-1-5. Гёбекли-Тепе
- Глава 1-1-6. Стоунхендж
- Глава 1-1-7. Гозекский круг
- Глава 1-1-8. Древний Египет
- Глава 1-1-9. Астрономия майя
- Глава 1-1-10. Восприятие времени древними людьми

Глава 1-1-1

Звездное небо

Начать следует с важного утверждения. Если бы наши далекие предки не обратили внимания на звездное небо и не почувствовали, что оно прекрасно, наша цивилизация не состоялась бы.

Люди стали людьми в тот момент, когда обнаружили, что для них важны вещи, которые не приносят очевидной пользы. Мир немедленно стал очень сложным. Конечно, главными мотивами человеческого существования оставались базовые инстинкты: желание удовлетворить голод, оставить потомство и обладать властью. И вдруг появились другие потребности, удивительным образом изменившие человеческую природу: ощущение красоты, любопытство, желание познать окружающий мир.



Рис. Звездное небо

Не могу сказать, как произошел этот скачок, но мне кажется, что огромную роль в этом сыграло наблюдение за звездным небом. Само по себе существование чего-то непривычного, того, что невозможно потрогать руками и использовать в своих целях, способствует развитию абстрактного мышления.

И вот пришел первобытный человек к вождю племени (а от кого еще он мог узнать правду о мире) и стал спрашивать:

— что такое небо?

— почему днем светло, а ночью темно?

— почему после дня обязательно наступает ночь?

— почему днем по небу движется кружок, смотреть на который невозможно, такой он яркий, а ночью точно такой же, но его можно разглядывать, сколько хочешь?

— почему днем всегда кружок, а ночной бывает ущербным, а иногда и вовсе пропадает?

— почему иногда бывает холодно, а иногда тепло?

— почему, когда тепло, с неба идет дождь, а когда холодно, падает снег?

— почему бывают молнии?

— почему бывает гром?

— почему днем звезд не видно?

— откуда звезды берутся ночью?

— почему звезды ползут по небу, а следующей ночью возвращаются?

— почему одни облака белые и пушистые, а другие черные и мрачные, а есть еще серые?

— почему бывают зима, весна, лето и осень?

— почему они следуют всегда в одном и том же порядке?

— почему все звезды двигаются по небу, а одна все время торчит на одном месте?

— почему некоторые звезды яркие, а другие едва видны?

— почему звездные узоры не меняются?

— почему некоторые звезды передвигаются от узора к узору?

— почему иногда звезды падают с неба?

— куда они деваются?
— почему у некоторых звезд есть хвосты?
Выслушал его вождь и сказал:
— А вот ты и найдешь ответы. Все равно у тебя нога болит, и на охоту ты не ходишь.



Рис. Наскальный астрономический рисунок

Так, наверное, и появился первый астроном. Их было совсем мало, но они совершили самое выдающееся астрономическое открытие всех времен. Они отделили природные (изменчивые) явления от астрономических (повторяющихся) феноменов.

— Внимательный взгляд любопытного человека сумел отметить очевидные явления, которые стали первыми астрономическими фактами:

— бывает ночь, бывает день;
— днем на небе сияет Солнце, оно греет;
— Солнце ежедневно восходит в восточной части неба, поднимается кверху, достигает к полудню наивысшего своего положения на юге, затем начинает спускаться вниз и, наконец, закатывается в западной части небосклона;

— дневной путь, описываемый Солнцем на небе, не всегда одинаков: точки горизонта, в которых оно восходит и заходит, высота его на небе в полдень и время, протекающее от восхода до заката, — все эти элементы

подвержены ряду изменений, сопровождаемых переменами в состоянии погоды, растительности. Благодаря этому, происходит смена времен года, возвращающихся через промежуток времени, называемый годом;

— ночью часто (не всегда, но часто) появляется Луна, она светит, но не греет;

— вид Луны претерпевает изменения, повторяющиеся в правильном порядке и приблизительно через равные промежутки времени;

— сначала Луна видна как тонкий серп, который через неделю становится полудиском, еще через неделю — это уже полный диск, после чего Луна снова становится серпом, пока не исчезает совсем. А потом весь этот процесс повторяется вновь и вновь;



Рис. Фазы Луны

— несколько наблюдений над звездами с достаточной ясностью убеждают в том, что и эти светила, подобно Солнцу и Луне, изменяют положение на небесном своде.

Глава 1-1-2

Археoaстрономия

Любые занятия людей оставляют материальные следы, которые могут сохраняться десятки тысяч лет. Касается это и наблюдений древними людьми за небесными телами. Нет ничего удивительного в том, что в наше время находятся ученые, пытающиеся отыскать и изучить доступные нашему вниманию факты.

Археoaстрономия как наука сформировалась только во второй половине XX века. Предмет ее изучения — астрономические представления людей древности.

Археoaстрономия разделяется на:

астроархеологию, изучающую археологические памятники и древние артефакты для поиска в них астрономического значения,

этноастрономию, раскрывающую космологические и космогонические представления древних по фольклорным и этнографическим данным,

астропиктографию, изучающую астрономическое значение древних рисунков (петроглифов), не всегда известное по этнической принадлежности,

астромифологию, изучающую астрономическое значение мифологических концепций разных народов, зависящих от места проживания,

астротеологию, изучающую изменение религиозных концепций в зависимости от временных изменений астрономических картин звездного неба, астрогносеологию, изучающую изменение познания (гносео- греч. познание) и мировоззрения древних людей в зависимости от изменения астрономических картин звездного неба.

В свою очередь, археоaстрономия является одним из разделов более широкой дисциплины палеoaстрономии, изучающей древние астрономические события.

Как междисциплинарная наука, археоастрономия использует результаты, полученные археологией и астрономией, а также историей науки, историей религии, этнологией, лингвистикой, палеоклиматологией и т. д.

Создателем археоастрономии считается английский астрофизик Джозеф Норман Локьер (1836 – 1920 гг.). На рубеже XIX — XX веков он изучил астрономическую ориентацию ряда монументальных сооружений Египта, Ближнего Востока, Греции и Британии и написал об этом книгу «Заря астрономии».

Термин «астроархеология» впервые употребил Джеральд Хокинс (1928 – 2003 гг.) — профессор Бостонского университета, сотрудник Смитсоновской обсерватории. Джеральд Хокинс известен как выдающийся исследователь знаменитого Стоунхенджа.

К настоящему времени следы доисторической астрономической деятельности найдены по всему земному шару — практически на всех широтах, за исключением Антарктиды.

Причиной столь раннего интереса к небесным явлениям была, прежде всего, необходимость (уже для первобытного охотника) ориентироваться во времени и в пространстве. При переходе человеческих сообществ (племен) к оседлой жизни земледельцев, когда стали жизненно важными небесные приметы приближения того или иного сельскохозяйственного сезона, эта потребность стала намного сильнее.

Не менее сильным стимулом зарождения интереса к небу должна была стать рано осознанная связь человека с окружающим миром, зависимость его от грозных и благоприятных явлений природы, прежде всего от солнечного тепла, от устрашающих гроз и «небесного» огня — молний, а иногда и от падающих с неба камней. Первобытный человек видел в небесных светилах и явлениях могущественных существ, которые посылают на землю свои сигналы-знамения в виде небесных явлений. Так зарождались астральные формы религиозного мировоззрения и астрология — как первое осознание и примитивное истолкование космическо-земных связей.

Глава 1-1-3

Самая древняя легенда о звёздном небе

Следы самой древней легенды о звёздном небе обнаружили австралийские астрономы Рэй Норрис и Барнаби Норрис. По их мнению, она появилась ещё до выхода *Homo sapiens* из Африки и его расселения по всей Земле.



Рис. Плеяды

Учёные обратили внимание на странность, присущую многим мифам о звёздном скоплении Плеяды. В этой группе несколько тысяч звёзд, но невооружённым глазом видны только шесть светил. Однако с древности до нас дошло другое название скопления — «Семь сестёр». Почему семь, а не шесть?

Древние греки рассказывали, что Плеяды — это семь дочерей титана Атласа. Чтобы спасти их от похотливого охотника Ориона, Зевс превратил девушек в звёзды и поместил на небо. Но одна из них влюбилась в смертного юношу и покинула небеса ради него. Поэтому мы видим в Плеядах не семь, а только шесть светил.

Разные племена австралийских аборигенов тоже называли Плеяды компанией девушек, а расположенное поблизости созвездие Ориона — пылающим к ним страстью мужчиной или целой группой мужчин. Подобные же сказания есть у многих народов Европы, Африки, Азии, Индонезии и Америки. И в каждой из них говорится, что девушек-плеяд было семь, но потом одна из них сбежала, или умерла.

Это сходство поразительно. Как могли народы, десятки тысяч лет назад разошедшиеся по разным концам света, независимо прийти к одному и тому же сюжету?

В поисках ответа учёные реконструировали облик этого звёздного скопления сто тысячелетий назад. И обнаружили нечто весьма интересное.

Сегодня звёзды Плейона и Атлас расположены на небе так близко друг к другу, что для невооружённого глаза они сливаются в одно светило. Так же обстояло дело несколько тысяч лет назад. Но сто тысячелетий назад и раньше ещё можно было различить, что это отдельные светила. Тогда люди насчитывали в Плеядах не шесть, а семь звёзд.

Может быть, легенда о семи сёстрах зародилась не менее ста тысячелетий назад? Это объяснило бы, почему их семь, а не шесть. Древнейшим останкам «сапиенса» за пределами Африки 177 — 194 тысячи лет, но масштабная колонизация началась много позже. Наш вид достиг Австралии 60 тысяч лет назад, по Европе широко расселился около 50 тысячелетий назад. Если легенда о Плеядах имеет возраст сто тысяч лет или больше, неудивительно, что заселявшие земной шар люди понесли её с собой. А когда звёзд в скоплении стало шесть, рассказчикам пришлось придумать этому объяснение.

Свои аргументы Норрисы изложили в статье, вошедшей в книгу «Развитие астрономии в культуре».

Глава 1-1-4

О чем можно догадываться

До возникновения письменности можно отслеживать интерес людей к звездному небу только косвенными методами. К интересным выводам можно прийти, если анализировать привычные названия созвездий.

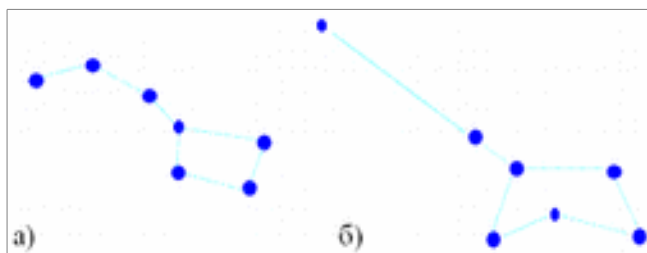


Рис. Созвездие Большой Медведицы

Например, созвездие Большой Медведицы явно больше похоже на ковш, чем на зверя. Однако, если учесть собственные движения звезд, то окажется, что фигура созвездия соответствовала его названию 100 000 лет назад. Ряд ученых выдвинули гипотезу о том, что ещё *Homo sapiens neandertalis* — неандертальцы вели наблюдения звездного неба и давали созвездиям имена (что говорит о том, что они обладали членораздельной речью, имели способность к абстрактному и ассоциативному мышлению и передавали знания из поколения в поколение).

Современный вид человека появился на Земле около 50 000 лет назад. Самые ранние следы «астрономической деятельности» человека на Земле (в смысле проявления

активного интереса к небесным явлениям) имеют возраст в десятки тысяч лет до нашего времени. Это «солярные знаки» эпохи палеолита — рисунки астрономического содержания в древнейших пещерах мира и в наскальной живописи; первобытные «лунные календари» — изображения последовательности лунных фаз или изделия с зарубками для счета дней по изменению вида Луны (старейший — т.н. «Ачинский жезл» — находка 1972 г., возраст 20 тыс. лет до н.э.); древнейшие наблюдательные площадки, на которых с помощью искусственных или естественных ориентиров («менгиров») выделены направления на точки восходов и заходов Солнца (в дни солнцестояний и равноденствий) и Луны в различных ее фазах, а также в годы высокой и низкой Луны (различного положения относительно эклиптики).

Из наблюдений за движением Солнца, Луны и звезд (планеты в отдельную группу звезд ещё не выделялись) люди пришли к выводу о видимом вращении неба вокруг оси мира и определили положение полюсов мира. Группы ярких звезд объединяли в созвездия, названия которым давали или по внешнему виду, или связывая их появление с определенными природными явлениями. Из звезд в первую очередь выделялись и ближайšie к полюсу мира. Первые высеченные в камне звездные карты были созданы 32-35 тысяч лет назад.

Не менее древним проявлением интереса к небу является астрономический фольклор — народные астрономические приметы, космологические мифы и сказки, ритуальные, астрономического содержания песни и пляски (связанные с весенним равноденствием, с которого многие древние народы начинали год).

Подобные сведения относят к доисторической астрономии, поскольку они не подтверждены письменными документами. Следы древнейших проявлений интереса к небесным явлениям дошли до нас в устном народном творчестве. А память о древней астрономической деятельности сохранилась лишь в археологических памятниках и находках.

Глава 1-1-5

Гёбекли-Тепе

Гёбекли-Тепе — «Пузатый холм», известный также как «Пупочный холм» — храмовый комплекс, расположенный в 8 километрах к северо-востоку от города Шанлыурфа, в 2,5 километрах от деревни Оренджик в регионе Юго-Восточная Анатолия.

Является древнейшим из крупных мегалитических сооружений в мире. Его возраст оценивается до 12 000 лет, ориентировочно датируется по меньшей мере IX тысячелетием до нашей эры, согласно геомагнитным исследованиям, проведённым в 2003 году. Представляет собой сооружения круглой формы (концентрические окружности), число которых доходит до 20.



Рис. Схема Гёбекли-Тепе

Поверхность некоторых колонн покрыта рельефами. Долгое время (9,5 тысяч лет) был скрыт под холмом Гёбекли-Тепе высотой около 15 метров и диаметром около 300 метров. Археологические находки в Гёбекли-Тепе и Невалы-Чори революционным образом изменили представления о раннем неолите Ближнего Востока и Евразии в целом.



Рис. Раскопки Гёбекли-Тепе

Гёбекли-Тепе был уже в начале 1960-х годов известен археологам, но его истинная значимость долго оставалась неясной. Американский археолог Петер Бенедикт предполагал, что под ним находится кладбище византийской эпохи. С 1994 года раскопки и исследования проводятся стамбульским отделением Немецкого археологического института в сотрудничестве с музеем Шанлыурфа под руководством Клауса Шмидта. Археологи установили, что известный холм не мог образоваться естественным путём, и вскоре обнаружили среди камней Т-образные колонны со следами стёсанных рисунков.

На сегодняшний день храмы Гёбекли-Тепе представляют собой древнейшие культовые сооружения. Их строительство началось в мезолите и продолжалось несколько тысяч лет.

В древнейшем слое найдены монолитные колонны до 3 м в высоту, соединённые стенами из необработанного камня, образуя округлую или овальную постройку. Колонны установлены и в центре сооружения. Найдены полы из обожжённого известняка с низкими каменными скамьями вдоль стен.

Колонны храмов украшены резьбой по камню в виде животных и абстрактных пиктограмм. Они не могут быть системой письма, но отражают общеупотребительные сакральные символы своей культуры, известные и для других неолитических культур. Среди узнаваемых изображений: львы, быки, кабаны, лисы, газели, змеи и другие рептилии, насекомые, паукообразные, птицы, чаще всего грифы и водоплавающие. Изображения грифов связывают с особенностью местного культа; предполагается, что мертвых не хоронили, а оставляли на съедение грифам (позже это было принято у огнепоклонников), а их головы отделяли от туловища и хранили как предмет культа предков. Изображений человека немного, среди них — изображение обезглавленного тела, окружённого грифами. На Т-образных колоннах имеются также изображения рук, возможно, обозначающих людей.

В храмах найдено множество кремневых артефактов (преимущественно наконечники стрел и скребла), а также кости животных. Предполагается, что храмовый комплекс был объектом паломничества для людей, обитавших за сотни километров от него. Здесь происходили ритуальные действия и, возможно, жертвоприношения. Тем не менее, при храме постоянно жили служители культа.

На раннем этапе строительства в нём не найдено следов одомашненных животных или растений. Начинали строительство охотники-собиратели, а завершали уже земледельцы.

По мнению психолога архитектуры Коллина Элларда, строительство комплекса преследовало не утилитарные, а магические цели. Эллард считает, что на колоннах были вырезаны изображения тотемов, целью которых было преодоление страха смерти. Согласно другой версии, сооружения являются не храмовым комплексом, а обсерваторией.

В 2017 г. ученые из Эдинбургского университета сообщили, что проанализировали символы на колоннах храмового комплекса Гёбекли-Тепе. Предположив, что рисунки означают положение небесных тел, и, сопоставив их с картой созвездий того времени, они пришли к выводу, что около 10950 года до нашей эры на Землю могла упасть комета. По их мнению, изображение человека без головы может указывать на многочисленные жертвы этой катастрофы. Последовавший за этим период с конца XI до конца X тысячелетия до нашей эры, так называемый Поздний дриас, был отмечен резким похолоданием.

Учитывая возраст и монументальность храмового комплекса, специалисты гадают, кому или чему поклонялись его строители. Джулио Магли из Миланского технического университета, который специализируется на археоастрономии предполагает, что предметом поклонения была звезда Сириус. Он рассказал, что эта звезда впервые появилась на небе около 11300 лет назад. По яркости на ночном небе она занимает четвёртое место после Луны, Венеры и Юпитера, поэтому появление Сириуса могло произвести сильное впечатление на человека эпохи раннего неолита.

При помощи компьютерного моделирования, учёный определил движение Сириуса с момента его появления на небосклоне, а затем сопоставил полученные данные с географическими координатами Гёбекли-Тепе. Оказалось, что если провести между звездой и центральными колоннами воображаемую линию, то Сириус будет находиться строго на горизонте, причём для каждого святилища значимыми будут соответствующие даты: 9100, 8750 и 8300 годы до нашей эры.

Глава 1-1-6

Стоунхендж

Наиболее сохранившейся и изученной лунно-солнечной обсерваторией является Стоунхендж (букв. «Висячие камни», 2 тыс. лет до н.э.) близ Солсбери на юге Англии. Стоунхендж состоит из кольцевых и подковообразных сооружений, построенных из больших менгиров.

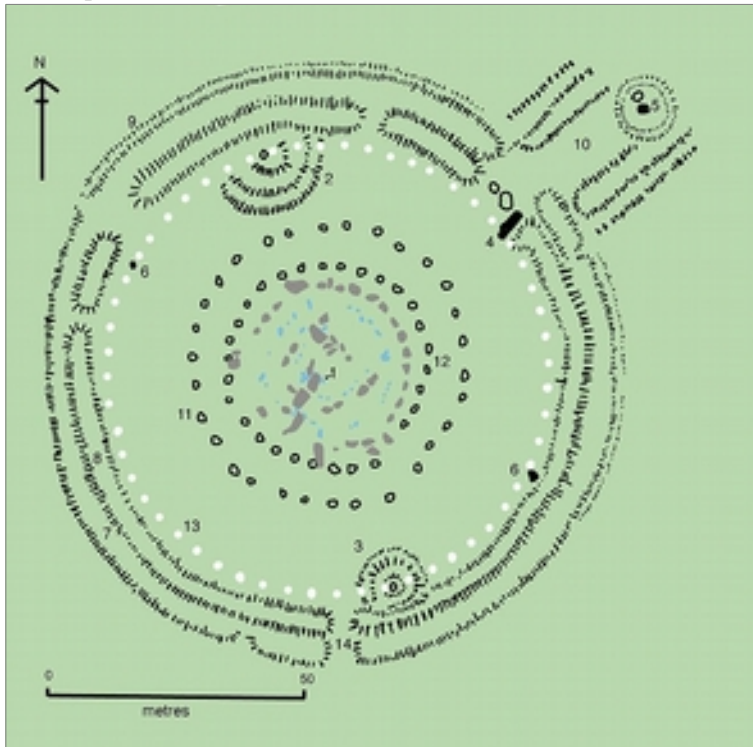


Рис. План Стоунхенджа

На плане выделяются:

1 — Алтарный камень, шеститонный монолит зеленого слюдяного песчаника из Уэльса

2-3 — курганы без могил

4 — упавший камень 4,9 метров в длину (Slaughter Stone — эшафот)

5 — Пяточный камень (Heel Stone)

6 — два из первоначально четырех вертикально стоящих камней

7 — ров (канава)

8 — внутренний вал

9 — внешний вал

10 — авеню, то есть параллельная пара рвов и валов, ведущая за 3 км на реку Эйвон; сейчас эти валы едва различимы (см. виртуальную экскурсию)

11 — кольцо 30 ям, т. н. Y лунки; в 1930-х лунки были обозначены круглыми столбиками, которые теперь убраны

12 — кольцо 30 ям, т. н. Z лунки

13 — круг 56 ям, известный как лунки Обри (Aubrey holes)

14 — малый южный вход.

Камни, сосредоточенные в центре Стоунхенджа, обозначены на плане цветом: серым — для валунов песчаника (сарсена) и синим — для ввозимых издалека камней, главным образом голубых камней (bluestone). Эти каменные глыбы были, вероятно, доставлены на место строительства Стоунхенджа с расстояния в 380 км, примерно с восточной части Уэльса, поскольку это ближайший каменный карьер.

30 сарсеновых камней образуют круг диаметром 33 м. Эти камни достигают высоты 4,1 м, ширины 2,1 м и веса около 25 тонн. Сверху на них положены камни-перемычки длиной около 3,2 м и шириной 1 м и толщиной 0,8 м так, что вершины перемычек находятся на 4,9 м над уровнем земли. Камни закреплялись при помощи системы «паз и шип». Дуга внешнего кольца из 13 камней сохранилась вместе с перекрытиями. На плане перемычки не указаны.

В пределах этого круга стояло пять трилитов из сарсена, образуя подкову, открытую в сторону авеню. Их огромные камни весят до 50 тонн каждый. Трилиты устроены симметрично: самая маленькая пара трилитов была 6 м высотой, следующая пара немного выше, а самым большим был единственный центральный трилит высотой в 7,3 м. К XIX веку сохранилось только два трилита с юго-востока и одна сильно согнутая опора центрального трилита. В первой половине XX века был восстановлен один трилит с северо-запада и выправлена опора центрального трилита, чем был полностью изменен вид комплекса с северо-запада.

Форму кольца и подковы повторяют кольцо без перекрытий и подкова из голубых камней.



Рис. Стоунхендж

Современная датировка элементов Стоунхенджа основана на радиоуглеродном методе. В настоящее время выделяют следующие фазы:

Фаза 1 — строительство главного рва и валов (культура Виндмилл-Хилл). Во рву было найдено значительное число оленьих рогов со следами «износа». Поскольку ниже этих рогов ила найдено не было, было высказано предположение, что ров был вырыт вскоре после умерщвления оленей. Последнее событие было датировано радиоуглеродным методом 3020-2910 годами до н. э.

Фаза 2 — вторичное заполнение рва, деревянные сооружения и лунки Обри.

Фаза 3 — похоронная врезка в вершину вторичного заполнения рва, постройка каменных колец из песчаника и голубых камней, авеню и лунки Y и Z (Уэссекская культура). Материал для датировки валунов сарсена, имеющийся в весьма ограниченном количестве, указывает на 2440—2100 лет до н. э.

Ещё авторы XVIII века подметили, что положение камней можно увязать с астрономическими явлениями. Наиболее известная современная попытка истолкования Стоунхенджа как грандиозной обсерватории каменного века принадлежит Дж. Хокинсу и Дж. Уайту.

Первоначально Стоунхендж был культовым сооружением для поклонения Луне. Ориентация входа в кольцо соответствовала направлению на точку восхода Луны в ее северном положении в течение восемнадцатилетнего цикла. Число лунок Обри дает полный цикл повторения фаз: $56 \text{ лет} = (18 + 19 + 19) \text{ лет}$. Ежегодно перекладывая камни в лунках, можно предсказывать фазы Луны. Изменение первоначального направления на 9 градусов во второй фазе строительства показало, что главным было выбрано направление на точку восхода Солнца в день летнего солнцестояния.

Следует отметить уникальность прямоугольника, образуемого позиционными камнями (на схеме они помечены как 2, 3 и два камня б). Он может выполнять двойную функцию — короткие стороны указывают направление на точку восхода Солнца в день весеннего равноденствия, а длинные — направления, связанные с крайними точками захода Луны.

Исследованы возможности использования трилитов и арок сарсеневого кольца для прогнозирования небесных явлений. Например, видны точки восходов и заходов Солнца и Луны. Если в момент зимнего солнцестояния полная Луна восходит над пяточным камнем. То это означает, что произойдет полное лунное затмение. Если предположить, что жрецам было известно соотношение между продолжительностями тропического (Т) и драконического (Е) годов

$$56 T = 59 E,$$

то при передвижении камней по лункам Обри, отражающим перемещение узлов лунной орбиты, можно было предсказывать затмения [см. комментарий].

Вполне возможно, что в проектировании Стоунхенджа участвовали люди, знакомые с культурой Вавилона и обладающие астрономическими познаниями. Показательно сходство трилитов, не только по форме, но и по технике постройки, с сооружениями в Микенах, относящимися к середине 2-го тысячелетия до н.э.

Комментарии

Тропический год (также известный как солнечный год) в общем смысле — это отрезок времени, за который Солнце завершает один цикл смены времён года, как это видно с Земли, например, время от одного весеннего равноденствия до следующего, или от одного дня летнего солнцестояния до другого.

Драконический год — промежуток времени между двумя последовательными прохождением Солнца через один и тот же (восходящий или нисходящий) узел лунной орбиты.

Глава 1-1-7

Гозекский круг

В 1991 году при обзоре местности с самолёта в Гозеке (округ Бургенландкрайс, земля Саксония-Ангальт) было случайно обнаружено необычное неолитическое сооружение, которое получило название Гозекского круга. Пилоты заметили на пшеничном поле загадочные очертания. В 2002 году экспертами из Университета Галле-Виттенберга были произведены раскопки. Время изрядно потрепало древнее строение, но реконструкция вернула ему первоначальный вид.



Рис. Гозекский круг

В ходе раскопок было установлено, что Гозекский круг состоял из кургана, рва и четырех concentрических окружностей с наибольшим диаметром около 75 метров. По краям окружностей была сооружено 2 деревянных 2,5-метровых палисада, в которых имелись ворота. Ворота было трое, с направлением на юго-восток, юго-запад и север. Во время зимнего солнцестояния наблюдатель, стоящий в центре, мог видеть восход через юго-восточные

ворота, а заход – через юго-западные. В этот день солнечный луч, пройдя сквозь узкие ворота, словно рисовал полоску света на земле. Археологи решили, что Гозекский круг использовался для астрономических наблюдений и для составления лунного календаря. Видимо, к этому были допущены только жрецы.

Точность расчёта говорит о том, что древние создатели «небесного календаря» имели довольно неплохие познания в области астрономии.

Многие не согласны с этим и считают, что сооружение использовалось для религиозных целей. В древней Европе был широко распространён «солнечный культ», поэтому строение использовалось в особом ритуале, возможно и с принесением человеческих жертв. При первоначальном исследовании Гозекского круга археологи извлекли несколько человеческих костей, среди которых был и обезглавленный скелет.

Внутри круга были найдены керамические осколки с характерными линейными узорами. Именно так расписывали свою посуду представители культуры накольчатой керамики. Жили эти люди около 4900 года до нашей эры. находку также часто называют «немецкий Стоунхендж», но Гозекский круг был построен на 2-3 тысячи лет раньше, чем британский Стоунхендж. По своей схеме немецкое сооружение более напоминает ирландский Ньюгрейндж, капище в уральском Аркаиме и другие схожие объекты. Правда, в Гозекском круге не использовались каменные валуны. Возможно, в те стародавние времена предки германцев до этого еще не додумались. Или им было лень тащить за сотни километров камни весом по 20-40 тонн. Конечно, проще было огородить территорию бревнами.

Стоит заметить, что в 25 км от Гозека был найден диск, на котором было отображено одно из древнейших в мире представлений о нашей Солнечной Системе. В месте, где его нашли, располагалось подобное сооружение в форме кольца, которое младше Гозекского круга на 14-15 столетий. Нет никаких сомнений, что космологическая схема изображённая на диске является результатом

многовековых наблюдений за небом, основа которых была положена в Гозекском круге.



Рис Диск из Гозека

Комментарий

Существуют и другие мегалитические сооружения. В Списке объектов Всемирного наследия наиболее важным подобным сооружением Европы признан Ньюгрейндж (Ирландия). Туннель в этом сооружении ориентирован на юго-восток, точно на место восхода Солнца в день зимнего солнцестояния. В течение нескольких дней (с 19 по 23 декабря), лучи восходящего Солнца проникают по нему во внутреннюю комнату и ярко освещают её около 17 минут (от 14 до 21 минуты).

Глава 1-1-8

Древний Египет



Рис. Египет. Затмение

Древнеегипетский календарь

Древнеегипетская астрономия возникла свыше 6000 лет тому назад. У египтян возникла необходимость вычислять периоды подъема и спада воды в Ниле. Жизнь страны Та-Кемт зависела от разливов реки: в середине июля уровень вод начинал подниматься, достигал максимума в октябре-ноябре и возвращался к прежнему состоянию в январе-феврале. Нил заливал обширные пространства, покрывая их слоем плодородного ила.

Начало разлива совпадало с первым после периода невидимости появлением яркой звезды Сотис (Сириус, альфа Большого Пса) на востоке в лучах восходящего Солнца.

Наступление этого дня необходимо было вычислять.

Так появился первый в истории человечества календарь. Созданный в долине Нила древнеегипетский календарь просуществовал вместе с Египетской цивилизацией около 4 тысячелетий.

Промежуток времени между двумя гелиакическими (см. комментарий в гл. 1-0-6) восхождениями Сириуса, совпадающими в Древнем Египте с летним солнцестоянием и предшествующими разливу Нила, составляет 365,25 суток. Однако в длину своего года египтянами было положено целое число дней — 365. Таким образом, за каждые 4 года сезонные явления отставали от календаря на 1 сутки. При отсутствии високосных лет Новый год проходил за 1460 (365×4) лет все сезоны и возвращался на начальное число. Период в 1460 лет назывался сотическим периодом, циклом, или Великим годом Сотиса.

Первым днём года считался тот день, когда Сириус (Сотис) восходит на утренней заре в Мемфисе (19 июля). Календарь был введён в день совпадения первого дня солнечного сидерического года (полного оборота Солнца по орбите относительно Сириуса) с первым днём обыкновенного года, а именно 19 июля 4241 года до н. э. по пролептическому юлианскому календарю (см. комментарий) — являющийся, таким образом, первой достоверной датой, которую знает история человечества.

В солнечном календаре, созданном в результате многолетних наблюдений древнеегипетскими жрецами-астрономами, год делился на три сезона: Ахет (половодье), Перет (всходы), Шему (засуха). В каждом было по четыре месяца.

Иногда в состав года включался тринадцатый месяц (месяц Тота), и год получался високосным. Каждый месяц состоял из трех 10-дневных недель, последние пять дней года объявлялись праздничными.

А в середине II тысячелетия до н. э. именно египтяне разделили сутки на 12 ночных и 12 дневных часов. Для определения времени использовались солнечные (в т.ч. переносные) и водяные часы.

Астрономия

Астрономические знания использовались жрецами при строительстве зданий, храмов, пирамид. Космологические представления не отличались сложностью и принципиально совпадали с представлениями первобытных людей: плоская Земля под куполообразным небом.

Астрономами-наблюдателями были жрецы Мер Уннут — распорядители часов. А толкование движения небесных светил проводили жрецы Ами Уннут — толкователи часов. Их деятельность была далека от современной астрологии, жрецам нужно было выбрать благоприятное время для посева и сбора урожая. При составлении прогнозов использовались данные храмовых библиотек, в которых хранились подробные наблюдения за астрономическими явлениями прошлых лет.

Астрологические предсказания и гороскопы появились в Египте лишь в I веке до н. э.

Наблюдения планет

Египетские астрономы принимали во внимание пять видимых невооружённым глазом планет:

Себег (планета Сета: Меркурий);

Себа Джа («пересекающая звезда»: Венера в виде цапли);

Хор Джесер («красный Хор»: Марс в виде сокола);

Себа Реси Эн Пет («звезда южного неба»: Юпитер);

Себа Иабти Джа Пет («Восточная звезда, пересекающая небо»: Сатурн в виде быка).

Названия планет (Меркурий, Венера и Сатурн) были упомянуты еще в календаре гробницы Рамзеса XIII века до н. э.

Египет и древнегреческие философы

Сведения о планетах впервые упоминаются в Греции в связи с Пифагором, который многие годы обучался в египетском храме в Гелиополе. Пифагор узнал в Египте о наклонности эклиптики, о тождественности утренней и вечерней звезды и о других фактах.

В Египте получали образование и многие другие древнегреческие философы и астрономы — Фалес в Фивах и Мемфисе (см. гл. 1-4-5). Кроме Пифагора в Гелиополе обучались Аристарх (см. гл. 1-5-7), Евдокс (см. гл. 1-4-12) и другие. Согласно Клименту Александрийскому, учителем Пифагора был Сонхис, верховный египетский жрец, Платона (см. гл. 1-4-11) — Сехнуфис из Гелиополя, а Евдокса из Книда — Хонуфис, тоже египтянин.

Диоген Лаэртский (II—III века) говорит, что во времена Александра Македонского (III век до н. э.) у египтян имелся список 832 затмений луны и 373 затмений солнца. Показательно, что начало записей должно относиться к 1600 году до н. э.

Конон Самосский, друг Архимеда, собрал коллекцию египетских наблюдений затмений. У Гесиода много раз упоминается о гелиакических восходах, подробное изложение теории есть у Секста Эмпирика.

Комментарий

Пролептический календарь — календарь, который применяется к датам до его введения. Например, для обозначения всех дат до нашей эры чаще всего используется юлианский календарь, введенный только с 1 января 45 года до н. э.

Глава 1-1-9

Астрономия майя

Астрономией у майя традиционно занимались жрецы. Для наблюдения за звёздным небом и другими планетами майя строили специальные обсерватории — караколи (от исп. *caracol* — «улитка», поскольку лестницы в них извивались словно улитки). Их можно увидеть, например, в Тикале, Копане, Паленке, Чичен-Ице и других городах.



Рис. Караколь

Среди важнейших астрономических объектов майя стоит отметить караколь в Чичен-Ице. Это 13-метровая

башня, возведенная на двух расположенных друг на друге прямоугольных террасах. По лестнице можно попасть в небольшую комнату на вершине башни. В прорезанные небольшие оконца там можно увидеть точки восхода и заходы Солнца и Луны в дни равноденствий и солнцестояний.

Майя были известны шесть планет. Наиболее исследована была планета Венера. Её календарь можно обнаружить на листах 24 - 29 в Дрезденского кодекса. Они могли определять даты солнечных и лунных затмений. Жрецы проводили астрономические наблюдения, стоя на вершинах пирамид, Единственный инструмент, который они использовали, это скрещенные палки для фиксации точки наблюдения.



Рис. Астрономы майя

Календари майя

Астрономические знания майя были необходимы для ведения традиционного для них подсечно-огневого земледелия. Жрецы определяли день, когда земледельцы майя начинали вырубку деревьев в лесах. Высохшую и неиспользованную древесину сжигали. Это необходимо было успеть сделать до начала сезона дождей. Затем от 5 до 6 месяцев шли сильные тропические дожди, после чего засевали поля. Малейшая ошибка в выборе дня могла пагубно сказаться на будущем урожае.

Для этого потребовалось создать точный календарь.

Он был довольно сложный и составлялся сразу из трех календарей. Первый — длинный счет, единицей, которого был собственно день. Для удобства дни объединялись в группы.

1 уинал = 20 дней;

1 тун = 18 уиналов = 360 дней (приблизительно 1 год);

1 катун = 20 тунов = 7200 дней (19 лет 265 дней);

1 бактун = 20 катунов = 144 000 дней (394 года 190 дней; 400 тунов);

1 пиктун = 20 бактунов = 2 880 000 дней (7890 лет 150 дней; 8000 тунов);

1 калабтун = 20 пиктунов = 57 600 000 дней (156 164 года 140 дней; 160 000 тунов);

1 кинчилбтун = 20 калабтунов = 1 152 000 000 дней (3 156 164 года 140 дней; 3 200 000 тунов);

1 алаутун = 20 кинчилбтунов = 23 040 000 000 дней (63 123 287 лет 245 дней; 64 000 000 тунов).

Второй календарь — Цолькин. Это ритуальный период в 260 дней, являющийся комбинацией периодов по 20 и 13 дней. Каждый день имеет номер от 1 до 13, кроме того, каждые двадцать дней имеют собственные названия. Каждому названию дня соответствует свой символ, так называемая Солнечная Печать.

Третий календарь — Хааб. Это был гражданский солнечный календарь, состоящий из 365 дней.

Хааб делится на 19 месяцев: в 18 из них было по 20 дней, а в одном — только 5 дополнительных «дней без имён» (он добавлялся для того, чтобы общее число дней равнялось 365). Эти 5 дней назывались Вайеб. Они считались несчастливymi.

Дни внутри месяца нумеруются числами от 0 до 19.

Этот календарь лежал в основе сельскохозяйственных работ и повседневной жизни майя. Изобретательные индейцы объединили два календаря в так называемый «календарный круг». Таким образом, любая дата составлялась из элементов обоих календарей. Даты в «календарном круге» повторялись лишь через 52 года.

Итак, получаем, что в календаре майя, где соединены вместе длинный счёт, цолькин и хааб, день 25 января 2012 года выглядит так:

12.19.19.1.8, 8 Кими, 18 Муан.

Расшифровка этой записи следующая:

длинный счёт: бактун 12, катун 19, тун 19, уинал 1, кин 8;

цолькин: 8-й день 13-дневной недели, день Кими 20-дневного периода (уинала);

хааб: 18-й день месяца Муан.

Общий цикл такого объединения, когда все даты будут повторяться, составляет 13 бактунов = 1872000 дней (что составляет 5125 лет и 4 с половиной месяца). Это, конечно, не означает, что майя ограничивали время существования Вселенной 5125 годами, они считали, что количество дней, прошедших с «начала начал», достигло уже тридцатидвухзначного числа.

Долгое время учёные не знали, какой дате григорианского календаря соответствует дата из календаря майя, от которой последние отсчитывали счёт лет. Впоследствии долгое время существовали две гипотезы:

Гипотеза Спиндена Г. Д. — 13 октября 3373 г. до н. э. или 14 октября 3373 г. до н. э..

Гипотеза Гудмена — Мартинеса — Томпсона — 7 сентября 3113 г. до н. э.

Глава 1-1-10

Восприятие времени древними людьми

У древних людей восприятие времени было иным, оно было еще неразвито. В самом начале все окружающее и сам человек были в его восприятии одной целостностью. Только потом выделилось некое первоначальное представление о пространстве-времени, как о чем-то, что не входит в мир вещей. Потом стало вычленяться время, но у него еще не было четкого деления на прошлое, настоящее и будущее. Главным в сознании людей было настоящее, прошлое сказывалось из традиций и обычаев. В памяти выглядело конкретным только недавнее прошлое, а то, что за пределами одной человеческой жизни, сливалось в некую аморфную массу, почти лишенную представления о последовательности событий, составленную из реальных событий, преломленных в зеркале мифотворчества.

В качестве примера приводят Ригведу, цикл индийских гимнов, составленных более 3000 лет назад. Исследователи выделяют в нем пласты, относящиеся к далекому индоевропейскому прошлому, к индоиранскому или арийскому периоду, когда предки составителей гимнов жили в северном Причерноморье и Приазовье, и к эпохе, когда арии уже пришли в Индию. Но все это содержится в текстах без определенного порядка, все временные пласты перемешаны (Шилов, 1990).

Будущее не представлялось вообще, в лучшем случае оно рассматривалось, как должное повториться прошлое, а может быть, уже и осуществлявшееся в какой-то прошлой жизни. Поэтому так трудно бывает приучить некоторые племена, до сих пор живущие присваивающим хозяйством, заняться земледелием. Они не в состоянии понять, зачем нужно зарывать семена в землю, а не съедать их сразу. У них просто нет понятия о будущем.

Конечно, понятие о будущем родилось из наблюдений за простыми процессами, например, за ростом растений, прорастанием семян попавших в землю, но это был очень медленный процесс осознания причинно-следственных связей и формирования понятия времени. Не было также четких представлений о старом и новом, отживающем и перспективном.

Нарисованная здесь унылая картина кажется противоречащей известной способности древних людей передавать изустно огромное количество информации. Однако эти знания в ту пору были уделом немногих древних мудрецов, они же были жрецами. Жрецы намного опережали своих соплеменников в восприятии мира и в уровне мышления. Но они же были крайними консерваторами и стремились сохранять привычный, завещанный им предками уклад. Не следует считать их шарлатанами или лично заинтересованными в сохранении власти, они просто строго следовали заветам их учителей. Прогресс становился всеобщим достоянием намного медленнее, чем теперь.

Приведу еще один пример. В языке кечуа, самом распространенном в Южной Америке, слово Пача означает одновременно пространство и время. Во всех европейских языках для обозначения нового физического понятия, возникшего с теорией относительности, пришлось объединить два слова, писать пространство-время, а в языке кечуа это слово уже существовало. А может быть лучше сказать, что оно еще существовало. Выше уже было сказано, что в сознании древнего человека выделилось сначала представление о пространстве-времени, просто как о чем-то другом, чем предметный мир. Снова упоминая Ригведу, скажем, что там был персонаж, который мог представляться быком, но мог пребывать и в качестве года. Мы еще как-то можем понять обычные для мифологии замены стихий существами, но тут существо, сгусток пространства, сменяется интервалом времени. Потом уже в человеческом восприятии пространства стало преобладать ощущение

предметности, а в восприятии времени — ощущение цикличности.

Следует заметить, что переход от циклического времени к представлению о непрерывном времени был великим достижением человечества. Понятие времени в сознании древнего человека постепенно изменялось и совершенствовалось, благодаря осознанию цикличности явлений. Первые циклы были кратковременными, затем выделился год, да и то не всегда сразу полностью (неполные календари), а интервалы времени больше года поначалу не воспринимались. Затем стала ощущаться продолжительность жизни человека, практика требовала сопоставимого цикла, но его не было в природе. Так возникли искусственные циклы, 60 лет в странах Восточной Азии и календарный круг в Мезоамерике. В районах так называемых великих цивилизаций точного цикла, примерно равного средней продолжительности жизни, так и не возникло, там считали время по годам правления властителей.

Осознание того, что время течет долго и непрерывно, охватывая множество циклов, постепенно проявлялось в ходе развития мирознания человека. Первая попытка Эратосфена ввести непрерывный счет времени в Старом Свете не прижилась, точнее, она опоздала, появившись накануне гибели античного мира. Сплошной счет годов начался уже в христианском мире. Народы Центральной Америки, ольмеки и майя, первыми введшие в практику непрерывный счет времени — долгий счет — здесь сохраняют приоритет.



Часть 2

Месопотамия

Содержание

- Глава 1-2-1. Древние цивилизации
- Глава 1-2-2. Шумеры
- Глава 1-2-3. Справка. История Месопотамии. Вавилония
- Глава 1-2-4. Астрономия в Вавилонии
- Глава 1-2-5. Сводка результатов
- Глава 1-2-6. «Энума Ану Энлиль»
- Глава 1-2-7. «Мул Апин»
- Глава 1-2-8. Халдейская Вавилония
- Глава 1-2-9. Кидинну
- Глава 1-2-10. Селевк
- Глава 1-2-11. «Халдейские таблицы»

Глава 1-2-1

Древние цивилизации

Во всех районах возникновения древнейших цивилизаций на Земле, от которых сохранились письменные документы, обнаруживаются записи астрономического содержания. Эта эпоха по всей Земле датируется примерно 3 тыс. до н.э. С нее начинается исторический (записанный в собственной письменности данного региона, народа) период развития астрономии.

Письменность позволяла хранить и систематизировать результаты наблюдений за небесными светилами. Благодаря этому появилась возможность устанавливать сложные и глубокие закономерности астрономических явлений, которые требовали длительных наблюдений в течение десятилетий или веков. Удалось объединить творческие усилия далеких друг от друга поколений. Знания стали преемственными.

Известны несколько древнейших очагов цивилизации:

- Междуречье (по-гречески Месопотамия) между реками Тигр и Евфрат (на территории нынешнего Ирака) с древнейшими городами-государствами Шумера, которые сменило аккадо-вавилонское государство;

- государства хеттов на полуострове Малая Азия (на территории современной Турции);

- Египет на севере Африки;

- Микены (на юге Греции) и остров Крит;

- Индия и Китай на Дальнем Востоке.

- древнейшие цивилизации меньших масштабов и более изолированные существовали и в Новом Свете. Это — индейские цивилизации (тольтеков, майя, ацтеков и др.) на территории нынешних Мексики, Белиза, Гватемалы и Гондураса; а в Южном полушарии — на территории Перу в Южной Америке, в Австралии.

Общей для всех древнейших цивилизаций была теснейшая связь практической астрономической

деятельности с формированием антропоморфной мифологической картины мира, для которой было характерно одушевление и обожествление светил, что стало основой первоначальных форм религии — астральных. Небесные «знаки» использовались для культовых, религиозных, идеологических нужд общества. А для этого требовалось уточнение календаря и развитие наблюдательной астрономии. Слежение за небом рассматривалось как прикладная часть главной тогда теоретической «науки» — астрологии, и служило для расшифровки тех или иных небесных явлений, положений и перемещений светил как божественных знамений и указаний, важных для жизни государства.

Лишь спустя тысячелетия, с накоплением устойчивых наблюдательных сведений о закономерностях небесных явлений начала работать и внутренняя логика развития знаний. Как при всякой творческой работе, зажигался внутренний источник творческой энергии человека: стремление узнать что-то новое начинало превышать требуемое для достижения конкретной практической цели. Появился «чистый» интерес к «лишнему» знанию как способу исследования окружающего мира. Это привело к специализации — появлению деятельности по выработке нового знания, к развитию астрономии уже в качестве конкретной науки.

Важно отметить, что различие между цивилизациями сказалось на организации астрономической деятельности. Было сходство, в конце концов, объект наблюдений — Солнце, Луна и звездное небо было одно. Но отличались цели, а следовательно, и методы решения конкретных задач, описания и моделирования движения светил. Особенно наглядно разница видна при сравнении государств с сильной централизованной политической и жреческой властью (Вавилон, Египет и императорский Китай) и нецентрализованных (Греция и отчасти Индия).

Особое место в истории астрономии занимает Древний императорский Китай, где регистрацией небесных явлений с астрологическими целями занималась придворная бюрократизированная служба. Но иногда эта

деятельность приводила к удивительным взлетам натурфилософской мысли.

Напротив, в древнегреческой и древнеиндийской астрономии поражает чрезвычайно глубокая космическая натурфилософия. Именно такие регионы с развитой свободой мысли, — конечно, при прочих благоприятных обстоятельствах — становились очагами формирования науки в наиболее полном ее выражении как синтеза наблюдений и теории, вплоть до философского обобщения знаний.

Синтез вавилонской и египетской весьма точной наблюдательной астрономии (хотя и подчиненной прикладным целям) и развитых там математических методов с древнегреческой натурфилософией (не без влияния на последнюю древнеиндийской и персидской — зороастрийской — натурфилософии) привел к взлету науки в античную и особенно эллинистическую эпохи в Греции. Древняя Греция стала тем очагом, в котором начали формироваться принципы общемировой науки. Впервые наблюдения и математический вычислительный аппарат соединились в экспериментально-теоретическое знание.

Комментарий

Астрология — группа описательных и предсказательных практик, традиций и верований, постулирующих воздействие небесных тел на земной мир и человека (на его темперамент, характер, поступки и судьбу) и, в частности, возможность предсказания будущего по движению и расположению небесных тел.

Европейская и индийская астрология ведут своё происхождение от шумеро-вавилонских астральных мифов, в которых небесные тела и созвездия были ассоциированы с богами и мифологическими персонажами. Вавилонская астрология была заимствована греками и, затем, в ходе контактов с эллинистическим миром, проникла в Индию.

Глава 1-2-2

Шумеры

Месопотамия, или Междуречье, — это область на Ближнем Востоке, лежащая по берегам двух больших текущих рядом рек, Тигра и Евфрата. На протяжении 3 тысяч лет, с конца IV тысячелетия до н. э. и до I тысячелетия н. э., здесь находился центр цивилизации, культурное влияние которой простиралось от берегов Средиземного моря на западе до Иранского нагорья на востоке и от Кавказских гор на севере до Персидского залива на юге.

В раннединастический период (XXVIII—XXIV века до н. э.) городские общины («номы») протописьменного периода превратились в древнейшие города-государства, ставшие центрами культурного развития. Важнейшими из них были расположившиеся на Евфрате Ур и Урук и разместившиеся в Междуречье Лагаш и Ниппур. Подавляющее большинство письменных источников того времени создано на шумерском; по этой причине раннединастические государства Древней Месопотамии часто называют шумерскими.

Шумерский язык не родствен ни одному из известных современных и древних языков. Шумеры создали в Южной Месопотамии несколько городов-государств,

О существовании шумеров стало известно в середине XIX века после исследования аккадской (вавилоно-ассирийской) клинописи. Внимание исследователей привлекали странные, нечитаемые места в вавилоно-ассирийских текстах, которые некоторые исследователи считали жреческой тайнописью, а другие — надписями на неизвестном и несемитском языке. Носителей этого языка тогда обозначали разными именами — «халдеи», «вавилонские скифы», «аккадцы». Лишь в 1869 году Юлиус Опперт, опираясь на древний титул вавилонских царей — «царь Шумера и Аккада», предложил именовать

древнейшее несемитское население Месопотамии «шумерами», а их язык — «шумерским».

Происхождение шумеров и родственные связи их языка остаются неизвестными.

В центре шумерских городов были построены храмы, которые представляли собой многоступенчатые пирамиды. На верхней площадке пирамиды стоял храм сравнительно скромных размеров. Подобные сооружения, их называли зиккуратами, возвышались над остальными постройками и выражали идею «связи небес и земли» (такое имя носил зиккурат в Ниппуре). Это название подтверждает астрономическое назначение зиккуратов.

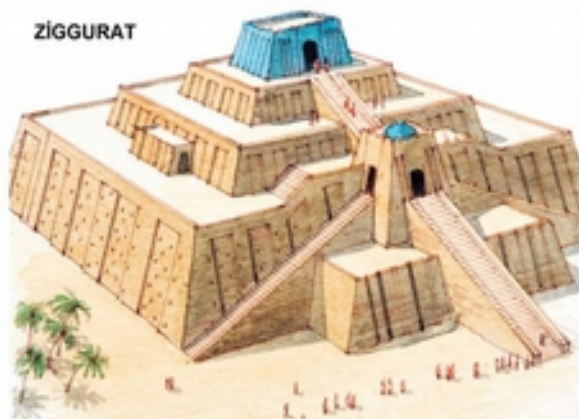


Рис. Зиккурат

Важнейшим культурным достижением шумеров стало создание письменности.

Материалом для письма служили таблички из сырой глины, на которые с помощью остроконечной палочки наносили характерные клинообразные знаки. Отсюда происходит название этой системы письма — клинопись.

Заполненные записями таблички обжигали; это обеспечило их сохранность на протяжении тысячелетий. С помощью клинописи были сохранены многочисленные тексты, среди которых встречаются и астрономические.

Среди многочисленных достижений этой цивилизации особое место занимает развитие наблюдательной астрономии.



Рис. Пример клинописи

Шумеры обожествляли небесные светила (Ан — Небо, Уту — Солнце, Нанна — Луна и Инанна — Венера). Уже в начале III тысячелетия до н. э. шумеры знали, что Утренняя и Вечерняя звезда это одно и то же светило — планета Венера. В конце этого тысячелетия был создан клинописный текст, содержащий список шумерских созвездий, которые также считались божествами. Шумеры выделяли планеты как самостоятельную категорию небесных светил. Они называли их «дикими овцами», чтобы отличить от неподвижных звёзд. Однако неясно, сколько планет было им известно.

Изучение движения небесных светил было вызвано аграрными и религиозными нуждами. Но именно накопленные месопотамскими учёными данные и математические приёмы позволили Гиппарху и Птолемею заложить основы астрономической науки.

Глава 1-2-3

Справка. История Месопотамии. Вавилония

В XXIV веке до н. э. земли Шумера и Аккада были объединены под властью обширного Аккадского царства. Его правящая династия имела восточноемита́йское (аккадское) происхождение. С этого времени аккадский язык впервые существенно потеснил шумерский. Однако цари активно покровительствовали шумерской культуре. От времён III династии Ура дошло подавляющее большинство памятников шумерской литературы: мифы о богах, сказания о героях, гимны, молитвы, любовная лирика и даже пословицы. Тексты этого времени, выполненные новошумерским диалектом, читаются особенно хорошо и наиболее понятны. Столь бурное развитие шумерской культуры побудило исследователей назвать этот период «шумерским возрождением»; однако за этим внешним «ренессансом» мог скрываться пик вытеснения шумерского аккадским в разговорной речи. В конце XXI века до н. э. «шумерское возрождение» прекратилось. Царство III династии Ура ослабло из-за внутренних проблем и пало под ударами амореев и эламитов.

В XX веке до н. э. власть в Месопотамии захватили семитоязычные аморреи, не связанные с традиционным шумерскими элитами. Её правители продолжали использовать шумерский язык в официальных надписях, однако многие документы того времени составлялись на аккадском.

В начале XIX века до н. э. Вавилон захватило аморейское племя яхрурум, сделавшее его своей столицей. Так возникло Вавилонское царство во главе с аморейской (I Вавилонской) династией. Город имел удобное стратегическое положение: из него можно было сравнительно небольшими военными силами

контролировать верховья важнейших каналов, питающих всю Нижнюю Месопотамию. Во 2-м—1-м тысячелетиях до н. э. Вавилон стал признанной столицей Вавилонского царства, одной из великих держав древности.



Рис. Древний Вавилон

Различают несколько периодов развития Вавилонии:

1. Старовавилонский (XIX – XVI века д. н. э.). Шумеро-Аккадское царство;
2. Средневавилонский период (XVI—XI век до н. э.). Вавилон при касситах;
3. Нововавилонский период (XI—IV век до н. э.). Халдейский Вавилон.

В XVIII веке до н. э. аморейский Вавилон, в годы правления Хаммурапи, вновь объединил Месопотамию. Правители Вавилонского царства издавали законы уже на

аккадском языке, который (в форме вавилонских диалектов) стал основным для всей Южной Месопотамии. Главные центры шумерской письменной культуры сохранялись в городах одноимённой области — Ниппуре, Уре, Уруке и др.; там действовала особая система школ — эдубба (шум. «дом табличек»).

Около 1722 года до н. э. Ниппур был захвачен приморским царем Илиманом. После освобождения вавилонянами местная школа уже не смогла восстановить своего значения и шумерский окончательно превратился в мёртвый язык. Попытки возродить шумерскую школу в Вавилоне оказались безуспешны. Однако многие последующие века шумерский в Вавилонии оставался языком религии и науки, а вот обычные вавилоняне с каждым веком понимали его всё хуже. Начиная со 2-го тысячелетия до н. э. для всего населения Южной Месопотамии — потомков шумеров и аккадцев — историки используют новое название — «вавилоняне»; при этом самоназвание этих людей («черноголовые», акк. цальмат-каккадим) осталось прежним. Название области Шумер также сохранилось в надписях и широко использовалось в титулах последующих правителей Месопотамии — вплоть до персидского завоевания.

В начале XVI века ослабевшее Вавилонское царство было разгромлено хеттами, которые около 1595 года до н. э. захватили и разграбили Вавилон. После разорения хеттами, Вавилон был захвачен царём Приморья Гулькишаром, но вскоре его вытеснил оттуда касситский вождь Агум II. Горные племена касситов укрепились в Вавилоне, сделав его своей столицей и основав местную III (Касситскую) династию; со временем они растворились среди вавилонян.

Касситское правление закончилось около 1160 года до н. э. Тем временем Ассирия усилилась при Ашшур-убалите I (1356—1320 гг.) и достигла наибольшего могущества при Тукульти-Нипурте I (1235—1198), известном грекам как Нин. С этого времени вплоть до 626 г. до н. э., если отбросить случайные перерывы, ведущая политическая роль в Месопотамии принадлежала Ассирии.

Глава 1-2-4

Астрономия в Вавилонии

Вавилонская культура отличалась высоким уровнем развития математики, что было обусловлено в первую очередь использованием позиционного способа записи чисел, что облегчало вычисления и составление таблиц, как математических, так и астрономических. Система счисления была шестидесятеричной, хотя причина выбора этой системы пока не выяснена. Однако она оказалась настолько удобной, что ею пользовались греческие, а затем и арабские астрономы. Она применяется и в современном мире при измерении углов и времени.

Древние традиции собирались и систематизировались; так, вероятно, именно в это время была составлена огромная астрологическая коллекция «Энума Ану Энлиль». Многие эпические произведения, молитвы и другие религиозные литературные произведения были переработаны или вновь написаны. Так, вероятно, в XII столетии до н. э. высокоталантливый поэт придал окончательную форму прекрасному эпосу о Гильгамеше.

Благодаря многовековым наблюдениям, вавилонские астрономы разработали свой собственный календарь. Вавилоняне делили день на 12 часов, а час на 30 минут, год у них состоял из 365,25 дней (1792 г. до н. э.). Выкладки вавилонских астрономов были крайне точны, их могут использовать и современные ученые.

Вавилонские астрономы уделяли большое внимание планете Венере (Нин-дар-анна, «госпожа небес», Дильбат, Иштар). В текстах позднего периода она, вместе с Луной и Солнцем, составляет триаду. Согласно некоторым предположениям, вавилонские астрономы знали, что в период своей большой яркости после или до нижнего соединения Венера кажется серпом. И уделяли столь

большое внимание Венере именно потому, что считали её сестрой Луны и считали объектом религиозного поклонения.

Древнейшие астрономические клинописные тексты, известные нам, в частности, записи наблюдений гелиакических (см. комментарий) восходов и заходов планеты Венера с астрологической интерпретацией этих явлений сделаны во времена правления царя Вавилона Амми-цадуки (приблизительно в 1647-1626 годах до н. э.).



Рис. Записи о наблюдениях планеты Венеры

Фиксировались и движения других планет, которые они называли биббу, «бараны». Кроме Венеры им были известны Меркурий (Гудуд, Набу), Марс (Залбатану, Нергал), Юпитер (Мулу-баббар, Мардук) и Сатурн (Ниниб). Надо отметить, что точность, с которой жрецы вычисляли сидерические периоды обращения планет, была очень высока.

Глава 1-2-5

Сводка результатов

Трудно исследовать в деталях развитие астрономии Вавилонии в период до 900 г. д. н. э.. Большинство текстов дошло до нас в копиях VII века д.н.э. или даже более поздних, и поэтому невозможно установить точно, к какому веку относится астрономическое открытие; зачастую даже тысячелетие не определено. Но основные достижения можно перечислить:

1. составление большой серии предзнаменований «Энума Ану Энлиль»;

2. точные наблюдения гелиакических восходов неподвижных звезд;

3. наблюдение ежедневных восходов, заходов и кульминаций;

4. составление круговой и прямоугольной Астролябий до 1100 г.д.н.э..

С меньшей определенностью к этому периоду мы можем также отнести:

5. очень примитивное представление явлений Венеры при помощи арифметической последовательности (табличка 63 «Энума Ану Энлиль»);

6. предвычисление продолжительности дня и ночи при помощи возрастающей и убывающей арифметической прогрессии, основанной на неточном отношении 2: 1 между крайними величинами;

7. вычисление восходов и заходов Луны при помощи возрастающей и убывающей арифметической прогрессии (14-я табличка «Энума Ану Энлиль»);

8. предположения о расстояниях до неподвижных звезд.

Серия «Мул Апин» составлена, вероятно, незадолго до 700 г.д.н.э., и ее тексты обнаруживают существенное продвижение вперед, а именно:

9. лучшее отношение 3: 2 самого длинного дня к самой короткой ночи;

10. примитивное вычисление длины тени вертикального стержня (гномона);

11. первые шаги к введению знаков зодиака: созвездия на пути Луны и астрономические сезоны;

12. определение временных интервалов между кульминациями различных звезд.

В середине VIII в. до н. э. астрономия, кажется, получила новый импульс, о чем свидетельствуют:

13. систематические наблюдения затмений со времени Набонасара (747—735);

14. успешные предсказания лунных затмений в VII веке до н. э.

Два последних пункта отмечают начало новой линии в развитии, которая была продолжена в Нововавилонский и Персидский периоды, а именно систематическое наблюдение и предсказание лунных, солнечных и планетных явлений.

Комментарии

Сарос или драконический период — интервал времени, состоящий из 223 синодических месяцев (в среднем 6585,3211 суток или 18,03 тропического года), по прошествии которого затмения Луны и Солнца приблизительно повторяются в прежнем порядке.

Прецессия — колебательное движение оси вращения Земли, которое приводит к предварению равноденствий — постепенному смещению точек весеннего и осеннего равноденствий (то есть точек пересечения небесного экватора с эклиптикой) навстречу видимому годичному движению Солнца. Другими словами, каждый год весеннее равноденствие наступает немного раньше, чем в предыдущем году. По современным данным, полный цикл земной прецессии составляет около 25765 лет.

Глава 1-2-6

«Энума Ану Энлиль»

«Энума Ану Энлиль» (название дано по первой строке, букв.: «Когда Ану и Энлиль...») — серия клинописных табличек, составленная на рубеже II — I тыс. до н. э. в Древнем Междуречье. Таблички содержат около 7000 астрологических предзнаменований, собранных за тысячелетний период наблюдений.

«Энума Ану Энлиль» являлся основополагающим источником сведений в астрологии предзнаменований Новоассирийского царства. В этот исторический период царю регулярно докладывали о появлении Луны, планет и прочих зафиксированных небесных знамениях. Доклады сопровождалась предсказаниями, комментариями и перечислением аналогичных небесных явлений, случившихся в прошлом и сопровождавших их земных событий. Сведения о которых хранились в архиве.

Каноническую форму свод «Энума Ану Энлиль» обрёл, видимо, в Касситский период (1651—1157 гг. до н. э.). Это подтверждают результаты проведённых в 1927 г. французских археологических раскопок аморейского поселения Катна, во время которых была найдена одна из табличек лунного раздела «Энума Ану Энлиль». Поскольку Катна подверглась массивному разрушению около 1360 г. до н. э. Это указывает, что, по крайней мере, некоторые предзнаменования цикла могут относиться к этому или более ранним периодам. В пользу того, что прототип «Энума Ану Энлиль» мог существовать уже в Старовавилонском периоде свидетельствует табличка № 63, которая представляет собой серия наблюдений Венеры, выполненных во время правления царя Аммицадуки, датируемые XVII в. до н. э. и содержащие список предзнаменований по появлению и исчезновению Венеры, а это означает, что основа «Энума Ану Энлиль»

могла быть заложена ещё во времена первой вавилонской династии (1950 —1651 гг. до н. э.).

«Энума Ану Энлиль» представляет собой 68 или 70 (в зависимости от редакции) глиняных табличек. К сожалению, из-за особенностей археологии XIX в. шесть табличек или утрачены, или сильно расколоты, однако по имеющимся данным удалось более или менее достоверно установить, какого рода информация содержалась в них.

Первые 13 табличек рассматривают появления Луны в различные дни месяца и её гало.

Табличка 14 содержит схему расчёта видимости Луны.

Таблички с 15 по 22 посвящены лунным затмениям.

Таблички с 23 по 29 описывают предзнаменования по появлению Солнца, его окраске и соотношению с облаками.

Таблички с 30 по 39 рассматривают солнечные затмения.

Таблички с 40 по 49 посвящены погодным явлениям.

Последние таблички содержат описания предзнаменований, связанных со звёздами и планетами.

Каждая строка в «Энума Ану Энлиль» следует схеме: «Если на небе произошло событие А, на земле случится В», где в роли события А выступают лунные и солнечные затмения, вид светила в моменты его восходов и заходов, различные необычные явления вроде комет, а предсказания касаются только царской семьи и страны в целом; индивидуальные прогнозы в астрологии появятся только с рассветом традиции гороскопической астрологии. Важную роль в предсказаниях «Энума Ану Энлиль» играют созвездия, однако зодиакальные созвездия в ранних версиях не выделены. Положения Луны и планет относительно созвездий отмечаются только в поздних редакциях «Энума Ану Энлиль», датируемых I тыс. до н. э.

Глава 1-2-7

«Мул Апин»

В 700-650 гг. до н.э. был создан первый в мире учебник-справочник по астрономии «Мул Апин» («Звездный плуг»), включающий большей частью древние сведения по астрономии. Он широко использовался в астрологических школах, которых было немало в Ниневии и Вавилоне. Их выпускники «работали» по всему Ближнему Востоку и очень гордились своей ученостью, полученной при дворе Ашшурбанипала.



Рис.. Астрологи

На аккадском языке слово «мул» означает «звезда», а «апин» переводится как «плуг». Взятые вместе, эти слова составляли название созвездия Звездный Плуг, которое сейчас именуется Треугольником. Сборник состоит из десяти разделов.

Первые три посвящены созвездиям трех частей неба — зонам Энлил, Эа и Ану.

В следующих четырех разделах указаны гелиакические восходы звезд, наиболее важных с точки зрения древних астрономов, и промежутки времени между такими восходами, а также список пар звезд, одна из которых заходит, а другая в этот момент восходит.

В восьмом и девятом разделах содержится звездный каталог.

Десятый раздел дает сведения о «лунных домах», и, в сущности, его можно рассматривать как первоначальный вариант зодиакального деления. Любопытно, что десятый раздел включает в себя и две таблицы, систематизирующие содержание всего сборника.

Таблица I.

1. Список 33 звезд зоны Энлил, 23 звезд зоны Ану и 15 звезд зоны Эа.

2. Гелиакические восходы 36 важных звезд и созвездий.

3. Список пар звезд, одной восходящей и другой заходящей.

4. Интервалы времени между гелиакическими восходами избранных созвездий.

5. Видимость созвездий на востоке и на западе.

6. Созвездия, через которые проходит путь Луны.

Таблица II.

1. Солнце и планеты.

2. Сириус при равноденствиях и солнцестояниях.

3. Прямые и обратные движения планет.

4. Четыре важных направления на небе.

5. Астрономические времена года.

6. Продолжительность ночных страж на 1-е и 15-е число каждого месяца и видимость Луны.

7. Звездные и кометные предзнаменования.

Глава 1-2-8

Халдейская Вавилония

Впервые халдеи упоминаются в 878 году до н. э. в анналах ассирийского царя Ашшурназирпала II. Они жили на берегу Персидского залива, в районе болот и озёр вдоль нижнего течения Тигра и Евфрата. Они вели полукочевой образ жизни и занимались скотоводством, рыболовством и земледелием.

Прекращение в 732 до н. э. вавилонской династии послужило сигналом к борьбе между Ассирией, халдеями и Эламом за вавилонское наследство. Началась эпоха постоянных войн. В результате, после 648 года до н. э. все халдейские княжества в Вавилонии были ликвидированы. На Юге было введено ассирийское провинциальное управление. Этноним «халдей» в самой Вавилонии вышел из употребления. Этнический барьер между халдеями и вавилонянами был сломан. Вавилонизированные халдеи составляли большинство населения страны. Поэтому соседние народы называли всех жителей Вавилонии халдеями.

Позднее халдеями именовали только касту жрецов в Вавилоне. Так как они отличались знанием астрономии, то после того как начали отличать астрономию от астрологии, халдеями называли в Древнем Риме всех тех, которые будто знали искусство — по положению звёзд — определять будущее. К числу халдеев стали причислять колдунов, магов, волхвов, гадателей и астрологов. По одной из версий, халдеями-магами были волхвы, пришедшие поклониться родившемуся Иисусу.

По всему миру можно было встретить странствующих шарлатанов, называвших себя халдеями. Они приобрели репутацию признанных жреческих философов, всемирных мудрецов. Уже Катон предостерегал от них римлян. Однако Цезарь, Помпей, Красс веровали в

халдеев и не гнушались слушать их предсказания. Существовали целые оккультистические школы халдеев. Тиберий на Родосе изучал у некоего Фрасилла, но затем в 16 году изгнал халдеев из Рима и запретил распространение астрологических книг. Однако халдеи были популярны при дворах императоров и у аристократии.

При этом Вавилонская жреческая астрономия и астрология были хорошо известны в древнем мире.



Рис. Жрецы-астрономы

Греческий географ Страбон Амасский, в «Географии» пишет:

«В Вавилонии выделены особые поселения для местных философов, так называемых халдеев, которые занимаются преимущественно астрономией. Некоторые из них выдают себя за астрологов, хотя другие их не признают. Существует какое-то племя халдеев и даже область в Вавилонии, где они живут, поблизости от арабов и так называемого Персидского моря. Есть несколько родов халдеев-астрономов: одни называются орхенами, другие

борсиппенами и несколько других — разными именами; они делятся как бы на разные секты с различными учениями по одним и тем же вопросам».

После смерти Александра Македонского и основания империи Селевкидов начался упадок Вавилона. Торговля Греции с Египтом и на Черном море захватила важную долю торговли Вавилона с Востоком и Западом уже в правление персидских царей, которые тщетно пытались подчинить себе этих конкурентов. В эллинистический период центр тяжести мировой торговли переместился на Средиземноморье. Новые греческие города, особенно процветающая Александрия, поддерживавшая через Красное море связи с Индией, превратились в богатые центры торговли и ремесел. Вавилон оказался теперь в стороне от новых торговых путей и утратил свое прежнее значение. Положение столицы государства занял греческий город Селевкия, а вскоре центром империи Селевкидов стала Сирия. Завоевание Месопотамии парфянами в 181 г. до н. э. полностью отрезало ее от Средиземноморья. В последние столетия до нашей эры Вавилон едва упоминался. Естественно, что Месопотамия как плодородная земледельческая страна в этот период и значительно позднее оставалась источником процветания для более мелких, издавна известных городских центров и вместе с тем была источником мощи для властвовавших там народов и правителей. Однако теперь она имела только местное значение.

Страбон упоминает четырёх великих «халдейских» астрономов — это Кидинну, Набуриан, Судин и Селевк из Селевкии. Во время эллинизма имя халдеев сделалось обозначением вавилонского жречества с его «наукой». Халдеи стали синонимом вавилонской культуры. Их считали основателями астрологии и астрономии, предполагая, что их наблюдения проводились в течение тысячелетия.

Глава 1-2-9

Кидинну

Кидинну (также Кидунну; древ.-греч. Киден) (IV век до н. э. — 330 г. до н. э.) — эллинизированный халдейский (вавилонский) астроном и математик. Страбон и Плиний Старший называли его Киден, а Веттий Валент Кидин. Некоторые клинописные и классические греческие и латинские тексты упоминают астронома с этим именем, но не всегда ясно, говорят ли они об одном и том же человеке.

Предполагают, что около 315 год до н. э. Кидинну основал астрологическую школу в Вавилоне, которая, похоже, действовала ещё 200 лет. Эта школа стала первой попыткой обучения вавилонской астрологии греков, прибывших в Месопотамию сразу после завоеваний Александра Македонского. Видимо, Кидинну ввёл в регулярное употребление зодиакальный круг, разделённый на 360 градусов.

Считают, что Кидинну участвовал в создании теории движения Луны (так называемой вавилонской системы «Б»). Хотя учёные не уверены, можно ли назвать его «создателем» указанной теории. Кидинну приписывают вычисление периода смены фаз луны, как 29 суток, 191 и $1/72$ временных градуса (1 временной градус = $1/360$ суток) — то есть 29,530599414 суток, что в высокой степени точности совпадает с современными представлениями о длине синодического месяца. Гиппарх подтвердил его точность, Птолемей использовал данное значение в своих работах. Гиллель использовал данное значение в Еврейском календаре.

П. Шнабель предполагает также, что Кидинну открыл предварение равноденствий.

Римский энциклопедист Плиний Старший, в Естественной Истории, пишет, что планета Меркурий

может наблюдаться «иногда до восхода, иногда после заката, но согласно Кидену и Сосигену никогда далее чем в 22 градусах от Солнца».

Римский астролог Веттий Валент, в своей «Антологии», говорит что он пользуется Гиппархом для солнечных затмений, Судинном, Кидинну и Аполлонием для лунных затмений, и снова Аполонием для обоих типов затмений.

В дошедшей до нас рукописи «Подручных таблиц» Птолемея, неизвестным читателем в III веке н. э. написан комментарий-схолия «Киден открыл это отношение» — про то, что 251 синодический месяц равен 269 аномалистическому месяцам.

В 1970 году Международный астрономический союз присвоил имя Кидинну кратеру на обратной стороне Луны.

Комментарий

Предварение равноденствий (лат. praecessio aequinoctiorum) — историческое название для постепенного смещения точек весеннего и осеннего равноденствий (то есть точек пересечения небесного экватора с эклипкой) по звёздному небу навстречу видимому годичному движению Солнца. Другими словами, каждый звёздный год весеннее равноденствие наступает немного раньше, чем в предыдущем году, — примерно на 20 минут 24 секунды. В угловых единицах смещение составляет сейчас около 50,3" в год, или 1 градус каждые 71,6 года. Это смещение является периодическим, и примерно каждые 25 776 лет точки равноденствия возвращаются на прежние места.

Предварение равноденствий не означает, что времена года перемещаются по календарю; применяемый в наши дни григорианский календарь отражает длину не звёздного, а тропического года, который соответствует интервалу от равноденствия до равноденствия. Поэтому эффект предварения равноденствий фактически включён в действующий календарь.

Глава 1-2-10

Селевк

Селевк (ок. 190 до н. э. — после 150 до н. э.) — античный (эллинистический месопотамский) философ и астроном. Видимо, родился в городе Селевкия на реке Тигр (Вавилония).

Селевк известен как сторонник гелиоцентрической системы мира, предложенной Аристархом Самосским. По свидетельству Плутарха, если Аристарх предложил гелиоцентрическую систему как математическую гипотезу, то Селевк дал её обоснование. Однако Плутарх не уточняет, как именно Селевк её доказывал. По мнению Бартеля Ван дер Вардена, на основе гелиоцентрической системы и с помощью зарождающейся геометрии Селевк построил астрономические таблицы, позволявшие предсказывать движение планет по небосводу.

Селевк занимался наблюдением приливов. Согласно Страбону, исходя из связи приливов с фазами Луны, он сделал вывод, что приливы вызываются действием Луны, а их высота зависит от положения Луны относительно Солнца. Селевк полагал, что обращение Луны тормозит вращение Земли, вследствие чего воздух между этими двумя телами отклоняется и падает в океан, возбуждая там приливные волны.

Согласно Стобею (*Eclogae physicae*), Селевк считал Вселенную бесконечной — в отличие от большинства мыслителей своего времени, полагавших, что Вселенная представляет собой ограниченный Космос, погруженный в бесконечное пространство. Это мнение Селевка представляет собой развитие гелиоцентрических взглядов Аристарха: если суточное вращение небосвода объясняется суточным вращением Земли вокруг своей оси, то нет необходимости считать звёзды находящимися на одной сфере.

Глава 1-2-11

«Халдейские таблицы»

Нахождение количественных соотношений между периодами различных явлений в VIII - VII веках явилось началом научной астрономии в Вавилонии. Составлялись таблицы положений Солнца, Луны и планет, определяемых из наблюдений. При этом использовались шестидесятеричная позиционная система счисления и дроби со знаменателями, равными степени 60.

В XIX веке при раскопках в городах Вавилонии были найдены астрономические таблицы, содержащие эфемериды Луны и планет очень высокой точности. История их создания остается невыясненной, но можно утверждать, что они были составлены не ранее ~ 300 года до н. э. (в эпоху Селевкидов, уже после завоевания Персии Александром Македонским). Их принято называть «халдейскими таблицами».

Главной задачей астрономии в то время было определение периодичности появления лунного серпа в момент захода Солнца. Для ее решения следует учитывать следующие обстоятельства:

1. Расстояние Луны от Солнца.
2. Наклон небесного экватора к горизонту.
3. Изменение угла между эклиптической и горизонтом.
4. Смещение Луны по широте.

То есть, для того, чтобы предсказать перемещение Луны, необходимо было учесть несколько явлений различной периодичности. Нахождение количественных соотношений между периодами различных явлений в VIII - VII веках явилось началом научной астрономии в Вавилонии. Составлялись таблицы положений Солнца, Луны и планет, определяемых из наблюдений. При этом использовались шестидесятеричная позиционная система

счисления и дроби со знаменателями, равными степени 60.

В это время в Вавилонии параллельно использовались две системы лунных вычислений. Их обозначают А и В. Принципиальное различие состоит в том, что в Системе А Солнце движется с постоянной скоростью (30° за месяц) в одной части зодиака и с другой постоянной скоростью ($28^\circ 7' 30''$) в оставшейся части, тогда как в системе В расстояние, проходимое Солнцем в каждый месяц, увеличивается или уменьшается из месяца в месяц на постоянную величину.

По-видимому, для составления этих таблиц применялся математический метод «зигзагообразных линий», заключающийся в представлении гладкой кривой, описывающей временные изменения, линией, составленной из отрезков прямых. Поскольку наблюдатели не имели понятия о небесной сфере, движения считались происходящими на плоскости.

Было замечено, что «скорость» одного и того же явления — например, промежуток времени между соседними полнолуниями (противостояниями), зависит от того, по какую сторону эклиптики оно происходит. Изменение скорости представлялось «линейной зигзагообразной функцией». Это означает, что по одну сторону эклиптики смещения возрастают со временем в арифметической прогрессии (линейно), а по другую сторону эклиптики — убывают.

В более сложных случаях, когда наблюдаемая периодичность явления зависит от периодов более чем двух движений, при составлении эфемерид метод зигзагообразных функций применялся последовательно к каждому движению, исключая остальные. В итоге получилась «обобщенная» зигзагообразная функция, т. е. ломаная, составленная из нескольких отрезков прямой.

Используя эти таблицы устанавливали периодичность лунных затмений — цикл, называемый «сарос». Предсказания свойств лунного затмения по халдейским таблицам неплохо согласуются с определенными современными методами.

В халдейских таблицах содержатся эфемериды и для планет. Они определялись при предположении о постоянстве скорости Солнца, а также допущении, что и планета смещается с постоянной скоростью. Наблюдателей в древности интересовали лишь моменты первой (при восходе) и последней (при заходе) видимости.

Поскольку период обращения планет гораздо больше, чем у Луны, для сопоставления повторяемости какого-либо явления, относящегося к данной планете, с периодом обращения Солнца необходимы данные наблюдений за большой промежуток времени — до сотни лет.

Установление периодичности явлений, происходящих на небе, и количественных зависимостей между периодами было выполнено в отсутствие геометрических и тем более физических представлений об этих явлениях. Разрабатывались лишь процедуры нахождения периодов из наблюдений координат светил. Однако, несмотря на ограниченность задач, решавшихся вавилонскими наблюдателями, результаты их деятельности оказались существенными для развития астрономической науки в последующие эпохи, в частности, в античной Греции.



Часть 1-3

Астрономия древнего Китая

Содержание

Глава 1-3-1. (том-часть-глава)

Возникновение астрономии в древнем Китае

Глава 1-3-2. Книги частично астрономического содержания

Глава 1-3-3. Солнечные затмения

Глава 1-3-4. Солнечные пятна

Глава 1-3-5. Неравномерность движения Солнца

Глава 1-3-4. Исследования движения Луны

Глава 1-3-6. Звездные каталоги

Глава 1-3-7. Звездные карты

Глава 1-3-9. Кометы

Глава 1-3-9. Звезды-гостыи

Глава 1-3-10. Метеоры и метеориты

Глава 1-3-12. Длина земного меридиана

Глава 1-3-13. И-Син

Глава 1-3-14. Чжан Хэн

Глава 1-3-15. Шень Ко

Глава 1-3-1

Возникновение астрономии в древнем Китае

Археологами было установлено, что астрономические знания на территории Китая развивались с доисторической древности – на крашенной керамике неолитической культуры Яншао (V–III тыс. до н.э.) присутствуют лунарные и солярные символы и орнаменты, имеющие характерные числовые закономерности, связанные с лунным календарем.

К древнейшим временам — эпохе легендарного императора Яо (2356 – 2255 гг. до н.э.) — относят определение продолжительности сезонов и солнечного тропического года. Продолжительность его была установлена сначала в 365 дней. Согласно «Шу цзину» («Книга истории»), император Яо послал двух братьев Си и двух братьев Хэ (Си-хэ) в разные концы Поднебесной, где они должны были проводить наблюдения Солнца, Луны, пяти планет и звезд.



Рис. Измерение одним из братьев Си длины тени гномона при летнем солнцестоянии.

На гадательных костях (черепашьих панцирях и лопаточных костях крупного рогатого скота) эпохи Шан-Инь (1554 – 1046 год до н.э.) встречаются названия групп ярких звезд — «Огненные» (Скорпион), «Птичьи» (Гидра) и других. Указаны несколько затмений Солнца, которые в то время рассматривались как предзнаменования.

Начатая в эпоху Шан-Инь практика записей небесных явлений не прекращалась во все периоды истории традиционного Китая, образуя самый длинный почти непрерывный ряд астрономических записей, не имеющий аналогов ни в какой другой цивилизации. Подобные записи неоценимы для современных астрономических исследований, поскольку дают возможность анализировать на большом промежутке времени такие циклические явления как затмения Солнца и появления комет.

Действительная же история китайской астрономии начинается с XII века до н. э., когда уже существовали государственные контакты с Египтом, а еще раньше — с Вавилоном. Позднее сложились условия для более тесных связей с Индией (со II века до н. э.) и с Римом (I век н. э.).

В Китае очень мало ученых занималось астрономией частным образом ради удовлетворения собственного интереса. Если в Греции астрономию изучали «любители мудрости» (философы), то в Китае с незапамятных времен она была в ведении астрономов государственной службы и считалась ортодоксальной наукой. Астрономы подчинялись правительственной администрации и, как правило, размещались в пределах стен императорского дворца. Несанкционированное властью занятие астрономией не поощрялось и могло рассматриваться как попытка создания каких-либо новых неортодоксальных астрономических теорий или изменения календаря с целью свержения династии. Такой подход тормозил развитие астрономии как науки, но исправно служил политическим целям.

Поскольку астрономия была государственной наукой, литература по астрономии, практически, не издавалась отдельными авторами. Астрономические тексты были

сосредоточены во дворце и использовались для служебных надобностей. После изобретения печати в Китае издавалось чрезвычайно мало, по сравнению с другими отраслями науки, книг по астрономии. Большая часть сохранившейся китайской астрономической литературы находится в династийных историях, в главах, посвященных астрономии, календарю и необычным природным явлениям.

В начале эпохи Чжоу правитель У-ван (годы правления 1121–1115 гг.) приказал воздвигнуть астрономическую башню в Гаочэнчжэне, на юго-восточной окраине города Лояна (совр. пров. Хэнань), который в древние времена рассматривался китайскими астрономами как центр мира. Это была первая из известных нам обсерваторий в Китае. Впоследствии она была названа в честь Чжоу-гуна, младшего брата У-вана, «чжоугунской обсерваторией».

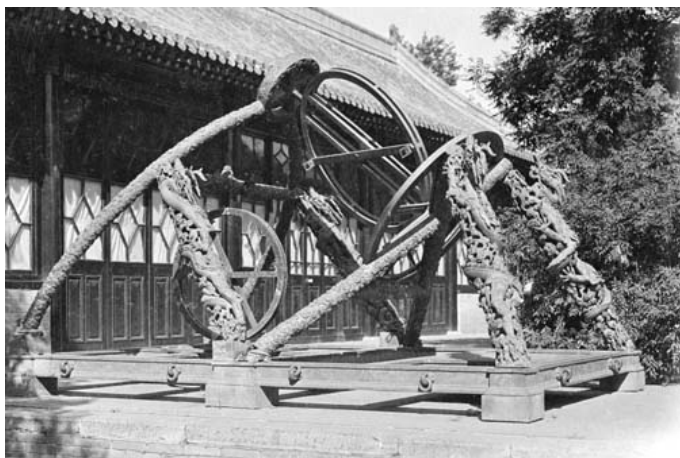


Рис. Древняя обсерватория

Чжоуская астрономия служила главным образом для составления календаря и предсказаний, касающихся погоды, ведения государственных дел и войны. Не изменился характер традиционной китайской астрономии и в последующие времена.

Глава 1-3-2

Книги частично астрономического содержания

Самые древние известные китайские книги частично астрономического содержания относятся к середине первого тысячелетия до н. э. Это «Шуцзин» (Книга преданий) и «Шицзин» (Книга песен), составленные под редакцией выдающегося китайского мыслителя Конфуция (Кун-цзы, 551—479 гг. до н.э.), современника Анаксагора. События, описываемые в них, начинаются со времен легендарной династии Ся (конец 3 тысячелетия — начало 2 тысячелетия до н. э.). В частности, сообщается, что уже тогда при дворе правителя существовали две официальные должности астрономов — чиновников.

Астрономические представления играли в китайской культуре важную роль. Истинную картину их развития трудно восстановить, так как более поздние летописи постоянно пытались приписать новым взглядам высоко почитавшуюся в Китае древность, а следовательно, и неизменную законность.

В 213 году до н. э. по приказу могущественного узурпатора императора-выскочки Ши-Хуанди были сожжены все книги, вероятно, для того, чтобы сломить власть феодальных норм и традиций. Однако вскоре после этого, при императорах из династии Хань, память о древних философах, а также древние книги стали восстанавливать, т. е. по большей части заменять прежнее содержание новым. Это сделало многое в прежней истории Китая сомнительным. Однако твердо установлено, что на протяжении всего этого времени правительство постоянно заботилось о регулировании календаря, служившего источником непрерывных затруднений.

Согласно традиционным описаниям, восстановление древней версии «Шуцзин» произошло в два этапа: в 141

году до н. э. (последний год правления Цзин-ди) была обнаружена копия в стене старого дома Конфуция; затем был найден так называемый «лаковый свиток».

В 1973 г. в Мавандуйском (пров. Хунань) могильнике был обнаружен самый древний из сохранившихся в Китае астрономический трактат «У син чжань» («Предсказания по пяти светилам»), датируемый 180 – 170 гг. до н.э. Его содержание показывает, что уже раннеханьская астрономия достигла высокого развития. Упоминаемые в названии трактата «пять светил» — это известные китайцам с эпохи Шан-Инь пять планет: Юпитер (Суй-син), Марс (Ин-хо), Сатурн (Чжэнь-син), Венера (Тай-бо), Меркурий (Чэнь-син). Планеты имели предсказательные характеристики на основе их корреляций с пятью стихиями/элементами, которые задавали связи со множеством реалий, в частности, с цветами и направлениями в пространстве.

Комментарий

Шу-цзин («Книга истории» или «Книга документов»), — одна из китайских классических книг, входящая в состав конфуцианского «Пятикнижия». Она содержит документы по древнейшей истории Китая. Ее редакцию приписывают Конфуцию, который привёл в порядок дошедшие до него документы, некоторые из которых считаются древнейшим пластом китайской истории и мифологии (например, указания на всемирный потоп, происшедший будто бы при мифическом «императоре» Яо).

Согласно Э. Л. Шонесси, «Шу-цзин» является едва ли не самым проблемным текстом в китайской истории.

В период династии Хань, проведенной канонизацию древних текстов, «Шу-цзин» стал источником разногласий между сторонниками так называемой «современной» и «древней» версий этого текста. Древняя версия, якобы обнаруженная после уничтожения книг Цинь Шихуанди, содержит 58 глав, в то время как современная,

восстановленная Фу Шэном (III—II вв. до н. э.), состоит только из 28. Обе версии сохранились, однако подлинной признаётся более короткая редакция.

О работе с источником

При попытке адекватного датирования развития астрономических знаний в древнем Китае возникают трудности. Выбрать, какие из предлагаемых дат верные, часто невозможно.

Пример. Попытка установить, в каком году была основана «чжоугунская обсерватория».

1. На заслуживающем доверия сайте synologia.ru сообщается, что в начале эпохи Чжоу правитель У-ван (годы правления 1121–1115 гг.) приказал воздвигнуть астрономическую башню в Гаочэнчжэне. Впоследствии она была названа в честь Чжоу-гуна, младшего брата У-вана, «чжоугунской обсерваторией».

2. В Википедии сообщается, что Эпоха Чжоу длилась с 1045 года до н. э. по 221 год до н. э.. И далее: «Датировка начала эпохи Чжоу остаётся предметом дискуссий, годом установления власти в Китае и победы над Шан традиционно считается 1122 год до н. э., критики указывают на 1027 год до н. э., существуют и другие концепции».

3. У-ван (три варианта датировки жизни: 1169 – 1115 гг., 1087 – 1043 гг., ...-1025 гг. до н. э.), основатель китайской династии Чжоу. Сын вождя племени чжоусцев Вэнь-вана. Одержав победу над войсками царства Инь в битве при Муе в 1122 (1046, 1027?) году до н. э. и объединив многочисленные племена и народы северного Китая, У-ван стал верховным правителем государства Чжоу.

Когда была возведена обсерватория? Однозначного ответа нет.

Глава 1-3-3

Солнечные затмения

В отличие от всех других государств древности, астрономы Китая не были связаны исполнением религиозных функций. Они были высокопоставленными государственными чиновниками, в обязанности которых входило проведение регулярных астрономических наблюдений с регистрацией и истолкованием небесных явлений и извещением о них императора («Сына Неба») и народа, составление и уточнение календарей, геодезические работы и т.д.

Неисполнение обязанностей строго наказывалось.

В «Шуцзине» («Книга истории») есть упоминание о солнечном затмении, произошедшем в эпоху полулегендарной династии Ся. Точная дата затмения не указана, но большинство исследователей относит это затмение к 22 октября 2137 г. до н.э. Именно к этому событию относят нравоучительную историю о непутевых чиновниках легендарного правителя Яо, братьях Хи и Хо, которые не смогли вовремя предсказать солнечное затмение, за что и поплатились головами.

«Астрономы Хи и Хо забыли о добродетели, предались непомерному пьянству, запустили свои обязанности и оказались ниже своего ранга. Они впервые не сделали ежегодных вычислений путей небесных светил. В последний осенний месяц, в первый его день Солнце и Луна вопреки вычислениям сошлись в созвездии Фанг. Слепых известил барабан, бережливые люди были охвачены смятением, народ бежал. А господа Хи и Хо находились при своей должности: они ничего не слышали и не видели... Легенда далее повествует, что Хи и Хо, не предсказавшие затмение, были обезглавлены...».

Однако датировка этой легенды ненадёжна, сомнение вызывает и её достоверность. Очевидно, ясно, что в такие давние времена еще нельзя было говорить о предсказании

солнечных затмений. Ситуация осложняется тем, что оригинал Шу цзин не сохранился, и этот текст восстанавливался различными способами. Другой источник — Бамбуковые анналы — также упоминает затмение и имена Хи и Хо, причём это единственный источник, где упоминается имя императора — Чжун Кан. Однако из него следует, что затмение произошло 28 октября 1948 года до нашей эры, но в действительности в тот день не было ни затмения, ни даже новолуния. Выдвигались и другие предположения, к какому именно затмению может относиться эта легенда, например, к затмению 23 октября 2110 года до нашей эры.

По другим данным, Хи и Хо — возможно, это вообще был один человек — не были астрономами. Согласно этой теории, они были мятежниками, которые поддерживали восстание против императора. Затмение в таком случае стало лишь поводом казни, а не её причиной. Хи и Хо вменялась вина не в том, что они не смогли предсказать затмение, а в том, что они не предупредили о нём население. Это вызвало панику у народа и послужило поводом для карательной акции.

Не исключено, что поздняя обработка превратила этот рассказ в морализирующую анекдотическую повесть о двух придворных астрономах, которые вели беспечную жизнь, пренебрегая своими обязанностями.

Не удивительно, что солнечные затмения тщательно описывались древнекитайскими астрономами. И это первые подобные записи в истории человечества. Кроме «Шуцзина» записи о солнечных затмениях встречаются на иньских гадательных костях и черепаших панцирях. Как удалось выяснить современным ученым, два случая регистрации затмений Солнца подтверждаются и относятся к 18 июля 1328 г. до н.э. и к 4 августа 1222 г. до н.э..

В летописи «Чуныцю», охватывающей период с 722 по 479 года до н.э., зарегистрировано 36 солнечных затмений, наблюдавшихся в течение 242 лет. 33 солнечных затмения подтверждены современными

китайскими учеными. Самое раннее из них относится к 22 февраля 720 года до н.э.

Астроном Ши Шэнь, живший в IV века до н.э., отметил, что солнечное затмение происходит только в день новолуния.

В эпоху Хань (206 до н. э. – 220 н. э. гг.) было выяснено, что для одной и той же точки наблюдения затмения Солнца должны повторяться через 135 месяцев.

Лю Сян (77 до н.э – 6 н.э.) около 25 года до н.э. утверждал: «Это Луна закрывает Солнце, когда совершается солнечное затмение».

Более чем через столетие Чжан Хэн (78 – 139 гг.) ясно объяснил причину лунного затмения в трактате «Лин сянь» («Законы одухотворения»), изданном в 118 году: так как Луна отражает солнечный свет, она будет заслонена, проходя в тени, брошенной Землей.

Ян Вэй, составивший в 230 году календарь «Цзинчули», указывал на то, что солнечные и лунные затмения могут быть полными и частными.

Астроном Чжан Цзысинь (VI век), проживая в уединении на острове, производил наблюдения за Солнцем, Луной и пятью планетами при помощи армиллярной сферы. Он установил, что солнечное затмение происходит, если в момент новолуния Луна проходит около Солнца на определенном расстоянии. Лунное же затмение произойдет в том случае, если в момент полнолуния Луна будет находиться около точки пересечения ее орбиты с эклиптической.

Он же обнаружил, что Солнце имеет наиболее медленное движение во время летнего солнцестояния, а наиболее быстрое — во время зимнего солнцестояния. В моменты весеннего и осеннего равноденствий Солнце движется со средней скоростью.

В начале VII в. астроном Лю Чжо построил теорию солнечных затмений, принимающую во внимание видимое изменение относительного положения Солнца и Луны, являющееся результатом, как он объяснял, отдаленности наблюдателя от центра Земли. По сути, он впервые в китайской астрономии, но на 8 столетий позже

Гиппарха, подошел к представлению о параллаксе, т.е. видимом смещении небесных объектов вследствие перемещения наблюдателя (например, при суточном параллаксе такое перемещение обусловлено вращением Земли). Развивая идеи Лю Чжо, в VIII в. И-син провел эксперименты по предсказанию затмений из различных мест.

В VIII в. разработчики календаря У-цзи выбрали новый цикл в 358 синодических месяцев, что является удвоенной величиной периода, введенного С. Ньюкомом в XIX в.

Ученый-энциклопедист сунской эпохи Шэнь Ко (1030 – 1093 гг.), исходя из идеи, что Луна светит отраженным светом, решил продемонстрировать с помощью простой модели, как меняются фазы Луны. Он взял шар, покрытый белым порошком, и стал направлять на него свет. Если свет исходил со стороны наблюдателя, то он видел освещенной всю ближайшую к нему сторону шара. Если свет исходил сбоку, то освещенная часть шара напоминала ущербную Луну. Подобным образом он мог бы смоделировать и феномен лунного затмения, но сведений на этот счет не обнаружено.

Он отмечал, что эклиптика и лунная траектория находятся не в одной и той же плоскости, но пересекаются, и что никакое затмение не произойдет, если Солнце и Луна не находятся на одной долготе и приблизительно одной широте, т.е. если их траектории не пересекаются. Шэнь Ко далее указал, что от точности пересечения зависит, будет ли затмение полным или частичным.

В 1199 году китайские астрономы самостоятельно получили число цикла затмений, которое на Западе было известно как сарос (223 синодических месяца или 18 лет и $11\frac{1}{3}$ дня) и использовалось еще в VI в. до н.э. персами.

Творивший в XIII–XIV вв. астроном Го Шоу-цзин, унаследовав достижения китайских ученых за предыдущие сотни лет, смог разработать технику предсказаний затмений, оказавшуюся в то время среди самых передовых в мире.

Глава 1-3-4

Солнечные пятна

Солнечные пятна бывают иногда такими большими, что в некоторых случаях могут быть замечены невооруженным глазом. Астрономы в Китае не были обременены идеями о необходимости Солнцу непременно не иметь «изъяны». Более того, древнекитайское учение о взаимодополнительных силах инь и ян предполагало наличие в каждой из них «зародыша» противоположной силы. Поэтому китайцы и смогли обнаружить солнечные пятна раньше европейцев. Благоприятствовало этим наблюдениям то, что господствующие на территории древнего Китая северо-западные ветры приносили с Монгольского плато и пустыни Гоби песок и пыль. В дни, когда в воздухе было много пыли, на Солнце можно было смотреть словно через закопченное стекло.

Самая ранняя сохранившаяся запись о наблюдении солнечных пятен сделана Гань Гуном (4 век до н.э.), составителем первых звездных каталогов. Он пишет о «солнечных затмениях», которые начинаются от центра Солнца. И хотя его теория затмений не верна, ценно, что отмеченное затемнение Солнца характеризовалось как феномен на солнечной поверхности.

Следующая фиксация солнечных пятен датируется 165 годом до н.э. В энциклопедии «Океан нефрита» сообщается, что в этом году на Солнце появилось изображение иероглифа ван. Таким образом, это могло быть солнечное пятно некруглой формы.

Первая запись наблюдений солнечного пятна в императорских хрониках относится к 10 мая 28 года до н.э. Но систематические наблюдения солнечных пятен начались, возможно, в четвертом веке.



Рис. Рисунок солнечных пятен из написанной в 1425 году рукописи минского императора Чжу Гаочжи «Рассуждения о астрономических и метеорологических предзнаменованиях».

Согласно подсчету Дж. Нидэма, между 28 годом до н.э. и 1638 годом н.э. в официальных хрониках было отмечено 112 наблюдений солнечных пятен. Эти записи — самый старый и самый длинный непрерывный ряд таких наблюдений в мире. Многие из описаний солнечных пятен представляют естественнонаучный интерес. Имеются также сотни записей наблюдений солнечных пятен в других китайских книгах, создававшихся на протяжении столетий, но никто из исследователей китайской науки не взял себе за труд произвести их полную систематизацию.

Глава 1-3-5

Неравномерность видимого движения Солнца

В VI веке Чжан Цзы-синь, проживая в течение 30 лет в уединении на острове, производил наблюдения за Солнцем, Луной и пятью планетами при помощи армиллярной сферы. В результате он обнаружил неравномерность видимого движения Солнца по эклиптике. Им было определено, что Солнце имеет наиболее медленное движение во время летнего солнцестояния, а наиболее быстрое – во время зимнего солнцестояния. В моменты весеннего и осеннего равноденствий Солнце движется со средней скоростью. Это утверждение в значительной степени согласовалось с фактами, поскольку в то время зимнее солнцестояние было только на 10° позади перигея эклиптики. К XIII веку эти две точки (зимнего солнцестояния и перигея) совпали.

Открытие Чжан Цзы-синя было скоро принято другими китайскими астрономами. В VII веке Лю Чжо отметил, что от осеннего равноденствия до зимнего солнцестояния проходит 88 дней, а от весеннего равноденствия до летнего солнцестояния — 93 дня. По мнению Лю Чжо, время, требующееся Солнцу, чтобы пересечь эти расстояния, изменяется из-за колебаний в его скорости. Полученные им числа, однако, были неточны. Но уже в VIII веке И-син смог сделать адекватные исправления. Этот буддийский монах, разработавший календарь Да-янь, отметил, что видимая скорость Солнца была самой высокой в две недели, приближающиеся к зимнему солнцестоянию. В календаре И-сина учитывалось, что время, за которое Солнце проходит квадрант по эклиптике от зимнего солнцестояния до весеннего равноденствия, составляет 88,89 дня, а время, за которое

Солнце проходит следующий квадрант, – 91,73 дня. И продолжительность первого полугодия равна 180,62 дня.

Ученый-энциклопедист сунской эпохи Шэнь Ко, сравнивая время, измеренное с помощью клепсидры, с показаниями солнечных часов, установил, что зимой и летом сутки не одинаковы по длительности. Согласно его теории, так как Солнце движется быстрее, находясь ближе к зимнему солнцестоянию, то сутки в это время становятся длиннее, а находясь ближе к летнему солнцестоянию, Солнце движется медленнее, поэтому продолжительность дня короче. Объясняя причины неравномерности видимого годового движения Солнца, Шэнь Ко, в рамках геоцентрической системы предвосхитив на пятьсот лет Кеплера, пришел к выводу, что эклиптика, хотя и близка по форме к окружности, все же является не окружностью, а «овальностью» (то), то есть эллипсом.

Го Шоу-цзин, создавший в 1281 году календарь Шоу-ши, подтверждал, что зимнее солнцестояние является тем временем, когда Солнце движется с самой большой скоростью. Его данные были высокоточными, поскольку тогда Земля вступала в перигелий через один градус после зимнего солнцестояния. Го Шоу-цзин, базируясь на своих астрономических наблюдениях, отметил, что квартал, начинающийся с третьего дня от осеннего равноденствия, составляет по продолжительности 88,91 дня, а соответствующее число для другого квартала давалось им как 93,71 дня. Таким образом, продолжительность второго полугодия: $93,71 + 88,91 + 2 = 184,62$. С учетом чисел, полученных И-сином, год длится: $180,62 + 184,62 = 365,24$ дня.

Глава 1-3-6

Исследования движения Луны

Исследования движения Луны занимали важное место в традиционной китайской астрономии, с их помощью составители календаря устанавливали месяцы и предсказывали затмения.

В конце I века до н.э. Лю Сян установил, что Луна имеет неравномерное движение по орбите. В своих примечаниях к классикам он упомянул диаграмму «девять дорог Луны», которая касается флуктуаций в движении спутника. То же самое явление отметил в I веке н.э. астроном Цзя Куй, который приписывал его эксцентриситету траектории Луны и указывал, что апогей продвигается на 3° в каждом аномалистическом месяце (аномалистический месяц – это время, за которое Луна совершает движение между апогеями). Эта величина подразумевала, что потребуется 9,18 лет, чтобы апогей сделал целый цикл, и что аномалистический месяц был бы равен 27,55081 дня (по современным данным 27,55445, отличие – 0,00364).

Метод, опирающийся на диаграмму «девять дорог Луны», в I в. нашел поддержку у Чжан Хэна. Очевидно, он был очень популярен в те времена, поскольку являлся проявлением элементарного знания о перемещении апогея. Составители календаря, применявшие этот метод, который гарантировал беспрецедентную точность, допускали последовательное сочетание в году трех длинных месяцев или двух коротких.

В 206 году н.э. астроном Лю Хун, руководивший составителями календаря Цянь-сян («Небесные символы»), нашел, что Луна, выйдя из точки наибольшего удаления, в которой имеет самое медленное движение, возвращается в эту точку через 27,55336 суток (что отличается от современного значения на 0,00108). Лю Хун

и его сотрудники сначала наблюдали ежедневное предвращение Луны по ее траектории, затем подсчитали различие между этой величиной и ее средней скоростью и установили общее количество этих различий. Сумма среднего числа плюс общее количество всех различий, наблюдаемых в периоде, начинающемся от последнего перигея до дня, предшествующего некоему выбранному дню, была числом для предсказанного предвращения Луны в этот день. Формула Лю Хуна, записанная в его сочинении «Цянь сян ли шу» («Правила составления календаря «Небесные символы»), позволила установить небесную долготу как новой, так и полной Луны и, главное, предсказывать солнечные и лунные затмения. С целью их предсказания китайские астрономы также изучали длину нодического, или «драконического», месяца, т.е. время, за которое Луна перемещается из одного узла между эклиптической и ее собственной траекторией к другому. Первое свидетельство этого можно отнести к 237 году, когда астроном Ян Вэй составил календарь Цзин-чу, в котором учитывалось, что Луна при своем циклическом движении пересекает каждый раз эклиптику не ровно через месяц, а несколько раньше, т.е. через период, который и определяется как нодический месяц.

В 462 году Цзу Чун-чжи дал свое число для нодического месяца — 27,21223 дня, которое отличается только на 0,0001 от числа, полученного современными астрономами. Базируясь непосредственно на этих достижениях, создатели календарей последующих эпох смогли обеспечить высокую точность в своих исследованиях величины нодического месяца.

Затмения Луны

Древние китайцы были знакомы с затмениями Луны, но придавали им меньшее значение, чем солнечным. Первые записи о затмениях Луны встречаются на костях животных эпохи Шан-Инь.

Комментарии

Синодический (лунный) месяц — промежуток времени между двумя последовательными одинаковыми фазами Луны. Продолжительность его непостоянна. Среднее значение составляет 29,53058812 средних солнечных суток (29 суток 12 часов 44 минуты 2,8 секунды). Действительная длительность синодического месяца может отличаться от средней более чем на шесть часов.

Сидерический (звёздный) месяц

Промежуток времени между двумя последовательными возвращениями Луны, при её видимом месячном движении, в одно и то же (относительно звёзд) место небесной сферы. Продолжительность составляет 27,3216610 суток (27 суток 7 часов 43 минуты 11,51 сек).

Тропический месяц

Период обращения Луны вокруг Земли, отсчитываемый относительно той же долготы. Равен 27,3215817 средних солнечных суток (27 суток 7 часов 43 минуты 4,66 секунды). Тропический месяц получается немного короче сидерического месяца из-за прецессии земной оси.

Драконический месяц

Промежуток времени между двумя последовательными прохожденьями Луны через один и тот же (восходящий или нисходящий) узел орбиты в её движении вокруг Земли. Продолжительность в начале 1900 года составляла 27,2122204 средних солнечных суток (27 суток 5 часов 5 минут 35,84 секунды), увеличивается на 0,0035 сек за 100 лет.

Глава 1-3-7

Звездные каталоги

В Китае существует длительная традиция тщательного картографирования и каталогизирования звезд. Уже в эпоху «Воюющих царств» ((476 – 221 гг. до н.э.) тремя различными астрономами были составлены три звездных каталога. В это время Гань Гун из государства Чу написал восьмитомное сочинение «Предсказания по звездам» («Син чжань»), а Ши Шэнь из государства Вэй создал восьмитомный труд «Небесные письма» («Тянь вэнь»). Они дали наиболее ярким звездам названия, которые затем использовались китайскими астрономами. На основе этих работ был составлен сводный каталог «Звездный канон Ганя и Ши» («Гань ши син цзин»), куда были внесены 800 звезд, из которых у 120 были отмечены в градусах их расстояния от Северного небесного полюса.

Был еще третий астроном, чье имя неизвестно и чей каталог был приписан У Сяню, легендарному министру династии Шан. Этот каталог содержал 1464 звезды, сгруппированных в 284 созвездия. Оригиналы этих каталогов не сохранились, но собранные в них данные оставались в употреблении в течение следующего тысячелетия.

В ханьское время знаменитый китайский ученый-универсал Чжан Хэн (78 - 139 гг.) насчитывал 2500 сильных и 11520 слабых звезд, видимых в широтах Китая:

«Звезд постоянного свечения, которые представляют чиновников при дворе и на местах, насчитывается 124, звезд, получивших наименования, насчитывается 320, всего же звезд на небе 2500, причем в это число не включены звезды, по которым мореходы [в дальних местах] гадают и определяются. Число слабых звезд примерно 11520. Вся кишащая на земле масса живых существ связана с волей неба. Если бы не так, разве удалось бы их собрать вместе и упорядочить?»

Глава 1-3-8

Карты звездного неба

На основе трех первых звездных каталогов в конце 4 века до н.э. была составлена обобщенная звездная карта. В 5 веке астроном Лу Цзи составил новую карту, отмечая данные первых картографов разными цветами, чтобы можно было наблюдать различия в картографировании.

Из сохранившихся ханьских резбовых изображений и рельефов известно, что на звездных картах того времени звездные группы были представлены точками или кругами, соединенными линиями, подобно тому, как позже делали арабы, а за ними и европейцы.



Рис. Китайская звездная карта 940 года из Дуньхуана.

Сохранилась звездная карта из Дуньхуана (провинция Ганьсу), датируемая 940 годом. Эта карта вычерчена в двух вариантах проекции небесной сферы на плоский лист бумаги. Околополюсные звезды показываются на ней в полярной проекции на круговой диаграмме, а остальные изображены методом, который сегодня называется «цилиндрической проекцией».

Линии, обозначающие для отдаленных от полюса областей границы 28 секций «лунных стоянок», на которые древние китайцы подразделяли звездное небо, изображены параллельными, на самом деле они должны сходиться в точке, совпадающей с Полярной звездой.

Полтора столетиями позже, в 1094 году, Су Сун в книге «Сиисян фаяо» («Новая конструкция механической армиллярной сферы и небесного глобуса») опубликовал две звездные карты, составленные в полярной (ортографической) проекции, и две — по методу проекции Меркатора. В последнем случае одна из карт имела проведенную в середине прямую линию, изображающую экватор, и дугу выше нее — эклиптику. Созвездия, вписанные в видимые прямоугольные рамки лунных стоянок, изображены более сосредоточенными ближе к экватору и рассредоточенными ближе к полюсу. Карты Су Суна — самые старые из изданных в мире звездных карт.

В храме Конфуция, находящемся в провинции Цзянсу в городе Сучжоу, сохранилась до наших дней карта звездного неба, высеченная на камне в 1247 года Ван Чжиюнем. В качестве прототипа Ван Чжиюнь использовал карту, составленную в 1193 году Хуан Шаном. Последний был разносторонним ученым, но не занимался непосредственно наблюдением неба. При составлении карты Хуан Шан опирался на данные, полученные другими исследователями и, в частности, Су Суном. На карте нанесены экватор, эклиптика, точка Северного полюса и 28 зодиакальных созвездий, которые вместе с другими созвездиями, отмеченными вплоть до 30 градуса южнее экватора, охватывают 1440 звезд. В нижней части карты написаны комментарии, представляющие, по сути, небольшой космогонический трактат.

Небо было разбито на 124 созвездия, 320 звезд имели собственные имена (Шэ Шэн), позднее число созвездий возросло до 283 (Чжан Хэн, 130 г. н.э.).

Собственное движение звезд было открыто И Сином в VII веке н. э. — за 1000 лет до европейских астрономов, без применения телескопа!

Глава 1-3-9

«Звезды-гостыи»

В традиционной китайской литературе термин «звезда-гостыя» (син кэ) может обозначать комету, но чаще обозначает новую звезду, потому что китайцы верили, что последняя, подобно гостю, приходит откуда-то, а затем, «погостив», уходит восвояси. Наблюдения новых звезд производились в Китае начиная с династии Шан-Инь. Самая ранняя регистрация такого явления относится к XIII в. до н.э. С этого момента и до XVIII в. в целом было отмечено около 90 новых звезд.

Самая ранняя запись систематического характера датируется II веком до н.э. В 5-ом месяце 134 года до н.э., согласно «Хань шу» («Книга о [династии] Хань»), «звезда-гостыя» появилась в лунной стоянке № 4 «Фан» («Дом»), т.е. рядом с головой Скорпиона. Та же самая новая звезда упомянута в исторических записях различных стран, но китайская является единственной, в которой указаны месяц ее появления и небесное местоположение.

Наиболее значительным оказалось наблюдение сверхновой, появившейся в 1054 г. в созвездии Тельца и исчезнувшей через два года. Позже, в «Сун хуэй яо» («Свод сведений о важнейших событиях при [династии] Сун») было отмечено, что звезда, появившаяся в 1054 году, возшла «на востоке, и была заметна даже при дневном свете. Она прошла Тай-бай (Венеру), излучая белые лучи. Ее яркость сохранялась в течение 23 дней». Далее указывается, что в 1056 году «астрономы сообщили об исчезновении звезды-гостыи и истолковали это как признак, предсказывающий отъезд гостей».

На месте, где вспыхнула эта сверхновая, находится Крабовидная туманность, обнаруженная с помощью телескопа в конце XVIII века. Эта туманность расширяется и по степени ее расширения в 1921 году было вычислено, что ее образование произошло девять столетий назад.

Глава 1-3-10

Кометы

Кометы в Китае назывались «звездами-мётлами». Испокон веков они считались предвестниками несчастий. Начиная с эпохи Чуньцю (с 722 по 479 гг. до н. э.), встречаются письменные регистрации появления комет. Позднее появились их подробные описания и зарисовки. В «Цзинь шу» («Книга о [династии] Цзинь») был проведен анализ положения хвоста комет: если она появляется утром, ее хвост направлен к западу, а если вечером – то на восток; находясь к югу или к северу от Солнца, комета всегда отбрасывает свой хвост от Солнца. Все это соответствует реальности и демонстрирует великолепную наблюдательность китайских астрономов.



Рис. Изображения комет

В самом раннем упоминании в древнекитайских хрониках кометы Галлея говорится об осени 611 г. до н.э., когда комета появилась в созвездии Большой Медведицы. В Европе первые записи о комете Галлея относятся к 66 году. В 1682 году Галлей открыл, что наблюдаемая им комета, которую затем стали называть его именем,

обращается вокруг Солнца с периодом от 75 до 76 лет. Он предсказал появление той же кометы в 1758 году.

В Китае же начиная с седьмого года правления императора Цинь (240 год до н. э.) до конца эпохи Мин (до 1607 года н.э.) регистрировалось каждое появление этой кометы. Эти наблюдения использовались для астрологических предсказаний.



Рис. Комета Галлея

Начиная с 613 года до н.э. и кончая 1909 годом китайские астрономы отметили 31 случай ее появления. За это время было зарегистрировано всего около 500 случаев появления различных комет.

В китайской литературе есть также сообщения о распаде комет. Так, согласно «Синь Тан шу» («Новая книга о [династии] Тан»), в 10-ом месяце 896 года на небе были замечены три «путешествующие звезды, одна из которых была больше, чем две другие». Сначала эти звезды, «перемещаясь в восточном направлении, шли вместе, а затем стали двигаться обособленно, как будто разойдясь после схватки». Указывается также, что «тремя днями позже большая звезда исчезла, а затем пропали и две другие». В этом сложном описании «путешествующие звезды» являлись, несомненно, распадающейся кометой.

Глава 1-3-11

Метеоры и метеориты

. Самые ранние записи о появлении метеорных («звездных») дождей были сделаны в Китае. В «Цзо чжуани» отмечается, что в полночь некоторого дня 4-го месяца 687 года до н.э. «звезды исчезли и метеоры стали падать дождем». Подобных сообщений в китайских источниках насчитывается около 180. Среди них девять касаются описания Лиридов, дюжина – Персеидов и семь – Леонидов. Упомянутая запись в «Цзо чжуани» – первая в мире письменная регистрация Лиридов.

Древним китайцам было известно, что метеоры (лю син – «скитающиеся звезды»), падая на землю, становятся каменными или железными метеоритами. Например, в «Ши цзи» («Исторические записки») Сыма Цяня (II-I века до н.э.) содержится утверждение, что «упавший метеор является камнем». В XI веке Шэнь Ко указывал, что некоторые метеориты содержат в себе железо. В его труде «Мэнси би тань» («Записки из Мэнси») есть подробное описание падения метеорита, произошедшего в 1064 года. Он пишет, что вдруг как-то вечером раздался шум, подобный грому, вслед за которым на юго-западе неба появилась летящая звезда, которая затем упала в сад некоего семейства Сюй в уезде Исин, пров. Цзянсу. Пламя, вызванное падением, было замечено на расстоянии, а на месте происшествия была найдена глубокая воронка величиной с кубок вина, из которой исходило сияние. Позже свет от воронки померк, но остался жар. Когда и он прекратился, люди вырыли из воронки круглый камень величиной с кулак. Он имел цвет железа и был достаточно тяжелым.

Самый старый метеорит, найденный в Китае, был откопан в 1716 году в провинции Сычуань. По видимому, его падение состоялось в XVI веке. Он весит около 58,5 кг.

Глава 1-3-12

Длина земного меридиана

Измерение дуги меридиана было впервые произведено китайскими астрономами в VIII веке. Эта работа производилась в 724 году по инициативе И-сина и была частью его программы по созданию нового календаря. Помимо урегулирования циклов лет, месяцев и дней китайские разработчики календарей принимали в качестве своих насущных задач предсказания солнечных и лунных затмений, установку 24 солнечных сезонов и прогноз годового изменения длин дней.

Удовлетворительное выполнение этих задач требовало определения широты места, в котором должны производиться наблюдения. Поэтому в VIII веке было решено осуществить астрономические наблюдения в различных районах Китая с целью сделать новый календарь пригодным для всей страны.

В выбранные двенадцать мест были посланы группы астрономов. Объектами для наблюдений являлись высота Полярной звезды и длина тени гномона, измеряемые в полдень в дни обоих равноденствий и обоих солнцестояний. Гномон имел высоту 8 чи (196,2 см).

Наиболее ценными были наблюдения, сделанные Наньгун Юэ и его помощниками. В дополнение к высотам Полярной звезды и длинам тени гномона они измерили по отдельности расстояния между городами Байма, Сюньи, Фугоу и Шанцай, которые находились приблизительно на одной и той же долготе. Измерения проводились шнуром.

Опираясь на данные полевых наблюдений, И-син нашел, что длины тени гномонов, установленных в разных городах не одинаковы. Тем самым он опроверг долго поддерживавшуюся в Китае теорию, что длина тени изменяется на один цунь для каждой тысячи ли. Астроном Хэ Чэн-тянь, издавший уже в 442 году свое опровержение

этой теории, все же считал, что между любыми двумя местами, где наблюдалась та же самая длина тени, расстояние должно быть идентично. Это суждение было неправильно и исходило из предположения, что Земля является плоской.

Только в 665 году Лю Чжо и Ли Чунь-фэн отметили непостоянство пропорции между длинами тени гномонов и расстояниями между двумя местами установки гномонов. И-сину удалось подтвердить взгляды его предшественников. Простые вычисления, в которых были использованы числа, полученные в полевых наблюдениях, показали, что Северный полюс будет на один китайский градус выше для места, находящегося на расстоянии 351 ли и 80 бу на север от другого места. Иначе говоря, была вычислена соответствующая длина китайского меридионального градуса. В современных единицах измерений полученная величина равна 129,22 км, что в 1,162 раза больше реальной, составляющей для данной широты около 111,2 км.

Несмотря на ошибку, работа И-сина ценна тем, что положила конец традиционным неправильным представлениям и впервые объединила измерения широт и географических расстояний, тем самым открыв путь к дальнейшим работам в этом направлении, к современной астрономической геодезии и к созданию более совершенного календаря.

Через сто с лишним лет после опыта, осуществленного китайцами, а точнее, в 827 году, измерения дуги меридиана с помощью шнура и наблюдения зенитных расстояний звезд были произведены в долине Сеннаар мусульманскими учеными по приказу багдадского халифа аль-Мамуна (годы правления 813 – 833 гг.). В результате было установлено, что длина дуги меридиана в один градус равна 112 км, а длина окружности меридиана – 40700 км. Эти величины соответственно всего в 1,007 и 1,02 раз больше действительных. В Европе первые измерения длины дуги меридиана произведены в 1669 – 1670 годах французским ученым Ж. Пикаром.

Глава 1-3-13

И-син

И-син (683 – 727 гг.) — астроном, математик, буддийский монах. Был внуком правителя удела Сян. Под конец жизни стал астрономом при императорском дворе. И-син разработал календарь Да-янь (Великое расширение), введенный в 728 году и описанный в книге «Да-янь-ли» («Календарь Великого расширения»). Работая над ним, он улучшил формулу, предложенную еще в 604 году Лю Чжо для фиксации первого дня месяца. И-син отметил, что видимая скорость Солнца была самой высокой в две недели, приближающиеся к зимнему солнцестоянию. В календаре Да-янь учитывалось, что время, за которое Солнце проходит квадрант по эклиптике от зимнего солнцестояния до весеннего равноденствия, составляет 88,89 дня, а время, за которое оно проходит следующий квадрант, — 91,73 дня.

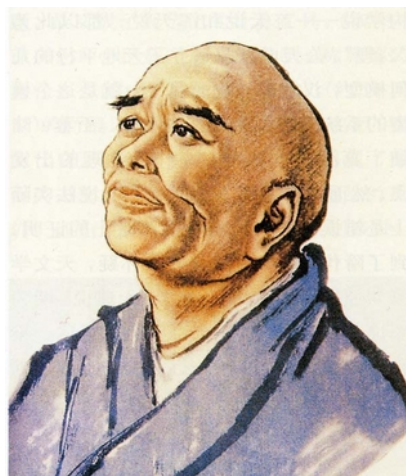


Рис. И-син

В 724 году по инициативе И-сина впервые в мире было произведено измерение дуги меридиана, сопровождавшееся необходимыми для этого измерениями земных расстояний (см. главу 1-3-8). Эта работа была частью его программы по созданию нового календаря.

Ценность работы И-сина по измерению дуги меридиана заключается не только в том, что она положила кон. неправильным trad. представлениям, но и в том, что в ней впервые было объединено измерение широт и географических расстояний. Тем самым И-син открыл путь дальнейшим исслед. в этом направлении, приведшим к совр. астрономической геодезии и созданию более совершенного календаря.

И-син вместе со своим помощником Лян Лин-цзанем построил армиллярную сферу, на к-рой исчерпалось стремление к усложнению такого типа астрономических инструментов. В отличие от предыдущих в ней было дополнительно использовано эклиптически установленное кольцо небесной широты. В целом она состояла из семи разл. колец. В 725 И-син и Лян Лин-цзань изготовили бронзовый небесный глобус, на поверхности к-рого были выгравированы изображения созвездий и небесного экватора. Устройство приводилось в действие водой и делало полный оборот за сутки, точно согласуя свое движение с реальным движением небесных светил. С приводом соединялись располагающиеся вокруг небесного глобуса два зубчатых кольца, на одном из к-рых был установлен шарик, обозначавший Солнце, а на др. – Луну. При вращении небесного глобуса на один оборот Солнце перемещалось в обратном направлении на один кит. градус, а Луна – на $13\frac{7}{9}$. Кроме того, к глобусу были присоединены посредством системы зубчатых передач две деревянные фигуры. Одна из них через каждые четверть часа автоматически ударяла по барабану, а др. каждый час производила удар в колокол. Т.о. была получена комбинация астрономического инструмента и часов. Причем это были первые механические часы, хотя и с водяным приводом.

Глава 1-3-14

Чжан Хэн

Чжан Хэн (78 – 139 гг.) — китайский философ, мыслитель-энциклопедист, государственный деятель, литератор, поэт, выдающийся ученый, которому принадлежат мировые открытия и изобретения в математике, астрономии, механике, сейсмологии, географии. Состоял на государственной службе, дважды занимал пост главного придворного историографа-астронома, в конце жизни был министром в удельном княжестве Хэцзянь. Создал армилярную сферу (небесный глобус), приводившуюся в движение водой; тележку-компас с шестеренными передачами; прибор для регистрации подземных толчков (протосейсмограф). Чжан Хэн первым в Китае заявил, что Луна светит отраженным солнечным светом, стал родоначальником картографии, основанной на прямоугольной сетке координат; уточнил значение числа π .



Рис. Чжан Хэн

Теоретические труды Чжан Хэна сохранились лишь во фрагментарном виде, включенными в состав других произведений. Древнейшее описание его жизни и творчества содержится в специально посвященной ему гл. 89 «Хоу Хань шу» («Книга [об эпохе] Поздней [династии] Хань», кон. IV — нач. V в.).

Основные космолого-астрономические взгляды Чжан Хэна отражены в небольшом трактате «Хунь тянь и [ту чжу]» — «[Комментарий к плану] армиллярной сферы», который, видимо, был описанием и разъяснением соответствующего астрономического инструмента. В нем излагается геоцентрическая концепция «коловращающегося неба» (хунь тянь), согласно которой Земля подобна желтку в постоянно вращающемся яйцеобразном Небе (тянь). Носителем и наполнителем этого «мирового яйца» является «пневма» (ци), основным вселенским воплощением которой выступает вода.

Космологические и общефилософские взгляды Чжан Хэна, следовавшего за даосами, выражены в трактате «Лин сянь» («Основоположения животворности»). Развивая воспринятую от Ян Сюна идею «Великой тайны», лежащей в основе мироздания, Чжан Хэн сочетал признание непознаваемости Вселенной как «пространственно-временного универсума» (юй чжоу) со скрупулезными астрономическими расчетами, а веру в астрологическую взаимосвязь земных существ и небесных светил — с критикой гадательно-предсказательной традиции.

Определяя различные категории небесных тел, он указывал на существование 2500 «действующих звезд» и 11 520 «сокровенных звезд». 2500 — это округление наибольшего числа доступных невооруженному глазу небесных тел, то есть исходно эмпирическая величина, а 11 520 — априорно заданное число из «Си цы чжуани», продукт нумерологии (сяншучжи-сюэ) «Чжоу и», символизирующий все «10 тыс. вещей» (вань у). Скорость перемещения небесных тел на небосводе им связывалась с их удаленностью от Земли: близкие к ней двигаются быстро, далекие от нее — медленно.

Глава 1-3-15

Шэнь Ко, также Шэнь Куа

Шэнь Ко, также Шэнь Куа (1031 – 1095 гг.) — один из величайших китайских учёных, по многогранности сопоставимый с выдающимися универсалистами Ренессанса: область его деятельности охватывала математику, астрономию, метеорологию, геологию, зоологию, ботанику, фармакологию, агрономию, этнографию и картографию; помимо этого, Шэнь Ко проявил себя как дипломат, генерал, министр финансов, государственный инспектор, инженер в области гидромелиорации, изобретатель, поэт и музыкант.



Рис. Ученый Шэнь Ко

Старшим братом матери Шэнь Ко был Сюй Дун (ок. 976 – ок. 1016 гг.), специалист по военному делу, автор трактата Ху цянъ цзин («Трактат для военачальников». Шэнь Ко никогда не видел прославленного дядю, однако же пребывание в его доме оказалось для юноши весьма полезным, ибо он целые дни проводил в богатейшей библиотеке семейства Сюй, где хранились и рукописи Сюй Дуна. Мать Шэнь Ко, получившая прекрасное образование, сама настойчиво занималась обучением и воспитанием своего сына.

Отец Шэнь Ко, Шэнь Чжоу (978 – 1051 гг.), был провинциальным чиновником. Начиная с 1040 года Шэнь Чжоу занимает посты в провинции Сычуань, а затем переезжает в Аомынь. Вся семья перемещается вместе с ним. Слабое здоровье приводит к раннему знакомству ребёнка с фармацевтикой; знакомства с различными ландшафтами южного Китая дают ему представление о топографии — все эти сферы науки вызывают у него живой интерес. Непосредственная близость к отцу и его работе позволила Шэнь Ко познакомиться с социальными реалиями и проблемами различных регионов.

После надлежащего (согласно конфуцианской этике) трёхлетнего траура по смерти отца Шэнь Ко начинает службу на мелких провинциальных должностях: карьера Шэнь Чжоу избавила его сына от сдачи экзаменов низшего уровня. Первым проявлением способностей Шэнь Ко стало руководство созданием береговой дренажной системы, сделавшей возможным сельскохозяйственное использование нескольких тысяч гектаров заболоченной почвы. Ещё несколько проектов подобного рода закрепили за ним авторитет специалиста по гидромелиорации. Наиболее значительный из них был осуществлён в 1061 году вместе с братом Шэнь Пи, правителем уезда Нинго: в нём участвовали 14 тысяч человек. Успех предприятия, сопряжённый с картографическим исследованием и инженерным планированием Шэнь Ко, получил признание императора.

В 1063 году Шэнь с отличием сдал столичный экзамен на высшую ученую степень и получил направление на

службу в Янчжоу, где произвёл благоприятное впечатление на фискального интенданта (должность приравненная к губернатору) Чжан Чу и заручился его рекомендацией на службу финансовой администрации столицы. Дочь Чжана становится второй женой Шэнь Ко.

Столичный пост оставлял Шэнь Ко немало свободного времени, и молодой учёный, по-видимому, посвятил его занятиям астрономией. В 1072 году, вдобавок к основной должности, он становится смотрителем астрономического директората. В сотрудничестве с Вэй Пу и при поддержке учёных-любителей он предпринимает кардинальную реформу календаря, с использованием письменных источников, собранных по всей стране. Запланированная Шэнь Ко на пять лет вперед программа ежедневных астрономических наблюдений, с использованием усовершенствованных инструментов, подверглась обструкции со стороны других чиновников ведомства.

Приверженность новому политическому курсу Ван Аньши, сделала Шэнь Ко одной из фигур наиболее ненавидимых придворными консерваторами: учёный был причислен ими к клике восемнадцати ближайших сподвижников Вана. В конце 1072 года, поддерживая его программу, Шэнь разработал оригинальную технику очищения столичного участка Великого канала и доказал целесообразность использования вычищенного ила в качестве удобрения.

К 1073 году относится встреча Шэнь Ко с Су Ши, на тот момент градоправителем Ханчжоу. Ещё один выдающийся интеллектual эпохи Сун — Су Ши (Су Дунпо) — был в то же время противником жизненно важных реформ, и Шэнь, воспользовавшись случаем, скопировал некоторые его произведения и подал их с депешей императору Шэньцзуну, своему покровителю, как образец крамолы.

Значение в науке

Фигуру Шэнь Ко сравнивают с Ломоносовым и Лейбницем. Последнее особо правомерно, если учесть, что

наряду с естествознанием и экономикой Шэнь Ко также уделял немалое внимание метафизике, нумерологии и гадательным практикам.

Подобно пифагорейцам, исследующим связь между целыми числами и музыкальными интервалами, Шэнь Ко продолжил изыскания в сходной области китайского знания. Ему принадлежит трактование и правка работ его предшественников, в том числе объяснение общих принципов этого явления и исправление числовых ошибок переписчиков, приведших к обесмысливанию древних текстов.

Система эфемеридных вычислений Шэнь Ко оставалась наиболее передовой вплоть до работ Тихо Браге.

Сравнивая время, измеренное с помощью клепсидры, с показаниями солнечных часов, Шэнь Ко установил, что зимой и летом сутки не одинаковы по длительности. Согласно его теории, так как Солнце движется быстрее, находясь ближе к зимнему солнцестоянию, то сутки в это время становятся длиннее, а находясь ближе к летнему солнцестоянию, Солнце движется медленнее, поэтому продолжительность дня короче.

Объясняя причины неравномерности видимого годового движения Солнца, Шэнь Ко, в рамках геоцентрической системы предвосхитив на пятьсот лет Кеплера, пришел к выводу, что эклиптика, хотя и близка по форме к окружности, все же является не окружностью, а «овальностью» (то), то есть эллипсом.

Память

1 июля 1979 года в честь Шэнь Ко астероиду, открытому в 1964 году в обсерватории Цзыцзиньшань, Нанкин, КНР, присвоено наименование 2027 Shen Guo.

Источник

Шэнь Ко. Записи бесед в Мэнси. Пер. фрагментов с кит. и примеч. И. А. Алимова //Петербургское востоковедение. СПб., 2002. Вып. 10. С.60-74.



Часть 4

Древняя Греция

Оглавление

- Глава 1-4-1. (том-часть-глава)
- Особенности развития астрономии в Греции
- Глава 1-4-2. Древнегреческий календарь
- Глава 1-4-3. Пути познания древнегреческих философов
- Глава 1-4-4. Космическая натурфилософия
- Глава 1-4-5. Фалес Милетский
- Глава 1-4-6. Анаксимандр
- Глава 1-4-7. Пифагор
- Глава 1-4-8. Гераклит Эфесский
- Глава 1-4-9. Парменид
- Глава 1-4-10. Анаксагор
- Глава 1-4-11. Филолай
- Глава 1-4-12. Демокрит
- Глава 1-4-13. Платон
- Глава 1-4-14. Евдокс Книдский
- Глава 1-4-15. Аристотель
- Глава 1-4-16. Философское учение Аристотеля

Глава 1-4-1

Особенности развития астрономии в Древней Греции

Самые ранние письменные документы об интересе к созвездиям и практическом их использовании в Древней Греции датированы VIII—VII вв. до н.э.. В поэмах Гомера и Гесиода рассказано об использовании в навигационных целях созвездий — Плеяд, Большой Медведицы и других, а также планет Венеры и Сириуса, что свидетельствует о хорошем знании неба.

Начальные астрономические познания греками были получены от египетских и вавилонских жрецов-астрономов. Однако культовая жреческая или чисто наблюдательная астрономическая деятельность в Древней Греции развития не получила.

На формирование культуры Древней Греции важное влияние оказал фактор географии. Разобщенность городов-государств (полисов) породила специфические черты религиозных представлений. Единого понятия о боге не существовало. Древние греки в качестве богов почитали героев своей истории, ставших персонажами мифов. Эти боги наделялись человеческими чертами и даже присущими людям недостатками. В отсутствие единого божества — вездесущего, всесильного и полностью определяющего судьбу человека, жрицы не могли играть важную роль в общественной жизни. Это положительно сказалось на развитии духовной культуры, освобождая людей от слепого повиновения жрецам, развивая личную инициативу и допуская свободный обмен мнениями. Греки повторили, либо независимо открыли, либо уточнили сделанное их «учителями». Но многие их открытия были гениальны.

Фалес Милетский (640/624 — 548/545 до н. э.) — предсказал солнечное затмение 28.05.585 г. до н.э.. Он же ввел новое созвездие — Малой Медведицы, главная звезда которого стала указателем северного полюса.

Энопид Хиосский (середина V в. н. э.) — измерил наклон эклиптики к экватору. Ему приписывают открытие зодиакального круга и разработку некоего календаря с циклом в 59 лет.

Евктемон (ум. 432 до н. э.) — установил неодинаковость продолжительности сезонов.

Пифагор (VI в. до н.э.) высказал идею шарообразности Земли и отраженного характера свечения Луны, как и правильное объяснение причины затмений — загораживанием одних тел другими. Впрочем, приоритет этого открытия некоторые исследователи отдают Пармениду или Анаксимандру Милетскому, у которого Пифагор учился в юности.

Первая гипотеза подвижности Земли — негеоцентрическая система мира и идея осевого вращения Земли принадлежит пифагорейцам Филолаю, Экфанту и Хикетасу (V в. до н.э.).

Анаксагор первым дал естественное объяснение падению метеорита (при Эгоспотамосе ок. 467 г. до н.э.), посчитал его обломком небесного тела (самого Солнца!).

Левкипп и Демокрит (V — IV вв. до н.э.) высказали идею о бесконечном множестве звездных вселенных, формирующихся из случайных завихрений в мировой атомарной материи, различных по возрасту и устройству, развивающихся и гибнущих.

Особое внимание греками было уделено составлению точного календаря.

Глава 1-4-2

Древнегреческий календарь

Древнегреческий математик и писатель Гемин (I век до н. э.) в сочинении «Введение в небесные явления» утверждал, что греки должны были приносить жертвы своим богам по обычаям предков. Годы брались в согласии с Солнцем, а дни и месяцы — с Луной.

Однако 12 лунных месяцев содержат 354 дня 8 часов 48 минут 36 секунд, что меньше продолжительности солнечного года (365 дней 5 часов 48 минут 17,8 секунды) на 10 дней и 21 час без нескольких секунд. Поэтому древнегреческих астрономов в течение многих веков занимали способы возможно точного согласования лунных месяцев с солнечными годами.

В древнем Вавилоне использовался восьмилетний цикл, или «октаэтерида». Он длится 8 тропических лет = 2922 дням = 99 синодическим месяцам. В действительности, продолжительность 99 синодических месяцев равна 2923,53 дням, что дает ошибку календаря в 1,53 дня за 8 лет.

В греческую астрономию понятие о знаках Зодиака и солнечно-лунный календарь с восьмилетним циклом перенёс из вавилонской астрономии Клеострат (ок. 520 до н. э., — ок. 430 до н. э.).

Следующим шагом в уточнении солнечно-лунного календаря стал девятнадцатилетний цикл, предложенный в 432 до н.э. Метоном Афинским (около 460 до н. э. — год смерти неизвестен) и его соратником Евктемоном (ум. 432 до н. э.). Цикл принято называть метоновым, хотя он был известен в Древнем Китае еще в 2260 г. до н.э.

Метон считал длину года равной 365.25 суткам, поэтому 19 лет у него составляли 6939 сут 18 ч, а 235 синодических месяцев (лунаций) равняются 6939 сут 16 ч 31 мин (примерно на 1.5 часа меньше). Поскольку 19 лет

по 12 месяцев дают в сумме 228 месяцев, то в 7 годов 19-летнего цикла он добавлял по одному дополнительному месяцу (то есть цикл состоял из 12 лет по 12 месяцев и 7 лет по 13 месяцев). Считается, что Метон вставлял добавочные месяцы в 3-й, 6-й, 8-й, 11-й, 14-й и 19-й годы цикла. Длительность месяцев составляла 29 или 30 суток: у всех годов, содержащие по 12 месяцев, их длительность попеременно составляет 29 или 30 суток, 6 дополнительных месяцев имеют длительность 30 суток, а седьмой — 29 суток. Всего в цикле 110 месяцев по 29 дней и 125 месяцев по 30 дней. Погрешность метонова цикла составляет 0,08685 суток за 19 лет, то есть сутки примерно за 219 лет.



Рис. Переставной календарь (парапегма)

В 432 г. до н. э. Метонем был построен на площади в Афинах гномон для наблюдения солнцестояний. Под его руководством были высечены из камня оригинальные переставные календари (парапегмы). Метон составил парапегму, которая начиналась со дня летнего солнцестояния, наблюдавшегося им в 432 году до нашей эры.

Евктемон, основываясь на наблюдениях ряда солнцестояний, опубликовал паралегму — звёздный календарь, в котором были отмечены равноденствия и солнцестояния, годовые восходы и заходы неподвижных звёзд и соответствующие погодные указания. Евктемон разделил солнечный год на 12 месяцев, определяемых 12 знаками Зодиака. Первые пять месяцев имели по 31 дню каждый, следующие семь — по 30 дней.

Евктемон также первым установил неравенство времен года: продолжительность весны по Евктемону составляет 93 дня (в действительности, на эпоху V века до н. э. 94,1 дня), лета — 90 дней (92,2), осени — 90 дней (88,6), зимы — 92 дня (90,4).

Обнаруженное неравенство астрономических времён года уточнил астроном Каллипп (370 — 300 до н. э.). Согласно его измерениям, от весеннего равноденствия до летнего солнцестояния проходит 94 суток. От летнего солнцестояния до осеннего равноденствия — 92 суток. От осеннего равноденствия до зимнего солнцестояния — 89 суток. От зимнего солнцестояния до весеннего равноденствия — 90 суток.

Кроме того, Каллипп посчитал, что в 19-летнем метоновом цикле 6939,75 дней, то есть на 0,25 суток меньше, чем у Метона. Чтобы число дней в цикле не было дробным, Каллипп предложил новый цикл — 76-летний состоящий из четырех метоновых, в котором 27759 дней. Отсчитывать цикл Калиппа начали 28 июня 330 года до н.э.

Глава 1-4-3

Пути познания древнегреческих философов

Астрономия — один из способов познания мира. Но познание может стать научным (что, кроме всего прочего, предполагает упорядоченную систему взглядов) только, если существует общее представление о том, что такое мир, который хотелось бы изучить. Философы Древней Греции первыми попытались ответить на этот вопрос. Так появилось понятие онтологии. Онтология — учение о сущем; учение о бытии как таковом; раздел философии, изучающий фундаментальные принципы бытия, его наиболее общие сущности и категории, структуру и закономерности. Переходя на современный язык, можно утверждать, что без понимания онтологии невозможно построить парадигму науки.

Изменится онтология — изменится и парадигма.

Греческих философов интересовали фундаментальные вопросы: как возник мир, из каких элементов он состоит, развивается или остается постоянным, способны ли люди познать его?

Ответы были высказаны противоположные. Основная борьба идей развернулась, как и следовало ожидать, между идеализмом и материализмом. Но именно в этих спорах рождалось понимание того, что такое наука и, в частности, астрономия.

Одним из основателей идеалистического направления в мировой философии стал Платон (427 (428) до н. э. — 347 (348) до н. э.). Во многих сочинениях философа проводится мысль о том, что бытием в подлинном смысле слова можно назвать только абсолютные сущности, сохраняющие своё бытие безотносительно пространства и времени. Такие абсолютные сущности он назвал идеями, или эйдосами. Для него решение онтологического

вопроса всецело зависело от того, как мы решаем вопросы теории познания. Если согласиться с тем, что истинное познание касается только вечного и неизменного бытия, а об изменяющемся и временном не может быть истинного знания, но лишь мнение, то следует признать автономное существование идей.

Гераклит Эфесский (ок. 544 до н. э. — около 483 года до н. э.) говорил о себе, как о том, кто имеет доступ к важнейшей истине об устройстве мира, частью которого является человек, и о том, что знает, как эту истину установить. Главная способность человека, по его представлению, — умение распознать истину, которая есть «общее». Логос — критерий истины, конечный пункт метода упорядочения вещей. Гераклит считал логос обязательным компонентом любых вещей, во многих отношениях связанным с первичным космическим компонентом, огнём.

Парменид (около 540 до н. э. — около 470 до н. э.), противостоял ионийскому естествознанию и возражал против требования «прислушиваться к природе». Он отвергал ощущения и опыт как источник знания из-за их неточности.

Познание у Аристотеля ((384 год до н. э. — 322 год до н. э.) имеет своим предметом бытие. Основа опыта — в ощущениях, памяти и привычке. Любое знание начинается с ощущений: оно есть то, что способно принимать форму чувственно воспринимаемых предметов без их материи; разум же усматривает общее в единичном. Задача познания состоит в восхождении от простого чувственного восприятия к вершинам абстракции. Научное знание есть знание наиболее достоверное, логически доказуемое и необходимое.

Развитие науки пошло по пути, предложенному Аристотелем, но и идеи Платона до сих пор имеют большое влияние.

Глава 1-4-4

Космическая натурфилософия

Древнегреческая философия (рассматривается период с VI века до н. э. по 323 год до н. э.) является одним из важнейших этапов развития не только астрономии как таковой, но и науки вообще. В трудах древнегреческих мыслителей находятся истоки многих идей, лежащих в основании науки Нового времени. Древнегреческая астрономия во многом определила пути развития современных исследований.

Главным вкладом в VII—IV вв. до н.э. древнегреческих мыслителей стало создание основ философского метода познания мира (теория познания, логика, основы диалектики, система доказательств геометрических теорем). Все эти знания были использованы для построения натурфилософских космологических и космогонических гипотез — часто наивных, но иногда весьма глубоких по интуиции. Их интересовало, как мир функционирует, его механика. Поэтому и начала научных знаний создавались не жрецами, а любознательными людьми — философами (любителями мудрости), занявшимися проблемами Космоса на правах вольных художников. «Основные» профессии у них были самые разные. Среди них встречались политики, флотоводцы, математики, врачи, торговцы, певцы и поэты.

В главнейших натурфилософских объединениях впервые были сделаны попытки проникнуть в существо окружающего мира, попытки научного объяснения свойств и даже возникновения всей Вселенной.

Наступил новый этап познания, когда мифологические представления заменялись логическими выводами. Так Гераклid Эфесский (535 — 475 гг. до н. э.) утверждал, что

все сущее в мире постоянно изменяется, но не по воле богов, а по своим законам.

С IV в. до н.э в древнегреческую астрономию входит идея научной методологии и математизации естествознания, что было связано с именем ученика Сократа и главы Афинской Академии Платона (427 — 347 гг. до н. э.). Последний и сам был не чужд натурфилософским идеям. Платон вводит пятую сущность — мировой эфир и пять правильных геометрических тел-многогранников как моделей первоэлементов материи. Но именно он бросает призыв — логически обосновывать тезисы и описывать сложные небесные движения разложением их на простые совершенные и равномерные круговые.

Платон вообще исключал наблюдения как способ познания природы и в особенности звездного неба.

«Мы должны изучать астрономию точно так же, как математику, при помощи теорем, а звездное небо исключается, если мы хотим получить истинное знание астрономии» (Платон, «Республика»).

Евдокс отделял научное знание от мифологического сознания, он утверждал, что «не следует доверять ни в малейшей степени халдеям и их предсказаниям и утверждениям о жизни человека, основанным на дне его рождения».

Необходимо отметить одну важную особенность философского метода познания мира греческих мыслителей. Важно помнить, что исходные данные для построения теорий были одинаковы для всех философов. Это результаты наблюдения за небом вавилонских жрецов: движение Солнца, его утренний восход и вечерний заход, движение и различные фазы Луны, перемещающиеся планеты, не меняющие свои узоры «неподвижные» звезды. Однако выводы их отличаются, и теории они выдвигают самые разнообразные, часто противоречащие друг другу.

Фалес Милетский (640/624 — 548/545 гг. до н. э.) является основоположником геоцентрической системы мира. Первоосновой считал воду.



Рис. Геоцентрическая система мира

Анаксимандр Милетский (610 — 547/540 гг. до н. э.) считал, что неподвижная Земля находится в центре мира и имеет вид части колонны — цилиндра, диаметр основания которого в три раза превышает высоту. Создал геоцентрическую модель Вселенной с орбитами светил вокруг Земли, свободно находящейся в центре мира без опоры. Первоосновой считал апейрон, так он называл неопределённое, беспредельное и бесконечное первовещество.

Анаксагор (ок. 500 — 428 гг. до н. э.) разработал вихревую космогонию. Многообразие тел в природе он сводит к различным неизменным, неисчислимо многим и

бесконечно малым элементам действительного мира («семена вещей», «гомеомерии»), которые вначале были в беспорядке смешаны и образовывали хаос. Мировой «ум» — тончайшее и легчайшее вещество — приводит их в движение и упорядочивает: неоднородные элементы отделяются друг от друга, а однородные соединяются — так возникают вещи. При этом ум заключён в материи, в которой он творит; однако, не смешиваясь с ней, является чем-то «несоединимым».

Филолай (470 — после 400 гг. до н. э.) первым предположил возможность движения Земли, утверждая, что смена дня и ночи вызвана движением планеты вокруг воображаемого центра Космоса. По его мнению, в центре Вселенной находится Центральный огонь. Вокруг которого вращаются Земля, Солнце, Луна, планеты. На последней сфере находится Объемлющий огонь, представляющий собой совокупность неподвижных звёзд.

По представлению Демокрита (460 — 370 гг. до н. э.) в центре мира формируется Земля, но он был сторонником концепции множественности миров. Он утверждал, что Миры бесконечны по числу и отличаются друг от друга по величине.

Евдокс (408 — 355 гг. до н. э.) первым решил задачу Платона, предложившего астрономам построить кинематическую модель, в которой видимые движения Солнца, Луны и планет получались бы как результат комбинации равномерных круговых движений.

Теорию Евдокса с математической точки зрения усовершенствовал Каллипп (370 — 300 гг. до н. э.), у которого число сфер возросло до 34.

Дальнейшее усовершенствование теории было связано с Аристотелем (384 — 322 гг. до н. э.), который разработал механизм передачи вращения от наружных сфер к внутренним; при этом число сфер возросло до 56.

Гераклид Понтийский (387 — 312 гг. до н. э.) полагал, что Земля вращается вокруг своей оси, а небо неподвижно.

Глава 1-4-5

Фалес Милетский

Фалес Милетский (640/624 — 548/545 гг. до н. э.) — древнегреческий философ и математик из Милета (Малая Азия). Представитель ионической натурфилософии и основатель милетской (ионийской) школы, с которой начинается история европейской науки. Традиционно считается основоположником греческой философии (и науки) — он неизменно открывал список «семи мудрецов», заложивших основы греческой культуры и государственности.

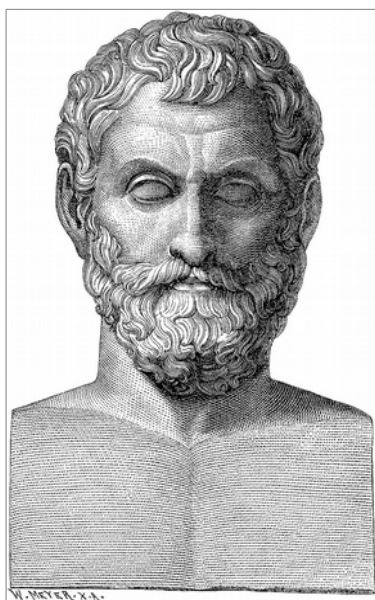


Рис. Фалес Милетский

Имя Фалеса уже в V веке до н. э. стало нарицательным для мудреца. «Отцом философии» и её «родоначальником» его называли уже в древности. Фалес был родом из знатного финикийского рода и получил на родине хорошее образование. Сообщается, что он был торговцем и много путешествовал. Некоторое время жил в Египте, в Фивах и Мемфисе, где учился у жрецов, изучал причины наводнений, продемонстрировал способ измерения высоты пирамид. Считается, что именно он «привёз» геометрию из Египта и познакомил с ней греков. В частности, первым сформулировал и доказал несколько геометрических теорем:

- вертикальные углы равны;
- равенство треугольников по одной стороне и двум прилежащим к ней углам;
- углы при основании равнобедренного треугольника равны;
- диаметр делит круг на две равные части;
- вписанный угол, опирающийся на диаметр, является прямым.

Деятельность Фалеса привлекла последователей и учеников, которые образовали милетскую (ионийскую) школу, из которых наиболее известны Анаксимандр и Анаксимен.

Сочинения Фалеса не сохранились. Ему приписывают два сочинения: «О солнцеворотах» и «О равенствах»; их содержание известно только в передаче более поздних авторов.

Вклад Фалеса в астрономию довольно велик:

- «открыл» для греков созвездие Малой Медведицы как путеводный инструмент; ранее этим созвездием пользовались финикийцы;
- первым открыл наклон эклиптики к экватору и провёл на небесной сфере пять кругов: арктический круг, летний тропик, небесный экватор, зимний тропик, антарктический круг;
- научился вычислять время солнцестояний и равноденствий, установил неравность промежутков между ними;

— первым указал, что Луна светит отражённым светом; что затмения Солнца происходят тогда, когда его закрывает Луна;

— первым определил угловой размер Луны и Солнца; он нашёл, что размер Солнца составляет $1/720$ часть от его кругового пути, а размер Луны — такую же часть от лунного пути. Можно утверждать, что Фалес создал «математический метод» в изучении движения небесных тел;

— ввёл календарь по египетскому образцу (в котором год состоял из 365 дней, делился на 12 месяцев по 30 дней, и пять дней оставались выпадающими);

— известна точная дата, по крайней мере, одного события, связанного с его жизнью, — 585 год до н. э., когда он предсказал в Милете солнечное затмение. По современным вычислениям, затмение произошло 28 мая 585 года до н. э., во время войны между Лидией и Мидией.

Фалес утверждал, что Земля является центром, вокруг которого происходит обращение небесных явлений, и таким образом именно его следует считать основоположником геоцентрической системы мира. Для своего времени это было выдающимся открытием.

Космология Фалеса Милетского

Как считается, Фалес заложил теоретические основы учения, названного «гилозоизмом», утверждающего, что вся материя является одушевлённой, или сама по себе, или путём участия в функционировании Мировой души, или каким-либо похожим образом.

Фалес считал, что мир возникает из первоначала и вновь в него периодически возвращается. Но конкретных указаний самого Фалеса относительно способов, которыми, по его мнению, совершается это миробразование, мы не имеем.

Ценность философии Фалеса заключается в том, что она фиксирует начала философской рефлексии о физическом мире; трудность её изучения — в том, что из-за отсутствия достоверных источников Фалесу легко

приписать мысли, свойственные раннему периоду греческой философии вообще. Уже Аристотель сообщает о Фалесе не на основании чтения его произведений, а по косвенным сведениям.

Знания Фалеса по космогонии, космологии, теологии и физике восходят к мифологии и представлениям тех древнейших времен, которые не были зафиксированы в письменных источниках. Как известно, объехав половину доступного на своё время мира, Фалес имел возможность познакомиться с различными интерпретациями такого предполагаемого древнейшего знания.

Но Фалес перевел это знание в «плоскость научного интереса», то есть из сведений, содержащихся в мифах и подобных устных источников, выделил группу научных фактов, что было революционным шагом для своего времени. Можно сказать, что заслуга Фалеса (и созданной им первой натурфилософской школы) состоит в том, что он «опубликовал» результат, пригодный для научного употребления; выделил некий рациональный, потребный для логических положений комплекс понятий.

Физика

Фалесу приписываются следующие положения:

— Земля плавает в воде (как кусок дерева, корабль или какое-нибудь другое [тело], которому по природе свойственно держаться на плаву в воде) землетрясения, вихри и движения звёзд происходят оттого, что всё качается на волнах по причине подвижности воды.

— Земля плавает в воде, а Солнце и другие небесные тела питаются испарениями этой воды.

— Звезды состоят из земли, но при этом раскалены; Солнце — землистого состава [состоит из земли]; Луна — землистого состава [состоит из земли].

— Земля находится в центре Вселенной; при уничтожении Земли рухнет весь мир.

Глава 1-4-6

Анаксимандр Милетский

Анаксимандр Милетский (610 — 547/540 гг. до н. э.) — древнегреческий философ, представитель милетской школы натурфилософии, ученик Фалеса Милетского и учитель Анаксимена. Автор первого греческого научного сочинения, написанного прозой («О природе», 547 г. до н.э.). Анаксимандр ввёл термин «закон», применив понятие общественной практики к природе и науке. Ему приписывают одну из первых формулировок закона сохранения материи («из тех же вещей, из которых рождаются все сущие вещи, в эти же самые вещи они разрушаются согласно предназначению»).

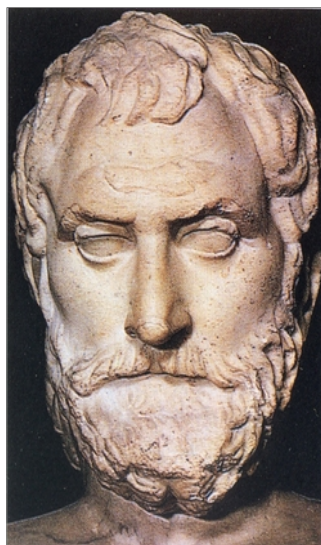


Рис. Анаксимандр Милетский

Астрономия и география

Анаксимандр пытался сравнить величину Земли с другими известными в то время планетами. Как считается, составил первую карту Земли (которая до нас не дошла, но частично восстановлена по описаниям древних авторов, в т. ч. Гекатеем). Впервые в Греции установил гномон — простейшие солнечные часы и усовершенствовал вавилонские солнечные часы, имевшие форму сферической чаши — так называемый скафис.

Космогония

Анаксимандр стремился не только геометрически точно описать мир, но и понять его происхождение. В сочинении «О природе», известном по пересказам и единственному сохранившемуся фрагменту, Анаксимандр дает описание Космоса от момента его возникновения до происхождения живых существ и человека.

Вселенная, по Анаксимандру, развивается сама по себе, без вмешательства олимпийских богов. Источником происхождения всего сущего Анаксимандр полагает некое бесконечное, «нестареющее» [божественное] начало — апейрон — которому присуще непрерывное движение. Сам апейрон как то, из чего всё возникает и во что всё превращается, есть нечто постоянно пребывающее и неуничтожимое, беспредельное и бесконечное во времени. (До Аристотеля слово «апейрон» у всех античных философов, включая самого Анаксимандра, играло роль прилагательного, атрибута некоего существительного).

В результате вихреобразного процесса апейрон разделяется на физические противоположности: горячее и холодное, влажное и сухое и так далее, взаимодействие которых порождает шарообразный космос.

Противоборство стихий в возникшем космическом вихре приводит к появлению и разделению веществ. В центре вихря оказывается «холодное» — Земля, окруженная водой и воздухом, а снаружи — огонь. Под действием огня верхние слои воздушной оболочки

превращаются в твёрдую кору. Эту сферу затвердевшего аэра (воздух) начинают распирать пары кипящего земного океана. Оболочка не выдерживает и раздувается («отрывается», как указано в одном из источников). При этом она должна оттеснить основную массу огня за пределы нашего мира. Так возникает сфера неподвижных звёзд, а самими звёздами становятся поры во внешней оболочке. Причем Анаксимандр утверждает, что вещи обретают своё бытие и состав на время, «в долг», а затем, по закону, в определенный срок, возвращают должное породившим их началам.

Анаксимандр считал Вселенную подобной живому существу. В отличие от нестареющего времени она рождается, достигает зрелости, стареет и должна погибнуть, чтобы возродиться вновь: «...совершается гибель миров, а намного раньше их рождение, причем испокон бесконечного веку повторяется по кругу всё одно и то же».

Космология

Небесные светила Анаксимандр считал не отдельными телами, а «окошками» в непрозрачных оболочках, скрывающих огонь. Земля имеет вид части колонны — цилиндра, диаметр основания которого в три раза превышает высоту: «из двух [плоских] поверхностей по одной ходим мы, а другая ей противоположна».

Земля парит в центре мира, ни на что не опираясь. Землю окружают исполинские трубчатые кольца-торы, наполненные огнём. В самом близком кольце, где огня немного, имеются небольшие отверстия — звёзды. Во втором кольце с более сильным огнём находится одно большое отверстие — Луна. Оно может частично или полностью перекрываться (так Анаксимандр объясняет смену лунных фаз и лунные затмения). В третьем, дальнем кольце, имеется самое большое отверстие, размером с Землю; сквозь него сияет самый сильный огонь — Солнце. Вселенную Анаксимандра замыкает небесный огонь.

Таким образом, Анаксимандр полагал, что все небесные светила находятся на разном расстоянии от Земли. Видимо, порядок следования соответствует следующему физическому принципу: чем ближе оно к небесному огню и, следовательно, чем дальше от Земли, тем оно ярче. Анаксимандр сделал попытку определить численные параметры системы мира. До нас дошли только некоторые из них. Согласно различным древним авторам, размеры кольца Солнца в 27 или 28 раз больше размера земного цилиндра, кольцо Луны в 19 раз превышает Землю.

В системе мира Анаксимандра пути небесных тел являются целыми кругами. Эта точка зрения, в настоящее время вполне очевидная, была новаторской во времена Анаксимандра (мы не можем непосредственно наблюдать ту часть траектории, которая лежит «под землёй», и для подобного вывода требовалась неортодоксальность выводов). Эта первая в истории астрономии геоцентрическая модель Вселенной с орбитами светил вокруг Земли позволяла понять геометрию движений Солнца, Луны и звёзд.

Вселенная, в этой системе, центрально-симметрична. Из этого предположения следует, что у находящейся в центре Космоса Земли отсутствует основание двигаться в каком-либо направлении. Тем самым Анаксимандр оказался первым, кто предположил, что Земля свободно покоится в центре мира без опоры.

Комментарий

Апейрон (греч. ἄπειρον, «бесконечное, беспредельное») — понятие древнегреческой философии, введённое Анаксимандром, означающее неопределённое, беспредельное и бесконечное первовещество. Апейрон у Анаксимандра является основой мира и существует в вечном движении. Апейрон — это бескачественная материя; всё возникло путём выделения из апейрона противоположностей (например, горячее и холодное).

Глава 1-4-7

Пифагор Самосский

Пифагор Самосский (около 570 – 490 годов до н. э.) — древнегреческий философ, математик и мистик, создатель религиозно-философской школы пифагорейцев.

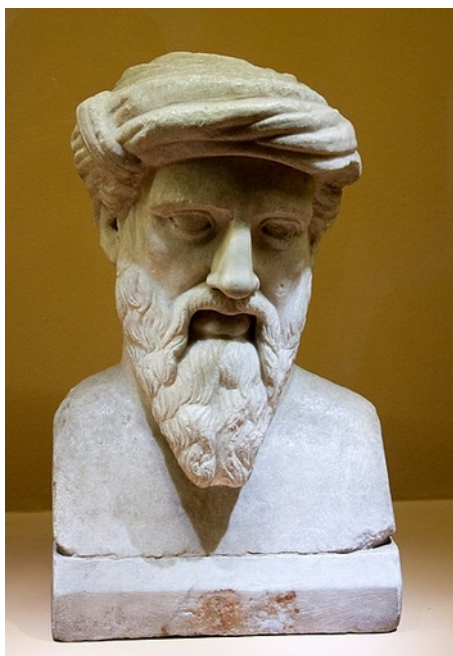


Рис. Пифагор Самосский

Античные биографии Пифагора содержат множество легенд. По наиболее распространённой версии, Пифагор родился на острове Самос. В молодости много путешествовал и учился (в различных легендах

фигурируют египетские жрецы, халдеи, маги, Заратуштра и т. д.). По возвращении на Самос из-за разногласий с тираном Поликратом был вынужден эмигрировать в Италию. По прибытии в полис Кротон он создал собственную школу. Школу Пифагора сравнивают с прообразом христианских монастырей и масонских лож. Постепенно её политическое влияние возрастало. Она как таковая не находилась при власти. Речь шла о возросшем влиянии отдельных членов общества во властных структурах.

Пифагор среди прочего проповедовал метемпсихоз (учение о переселении душ), вегетарианство, гармонию сфер и др. Власть некоего тайного общества пифагорейцев вызывала недовольство. Оно вылилось в заговор Килона, который вместе со сторонниками напал на собрание пифагорейцев. Существует несколько легенд относительно дальнейшей судьбы Пифагора. Большинство из них завершается тем, что философ умер в храме муз Метапонта. Несмотря на смерть Пифагора и разгром общества в Кротоне, пифагореисты продолжили свою деятельность в других полисах античного мира.

Пифагор не оставил сочинений, в связи с чем точная реконструкция его первоначального учения, а также отделение от более поздних напластований весьма затруднительны. Пифагору приписывали все открытия пифагореистов. Вне зависимости от авторства тех или иных утверждений, учение Пифагора стало основой для открытий в области математики, астрономии, теории музыки.

Об интересе пифагорейцев к изучению астрономии свидетельствует приведённая Аристотелем легенда: «ради чего природа и божество произвели нас на свет: когда Пифагора спросили, что же это такое, он ответил: «Созерцание неба».

Пифагору наряду с Парменидом и Анаксимандром античные авторы приписывали авторство идеи о шарообразности Земли. Он первым выделил пять климатических зон; стал утверждать, что «утренняя звезда» Фосфор и «вечерняя» Геспер один и тот же

астрономический объект (планета Венера); вывел наклон эклиптики и планетных орбит.

Пифагореизм оказал воздействие на философию Платона, а через платонизм - на философию Нового и Новейшего времени. О влиянии учения Пифагора на развитие науки и их собственные открытия говорили среди прочих Николай Коперник, Иоганн Кеплер, Исаак Ньютон и Альберт Эйнштейн.

В предисловии к книге «О вращении небесных сфер» (1543 г.) Николай Коперник ссылается на пифагорейцев Филолая, Гераклида Понтийского, Экфанта и Гикета, как людей, оказавших влияние на создание им гелиоцентрической модели мира. Коперник намеренно упустил непифагорейца Аристарха Самосского, который впервые предложил гелиоцентрическую систему. Таким образом он пытался изобразить свою модель пифагорейской.

Иоганн Кеплер считал себя пифагорейцем. Он верил в гармонию сфер. Поиск математических уравнений, которые лежат в основе этой доктрины, привёл к открытию законов движения планет. Свою книгу он назвал «*Harmonices Mundi*» («Гармония мира»). В конце трактата Кеплер пишет о том, как он, «согретый тёплым напитком из кубка Пифагора», засыпает под звуки небесной музыки.

Исаак Ньютон верил в пифагорейское учение о математической гармонии и организации мира. В легендах о Пифагоре английский учёный увидел намёки на открытые им законы тяготения. Альберт Эйнштейн считал, что учёный может быть «платонистом или пифагорейцем, так как считает логическую простоту незаменимым и эффективным инструментом своего исследования».

Комментарии

Гармония сфер. О существовании идеи гармонии сфер, то есть музыкально-математическом устройстве космоса, в учении ранних пифагорейцев нам известно из

трудов авторов, живших значительно позже Пифагора. В изложении Аристотеля пифагорейцы считали, что планеты, Солнце, звёзды, находясь в постоянном движении, создают гармоническое звучание. «Не бывает звука без движения», — утверждал ученик Пифагора Гиппас. Следовательно, верен и обратный вывод, что «движение создаёт звук». То, что люди не слышат этого божественного звучания, связано с тем, что оно присутствует с самого рождения. Оно неотлично от тишины, так как с людьми происходит то же самое, что и с кузнецами, «которые вследствие привычки к грохоту его не замечают».

В изложении Ямвлиха и Порфирия небесная гармония — это некая мистическая доктрина, а семь муз, согласно Пифагору, это семь поющих вместе планет.

Нумерология. Современные исследователи высказывают предположения, что нумерологическая составляющая пифагореизма приписана Пифагору, а её создателями были Филолай, Гиппас и другие.

Характерная для школы пифагористов особенность приписывать все открытия Пифагору, в сочетании с отсутствием письменной фиксации учения Пифагора до Филолая, делает реконструкцию первоначального учения весьма сложной задачей. Как бы то ни было, нумерология стала важной составляющей пифагореизма, приписываемой Пифагору. Идея о числовой сущности мира позволила разработать проект «оцифровки бытия», способствовала развитию математики. Нумерологию Пифагора сравнивают с идеей о том, что окружающий людей физический мир является «матрицей», в основе которой лежат числа. Внутри матрицы нет возможности увидеть числовую суть бытия. Числовая сущность мира доступна душе после смерти, после выхода из тела. Математика даёт возможность припомнить прежний опыт и постичь истинную реальность. В данном случае математика выступала основой метафизики.

Глава 1-4-8

Гераклит Эфесский

Гераклит Эфесский (около 544 до н. э. — около 483 года до н. э.) — древнегреческий философ. Основатель первой исторической или первоначальной формы диалектики. Ему приписывается авторство известной фразы «Всё течёт, всё меняется».

Единственное его сочинение, от которого сохранилось только несколько десятков фрагментов-цитат, — книга «О природе», состоявшая из трёх частей («О природе», «О государстве», «О Боге»).



Рис. Гераклит Эфесский

Достоверных сведений о жизни Гераклита сохранилось немного. Он родился и жил в малоазийском городе Эфесе. По некоторым данным, принадлежал к роду базилиев (царей-жрецов с чисто номинальной властью во времена Гераклита), потомков Андрокла, однако добровольно отказался от привилегий, связанных с происхождением, в пользу своего брата.

Диоген Лаэртский сообщает, что Гераклит, «возненавидев людей, удалился и стал жить в горах, кормясь быльём и травами». Он же пишет, что к философу в его добровольном изгнании явился ученик Парменида Мелисс и «представил Гераклита эфесцам, которые не хотели его знать».

Биографы подчёркивают, что Гераклит «не был ничьим слушателем». Но он был знаком с воззрениями философов Милетской школы, Пифагора, Ксенофана. Своих учеников у него также, скорее всего, не было, однако его интеллектуальное влияние на последующие поколения античных мыслителей значительно.

Мрачные и противоречивые легенды об обстоятельствах смерти Гераклита («велел обмазать себя навозом и, лёжа так, умер», «сделался добычей собак») некоторые исследователи интерпретируют как свидетельства о том, что философ был погребён по зороастрийским обычаям.

Однако император Марк Аврелий в своих мемуарах пишет, что Гераклит умер от водянки, а навозом обмазался в качестве средства от болезни.

Диалектика Гераклита

Гераклит является одним из основоположников диалектики и известен пятью доктринами, наиболее важными для общего понимания его учения:

1. Огонь есть начало, первоначальная материальная причина мира;
2. Существуют периодические эпизоды мирового пожара, во время которых космос уничтожается, чтобы возродиться снова;

3. Всё есть поток;
4. Противоположности тождественны;
5. Закон противоречий нарушается.

Гераклит говорил о себе как о том, кто имеет доступ к важнейшей истине об устройстве мира, частью которого является человек, и кто знает, как эту истину установить. Главная способность человека — это умение распознать истину, которая есть «общее».

Мудрость, по его представлению, состоит в подлинном понимании того, как устроен мир. Мудрым может быть только Бог, человек наделен рассудком и интуицией, но не мудростью. «Мудрым можно считать только одно: Ум, могущий править всей Вселенной».

Огонь — первоначало мира

Согласно учению Гераклита, все произошло из огня и пребывает в состоянии постоянного изменения. Огонь — наиболее динамичная, изменчивая из всех стихий. Поэтому для него огонь стал первоначалом мира, в то время как вода — лишь одно из его состояний. Огонь сгущается в воздух, воздух превращается в воду, вода — в землю («путь вниз», который сменяется «путём вверх»). Сама Земля, на которой мы живём, была некогда раскалённой частью всеобщего огня, но затем — остыла.

Космос

Космос един для всех, его не создал никто ни из богов, ни из людей, но он всегда был, есть и будет вечно живым огнём, время от времени разгорающимся и время от времени гаснущим.

Общее равновесие в космосе может быть поддержано только в том случае, если изменения в одном направлении в итоге ведут к изменению в другом.

Мир есть вечно-живой огонь, части которого всегда затухают, становясь двумя другими основными мироставляющими формами: водой и землей. Изменения

между огнём, морем и землёй устанавливают равновесие между собой; определяющую роль играет чистый, или эфирный огонь.

Небесные тела есть чаши с огнём, питаемые испарениями из моря.

Души состоят из огня; они из него возникают и в него возвращаются, влага, полностью абсорбируемая душой, ведёт её к смерти. Огонь души соотносим с огнём мира.

Гераклит считал, что всё непрерывно меняется. Положение о всеобщей изменчивости связывалось Гераклитом с идеей внутренней раздвоенности вещей и процессов на противоположные стороны, с их взаимодействием. Гераклит считал, что все в жизни возникает из противоположностей и познается через них.

Критика Гераклитом милетской философии

Учение об огне Гераклита можно понимать как ответ ранним ионийским (милетским) философам. Философы Фалес, Анаксимандр, Анаксимен полагали, что существует некоторое исходное первовещество или первоэлемент, которое становится любыми другими вещами. Мир, каким мы его знаем, является упорядоченным соединением различных элементов или веществ, производимых первоэлементом, первоматерией. Для милетцев объяснить мир и его феномены означало просто показать, как все происходит, возникает или трансформируется из исходного вещества.

Гераклит, как кажется, следует этому образцу объяснения мира, когда рассматривает мир как «вечно живой огонь». Но выбор огня в качестве исходного первовещества крайне странен: первовещество должно быть стабильным и устойчивым, сохраняя свои сущностные качества, тогда как огонь непостоянен и предельно изменчив, являясь символом изменений и процесса.

Глава 1-4-9

Парменид Элейский

Парменид Элейский (ок. 540 до н. э или 515 до н. э. — ок. 470 до н. э.) — древнегреческий философ, основатель и главный представитель Элейской школы.

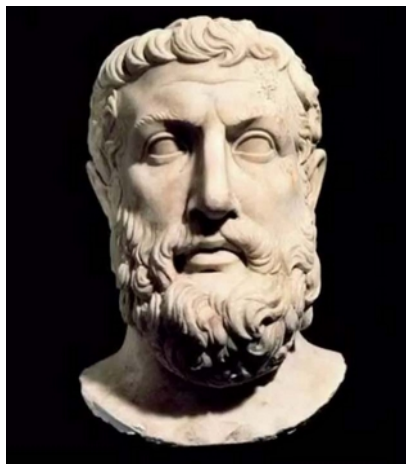


Рис. Парменид Элейский

Парменид происходил из знатной и богатой семьи. Он был законодателем Элеи (по свидетельству Спевсиппа), где его чтили как высоконравственного человека.

Свои взгляды выразил в метафизической поэме «О природе» название позднейшее, значительная часть отрывков которой дошла до нас из других источников; в ней содержатся основные положения элейской философии. Его учеником и последователем был Зенон Элейский.

Парменид Элейский — один из создателей метафизики. Он обратился к вопросам бытия и познания, заложив фундамент онтологии и истоки гносеологии; разделил истину и мнение.

По его выводу, истинно знание вечного, неизменного бытия, а «мыслить и быть — одно и то же». Его основные тезисы таковы:

— Помимо Бытия нет ничего. Также и мышление, и мыслимое есть Бытие, ибо нельзя мыслить ни о чём;

— Бытие никем и ничем не порождено; иначе пришлось бы признать, что оно произошло из Небытия, но Небытия нет;

— Бытие не подвержено порче и гибели; иначе оно превратилось бы в Небытие, но Небытия не существует;

— У Бытия нет ни прошлого, ни будущего. Бытие есть чистое настоящее. Оно неподвижно, однородно, совершенно и ограничено; имеет форму шара;

— Бытие одно, и не может быть двух и более «бытий»;

— Бытие сплошно (едино), то есть не имеет частей; Если бытие имеет части, значит части отграничены друг от друга — Небытием (его нет);

— Если нет частей и если бытие одно, то нет движения и нет множественности в мире. В противном случае, одно Бытие должно двигаться относительно другого;

— Так как не существует движения и множественности и Бытие одно, то нет ни возникновения, ни уничтожения. Иначе при возникновении (уничтожении) должно быть Небытие (но Небытия нет);

— Бытие вечно пребывает на одном и том же месте.

Парменид отвергал ощущения из-за их неточности. Диоген Лаэртский пишет: «Критерием истины называл он разум; в чувствах же, — говорил он, — точности нет». Отвергая ощущения и опыт как источник знания, Парменид противостоял ионийскому естествознанию, возражал против требования Гераклита «прислушиваться к природе». Проф. Дж. Бернет назвал Парменида «отцом материализма».

Глава 1-4-10

Анаксагор

Анаксагор из Клазомен (ок. 500 до н. э. — 428 до н. э.) — древнегреческий философ, математик и астроном. Основоположник афинской философской школы.

Анаксагор — один из самых выдающихся ионийских философов, сын богатых и знатных родителей. Родился в Клазоменах, в Малой Азии, около 500 до н. э. С ранних лет он отказался от удовольствий, на которые мог рассчитывать по своему богатству, и пристрастился к философии.

В сорок пять лет Анаксагор переселился в Афины, вступил в близкие отношения с Периклом и первым стал излагать философию в общедоступной форме. Кроме самого Перикла, его учениками были Фукидид, физик Архелай и Еврипид.

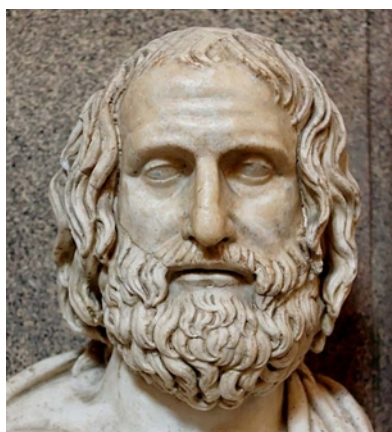


Рис. Анаксагор из Клазомен

Анаксагор говорил не об одной первичной стихии, вроде воды, воздуха и огня, а о бесчисленном множестве бесконечно малых первичных материальных частичек, гомеомерий (однородных частичек), которые не созданы и не могут ни разрушаться, ни переходить друг в друга. Он учил, что эти вечные элементы мира, «семена» включают в себя всю полноту мировых качеств и управляются космическим Умом. Он первым из философов поставил Ум (nous) выше вещества (hyle), следующим образом начав своё сочинение: «Все, что имеется, было совокупно, затем пришёл Ум и установил в нём распорядок».

Впрочем, гомеомерии не похожи и на атомы в нашем смысле, потому что к их числу он причислял мясо и дерево. Сами по себе лишены движения. И были первоначально выведены из спокойного, хаотического состояния другим, тоже вечным, материально мыслимым началом — разумом. Так, по его мнению, был создан мир. При этом ум заключён в материи, в которой он творит; однако, не смешиваясь с ней, является чем-то «несоединимым». Этот взгляд имеет большое значение для схоластики. Ни одна вещь не возникает и не исчезает, а образуется из соединения уже существующих вещей. В результате отделения вещей друг от друга она обращается в ничто, распадается. Познано может быть только не одинаковое и противоречивое.

Стараясь объяснять естественными причинами такие явления, как солнечное и лунное затмение, землетрясения и т. п., он навлёк на себя обвинение в оскорблении богов. По всей видимости, Анаксагор первым предположил, что Солнце — вовсе не бог, а «большой, величиною с Пелопоннес, раскалённый камень», которому слишком плотная атмосфера Земли мешает продвигаться дальше тропиков. Его судили и приговорили к смерти, от которой спасло его только красноречие Перикла. Смертный приговор был заменён изгнанием. Анаксагор поселился в Лампсаке, где и умер в 428 году до н. э.. «Не я потерял Афины, а афиняне потеряли меня» — гордо говорил он.

Глава 1-4-11

Филолай

Филолай (около 470 — после 400 гг. до н. э.) — древнегреческий философ-пифагореец, математик, современник Сократа и Демокрита.

Родным городом Филолая считается Кротон в Южной Италии (отсюда его распространённое именование Филолай из Кротона); иногда называется также Тарент. Среди учеников Филолая упоминается ряд последних пифагорейцев, которых ещё видел Аристоксен.

Когда демократическая партия в Метапонте восстала против пифагорейцев и сожгла дом, в котором проходили их собрания, Филолай бежал в Луканию. Позднее он переселился в Фивы, где жил ещё незадолго до смерти Сократа.

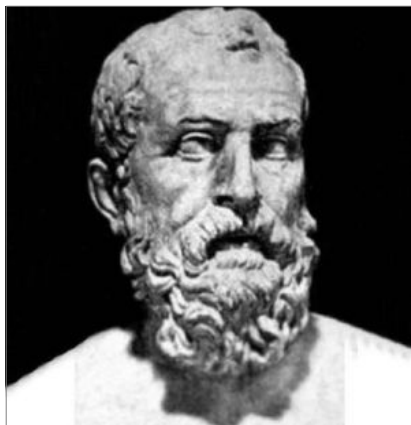


Рис. Филолай

Филолай первым обнародовал пифагорейское учение о природе и устройстве Вселенной. Сочинение Филолая «О природе», состоявшее из трёх книг: 1. Учение о гармонии и космологии; 2. О числе и его значении в мироздании; 3. О душе и душепереселении — дошло до нашего времени лишь в отдельных фрагментах.

Система мира

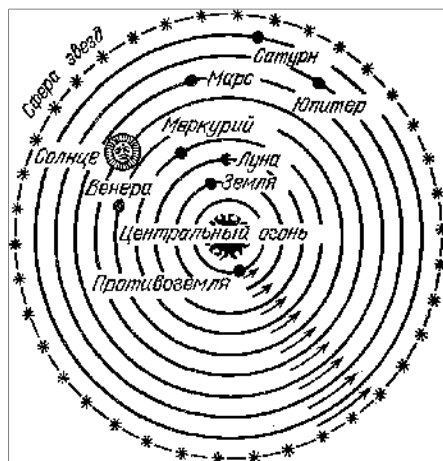


Рис. Изображение Центрального огня (в центре схемы) Земли (Earth), Противоземли (Antichthon) и Солнца (Sun)

Согласно Аристотелю, Филолай первым предположил возможность движения Земли, утверждая, что смена дня и ночи вызвана движением планеты вокруг воображаемого центра Космоса.

Стобей приводит описание системы мира Филолая: в центре Вселенной находится Центральный огонь (Гестия, Очаг Вселенной, Дом Зевса, Мать Богов) — незатухающий огонь, освещающий весь мир. Вокруг Центрального огня вращаются Антисземля (Противоземля), Земля, Луна, Солнце и пять известных древним планет (Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн). Наконец, на последней

сфере находится Объемлющий огонь, представляющий собой совокупность неподвижных звёзд.

В системе мира Филолая участвует вымышленное небесное тело, придуманное другим пифагорейцем, Гикетом Сиракузским — так называемая Антиземля, которая располагается на ближайшей к Центральному огню орбите. Антиземля не наблюдается с Земли; отсюда следует, что Антиземля и Земля движутся синхронно, сохраняя относительно друг друга неизменное положение. Кроме того, из гипотезы Филолая следовало, что Земля всегда обращена к центру Вселенной одной стороной (подобно Луне по отношению к Земле), иначе наблюдатель был бы способен наблюдать Центральный огонь с любой точки Земли. Получалось, что вся обитаемая Ойкумена находится на обратной от Центрального огня стороне Земли и освещается его светом, отражённым от Солнца. Филолай считал, что Солнце стекловидно или состоит из материала, отражающего свет сходным образом. Таким образом, в его системе мира Солнце выступает в роли зеркала, отражающего чужой свет.

Как и Анаксагор, пифагорейцы, включая Филолая, допускали обитаемость планет. В частности, они считали, что Луна населена растениями и животными подобно Земле, причём лунные животные крупнее земных в пятнадцать раз, поскольку день на Луне длится в 15 раз дольше, чем на Земле.

При всей её фантастичности значение системы мира Филолая состоит в том, что в ней впервые допускалось движение Земли, которая уже не являлась центром Вселенной. Вероятно, она повлияла и на Аристарха Самосского, впервые выдвинувшего гелиоцентрическую систему мира. Ссылки на Филолая, Гикета и других пифагорейцев, ставивших под сомнение геоцентрическую систему мира задолго до её окончательного оформления в трудах Аристотеля и Птолемея, приводит в своём главном труде «О вращении небесных сфер» Николай Коперник.

Глава 1-4-12

Демокрит

Демокрит (ок. 460 — ок. 370 гг. до н. э.) — древнегреческий философ, предположительно ученик Левкиппа, один из основателей атомистики и материалистической философии.

Родился в городе Абдеры во Фракии. За время своей жизни много путешествовал, изучая философские воззрения различных народов (Древний Египет, Вавилон, Персия, Индия, Эфиопия). Слушал в Афинах пифагорейца Филолая и Сократа, был знаком с Анаксагором.

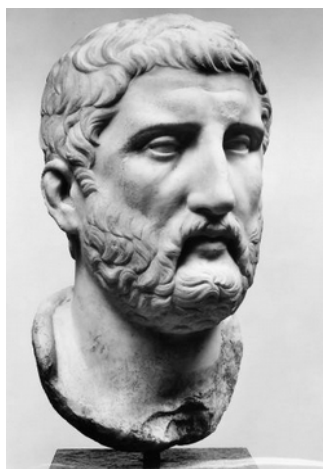


Рис. Демокрит

Рассказывают, что на эти путешествия Демокрит потратил большие деньги, доставшиеся ему по наследству. Однако растрата наследства в Абдерах преследовалась в по закону. На суде, вместо своей защиты, Демокрит

зачитал отрывки из своего произведения, «Великий мирострой», и был оправдан: сограждане решили, что отцовские деньги потрачены не зря.

Образ жизни Демокрита, однако, казался абдеритам непонятным: он постоянно уходил из города, скрывался на кладбищах, где вдали от городской суеты предавался размышлениям. Иногда Демокрит без видимой причины раздражался смехом, настолько смешными казались ему людские дела на фоне великого мирового порядка (отсюда его прозвище «Смеющийся Философ»). Сограждане сочли Демокрита умалишенным, и даже пригласили для его освидетельствования знаменитого врача Гиппократ. Тот действительно встретился с философом, но постановил, что Демокрит абсолютно здоров как физически, так и психически, и помимо этого утвердил, что Демокрит один из умнейших людей, с которыми ему приходилось общаться. Согласно Лукиану, Демокрит прожил 104 года.

Космология Демокрита

Великая Пустота пространственно бесконечна. В первоначальном хаосе атомных движений в Великой Пустоте спонтанно образуется вихрь. Симметрия Великой Пустоты оказывается нарушенной внутри вихря, там возникает центр и периферия. Тяжелые тела, образующиеся в вихре, имеют тенденцию скапливаться вблизи центра. Там, в центре мира, формируется Земля, состоящая из наиболее тяжелых атомов. Поскольку структура мира определяется стремлением атомов к центру вихря, мир Демокрита имеет сферически-симметричную структуру.

Демокрит — сторонник концепции множественности миров. Множественность миров следует из принципа изомии: если какой-то процесс может происходить, то в бесконечном пространстве где-нибудь и когда-нибудь он обязательно происходит. То, что происходит в данном месте в данный момент времени, должно происходить и в других местах в те или иные моменты времени. Таким образом, если в данном месте пространства возникло

вихреобразное движение атомов, приведшее к формированию нашего мира, то схожий процесс должен происходить и в других местах, приведя к формированию других миров. Получающиеся миры не обязательно одинаковы: могут существовать миры вовсе без солнца и луны или с тремя солнцами и десятью лунами. Только земля является необходимым элементом каждого мира. Более того, нет никаких оснований также и для того, чтобы где-нибудь в беспредельном пространстве не образовался в точности тот же мир, как и наш. Все миры движутся в разных направлениях, поскольку равноправны все направления и все состояния движения. При этом миры могут сталкиваться и разрушаться. Аналогично, равноправны все моменты времени: если образование мира происходит сейчас, то где-то оно должно происходить и в прошлом, и в будущем; в настоящее время разные миры находятся на разных стадиях развития. В ходе своего движения мир, образование которого не закончилось, может случайно проникнуть в пределы полностью сформированного мира и оказаться захваченным им (так Демокрит объяснял происхождение небесных светил в нашем мире).

Поскольку Земля находится в центре мира, то все направления от центра равноправны, и у неё нет основания двигаться в каком-то направлении (такого же мнения о причине неподвижности Земли придерживался Анаксимандр). Но есть и свидетельство, что, по мнению Демокрита, изначально Земля перемещалась в пространстве, и только впоследствии остановилась.

Однако он не был сторонником теории шарообразной Земли. Демокрит приводил следующий довод: если бы Земля была шаром, то солнце, заходя и восходя, пересекалось бы горизонтом по дуге окружности, а не по прямой линии, как на самом деле.

По мнению Демокрита, порядок расположения светил следующий: Луна, Венера, Солнце, другие планеты, звезды (по мере увеличения расстояния от Земли). При этом, чем дальше от нас светило, тем медленнее оно движется.

Следуя Эмпедоклу и Анаксагору, Демокрит считал, что падению небесных тел на Землю препятствует центробежная сила. Демокриту принадлежит гениальная догадка, что Млечный Путь является множеством звезд, расположенных на таком маленьком расстоянии друг от друга, что их изображения сливаются в единое слабое свечение.

Атомизм Левкиппа и Демокрита

Учение Левкиппа и Демокрита — вершина античного материализма. Атомизм проявился как движение античной мысли к философской унификации первооснов бытия.

Основные принципы атомистической философии были выдвинуты Левкиппом. Он признавал, что существуют бесчисленные, движущиеся элементы — атомы, которые имеют множество форм. В дальнейшем, Демокрит развивает атомизм как логически последовательную систему. Он и его последователи рассматривали мир как единое целое, состоящее из бесчисленного множества мельчайших неделимых частичек — атомов, движущихся в пустоте. Соединения атомов образуют все многообразие природы. Таким образом, первоначала других античных мыслителей сводятся к атомам. И вода, и воздух, и земля, и огонь, по их представлениям, состоят из большого количества атомов, различающихся по своей качественной специфике.

В античности атомистическая концепция не сыграла существенной роли. Дело в том, что она входила в конфликт с принципом бесконечной делимости материи, а так же с величайшими достижениями античной математики. Геометрические фигуры составленные из «атомов» Демокрита, были бы угловатыми и неровными. Демокрит различал атомы неделимые и амеры (не имеющие размера).

Глава 1-4-13

Платон

Платон (между 429 и 427 до н. э. — 347 до н. э.) — древнегреческий философ, ученик Сократа, учитель Аристотеля. Платон — первый философ, чьи сочинения сохранились не в кратких отрывках, цитируемых другими, а полностью.

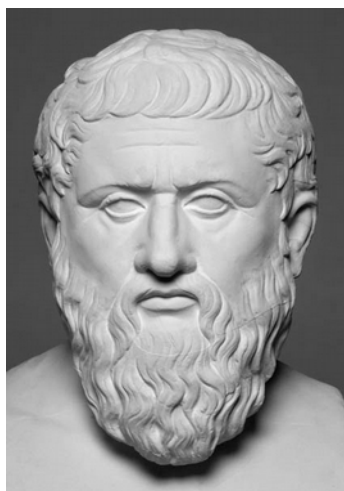


Рис. Платон

Платон родился в аристократической семье, род его отца, Аристона (465—424), восходил, согласно легендам, к последнему царю Аттики Кодру, а предком матери, писательницы Периктионы, был афинский реформатор Солон. Она была сестрой Хармида и Крития, двух фигур из

числа Тридцати тиранов недолговечного олигархического режима, последовавшего за развалом Афин в конце Пелопоннесской войны.

Первым учителем Платона был Кратил. Около 408 года до н. э. Платон познакомился с «мудрейшим из эллинов» Сократом и стал его учеником. Во время суда над Сократом, Платон был одним из тех, кто предложил за него денежный залог. После приговора Платон заболел и не присутствовал при последней беседе в темнице.

После смерти Сократа в 399 г. до н. э. Платон с некоторыми другими учениками переселился в Мегару, где занимается диалектическими размышлениями об основах бытия и познания. Известны его путешествия в Кирену к математику Феодору и в Египет. Есть указания на возвращение его в Афины в 394 году до н. э. В 389 году до н. э. Платон отправился в Южную Италию и Сицилию, где общался с пифагорейцами. Принятый сначала хорошо, философ скоро отсылается с бесчестьем и даже, по некоторым свидетельствам, продается в рабство, из которого позже освобождается. В 387 году до н. э. Платон возвращается в Афины, где начинает собирать вокруг себя кружок учеников, с которыми беседует о философии в пригородном публичном саде (примерно в километре от Афин), и основывает Академию (см. комментарий).

В 367 г. до н. э. Дионисий Младший, древнегреческий тиран, правивший в Сиракузах на Сицилии, приглашает философа, обещая стать его верным учеником. Но вскоре Дионисию надоедает философское наблюдение со стороны Платона, и он изгоняет его. В 361 году до н. э. снова призывает Платона и снова его обманывает, так что 70-летний Платон принужден бежать из Сиракуз и вернуться в Афины.

Онтология Платона

Принято считать, что Платон является одним из основателей идеалистического направления в мировой философии. Во многих сочинениях философа проводится мысль о том, что бытием в подлинном смысле слова

можно назвать только абсолютные сущности, сохраняющие своё бытие безотносительно пространства и времени. Такие абсолютные сущности называются в сочинениях Платона идеями, или эйдосами. В диалоге Платона «Тимей» главный рассказчик приходит к выводу, что выбор онтологии всецело зависит от того, как мы решаем вопросы теории познания. Если мы соглашаемся с тем, что истинное познание касается только вечного и неизменного бытия, и не может быть истинного знания о изменяющемся и временным, а только мнение, то следует признать автономное существование идей.

Однако именно Платон привносит в древнегреческую астрономию идею научной методологии и математизации естествознания. Некоторые натурфилософские идеи он выдвинул сам. Так Платон вводит пятую сущность — мировой эфир и пять правильных геометрических тел-многогранников как моделей первоэлементов материи. Именно он призывает логически обосновывать тезисы и описывать сложные небесные перемещения разложением их на простые и совершенные круговые и равномерные (истинные) движения.

Благодаря его призыву появились первые кинематико-механические модели мира — гомоцентрические сферы Евдокса — Калиппа, дополненные потом Аристотелем.

Комментарий

Платоновская Академия — религиозно-философский союз, основанный Платоном в 380-х годах до н. э. близ Афин в местности, названной в честь мифического героя Академа. В Академии разрабатывался широкий круг дисциплин: философия, математика, астрономия, естествознание и другие. Внутри Академии было разделение на старших и младших; основным методом обучения была диалектика (диалог). Особая роль математики подчеркнута в девизе Академии:

«Не геометр да не войдёт!»

Глава 1-4-14

Евдокс Книдский

Евдокс Книдский (ок. 408 — ок. 355 гг. до н. э.) — древнегреческий математик, механик и астроном. Занимался также врачеванием, философией и музыкой; был известен как оратор и законовед. Неоднократно упоминается у античных авторов. Сочинения самого Евдокса до нас не дошли, но его математические открытия изложены в «Началах Евклида». Среди его учеников были Каллипп, Менехм и Динострат.



Рис. Евдокс Книдский

О жизни Евдокса известно немного. Родился в Книде, на юго-западе Малой Азии. Учился медицине у Филистиона в Сицилии, потом математике у пифагорейца Архита в Италии, далее присоединился к школе Платона в Афинах. Около года провёл в Египте, изучал астрономию в Гелиополе. Позднее Евдокс переселился в город Кизик на Мраморном море, основал собственную математико-астрономическую школу, читал лекции по философии, астрономии и метеорологии.

Около 368 года до н. э. Евдокс вместе с частью учеников вернулся в Афины. Умер в родном Книде, окружённый славой и почётом на 53-м году жизни.

Евдокса можно считать создателем античной теоретической астрономии как самостоятельной науки. В Кизике им была построена обсерватория, в которой впервые в Греции велись систематические наблюдения за небом.

Гиппарх упоминал названия двух астрономических трудов Евдокса: «Явления» и «Зеркало».

Научная школа Евдокса сыграла большую роль в развитии античной астрономии и математики. Историки науки относят Евдокса к числу основоположников интегрального исчисления и теоретической астрономии. В частности, Евдокс создал теорию геометрических величин (античный аналог вещественных чисел), метод исчерпывания (прообраз анализа криволинейных фигур) и первую теоретическую модель движения небесных тел, переработанный вариант которой был позднее изложен в «Альмагесте» Птолемея.

Евдокс считал Землю шарообразным телом, ему приписывается одна из первых оценок длины земного меридиана в 400 000 стадий, или примерно 70 000 км. Евдокс пытался определить сравнительную величину небесных тел. Он предполагал, что Солнце больше Луны, но ошибочно оценивал отношение их диаметров как 9:1.

Он вычислил угол между эклиптической и небесным экватором, то есть наклон земной оси к плоскости земной орбиты, равного 24° .

Евдокса считают также изобретателем горизонтальных солнечных часов.

Школа Евдокса выпустила первый в Греции звёздный каталог (скорее, поэтическое описание созвездий, сделанное поэтом Аратом).

Вокруг две Медведицы рядом

Связно с осью бегут, за что и прозвали их «Возы».

Головы держат они неизменно у чресел друг друга,

Плечи одной с плечами другой расположены вровень,

В стороны смотрят, однако, противные. Ежели верить,

С Крита они вознеслись по веленью великого Зевса...

... одну Киносурой наименовали,

Гелика – имя другой. По Гелике мужи ахейцы

В море открытом судов, направление определяют,

А финикийцы простор бороздят, Киносуре вверяясь.

Верно, что Гелики ясной легко угадать очертанья:

Полностью зрима она тотчас с наступлением ночи;

Но Киносура, хотя и мала, удобнее кормчим,

Ибо по меньшему кругу она совершает вращенье:

Именно с ней безошибочный путь сверяют сидонцы.

Словно течение реки меж оных Медведица берег,

Вьется – великое диво! – Дракон, извернувший бесчисленно

Тело. А те с обеих сторон от изгибов несутся,

Соприкоснуться страшась с темно-синей водой Океана.

Краем хвоста достигает Дракон одной из Медведиц

И обвивает кольцом другую: хвоста окончность

Над головой замерла у Гелики, а Киносура

Держит в изгибе чело, и вьется драконово тело

Окрест ее головы, добираясь до лапы, откуда

Вдруг поворачивается вспять и обратно стремится. Нимало

Звездами змея глава не обделена, но сияют

Две на висках и две на глазах, и единая снизу

Край украшает брады устрашающему исполина.

Евдокс был знаком с вавилонской астрологией, относился к ней презрительно и чётко отделял от астрономии: «не следует доверять ни в малейшей степени халдеям и их предсказаниям и утверждениям о жизни человека, основанным на дне его рождения»

Евдокс первым решил задачу Платона, предложившего астрономам построить кинематическую модель, в которой видимые движения Солнца, Луны и планет получались бы как результат комбинации равномерных круговых движений. Модель Евдокса состояла из 27 взаимосвязанных сфер, вращающихся вокруг Земли (теория гомоцентрических сфер). Согласие этой модели с наблюдениями было для того времени неплохим; исключением было движение Марса, который неравномерно движется по орбите, далёкой от круговой, и её крайне трудно приблизить равномерным вращением сфер.

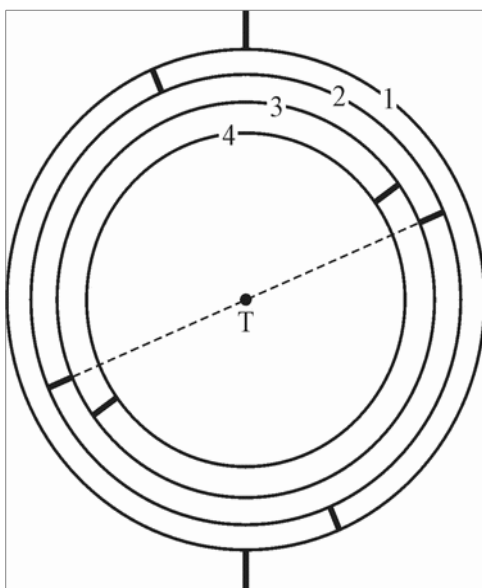


Рис. Система из четырёх концентрических сфер, использовавшаяся для моделирования движения планет в теории Евдокса. Цифрами обозначены сферы, отвечавшие за суточное вращение небосвода (1), за движение вдоль эклиптики (2), за попятные движения планеты (3 и 4).

Т — Земля, пунктирная линия изображает эклиптику (экватор второй сферы)

Теорию Евдокса с математической точки зрения усовершенствовал Каллипп, у которого число сфер возросло до 34. Дальнейшее усовершенствование теории было сделано Аристотелем, который разработал механизм передачи вращения от наружных сфер к внутренним; при этом число сфер возросло до 56. В дальнейшем Гиппарх и Клавдий Птолемей отказались от теории гомоцентрических сфер в пользу теории эпициклов, которая позволяет более точно смоделировать неравномерность видимого движения небесных тел.

Евдокс получил фундаментальные результаты в различных областях математики. Например, при разработке своей астрономической модели он существенно продвинул сферическую геометрию. Однако особенно большое значение имели созданные им две классические теории.

Общая теория отношений. Числовые системы древних греков ограничивались натуральными числами и их отношениями (дробями, рациональными числами). Однако ещё пифагорейцы обнаружили, что диагональ квадрата несоизмерима с его стороной, то есть отношение их длин не может быть представлено рациональным числом. Стало понятно, что пифагорейская арифметика должна быть каким-то образом расширена с тем, чтобы включать все результаты измерений. Это и сделал Евдокс. По существу, теория отношений Евдокса — это геометрическая модель вещественных чисел. Но признание иррациональностей как особого вида чисел произошло много позднее, под влиянием индийских и исламских математических школ.

Метод исчерпывания — это своего рода античный анализ криволинейных фигур. Обоснование этого метода не опирается на актуальные бесконечно малые, но неявно включает понятие предела.

Глава 1-4-15

Аристотель

Аристотель (384 год до н. э. — 322 год до н. э.) — древнегреческий философ. Ученик Платона. С 343 года до н. э. — воспитатель Александра Македонского. В 335/4 годах до н. э. основал Ликей (Лицей, или перипатетическую школу). Натуралист классического периода. Наиболее влиятельный из философов древности; основоположник формальной логики. Создал понятийный аппарат, который до сих пор пронизывает философский лексикон и стиль научного мышления, заложил основы современных естественных наук.

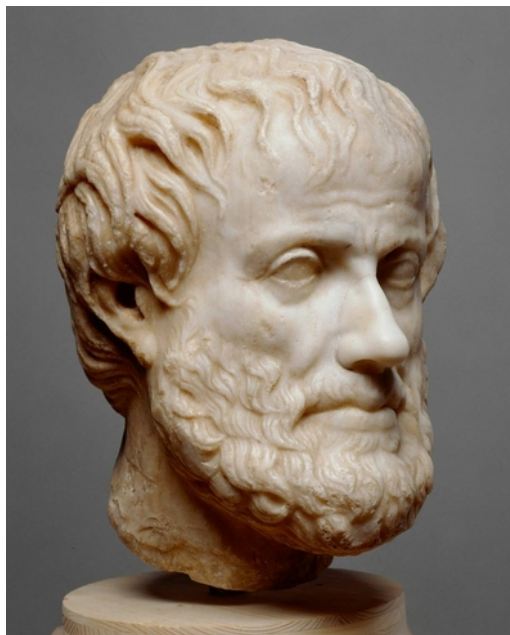


Рис. Аристотель

Аристотель родился в Стагире, греческой колонии в Халкидиках, недалеко от Афонской горы, между июлем и октябрём 384/383 года до нашей эры, по древнему летоисчислению в первый год 99 олимпиады. Отец Аристотеля — Никомах был родом с острова Андрос. Мать Фестида происходила из Халкиды Эвбейской (именно туда Аристотель отправится во время своего изгнания из Афин, вероятнее всего у него там оставались родственные связи). Выходит, что Аристотель был чистым греком по отцу и по матери. Никомах, отец Аристотеля, был потомственным асклепиадом и возводил свой род к гомеровскому герою Махаону, сыну Асклепия. Отец философа был придворным врачом и другом Аминты III, отца Филиппа II и деда Александра Македонского. Согласно словарю Суды, отец Аристотеля был автором шести книг по медицине и одного сочинения по натурфилософии. Он был первым наставником Аристотеля, поскольку у асклепиадов была традиция обучать своих детей с маленького возраста, и поэтому вполне возможно, что Аристотель помогал своему отцу, когда ещё был мальчиком. По-видимому, с этого начался его интерес к биологии.

Однако родители Аристотеля умерли, когда он ещё не достиг совершеннолетия. Поэтому его на воспитание взял Проксен — муж старшей сестры философа, Аримнесты, который происходил с Атарнеи — малоазийского города. Проксен позаботился об обучении своего подопечного.

В 367/6 году до нашей эры в семнадцатилетнем возрасте Аристотель приехал в Афины. Однако, в момент его приезда Платона не было в Академии. Согласно некоторым источникам, до Академии Аристотель обучался ораторскому искусству у ритора Исократа. В пользу этой версии говорит тот факт, что Аристотель имел особый интерес к риторике. Он положил основание первым логическим принципам рассуждения и сформулировал правила составлений силлогических фигур. В Академии Платона Аристотель пробыл 20 лет, до самой смерти своего учителя. В их отношениях выделяются как положительные, так и отрицательные

моменты. Среди последних биографы Аристотеля повествуют не самые удачные бытовые сцены. Элиан оставил следующие свидетельства:

«Однажды, когда Ксенократ на некоторое время, чтобы посетить свой родной город, покинул Афины, Аристотель в сопровождении учеников, фокейца Мнасона и других, подошёл к Платону и стал его теснить. Спевсипп в этот день был болен и не мог сопровождать учителя, восьмидесятилетнего старца с уже ослабевшей от возраста памятью. Аристотель напал на него в злобе и с заносчивостью стал задавать вопросы, желая как-то изобличить, и держал себя дерзко и весьма непочтительно. С этого времени Платон перестал выходить за пределы своего сада и прогуливался с учениками только в его ограде. По прошествии трёх месяцев вернулся Ксенократ и застал Аристотеля прохаживающимся там, где обычно гулял Платон. Заметив, что он со своими спутниками после прогулки направляется не к дому Платона, а в город, он спросил одного из собеседников Аристотеля, где Платон, ибо подумал, что тот не выходит из-за недомогания. «Он здоров, — был ответ, — но, так как Аристотель нанес ему обиду, перестал здесь гулять и ведёт беседы с учениками в своём саду». Услышав это, Ксенократ сейчас же направился к Платону и застал его в кругу слушателей (их было очень много, и все люди достойные и известные). По окончании беседы Платон с обычной сердечностью приветствовал Ксенократа, а тот с не меньшей его; при этой встрече оба ни словом не обмолвились о случившемся. Затем Ксенократ собрал Платоновых учеников и стал сердито выговаривать Спевсиппу за то, что он уступил их обычное место прогулок, потом напал на Аристотеля и действовал столь решительно, что прогнал его и возвратил Платону место, где он привык учить»

Однако, несмотря на бытовые разногласия Аристотель оставался в школе Платона вплоть до самой смерти последнего и сблизился с Ксенократом, который уважительно относился к своему учителю. К тому же,

Аристотель, хотя во многом и не соглашался с учением Платона, однако, отзывался о нём положительно.

После смерти Платона (347 г. до н. э.) Аристотель вместе с Ксенократом, Эрастом и Кориском (последних двух Платон упоминает в VI письме и рекомендует им помириться с тираном Гермием, правителем Атарнеи и Ассоса, откуда они были родом) отправляется в Ассос, прибрежный город Малой Азии, расположенный напротив о. Лесбоса. За время пребывания в Ассосе Аристотель сблизился с Гермием. Тиран уважительно относился к философу и был слушателем его лекций. Близость способствовала тому, что Аристотель взял в жены его приемную дочь и племянницу Пифиаду.

После трехлетнего пребывания в Ассосе, Аристотель по совету своего ученика Теофраста отправился на остров Лесбос и остановился в городе Мителены, где преподавал до 343/2 г. до н. э. пока не получил приглашение от Филиппа II стать воспитателем царского сына Александра. Причиной выбора Аристотеля на эту должность могли послужить близкие отношения Гермия с Филиппом.



Рис. Лицей Аристотеля

Аристотель принялся за обучение Александра когда тому было 14 (или 13) лет. В 335/334 году до нашей эры Аристотель приостанавливает воспитание Александра, в связи с тем что отец последнего был убит и молодому царевичу пришлось взять власть в свои руки.

Аристотель решил отправиться в Афины, где основал свою школу на северо-востоке города недалеко от храма Аполлона Ликейского. От названия храма местность получила название Ликей, которое, в свою очередь, перешло на новую философскую школу.

После смерти Александра Македонского в 323 году до н. э. в Афинах началось антимакедонское восстание. Афинское народное собрание провозгласило начало освободительного движения за независимость от македонской власти. Взбунтовавшиеся демократы издали постановление с требованием изгнать вражеские гарнизоны из Греции. В это время иерофант Елевсинских Мистерий Евримедон и ритор из школы Исократа Демофил обвинили Аристотеля в безбожии. Причиной столь громкого обвинения послужил гимн «Добродетели» двадцатилетней давности, который Аристотель написал в честь тирана Гермия. Обвинители утверждали, что стихи написаны в стиле гимнов Аполлону, а тиран Атарнеи не достоин такого почитания. Однако, скорее всего гимн Аристотеля послужил всего лишь предлогом для возбуждения против философа политического преследования, а на самом деле основной причиной были тесные связи философа с Александром Македонским.

Аристотель решил не повторять судьбу Сократа и уехал в Халкиду Эвбейскую. Там он жил в доме своей матери вместе со своей второй женой Гербелидой и двумя детьми Никوماхом и Пифиадой.

В 322 г. до н. э., по древнегреческому исчислению на 3-м году 114 олимпиады (через год после смерти Александра Македонского) Аристотель умер от болезни желудка (по другой версии отравился аконитом).

Глава 1-4-16

Философское учение Аристотеля

Аристотель разделял науки на теоретические, цель которых — знание ради знания, практические и «поэтические» (творческие). К теоретическим наукам относятся физика, математика и «первая философия» (она же — теологическая философия, она же позднее была названа метафизикой). К практическим наукам — этика и политика (она же — наука о государстве).

Отметим важное для становления науки как способа познания (в том числе и астрономии).

С Аристотеля начинают складываться основные концепции пространства и времени:

— субстанциональная — рассматривает пространство и время как самостоятельные сущности, первоначала мира;

— реляционная — согласно этой концепции пространство и время — не самостоятельные сущности, а системы отношений, образуемые взаимодействующими материальными объектами;

Познание у Аристотеля имеет своим предметом бытие. Основа опыта — в ощущениях, памяти и привычке. Любое знание начинается с ощущений: оно есть то, что способно принимать форму чувственно воспринимаемых предметов без их материи; разум же усматривает общее в единичном. Задача познания состоит в восхождении от простого чувственного восприятия к вершинам абстракции. Научное знание есть знание наиболее достоверное, логически доказуемое и необходимое.

Цель науки Аристотель видел в полном определении предмета, достигаемом только путём соединения дедукции и индукции:

1. знание о каждом отдельном свойстве должно быть приобретено из опыта;

2. убеждение в том, что это свойство — существенное, должно быть доказано умозаключением особой логической формы — категорическим силлогизмом.

Аристотель сформулировал логические законы:

— закон тождества — понятие должно употребляться в одном и том же значении в ходе рассуждений;

— закон противоречия — «не противоречь сам себе»;

— закон исключённого третьего — «А или не-А истинно, третьего не дано».

Космология Аристотеля

Аристотель вслед за Евдоксом учил, что Земля, являющаяся центром Вселенной, шарообразна. Доказательство шарообразности Земли Аристотель видел в характере лунных затмений, при которых тень, бросаема Землёй на Луну, имеет по краям округлую форму, что может быть только при условии шарообразности Земли. Ссылаясь на утверждения ряда античных математиков, Аристотель считал окружность Земли равной 400 тысяч стадий (ок. 71200 км). Аристотель кроме того первым доказал шарообразность и Луны на основе изучения её фаз. Его сочинение «Метеорология» явилось одной из первых работ по физической географии.

Влияние геоцентрической космологии Аристотеля сохранилось вплоть до Коперника. Аристотель руководствовался планетарной теорией Евдокса Книдского, но приписал планетарным сферам реальное физическое существование: он считал, что Вселенная состоит из 55 прозрачных хрустальных концентрических сфер, движущихся с различными скоростями и приводимых в движение крайней сферой неподвижных звёзд.

Шарообразны и небесный свод и все небесные светила. Однако доказывал эту мысль Аристотель неправильно, исходя из телеологической идеалистической концепции. Шарообразность небесных светил Аристотель выводил из

того ложного взгляда, что так называемая «сфера» является наиболее совершенной формой.

Идеализм Аристотеля получает в его учении о мирах окончательное оформление:

«Подлунный мир», то есть область между орбитой Луны и центром Земли, есть область беспорядочных неравномерных движений, а все тела в этой области состоят из четырёх низших элементов: земли, воды, воздуха и огня. Земля как наиболее тяжёлый элемент занимает центральное место. Над ней последовательно располагаются оболочки воды, воздуха и огня.

«Надлунный мир», то есть область между орбитой Луны и крайней сферой неподвижных звёзд, есть область вечных равномерных движений, а сами звёзды состоят из пятого, совершеннейшего элемента — эфира.

Эфир (пятый элемент или *quinta essentia*) входит в состав звёзд и неба. Это божественный, нетленный и совершенно непохожий на другие четыре элемента.

Звёзды, по Аристотелю, неподвижно укреплены на небе и обращаются вместе с ним, а «блуждающие светила» (планеты) движутся по семи концентрическим кругам.

Причиной небесного движения является Бог.

Модель мира по Аристотелю отражала уровень знаний той эпохи. При всей своей удаленности от реальности она в течение полутора тысяч лет оставалась единственной, принимавшейся астрономами и христианской религией.

Аристотель стал последним крупным деятелем античной философии. Афинское государство вошло в империю, созданную Александром Македонским. С этого времени центром культуры и науки стала столица империи Александрия.



Часть 5

Астрономия в эллинистический период

Оглавление

Глава 1-5-1. (книга- часть-глава)

Александрия — культурная столица эллинов

Глава 1-5-2. Астрономия в Александрии

Глава 1-5-3. Евклид

Глава 1-5-4. Аполлоний Пергский

Глава 1-5-5. Архимед

Глава 1-5-6. Эратосфен

Глава 1-5-7. Аристарх Самосский

Глава 1-5-8. Первая гелиоцентрическая система мира

Глава 1-5-9. Гиппарх

Глава 1-5-10. Клавдий Птолемей

Глава 1-5-11. «Альмагест»

Глава 1-5-12. Влияние Клавдия Птолемея на развитие науки

Глава 1-5-1

Александрия — культурная столица эллинов

В результате завоевательных войн, которые вел Александр Македонский, возникла огромная империя и наступила новая эпоха в развитии античной культуры. После его смерти в 323 г. до н.э. империя распалась на несколько государств, самыми значительными из которых были Македония, Египет, Пергам и некоторые большие острова — Родос, Лесбос, Делос.

Александр Македонский основал в дельте Нила город Александрия. Благодаря выгодному расположению он стал средоточием торговых связей. Цари Египта из династии, основанной полководцем Александра Македонского Птолемеем, использовали наплыв в столицу богатств не только для строительства дворцов и храмов, но и покровительствовали искусствам. По примеру Академии Платона и Лицея Аристотеля — философских школ в Афинах — в Александрии образовалось особое учреждение, объединяющее ученых, которое назвали «Музеем» (от слова музы). Заведующий Музеем именовался «жрецом муз».

Ученые обеспечивались всем необходимым и жили при Музее. Там же располагались обсерватория, ботанический сад, лаборатории — залы для опытов. Подобная форма организации науки была чужда восточной культуре. Но она просуществовала более 500 лет и внесла неоценимый вклад в последующее развитие культуры в европейских странах.

В Александрии находились огромные библиотеки. В самой большой из них — «царской» — в конце I века до н.э. хранилось свыше 700000 манускриптов.

В культурных центрах эллинистической эпохи важная роль отводилась образованию. Существовало множество школ разного уровня обучения.



Рис. Александрийская библиотека

Материальная и духовная жизнь в Александрии достигла наивысшего расцвета в последнем столетии до н.э. В это же время происходило усиление Древнего Рима. Во II веке до н.э. Македония, а затем и другие области Греции были завоеваны римлянами. Однако Александрия сохраняла свое значение, хотя теперь многие художники и ученые стремились перебраться в Рим.

Следует напомнить, что в сложившейся ситуации греческим астрономам стали известны результаты трудов вавилонских жрецов. В государстве Селевкидов, образовавшемся на территории Персии, завоеванной Александром Македонским, сохранялась вавилонская культура и продолжались наблюдения за небесными светилами. По сообщениям древних авторов, вавилонский жрец Борог (275 г. до н.э.), написавший историю Вавилона, переехав в Грецию, возможно, сообщил греческим ученым о многих полученных в Вавилоне астрономических результатах.

Глава 1-5-2

Астрономия в Александрии



Рис. Александрийский Музей

Достигнутые греческими астрономами успехи в создании теорий движения небесных тел, позволяющие предсказывать различные явления, в большой степени были обусловлены развитием математики. Особенно важными были труды Евклида, Аполлония Пергамского и Архимеда.

Знаменитое сочинение Евклида «Начала» содержит настолько хорошее изложение метода логического решения геометрических задач, что на протяжении двух тысяч лет оно не нуждалось в уточнении. Этот метод использовался при решении астрономических задач вплоть до XVII века. Следует отметить и его сочинение по сферической астрономии «Сферика».

Математик Аполлоний Пергский создает свой гениальный метод для описания неравномерных движений путем разложения их на круговые по двойным окружностям — деференту и эпициклу,

Великий математик и механик Архимед делает вклад и в астрономию — точно измеряет (притом переменный — максимальный и минимальный) диаметр Солнца и строит знаменитый небесный глобус — планетарий. В сочинении «Псаммит» он же дает первую удивительную оценку размеров Вселенной как вмещающую 10^{11} в 11 степени песчинок (в современном пересчете получается расстояние порядка межзвездных расстояний).

Заслуживают внимания и другие астрономические достижения.

В 296—272 гг. до н. э. Аристилл (конец IV — начало III вв. до н. э.) и Тимохарис (конец IV — начало III вв. до н. э.) составили первый в античной истории каталог звёзд с указанием координат. В качестве одной из координат указывалась эклиптическая широта, другая — эклиптическая долгота, отсчитывавшаяся от ярких звёзд. При измерении координат использовали экваториальные круги. Наблюдения планет Аристилла и Тимохариса использовал впоследствии Гиппарх.

Первую наблюдательную, на основе измерения, оценку расстояний до Солнца и Луны и вывод о громадных размерах нашего главного светила по сравнению с земным шаром сделал Аристарх Самосский (ок. 310 до н. э. — ок. 230 до н. э.). Он же создал первую в истории астрономии подлинно гелиоцентрическую систему мира.

Первое точное измерение окружности земного шара сделано Эратосфеном (276 до н. э. — 194 до н. э.). Его результат — 240 тыс. стадиев, или 45,7 тыс. км.

Эратосфен предложил способ уточнить гражданский календарь путем введения удлинённых годов (в 366 дней) (не осуществившийся Канопский декрет 238 г. до н.э.).

В 220 г. до н.э. Аполлоний из Минды впервые высказал в противовес картине мира Аристотеля идею космической природы комет (она была забыта, пока в I в. до н.э. ее не повторил римский ученый и философ Сенека Младший).

В I веке до н. э. древнегреческий математик и астроном Гемин создал учебник астрономии «Введение в небесные явления».

Начальный курс обучения был основан на работах более ранних древнегреческих астрономов, таких как Гиппарх, а также на вавилонских источниках.

В учебнике Гемина рассматриваются следующие темы:

- зодиакальное движение Солнца и неравенство астрономических времён года;
- аспекты знаков Зодиака;
- созвездия;
- устройство небесной сферы: ось, полюсы, большие и малые круги;
- длительность дня и ночи в разные времена года и на разных широтах;
- восходы и заходы знаков Зодиака;
- лунные и солнечные периоды и устройство египетского и древнегреческих календарей (8-летний, 19-летний, 76-летний циклы);
- фазы Луны;
- лунные и солнечные затмения;
- обратное движение Солнца, Луны и планет по отношению к небесной сфере;
- гелиакические восходы и заходы звёзд;
- географические пояса, вопрос об обитаемости экваториального пояса;
- гелиакические восходы и заходы как знаки погодных примет;
- экселигмос (см. комментарий) и вавилонская лунная теория.

Комментарий

Экселигмос — период, равный примерно 19 756 суткам (54 года и 33 дня) или трём саросам. По прошествии этого периода затмения Луны и Солнца повторяются примерно при одних и тех же условиях.

Глава 1-5-3

Евклид

Евклид (около 325 года до н. э.— до 265 года до н. э.) — древнегреческий математик, автор первого из дошедших до нас теоретических трактатов по математике. Биографические сведения об Евклиде крайне скудны. Достоверным можно считать лишь то, что его научная деятельность протекала в Александрии в III веке до н. э.

Его главная работа «Начала» (в латинизированной форме — «Элементы») содержит изложение планиметрии, стереометрии и ряда вопросов теории чисел.

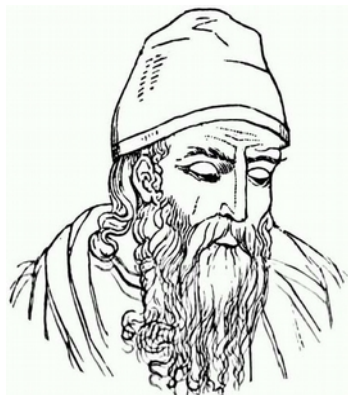


Рис. Евклид

Книги с таким названием, в которых последовательно излагались основные факты геометрии и теоретической арифметики, составлялись ранее Гиппократом Хиосским, Леонтом и Февдием. Однако Начала Евклида вытеснили все эти сочинения из обихода и в течение более чем двух

тысячелетий оставались базовым учебником геометрии. Создавая свой учебник, Евклид включил в него многое из того, что было создано предшественниками, обработав этот материал и сведя его воедино.

«Начала» Евклида сыграли важную идейную роль в развитии науки Нового времени. Они стали образцом математического трактата, строго и систематически излагающего основные положения той или иной математической науки.

Евклид — автор работ по астрономии, в частности, трактатов «Явления» — приложения сферической геометрии к астрономии и «Оптика» — о прямолинейном распространении света.

Биография

К наиболее достоверным сведениям о жизни Евклида принято относить то немногое, что приводится в комментариях Прокла к первой книге «Начал», однако надо отметить, что он жил спустя почти 800 лет после Евклида. Прокл указывает, что Евклид был моложе Платоновского кружка, но старше Архимеда и Эратосфена, «жил во времена Птолемея I Сотера», «потому что и Архимед, живший при Птолемеи Первом, упоминает об Евклиде и, в частности, рассказывает, что Птолемей спросил его, есть ли более короткий путь изучения геометрии, нежели Начала; а тот ответил, что нет царского пути к геометрии».

Дополнительные штрихи к портрету Евклида можно почерпнуть у Паппа и Стобея. Папп сообщает, что Евклид был мягок и любезен со всеми, кто мог способствовать развитию математических наук, а Стобей передаёт ещё один анекдот о Евклиде. Приступив к изучению геометрии и разобрав первую теорему, один юноша спросил у Евклида: «А какая мне будет выгода от этой науки?» Евклид подозвал раба и сказал: «Дай ему три обола, раз он хочет извлекать прибыль из учёбы».

Глава 1-5-4

Аполлоний Пергский

Аполлоний Пергский (262 до н. э. — 190 до н. э.) — древнегреческий математик, один из трёх (наряду с Евклидом и Архимедом) великих геометров античности, живших в III веке до н. э.

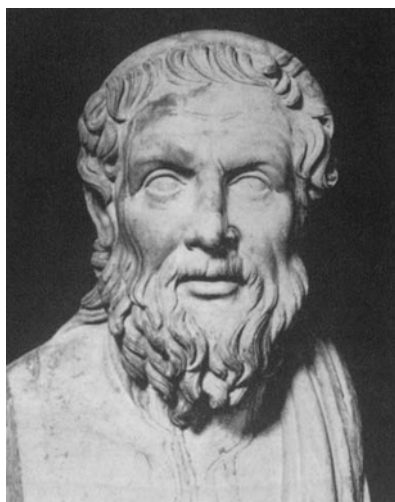


Рис. Аполлоний Пергский

Сведения о жизни Аполлония практически отсутствуют. Родился он в малоазиатском городе Перге, в ранней молодости присоединился к Александрийской математической школе Евклида и со временем преподавал там как признанный авторитет в геометрии и астрономии. В конце жизни на некоторое время вернулся на родину, где были открыты учебный центр и библиотека, аналогичные Александрийскому Музею. Умер учёный, по-видимому, в Александрии.

Аполлоний прославился монографией «Конические сечения» (8 книг), в которой дал содержательную общую теорию эллипса, параболы и гиперболы. Именно Аполлоний предложил общепринятые названия этих кривых; до него их называли просто «сечениями конуса». Он ввёл и другие математические термины, латинские аналоги которых навсегда вошли в науку, в частности: асимптота, абсцисса, ордината, аппликата.

Большой интерес представляют не только результаты Аполлония, но и методы, которыми он пользовался. В них можно найти многочисленные мотивы более поздних достижений математики — алгебры, аналитической, проективной и даже дифференциальной геометрии.

Книга оказала огромное влияние на творчество последующих математиков, включая Ферма, Декарта, Ньютона, Лагранжа. Многие теоремы Аполлония, о максимумах, эволютах, нормалях вошли в современные учебники по дифференциальной геометрии.

Каким образом Аполлоний, не владея математическим анализом, сумел сделать свои открытия, неясно. Возможно, у него был некий метод бесконечно малых, который он использовал в эвристических целях, чтобы затем передоказать результат каноническими средствами античной геометрии.

До открытий Кеплера и Ньютона теория Аполлония применялась в основном для решения кубических уравнений, а также в оптике зеркал. Когда обнаружилось, что орбита материальной частицы в задаче двух тел есть одно из конических сечений, интерес к данным кривым резко возрос, и труды Аполлония были продолжены на новом математическом уровне.

Аполлоний переработал астрономическую модель Евдокса, введя эпициклы и эксцентрики для объяснения неравномерности движения планет. Эту теорию позднее развили Гиппарх и Птолемей.

Клавдий Птолемей в XII книге Альмагеста упоминал открытия Аполлония в астрономии, однако ни одно его астрономическое сочинение не сохранилось.

Глава 1-5-5

Архимед

Архимед (287 до н. э. — 212 до н. э. гг.) — древнегреческий математик, физик и инженер. Родился и большую часть жизни прожил в городе Сиракузы на Сицилии.

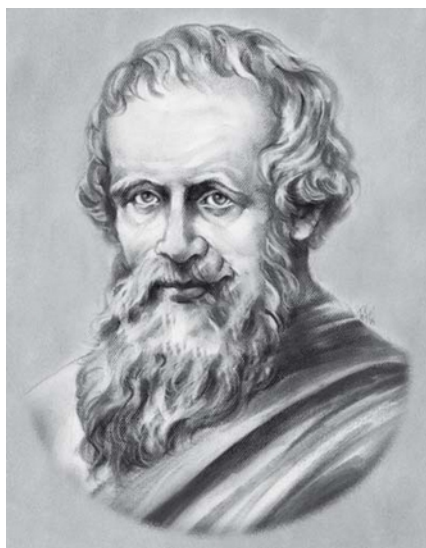


Рис. Архимед

Сделал множество открытий в области геометрии, предвосхитил многие идеи математического анализа. Заложил основы механики, гидростатики, был автором ряда важных изобретений. С именем Архимеда связаны многие математические понятия. Наиболее известно вычисление им числа π ($22/7$), которое называется

Архимедовым числом. Работы учёного использовали в своих сочинениях всемирно известные математики и физики XVI—XVII веков, такие, как Иоганн Кеплер, Галилео Галилей, Рене Декарт и Пьер Ферма. Согласно современным оценкам, открытия Архимеда стали основой для дальнейшего развития математики в 1550—1650-х годах. В частности, работы Архимеда легли в основание математического анализа.

До сегодняшнего дня дошли сведения о трёх астрономических работах учёного. В сочинении «Псаммит» Архимед задался вопросом о размере Вселенной. Ипполит Римский (170—230-е годы н. э.) в приписываемом ему трактате «Обличение всех ересей» приводит расстояния между планетами, взятыми из какой-то из утерянных ныне работ Архимеда.

В основе его вычислений лежала система мира с центром в Земле, но, по его представлениям, планеты Меркурий, Венера и Марс, обращаются вокруг Солнца и вместе с ним — вокруг Земли. В своём сочинении «Псаммит» Архимед сообщил о гелиоцентрической системе мира Аристарха Самосского.

В «Псаммите» Архимед экспериментальным путём нашёл угловой диаметр Солнца — от 27' до 32'55". Истинное значение показателя составляет 31'28"—32'37". То есть, как подчёркивают современные авторы, Архимеду удалось впервые определить данную величину.

Архимед построил планетарий или «небесную сферу», при движении которой можно было наблюдать движение пяти планет, восход Солнца и Луны, фазы и затмения Луны, исчезновение обоих тел за линией горизонта. Занимался проблемой определения расстояний до планет; предположительно

Биография

Сведения о жизни Архимеда оставили нам Полибий, Тит Ливий, Цицерон, Плутарх, Витрувий, Диодор Сицилийский и другие. Почти все они жили на много лет

позже описываемых событий и достоверность этих сведений оценить трудно.

Отцом Архимеда предположительно был математик и астроном Фидий. Семья Архимеда на момент его рождения была небогатой. Отец не смог обеспечить сыну всестороннее образование, в основе которого в то время были занятия философией и литературой. Фидий смог обучить Архимеда только тому, что знал сам, а именно математическим наукам. По сообщению Плутарха, родственник Архимеда Гиерон участвовал в Пирровой войне (280—275 годы до н. э.), на стороне греков против римлян. Во время боевых действий он отличился, стал одним из военачальников, и, вскоре после ухода Пирра в Грецию, смог захватить власть в Сиракузах, став тираном, а затем и царем Сиракуз. Так молодой Архимед получил возможность отправиться в один из главных научных центров Античности — Александрию.

Учёные, к кругу которых примкнул Архимед, группировались вокруг Александрийского Музея. Это позволило ему пользоваться собранием рукописей знаменитой Александрийской библиотеки, в которой было собрано более 700 тысяч рукописей. По-видимому, именно здесь Архимед познакомился с трудами Демокрита, Евдокса и других геометров, о которых он упоминал в своих сочинениях.

В Александрии Архимед познакомился и подружился со знаменитыми учёными: астрономом Кононом и разносторонним учёным Эратосфеном из Кирены, с которыми потом переписывался до конца их жизни.

По окончании обучения Архимед вернулся на Сицилию. Молодой учёный не имел желания делать карьеру придворного. Как родственнику сиракузского царя ему были обеспечены соответствующие условия жизни. Тот лояльно относился к «чужакам» своего родственника. В отличие от Архимеда, которого интересовала наука как таковая, царь Сиракуз искал возможности её практического применения. Именно он, возможно играя на честолюбии Архимеда, убедил создать механизмы и машины, работа которых завораживала современников и во многом принесла всемирную славу

своему создателю. Уже при жизни Архимеда вокруг его имени создавались легенды, поводом для которых служили его поразительные изобретения, производившие ошеломляющее действие на современников.

Легенды

С жизнью Архимеда связаны несколько легенд. Широкую известность получил рассказ о том, как Архимед сумел определить, сделана ли корона царя Гиерона полностью из золота, выданного царём для этого заказа, или нанятый ювелир сжульничал, подмешав в расплав серебро. Размышляя о поставленной задаче, Архимед пришёл в баню и, погружаясь в ванну, обратил внимание на поведение уровня воды. В этот момент его осенила идея о приложении вытесняемого объёма к весу, которая легла в основу гидростатики. С криком «Эврика!» Архимед выскочил из ванны и голым побежал к царю. Сравнив объёмы воды, вытесненные короной и слитком золота равного с ней веса, учёный доказал обман ювелира. Согласно другой легенде, благодаря открытию теории рычага и созданию полиспаста, Архимед смог в одиночку сдвинуть с места огромный корабль при перевозке его по суше на катках. Ошеломлённым соотечественникам учёный сказал, что будь у него точка опоры, он бы перевернул земной шар.

Во время штурма Сиракуз римлянами созданные Архимедом устройства привели к поражению целой армии, которая атаковала город с моря и суши. Римляне, надеявшиеся быстро захватить город, были вынуждены отказаться от первоначального плана и перешли к осаде. Через два года город захватили благодаря изменнику. Во время штурма Архимед был убит.

Глава 1-5-6

Эратосфен

Эратосфен (276 до н. э. — 194 до н. э. гг.) — греческий математик, астроном, географ, филолог и поэт. Ученик Каллимаха, с 235 года до н. э. — глава Александрийской библиотеки. Первый известный учёный, вычисливший размеры Земли.



Рис. Эратосфен

Начальное образование Эратосфен получил в Александрии под руководством своего учёного земляка Каллимаха. Другим учителем Эратосфена в Александрии был философ Лизний. Перебравшись затем в Афины, он так тесно сблизился со школой Платона, что называл себя платоником. В результате изучения наук в этих двух центрах он получил прекрасное образование.

В 245 году до н. э. царь Птолемей III Эвергет пригласил Эратосфена работать в Александрийской библиотеке, где уже трудились его учитель Каллимах и Аполлоний Родосский. Эратосфен откликнулся на приглашение и приехал в Александрию, где и остался до самой смерти. Через пять лет он сменил Аполлония Родосского на посту главы Александрийской библиотеки. В его обязанности входило обучение детей монарха — будущего правителя Птолемея IV и его сестры.

Современники высоко ценили Эратосфена за его обширные знания. Об этом говорят прозвища, которые ему присвоили. Его называли «бета», объявляя его вторым Платоном, или учёным, который только потому занимает второе место, что первое должно быть удержано за предками. Другим прозвищем Эратосфена было «пентатлос» — пятиборец, всесторонне развитый человек, одарённый в самых разных областях знания.

В старости у Эратосфена воспалились глаза, что в дальнейшем привело к слепоте. Невозможность читать и наблюдать за природой сильно угнетала его и в 194 году до н. э. он принял решение умерить себя голодом.

Астрономия

Из сочинений Эратосфена по астрономии до нашего времени дошло одно: «Катастеризмы» — перечисление созвездий и заключающихся в них звёзд, где указывается до 700 объектов. Без указания координат этих звёзд.

Для своих астрономических наблюдений Эратосфен установил под портиком здания Музея большие армиллярные сферы (см. комментарий).

В тесной связи с астрономией находится работа Эратосфена, состоящая в измерении длины земного меридиана.

Краткое изложение процедуры известно нам по трактату Клеомеда «О круговращении небесного свода»:

«Эратосфен говорит, что Сиена и Александрия лежат на одном меридиане. И поскольку меридианы в космосе являются большими кругами, такими же большими кругами обязательно будут и меридианы на Земле. И

поскольку таков солнечный круг между Сиеной и Александрией, то и путь между ними на Земле с необходимостью идёт по большому кругу. Теперь он говорит, что Сиена лежит на круге летнего тропика. И если бы летнее солнцестояние в созвездии Рака происходило ровно в полдень, то солнечные часы в этот момент времени с необходимостью не отбрасывали бы тени, поскольку Солнце находилось бы точно в зените; дела и в самом деле обстоят таким образом в [полосе шириной] в 300 стадиев. А в Александрии в этот же час солнечные часы отбрасывают тень, поскольку этот город лежит к северу от Сиены. Эти города лежат на одном меридиане и на большом круге. На солнечных часах в Александрии проведём дугу, проходящую через конец тени гномона и основание гномона, и этот отрезок дуги произведёт большой круг на чаше, поскольку чаша солнечных часов расположена на большом круге. Далее, вообразим две прямые, опускающиеся под Землю от каждого гномона и встречающиеся в центре Земли. Солнечные часы в Сиене находятся отвесно под Солнцем, и воображаемая прямая проходит от Солнца через вершину гномона солнечных часов, производя одну прямую от Солнца до центра Земли. Вообразим ещё одну прямую, проведённую от конца тени гномона через вершину гномона к Солнцу на чаше в Александрии; и она будет параллельна уже названной прямой, поскольку уже сказано, что прямые от разных частей Солнца к разным частям Земли параллельны. Прямая, проведённая от центра Земли к гномону в Александрии, образует с этими параллельными равные накрестлежащие углы. Один из них — с вершиной в центре Земли, при встрече прямых, проведённых от солнечных часов к центру Земли, а другой — с вершиной на конце гномона в Александрии, при встрече с прямой, идущей от этого конца к концу его же тени от Солнца, там где эти прямые встречаются наверху. Первый угол опирается на дугу от конца тени гномона до его основания, а второй — на дугу с центром в центре Земли, проведённую от Сиены до Александрии. Эти дуги подобны между собой, поскольку на них опираются равные углы. И какое отношение имеет дуга на чаше к

своему кругу, такое же отношение имеет и дуга от Сиены до Александрии [к своему кругу]. Но найдено, что на чаше она составляет пятидесятую часть своего круга. Поэтому и расстояние от Сиены до Александрии с необходимостью будет составлять пятидесятую часть большого круга Земли. Но оно равно 5 000 стадиев. Поэтому весь круг будет равен 250 000 стадиям. Таков метод Эратосфена».

Комментарий

Армилярная сфера (от лат. *armilla* — браслет, кольцо) — астрономический инструмент, употреблявшийся для определения экваториальных или эклиптических координат небесных светил.



Рис. Армилярная сфера

Глава 1-5-7

Аристарх Самосский

Аристарх Самосский (ок. 310 до н. э. — ок. 230 до н. э. гг.) — древнегреческий астроном, математик и философ, впервые предложивший гелиоцентрическую систему мира и разработавший научный метод определения расстояний до Солнца и Луны и их размеров.

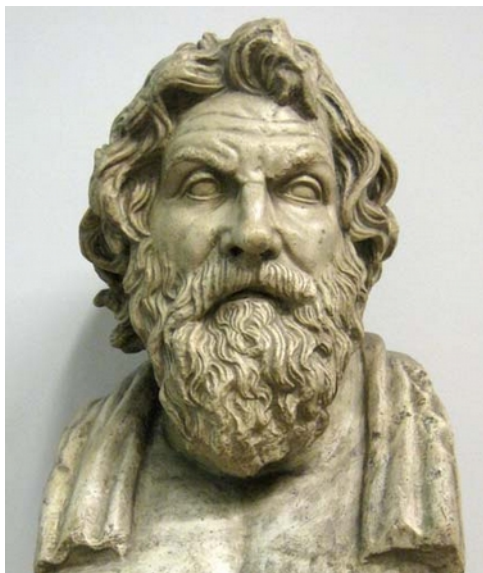


Рис. Аристарх Самосский

Сведения о жизни Аристарха, как и большинства других астрономов античности, крайне скудны. Известно, что он родился на острове Самос. Годы жизни точно неизвестны и устанавливаются на основании косвенных данных.

По свидетельству Птолемея, в 280 году до н. э. Аристарх произвёл наблюдение солнцестояния; это является единственной надёжной датой в его биографии. Учителем Аристарха был выдающийся философ, представитель перипатетической школы (это ученики и последователи Аристотеля) Стратон из Лампсака. Можно предположить, что в течение значительного времени Аристарх работал в Александрии. После создания гелиоцентрической системы мира был обвинён поэтом и философом Клеанфом в безбожии, однако последствия этого обвинения неизвестны.

Размеры Солнца и Луны. Расстояния до них

Из всех сочинений Аристарха Самосского до нас дошло только одно: «О величинах и расстояниях Солнца и Луны», где он впервые в истории науки пытается установить размеры и расстояния до этих небесных тел. Древнегреческие учёные неоднократно высказывались на эти темы. Но все эти суждения не имели под собой какого-либо научного обоснования: расстояния и размеры не вычислялись на основании каких-либо астрономических наблюдений, а измышлялись. Аристарх использовал научный метод, основанный на наблюдении лунных фаз и солнечных и лунных затмений. Его построения основаны на предположении, что Луна имеет форму шара и отражает свет Солнца. Следовательно, если Луна находится в квадратуре, то есть выглядит рассечённой пополам, то угол Земля — Луна — Солнце является прямым.

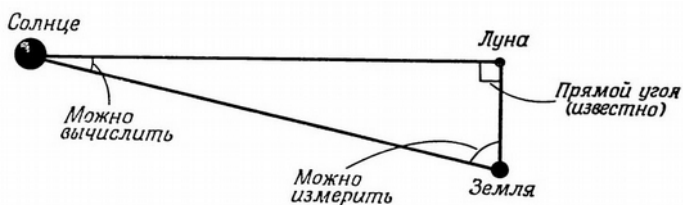


Рис. Метод Аристарха

Во времена Аристарха не было тригонометрических функций (собственно, именно он в своем сочинении «О величинах и расстояниях Солнца и Луны» закладывал основы тригонометрии). Поэтому для вычислений ему приходилось использовать довольно сложные выкладки, подробно описанные в упомянутом трактате.

Далее Аристарх привлек некоторые сведения о солнечных затмениях: чётко представляя себе, что они происходят тогда, когда Луна загораживает от нас Солнце, Аристарх указал, что угловые размеры обоих светил на небе примерно одинаковы. Следовательно, Солнце во столько же раз больше Луны, во сколько раз дальше, то есть (по данным Аристарха), отношение радиусов Солнца и Луны примерно составляет 20.

Следующим шагом было измерение отношения размеров Солнца и Луны к размеру Земли. На этот раз Аристарх привлекает анализ лунных затмений. Причина затмений ему совершенно ясна: они происходят тогда, когда Луна попадает в конус земной тени. По его оценкам, в районе лунной орбиты ширина этого конуса в 2 раза больше диаметра Луны. Зная это значение, Аристарх с помощью довольно остроумных построений и выведенного ранее отношения размеров Солнца и Луны заключает, что отношение радиусов Солнца и Земли составляет больше чем $19 \text{ к } 3$, но меньше, чем $43 \text{ к } 6$. Был оценён также радиус Луны: по Аристарху, он примерно в три раза меньше радиуса Земли, что не так уж и далеко от правильного значения ($0,273$ радиуса Земли).

Расстояние до Солнца Аристарх недооценил примерно в 20 раз. Причина ошибки заключалась в том, что момент лунной квадратуры может быть установлен только с очень большой неопределённостью, которая ведёт к неточности определения угла α и, следовательно, к неопределённости расчета расстояния до Солнца. Метод Аристарха был достаточно несовершенным, неустойчивым к ошибкам. Но это был единственный метод, доступный в древности.

Историческое значение труда Аристарха огромно: это был первый шаг в установлении масштабов Солнечной системы.

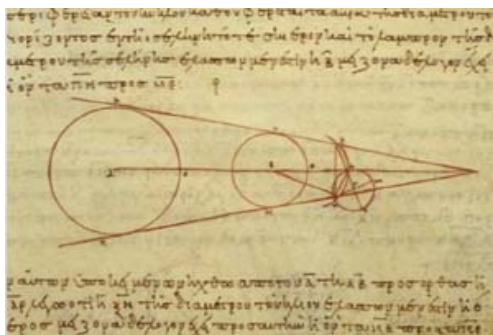


Рис. Схема, поясняющая определение радиуса Луны по методу Аристарха (византийская копия X века).

На точность расчетов повлияли ошибки наблюдений. В трактате указано, что угловой диаметр Луны составляет $1/15$ часть знака зодиака, то есть 2° , что в 4 раза больше истинного значения. Отсюда следует, что расстояние до Луны составляет примерно 19 радиусов Земли. Любопытно, что Архимед в своём труде «Исчисление песчинок» («Псаммит») отмечает, что именно Аристарх впервые получил правильное значение $1/2^\circ$. В связи с этим современный историк науки Деннис Роулинз считает, что автором трактата был не сам Аристарх, а один из его последователей, и значение $1/15$ часть зодиака есть ошибка этого ученика, неправильно переписавшего соответствующее значение из оригинального сочинения своего учителя. Кроме того, Аристарх неверно оценил ширину земной тени в районе лунной орбиты (в 2 раза больше диаметра Луны). Правильное значение составляет примерно 2,6. Эта величина была использована через полтора столетия Гиппархом Никейским (и, возможно, Архимедом при расчете им количества песчинок может наполнить сферу с центром в Земле и радиусом до Солнца), благодаря чему было установлено, что расстояние до Луны составляет около 60 радиусов Земли, в согласии с современными оценками.

Глава 1-5-8

Первая гелиоцентрическая система мира

Аристарх впервые (во всяком случае, публично) высказал гипотезу, что все планеты вращаются вокруг Солнца, причём Земля является одной из них, совершая оборот вокруг дневного светила за один год, вращаясь при этом вокруг оси с периодом в одни сутки (гелиоцентрическая система мира). Сочинения самого Аристарха на эту тему не дошли до нас, но мы знаем о них из трудов других авторов: Аэция (псевдо-Плутарха), Плутарха, Секста Эмпирика и, самое главное, Архимеда.

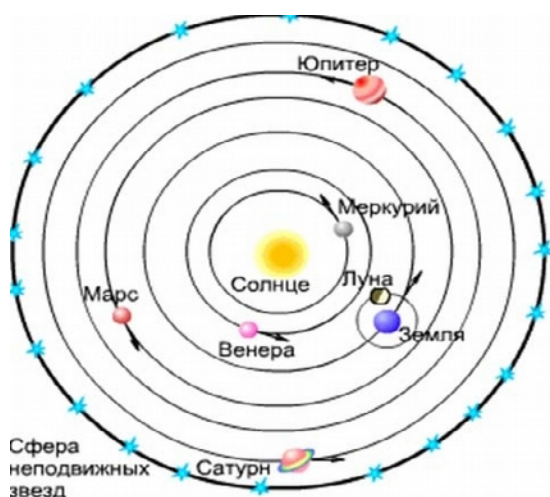


Рис. Гелиоцентрическая система Аристарха

Так, Плутарх в своём сочинении «О лике видимом на диске Луны» отмечает, что «сей муж [Аристарх

Самосский] пытался объяснять небесные явления предположением, что небо неподвижно, а земля движется по наклонной окружности [эклиптике], вращаясь вместе с тем вокруг своей оси».

А вот что пишет в своём сочинении «Исчисление песчинок» («Псаммит») Архимед:

«Аристарх Самосский в своих «Предположениях»... полагает, что неподвижные звёзды и Солнце не меняют своего места в пространстве, что Земля движется по окружности вокруг Солнца, находящегося в её центре, и что центр сферы неподвижных звёзд совпадает с центром Солнца».

Причины, заставившие Аристарха выдвинуть гелиоцентрическую систему, неясны. Возможно, установив, что Солнце гораздо больше Земли, Аристарх пришёл к выводу, что неразумно считать большее тело (Солнце) двигающимся вокруг меньшего (Земли), как считали его великие предшественники Евдокс Книдский, Каллипп и Аристотель. Неясно также, насколько подробно им и его учениками была обоснована гелиоцентрическая гипотеза, в частности, объяснял ли он с её помощью попятные движения планет. Впрочем, благодаря Архимеду мы знаем об одном важнейшем выводе Аристарха:

«Размер этой сферы [сферы неподвижных звёзд] таков, что окружность, описываемая, по его предположению, Землёй, находится к расстоянию неподвижных звёзд в таком же отношении, в каком центр шара находится к его поверхности».

Таким образом, Аристарх сделал вывод, что из его теории следует огромная удалённость звёзд (очевидно, по причине ненаблюдаемости их годичных параллаксов). Сам по себе этот вывод необходимо признать ещё одним выдающимся достижением Аристарха Самосского.

Трудно сказать, насколько широко были распространены эти взгляды. Ряд авторов (в их числе Птолемей в «Альмагесте») упоминают школу Аристарха, не приводя, правда, никаких подробностей. Некоторые историки астрономии приводят свидетельства о широком распространении гелиоцентризма среди древнегреческих учёных, однако большинство исследователей не разделяют это мнение.

Причины, по которым гелиоцентризм так и не стал базисом для дальнейшего развития древнегреческой науки, до конца не ясны.

По свидетельству Плутарха, «Клеанф полагал, что греки должны привлечь [Аристарха Самосского] к суду за то, что он будто двигает с места Очаг мира», имея в виду Землю. Диоген Лаэртский указывает среди сочинений Клеанфа книгу «Против Аристарха». Этот Клеанф был философом-стоиком, представителем религиозного направления античной философии. Последовали ли власти призыву Клеанфа, неясно, однако образованным грекам были известны судьбы Анаксагора и Сократа, подвергшихся гонениям по религиозным основаниям: Анаксагора изгнали из Афин, Сократ был вынужден выпить яд. Поэтому обвинения того рода, что были предъявлены Клеанфом Аристарху, отнюдь не были пустым звуком, и астрономы и физики, даже если и были сторонниками гелиоцентризма, старались воздерживаться от публичного обнародования своих взглядов, что и могло привести к их забвению.

Комментарий

Клеанф из Асса (ок. 331/330, Асс, Малая Азия — ок. 230 до н. э., Афины) — греческий философ-стоик, представитель Ранней (Древней) Стои, живший в середине III века до н. э., ученик Зенона Китийского после смерти которого — его преемник во главе стоической школы.

Глава 1-5-9

Гиппарх

Гиппарх (прибл. 190 до н. э. — прибл. 120 до н. э.) — древнегреческий астроном, механик, географ и математик II века до н. э., часто называемый величайшим астрономом античности. Главной заслугой Гиппарха считается то, что он привнёс в греческие геометрические модели движения небесных тел предсказательную точность астрономии Древнего Вавилона.



Рис. Гиппарх

Гиппарх родился в Никее (в настоящее время Изник, Турция). Большую часть жизни проработал на острове Родос, где он, вероятно, и скончался. Первое его астрономическое датировано 162 годом до н. э., последнее — 127 гг. до н. э. Предполагается, что он общался с астрономами Александрии и Вавилона, но

неизвестно, посещал ли он эти научные центры лично. Основными источниками информации о его трудах являются «Математическое собрание» Паппа, «География» Страбона и «Альмагест» Птолемея; последний оставил следующую характеристику Гиппарха: «муж трудолюбец и поклонник истины».

Из собственных сочинений Гиппарха до нас дошло только одно — «Комментарий к феноменам Евдокса и Арата» в трёх книгах. Речь идет о популярной астрономической поэме Арата, основанной на наблюдениях Евдокса. В трактате Гиппарха содержится критический комментарий к описаниям положений звёзд и созвездий на небе, о которых рассказано в поэме. Кроме того, приводится множество численных данных о восходах и заходах многих звёзд и отдельные их координаты. Исследование показывает их тесную связь со звёздным каталогом в «Альмагесте» Птолемея.

Другие трактаты Гиппарха «О длине года», «Об интерлакации месяцев и дней», «Об изменении солнцестояний и равноденствий» не сохранились. О них упоминается в «Альмагесте» Птолемея.

Звездный каталог Гиппарха

Первый в античной истории звёздный каталог в 296 — 272 гг. до н. э. составили в Александрии астрономы Аристил и Тимохарис. При измерении небесных координат они использовали экваториальные круги, разделенные на вавилонский манер на 60 частей. В качестве координат указывалась эклиптическая широта и эклиптическая долгота, отсчитываемая от ярких звёзд. Данные этих наблюдений использовали впоследствии Гиппарх и Птолемей для установления явления предварения равноденствий и уточнения его параметров.

Гиппарх продолжил работу Аристилла и Тимохариса по определению звёздных координат и составил первый в Европе звёздный каталог, включивший около 850 звёзд, с указанием их эклиптических координат. Кроме того, Гиппарх ввел систему звёздных величин: звёзды первой величины самые яркие и шестой — самый слабые,

видимые невооружённым взглядом. Эта система используется в настоящее время.

Плиний Старший писал, что непосредственным поводом к составлению каталога стало появление в 134 году до н. э. новой звезды в созвездии Скорпиона

«Он определил места и яркость многих звёзд, чтобы можно было разобрать, не исчезают ли они, не появляются ли вновь, не движутся ли они, меняются ли в яркости. Он оставил потомкам небо в наследство, если найдётся тот, кто примет это наследство».

Гиппарх допускал возможность собственных движений звёзд, что, само по себе, важное открытие. Но надо понимать, что это несовместимо с представлением о звёздах как о телах, закреплённых на одной сфере.

Звёздный каталог Гиппарха до нас не дошёл. Но есть основания считать, что каталог Птолемея, приведённый в «Альмагесте», в действительности является переделанным каталогом Гиппарха.

Прецессия

Между 162 и 128 гг. до н.э. Гиппарх наблюдал девять солнцестояний и сравнивал их результаты с данными наблюдений Аристарха, проводившихся за сто лет до Гиппарха. Он сделал вывод о том, что промежуток времени от одного солнцестояния (или равноденствия) до следующего такого же («тропический год») отличается от промежутка времени, по истечении которого Солнце занимает прежнее положение среди звезд (сидерический период обращения Солнца, или «звездный год»).

Это отличие Гиппарх объяснил смещением точки весеннего равноденствия вдоль эклиптики в сторону, противоположную движению Солнца. Это явление получило название прецессии («предварения»). Из-за прецессии каждый год равноденствия наступают раньше, чем в предшествующие годы.



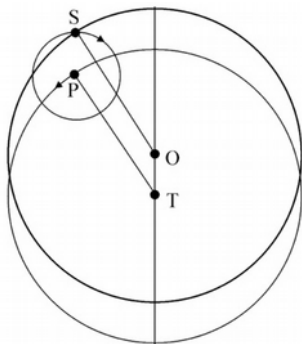
Рис. Экваториальное кольцо — инструмент, использовавшийся Гиппархом для наблюдения равноденствий. Тень от кольца падает на сам прибор только тогда, когда Солнце находится на экваторе (то есть в точках равноденствий).

Гиппарх сравнил определённые им координаты звезды Спика с измерениями александрийского астронома Тимохариса, которые были выполнены за полтора века до него, и показал, что изменение координат не связано с собственными движениями звёзд. Менялись только долготы звёзд (их угловые расстояния от точки весеннего равноденствия, отсчитываемые вдоль эклиптики), но не их широты (угловые расстояния от эклиптики). По Гиппарху, скорость прецессии составляет 1° в столетие (на самом деле, 1° за 72 года).

Орбита Солнца

Все теории движения небесных тел, созданные вавилонскими астрономами, рассматривали только их движения по небу, к тому же только в проекции на эклиптику (что было вполне достаточно, с точки зрения астрологии, для нужд которой эти теории создавались). Наоборот, астрономы Древней Греции стремились установить орбиты небесных тел в пространстве. Начиная с Аполлония Пергского, III век до н. э., они строили

The diagram illustrates a sphere with center O . A vertical line passes through O , with a point T located on the lower part of this axis. A line segment connects O and T . A small circle is shown tangent to the sphere at point S . This small circle also passes through a point P . Arrows indicate a path starting from T , passing through P , and ending at S .



Ещё Евктемон и позднее Каллипп установили, что продолжительность сезонов не одинакова: по собственным измерениям Гиппарха, более точным, чем у его предшественников, интервал между весенним равноденствием и летним солнцестоянием составил 94,5 дней, между летним солнцестоянием и осенним равноденствием — 92,5 дней. Поэтому согласно теории Гиппарха дневное светило равномерно движется по эпициклу, центр которого в свою очередь равномерно вращается по деференту. Периоды обоих вращений одинаковы и равны одному году, их направления противоположны, в результате чего Солнце равномерно описывает в пространстве окружность (эксцентр), центр которой не совпадает с центром Земли.

Ещё Евктемон и позднее Каллипп установили, что продолжительность сезонов не одинакова: по собственным измерениям Гиппарха, более точным, чем у его предшественников, интервал между весенним равноденствием и летним солнцестоянием составил 94,5 дней, между летним солнцестоянием и осенним равноденствием — 92,5 дней. Поэтому согласно теории Гиппарха дневное светило равномерно движется по эпициклу, центр которого в свою очередь равномерно вращается по деференту. Периоды обоих вращений одинаковы и равны одному году, их направления противоположны, в результате чего Солнце равномерно описывает в пространстве окружность (эксцентр), центр которой не совпадает с центром Земли.

Глава 1-5-10

Клавдий Птолемей

Клавдий Птолемей (около 100 г. — около 170 г.) — позднеэллинистический астроном, астролог, математик, механик, оптик, теоретик музыки и географ. Жил и работал в Александрии Египетской (достоверно — в период 127—151 гг., где проводил астрономические наблюдения). Клавдий Птолемей — одна из крупнейших фигур эллинизма. В астрономии Птолемею не было равных на протяжении целого тысячелетия — от Гиппарха (II в. до н. э.) до Аль-Бируни (X—XI вв. н. э.).



Рис. Клавдий Птолемей

История странным образом обошлась с личностью и трудами Птолемея. У современных ему авторов нет никаких упоминаний о его жизни и деятельности. В исторических работах первых веков нашей эры Клавдий Птолемей иногда связывался с династией Птолемеев, но

современные историки полагают это ошибкой, возникшей из-за совпадения имён (имя Птолемей было популярным на территории бывшего царства Лагидов). Римский номен (родовое имя) Клавдий (Claudius) показывает, что Птолемей был римским гражданином, и предки его получили римское гражданство, скорее всего, от императора Клавдия.

Главным источником сведений о жизни Птолемея стали его собственные работы. Его широкая эрудиция и активное использование им работ предшественников указывает на то, что он активно пользовался ресурсами Александрийской библиотеки.

Основной труд Птолемея — «Великое математическое построение по астрономии в тринадцати книгах» (или просто «Великое», по-гречески «Мэгисте»). У арабов название превратилось в «Альмагест». В средневековой Европе труд Птолемея стал известен под этим названием.

В Альмагесте Птолемей изложил астрономические знания древней Греции и Вавилона. Но главное, он продолжил исследования Гиппарха и впервые построил математическую теорию видимого неравномерного и весьма сложного движения всех подвижных небесных тел. При этом Птолемей сознательно не претендовал на раскрытие истинного положения вещей, а лишь ставил главную для греческой астрономии задачу — «спасти», т.е. отразить в теории известные тогда явления.

Птолемей проявил себя как умелый механик, поскольку сумел представить неравномерные движения небесных светил (с попятными движениями планет) в виде комбинации нескольких равномерных движений по окружностям (эпициклы, деференты, экванты).

О книге «Альмагест» рассказано в главе 5-1-11.

Другие астрономические труды Птолемея

Птолемей продолжал совершенствовать свою теорию. Новые астрономические таблицы на основе улучшенной теории и инструкции по их применению приведены в работе «Подручные таблицы». С их помощью можно было рассчитывать на любую дату положение планет и другие

астрономические явления. Форма таблиц оставалось стандартной в астрономии вплоть до нового времени.

В упрощённом изложении результатов «Альмагеста» в двух книгах под названием «Планетные гипотезы», полностью сохранившемся только в арабском переводе, видны результаты дальнейшего совершенствования астрономической теории. Именно в этой работе Птолемей пытается построить связную механическую картину мира, соответствующую абстрактным геометрическим моделям для разных светил. В работе разработаны новые методы определения размеров и расстояний до светил.

В небольшой работе «Фазы неподвижных звезд» в двух книгах, из которых сохранилась только вторая, Птолемей рассматривает вопрос о гелиакических восходах и заходах ярких звезд. Вторая книга представляет собой расчетный календарь таких событий на каждый день года для разных широт (климатов), с предсказанием связанных, по мнению разных авторов, погодных явлений.

В трактате «О планисфере», сохранившемся только в арабском переводе, Птолемей рассматривает вопрос о проекции кругов на небесной сфере на плоскость экватора. Это построение лежит в основе конструкции самого популярного средневекового астрономического прибора — плоской астролябии. Поскольку одним из главных назначений этого инструмента является определения времен восхода и захода светил, а Птолемей специально разбирает в трактате этот вопрос, возможно, ему принадлежит авторство прибора.

Трактат «Тетрабиблос» (Четырехкнижие) посвящён астрологии. Птолемей считает, что теория, позволяющая предвидеть поведение небесных тел, может быть с пользой использована для предсказания земных событий. Помимо астрологического материала в «Тетрабиблосе» Птолемей впервые высказал глубокую философскую идею несоизмеримости небесных движений и, следовательно, невозможности полного повторения событий.

Глава 1-5-11

«Альмагест»

Альмагест — «Великое построение» — классический труд Клавдия Птолемея, появившийся около 140 года и включающий полное изложение астрономических знаний Греции и Ближнего Востока того времени. На протяжении 13 столетий «Альмагест» был основой астрономических наблюдений.



Рис. «Альмагест»

Первоначально труд Птолемея был назван «Великое математическое построение по астрономии в 13 книгах». Позднее, возможно в III веке, он был назван «Великой книгой» в противоположность «Малой астрономии» — сборнику трудов, которые полагалось изучать после Начал Евклида, но перед трудом Птолемея. В позднюю античность на этот труд так же ссылались как на

«Величайшее сочинение». В Европе сочинение стало заново широко известно в эпоху Возрождения после обретения арабского перевода манускрипта — при переводе на арабский слово «величайшее» (др.-греч. мэγιστέ) стало «ал-маджисти», которое в свою очередь было переведено на латинский как «Альмагест», что в итоге и стало общепотребительным названием.

В «Альмагесте» детально изложена геоцентрическая система мира, согласно которой Земля покоится в центре мироздания, а все небесные тела обращаются вокруг неё. Математическую основу этой модели разработали Евдокс Книдский, Гиппарх, Аполлоний Пергский и сам Птолемей. Наблюдательной основой послужили астрономические таблицы Гиппарха, в свою очередь опиравшегося на записи вавилонских астрономов.

Математические основания астрономии

В первых двух книгах «Альмагеста» изложены математические основания астрономии. При этом в первой книге Птолемей приводит ключевые положения, на которых строится его система:

- Небосвод представляет собой вращающуюся сферу.
- Земля является шаром, помещённым в центре мира.
- Земля может считаться точкой по сравнению с расстоянием до сферы неподвижных звёзд.
- Земля неподвижна.

Птолемей обосновывает эти положения опытными фактами и критикует альтернативные подходы.

Далее излагается математическая теория движения светил — улучшенная теория Гиппарха (хотя теорию прецессии Птолемей скорее ухудшил, используя менее точные данные). Каждая планета, согласно Птолемею, равномерно движется по кругу (эпициклу), центр которого, в свою очередь, движется по другому кругу (деференту). Это позволяет объяснить видимую

неравномерность движения планет и, до некоторой степени, изменение их яркости.

Теория движения Луны и Солнца

В третьей книге излагается — целиком по Гиппарху — теория движения Солнца.

В книгах четвёртой, пятой и шестой Птолемей существенно развивает гиппархову теорию движения Луны. Он усложняет модель Гиппарха, в которой движение Луны объяснялось лишь движением по эксцентрику, и вводит ещё дополнительный эпицикл, а центр лунного деферента-эксцентрика заставляет обращаться вокруг Земли. Сверх того, Птолемей вводит колебательное движение лунного эпицикла — «просневзис». Всё это позволило предвычислить положения Луны с погрешностью менее $10'$ — неслыханная по тем временам точность! Однако, согласно теории Птолемея, расстояние до Луны и её видимый размер должны были сильно меняться, чего реально не наблюдается.

В «Альмагесте» содержится описание открытого Птолемеем явления эвекции — отклонения движения Луны от точного кругового.

В книгах VII и VIII содержится звёздный каталог Гиппарха, дополненный самим Птолемеем и другими александрийскими астрономами; число звёзд в каталоге увеличено до 1022 (у Гиппарха их было 850). Положения звёзд из каталога Гиппарха Птолемей, по-видимому, скорректировал, приняв для прецессии неточное значение 1° в столетие (правильное значение $\sim 1^\circ$ за 72 года), в результате данные о положении звёзд оказались приведёнными на 60 год н. э., а вовсе не на 137 год н. э., как утверждает сам Птолемей. Систематическая ошибка координат связана также с тем, что Птолемей считал наклон эклиптики равным $11/83$ полуокруга, то есть 23.855, а в предполагаемый период составления каталога

он был на $10'.5$ меньше. Величина деления измерительных приборов Птолемея не превосходила $10'$. Однако средняя случайная ошибка измерений широт составляет около $20'$. А долгот несколько больше.

Внося дополнения в каталог Гиппарха, Птолемей опирался и на результаты собственных наблюдений. В «Альмагесте» описаны астрономические инструменты, которыми он пользовался: армиллярная сфера — инструмент для определения эклиптических координат небесных тел, трикветрум для измерения угловых расстояний на небе, диоптр для измерения угловых диаметров Солнца и Луны, квадрант и меридианный круг для измерения высоты светил над горизонтом, и равноденственное кольцо для наблюдения времени равноденствий.

Только в XV веке появился другой звёздный каталог (Улугбека), основанный на оригинальных наблюдениях, хотя по точности измерений не превосходивший «Альмагест». Первый европейский высокоточный каталог опубликовал Тихо Браге (каталог Коперника был ещё основан на данных «Альмагеста»).

Теория движения планет

Последние пять книг «Альмагеста» содержат главный вывод Птолемея — первую в истории астрономии полную и весьма точную теорию движения планет. Сложные неравномерные петлеобразные видимые движения планет на небе он разложил на простые круговые и равномерные, представив их как результат суперпозиции движений по эксцентрикам, эпициклам и деферентам; Птолемей вводил и широтные колебания орбит.

Наиболее эффективной оказалась одна особая деталь в модели Птолемея. Центр деферента для каждой планеты не только не совпадал с центром Земли (такие эксцентрики были уже в моделях Гиппарха); у Птолемея движение по деференту не было равномерным относительно центра деферента — равномерным оно представлялось лишь из особой точки, располагавшейся

симметрично с центром Земли относительно центра деферента.

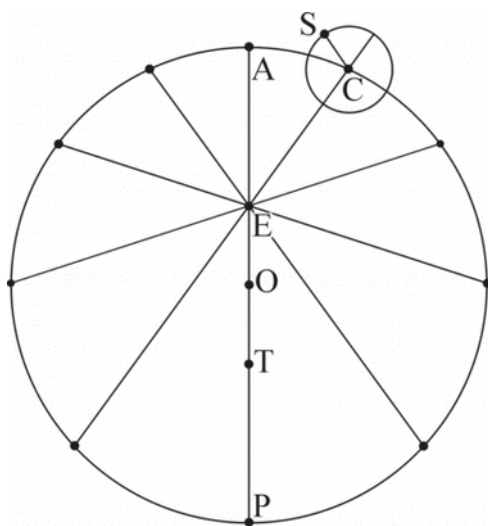


Рис. Теория бисекции эксцентриситета, положенная в основу теории движения планет «Альмагеста». Точки на окружности показывают положения планеты через равные промежутки времени. О — центр деферента, Т — Земля, Е — точка экванта, А — апогей деферента, Р — перигей деферента, S — планета, С — средняя планета (центр эпицикла)

Такая «уравнивающая» движение точка была так и названа «уравнивающей» (по-гречески «эквант»). Введение экванта обеспечивало весьма хорошее совпадение теории Птолемея с наблюдениями (ошибка в определении положения планет не превышала 10'), хотя и выглядело как явное отступление от аристотелевских принципов разложения небесных движений на равномерные круговые движения.

Глава 1-5-12

Влияние Клавдия Птолемея на развитие науки

Система Птолемея была общепринятой в западном и арабском мире до создания гелиоцентрической системы Николая Коперника.

Благодаря обобщающему и фундаментальному подходу, книги Птолемея вытеснили из научного оборота большинство работ предшественников, которые затем оказались утраченными. Некоторые из них известны нам лишь по ссылкам самого Птолемея.

Таков был общий подход к науке в те годы. Взять у предшественников лучшее, чтобы сделать следующий шаг в развитии науки. Отмечу, что сведений о биографиях Гиппарха и Птолемея сохранилось очень мало. Но это касается и остальных античных ученых.

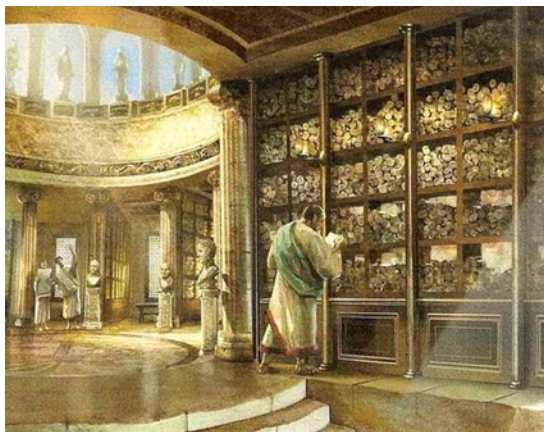


Рис. В Александрийской библиотеке

По косвенным данным, Птолемей много времени проводил в Александрийской библиотеке, где смог познакомиться с трудами лучших мыслителей Греции и Александрии. От него требовалось отобрать лучшее (что, согласитесь, сделать нелегко), оставить то, что могло помочь ему в его работе (за что его упрекали) и суметь развить идеи дальше. С чем он блестяще справился.

Птолемей значительно усовершенствовал главный математический аппарат астрономии — сферическую тригонометрию. Таблицы хорд (синусов), вычисленные им, использовались потом в течение столетий.

В своей теории Птолемею удалось реализовать поразительную по глубине мысль Платона — объяснять сложные явления методом разложения их на простые правильные элементы, делающие эти явления доступными для описания на языке математики (которую в дальнейшем два других гения — Леонардо да Винчи и за ним Галилей назовут «языком Природы»).

Эта идея — изучать сложное путем разложения на простые элементы — дожила до наших дней и продолжает «работать». Однако довольно скоро стала понятна и ее ограниченность в применении к астрономии. Простые, удобные и стандартные математические подходы помогают решить конкретную задачу, но затеняют смысл происходящих явлений. Математика побеждает физику. Неоправданно широкая экстраполяция частного вида движения была отвергнута дальнейшим ходом развития науки (уже к началу XVII в.). Под давлением фактов сам Птолемей был вынужден ввести эквант. Так в недрах геоцентрической теории по мере ее совершенствования закладывались предпосылки ее будущего краха.

Теория Птолемея получила широкую известность и произвела глубокое впечатление не только на его современников. Начиная с III в. и в последующие столетия ее многократно комментировали и изучали в учебных заведениях. Попав (еще до гибели Александрийского научного центра в VII в.) в Индию, а оттуда, к VIII в., к арабским астрономам и математикам, «Альмагест» в арабском переводе достиг в IX в. Средневековой Европы.

Здесь препарированная христианскими богословами и превращенная в догму система мира Птолемея — Аристотеля безраздельно господствовала вплоть до XVI в., став идеологическим тормозом для научного прогресса.

Напротив, математическая, вычислительная часть теории Птолемея, опиравшаяся на точные наблюдения за огромный период (вавилонских, начиная с VII в. до н. э., Гиппарха, ряда александрийских астрономов и самого Птолемея), позволила впервые создать достаточно точные астрономические таблицы положений светил в тот или иной момент времени (эфемерид). При дальнейшем совершенствовании теории (с помощью добавления новых эпициклов, что, конечно, усложняло ее) создававшиеся на ее основе таблицы обслуживали практическую астрономию на протяжении почти полутора тысяч лет. В этом отношении теория Птолемея способствовала развитию мореходства и торговли и в значительной мере стимулировала и обеспечила великие географические открытия XV—XVI вв.

Великая эпоха древнегреческой астрономии, длившаяся почти тысячу лет, закончилась с наступлением узаконенного в Риме в 311 году прежде гонимого христианства. Попытки сохранить в последнем оплоте древнегреческой науки — Александрии идеи античной и эллинистической натурфилософии (движение неоплатоников) закончились гибелью в 415 году от рук религиозных фанатиков первой известной женщины — астронома и философа, защитника неоплатонизма Гипатии.

Комментарий

Эквант используется в геоцентрической системе мира Птолемея. Это точка, из которой движение планеты выглядит равномерным, при этом она не совпадает с геометрическим центром траектории планеты.

Глава 1-5-13

Гибель Александрийской библиотеки

Современные историки затрудняются назвать главную причину гибели Александрийской библиотеки. Известны несколько событий, после которых уничтожались книги из ее фонда.

В 48—47 годах до н. э. Юлий Цезарь воевал в Египте, вмешавшись в династическую войну между Клеопатрой и её братом Птолемеем XIII Дионисом. В результате военных действий в городе и библиотеке случился большой пожар, и часть книг сгорела. Античные авторы, описывая эти события, противоречат друг другу. Сенека утверждает, что погибло 40 000 книг, в то время как Павел Орозий приводит число в 400 000 книг. Но Дион Кассий заявил, что сгорели верфи, склады с хлебом и с книгами (вероятно, предназначенными к отправке в Рим), но не библиотека. Плутарх сообщает, что Марк Антоний пополнил пострадавшие фонды за счёт другой крупнейшей библиотеки эллинистического мира — Пергамской.

Около двух столетий Александрийская библиотека существовала в относительно спокойной обстановке. У Светония в биографии Клавдия содержится фрагмент, в котором тот повелел пристроить к Музею новое здание для переписывания и публичного чтения собственных сочинений императора. Из этого некоторые авторы делают вывод, что упадок библиотеки уже начался. В то же время, у Светония сообщается, что после того, как римская императорская библиотека пострадала от пожара, Домициан отправил в Александрию специалистов для копирования и сверки утраченных текстов. Р. Бэгналл предположил, что в римскую эпоху библиотека утратила свой религиозный статус и была переориентирована на нужды системы образования.

Во II веке Александрию посетил император Адриан, назначивший в Музей нескольких новых членов. Есть основания полагать, что эту политику продолжили его преемники Антонин Пий и Марк Аврелий. Однако, с началом кризиса Римской империи, в 216 году император Каракалла отдал Александрию на разграбление своим солдатам, что также могло повредить сохранности книг. При нём же понизился статус хранителей Музея и библиотеки, они потеряли ряд привилегий, восходящих ещё к эпохе Александра Македонского.

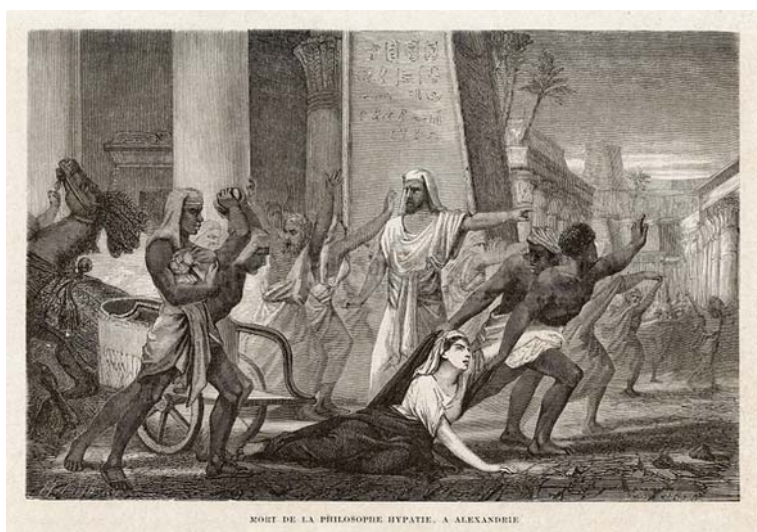


Рис. Гибель Гипатии

Главная библиотека вероятнее всего погибла в 273 году, когда император Аврелиан разрушил и сжёг Брухейон при взятии Александрии, подавляя мятеж царицы Зенобии; часть библиотеки, хранившаяся при храме Сераписа, была утрачена, вероятно, позднее. Время окончательной гибели библиотеки точно не установлено.

В 391 году в Александрии произошли волнения и конфликт между язычниками и христианами. Существуют различные версии возникновения и течения конфликта. В конце концов патриарх Феофил Александрийский получил от императора Феодосия I разрешение на уничтожение языческих храмов, что повлекло разрушение Серапеума. Церковный историк Сократ Схоластик описывал это так:

«Опираясь на такое полномочие, Феофил употребил всё, чтобы покрыть бесславием языческие таинства: он срыл капище митрийское, разрушил храм Сераписа... Видя это, александрийские язычники, а особенно люди, называвшиеся философами, не перенесли такого оскорбления и к прежним кровавым своим делам присовокупили ещё большие; воспламенённые одним чувством, все они, по сделанному условию, устремились на христиан и начали совершать убийства всякого рода. Тем же со своей стороны платили христиане...»

Вероятно, во время этих событий погибли находившиеся в храме книги.

Известно, что Мусейон и библиотека в какой-то форме существовали и позднее событий 391 года; в частности, одним из последних известных интеллектуалов, работавших там, был математик и философ Теон Александрийский, скончавшийся около 405 года.

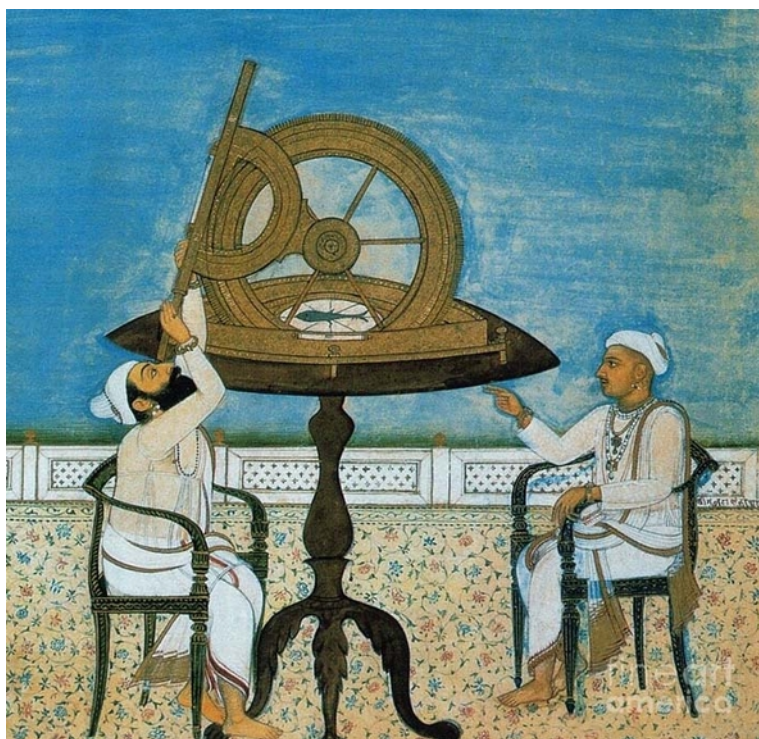
В труде *Chronicon Syriacum* сирийского епископа XIII века Григория Бар-Эбрей сообщается, что уцелевшие остатки рукописей погибли в VII—VIII веках при господстве арабов-мусульман, однако достоверных сведений об этом нет. Широко известно следующее предание: халиф Умар ибн аль-Хаттаб в 641 году дал повеление полководцу Амру ибн аль-Асу сжечь Александрийскую библиотеку, сказав при этом: «Если в этих книгах говорится то, что есть в Коране, то они бесполезны. Если же в них говорится что-нибудь другое, то они вредны. Поэтому и в том и в другом случае их надо сжечь».

Российский историк-арабист О. Г. Большаков комментировал это так:

«Специалисты хорошо знают, что это всего лишь благочестивая легенда, приписывающая Умару «добродетельный» поступок — уничтожение книг, противоречащих Корану, но в популярной литературе эта легенда иногда преподносится как исторический факт. Однако ни Иоанн Никиусский, немало сообщающий о погромах и грабежах во время арабского завоевания, ни какой-либо другой христианский историк, враждебный исламу, не упоминает пожара библиотеки».

Таким образом, сложно приписать утрату библиотеки конкретному событию или же обвинить в ней исключительно язычников, христиан или мусульман. Споры об этом — многовековая традиция. В частности, Плутарх винил Цезаря, Эдуард Гиббон — христиан, Григорий Бар-Эбрей — мусульман, а авторы современной Британской Энциклопедии возложили основную вину на Аврелиана. С точки зрения Р. Бэгнолла, упадок и гибель Александрийской библиотеки было длительным процессом, естественным в своей основе. С упадком классической филологии и отсутствии интереса у властей, не оказывалось средств для восстановления обветшавших свитков, которые требовали постоянного обновления. В античности папирусные книги-свитки старше 200 лет считались большой редкостью.

Так закончилась эпоха древнегреческой философии.



Часть 6

Астрономия Средневекового Востока
(V—XV вв.)

Оглавление

Глава 1-6-1 (книга-часть-глава)

Астрономия в средневековой Индии (V—VII вв.)

Глава 1-6-2. Контакты индийской и арабской астрономии

Глава 1-6-3. Ариабхата

Глава 1-6-4. Брахмагупта

Глава 1-6-5. Астрономия в странах ислама

Глава 1-6-6. Астрономические таблицы (зиджи)

Глава 1-6-7. Аль-Хорезми

Глава 1-6-8. Аль-Фергани

Глава 1-6-9. Мухаммад аль-Баттани

Глава 1-6-10. Абдуррахман ас-Суфи

Глава 1-6-11. Ибн Юнус

Глава 1-6-12. Аль-Бируни

Глава 1-6-13. Насир ад-Дин Туси

Глава 1-6-14. Улугбек

Глава 1-6-15.

Основные достижения мусульманских астрономов

Глава 1-6-16.

Натуральная философия мусульманских астрономов

Глава 1-6-17. «Андалусийский бунт»

Глава 1-6-18. «Марагинская революция»

Глава 1-6-19. Выход за пределы геоцентризма

Глава 1-6-20. Обсерватории в мусульманских странах

Глава 1-6-21. Астрономические инструменты

Глава 1-6-22. Закат астрономии в странах ислама

Глава 1-6-1

Астрономия в средневековой Индии (V—VII вв.)

Научные сочинения древних греков попадали на Восток различными способами. После военных завоеваний как трофеи или во время торгового и культурного обмена. В первую очередь были усвоены более понятные переводчикам и не связанные с идеологией и мировоззрением математические труды или части астрономических сочинений (как это и произошло при освоении «Альмагеста»). Именно на основании древнегреческого наследия развивалась в средние века астрономия на ближнем, среднем и дальнем Востоке (исключение составлял более изолированный Китай).

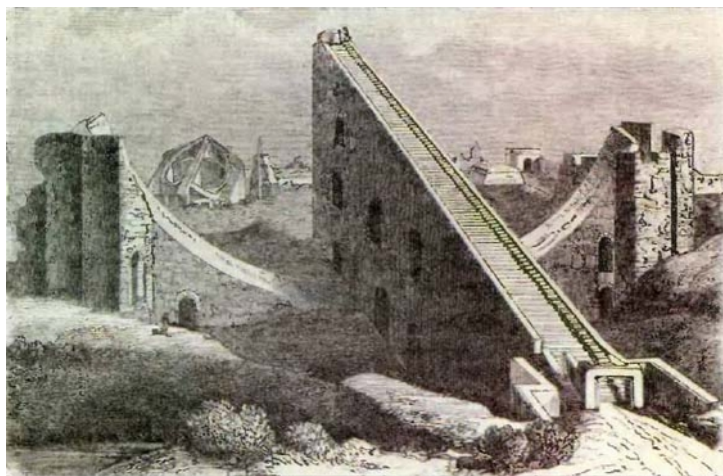


Рис. Обсерватория в Индии

Знакомство индийцев с греческой астрономией произошло в эллинистическую эпоху. Центром активных торговых и культурных контактов Индии с эллинистическим миром в первые века н. э. было побережье Западной Индии и примыкавшие к нему области. Около 150 года н. э. Яванешвара, учёный грек, живший при дворе Рудрадамана I, царя династии Западных Кшатрапов, перевёл с греческого языка на санскрит трактат по гороскопической астрологии. В Индии этот трактат стали называть «Явана-джиттакой» — «Греческой джиттакой». Около 270 года Спхуджидхваджа переложил «Явана-джиттаку» в стихи, и именно это переложение дошло до наших дней.

Трактаты, излагающие новую научную астрономию, основанную на перенятых у греков идеях, стали называться сиддхантами. Варахамира, живший в VI веке, перечисляет пять сиддхانت, имевшихся в его распоряжении: «Пайтамаха-сиддханту», «Васиштха-сиддханту», «Паулиша-сиддханту», «Ромака-сиддханту», «Сурья-сиддханту».

В первых двух сиддхантах расчёты движения небесных тел сделаны с использованием вавилонской техники — зигзагообразных функций, которую переняли греческие астрономы.

В остальных трёх сиддхантах используется модель движения планет по эпициклам, разработанная Аполлонием и Гиппархом. Однако уточнённые схемы, развитые позднее Птолемеем, индийскими астрономами не применялись.

«Паулиша-сиддханта» названа по имени некоего Павла, которого иногда отождествляют с астрологом Павлом Александрийским, а «Ромака-сиддханта» называется «римской».

По мнению Варахамиры, самой точной является «Сурья-сиддханта». Эта сиддханта неоднократно комментировалась и сохранилась в нескольких редакциях, заметно различающихся между собой. Она состоит из 14 разделов, в которых изучаются вопросы, связанные со средним движением и истинным

положением планет, лунными и солнечными затмениями, определением направления, места и времени, нахождением одинакового положения планет и созвездий, изучением астрономических приборов и инструментов, рассмотрением ряда географических проблем.

Первыми индийскими астрономами, чьи сочинения дошли до нас целиком, были Ариабхата (476 — 550 гг.) и его младший современник Варахамхира (505 — 587 гг.). Они работали в Удджайне, столице Империи Гупта, в эпоху наибольшего расцвета индийской культуры.

Особенностью средневековой индийской космической натурфилософии было сформировавшееся в ней (быть может, под влиянием Вавилонской астрологии) представление о «великих периодах» существования и развития Вселенной — «югах», от наименьшего в 432 тыс. лет до наибольшего — 4 320 000 000 лет («день Брахмы» - период между творением и гибелью очередного мира, с последующим рождением нового и полным повторением всех событий в нем). Это переключается с «Великим годом» пифагорейцев, орфиков, стоиков в Древней Греции и с вавилонским периодом суммарного правления всех вавилонских царей «до потопа» = 120 сар (где SAR = 60 x 60 — 3 600 лет), то есть 432 000 лет! Этот последний отрезок времени был введен вавилонским астрологом Бероссом, учившим греков астрономии (и, видимо, астрологии) в III в. до н. э. Представления о цикличности развития мира стали основой гороскопической астрологии.

Материалистическое натурфилософское учение «санкхья» внесло в космолого-космогоническую картину интересную с современной точки зрения идею существования материи в двух принципиальных формах — непроявленной (авьякта — некий принцип материальности, который присутствует в каждой вещи) и проявленной (вьякта, представленная миром конкретных вещей). Учение санкхья и близкое к нему — локаята были созвучны идеям Левкиппа, Демокрита, Эпикура, Лукреция Кара. Но в целом в Средневековой Индии преобладало идеалистическое учение веданта, и даже учение санкхья в

конце средних веков включило признание Бога. Видимо, и здесь сказалось давление укреплявшейся государственной религии Индии — буддизма.

Индийские учёные усвоили достижения греческой науки и внесли в развитие математической астрономии свой собственный вклад. В тригонометрических расчётах сферической геометрии они перешли от хорд, которыми пользовались греки, к синусам. Синус был введён уже в «Сурье-сиддханте». В «Ариабхатии» Ариабхаты дано определение синуса и приведена таблица с шагом $3^{\circ}45'$.

Индийские астрономы успешно решали задачи сферической тригонометрии. Они использовали методы, которые были близки методам из «Аналеммы» Птолемея, и в результате получили набор вычислительных правил, позволявших решить любую задачу сферической астрономии. С их помощью такая задача сводилась, в конечном счёте, к сравнению подобных плоских прямоугольных треугольников между собой. При решении нередко применялась теория квадратных уравнений и метод последовательных приближений.

Комментарий

Защищая традиционные воззрения, Варахамихира возражает против теории своего современника Ариабхаты о том, что вращение небес — только кажущееся, и является следствием вращения Земли вокруг своей оси:

«Земной шар, составленный из пяти элементов, висит в пространстве в середине звёздной сферы, как кусок железа между двумя магнитами. Закреплённая в полюсах, звёздная сфера движется ветром правахи. Некоторые говорят, что Земля вращается, как если бы она находилась в токарном станке, а не в сфере; но в таком случае соколы и другие не могли бы вернуться из эфира к своим гнёздам. А ещё, если бы Земля вращалась за один день, флаги и схожие с ними предметы, вынуждаемые к этому быстротой вращения, постоянно были бы направлены на запад. А если Земля вращается медленно, как она успевает совершить оборот?

Глава 1-6-2

Контакты индийской и арабской астрономии

Во второй половине VIII века с индийскими сочинениями по астрономии познакомилась арабская астрономия. По легенде, один из членов посольства Индии к халифу ал-Мансуру, индийский учёный по имени Канка (или Манка), привёз с собой в Багдад сочинение Брахмагупты, «Брахма-спхута-сиддханту». Его перевод с санскрита на арабский язык выполнил один из виднейших представителей багдадской школы того времени, Мухаммад ибн Ибрахим ал-Фазари. На основе этого перевода был составлен зидж, получивший название «Большой Синдхинд» и сыгравший важную роль в распространении индийских астрономо-математических методов.

Важные сведения о том, как происходила передача научных сведений в классическую эпоху, содержатся в сочинениях Абу Райхана Беруни. Он сам в период с 1017 по 1030 год провёл много лет в Индии, досконально изучил индийскую науку, многое перевёл с санскрита на арабский язык, равно как и с арабского языка на санскрит. Бируни в «Индии» даёт современной ему индийской астрономии такие характеристики:

«Астрономия — самая знаменитая наука среди индийцев вследствие того, что с ней связаны дела их религии. Тот из них, кто не знает астрологии, не может быть назван астрономом только на том основании, что он знаком с математической астрономией.

То, что говорится о мироздании в религиозных книгах индийцев и пуранах — книгах преданий, целиком противоречит тому, что астрономы считают несомненной истиной. Однако люди нуждаются в этих книгах при соблюдении обрядов, и благодаря им, массы простого

народа вынуждены руководствоваться астрономическими расчётами и астрологическими предостережениями. Поэтому они проявляют благосклонность к астрономам, любят говорить об их достоинствах, считают за счастливое предзнаменование встречу с ними и выражают твердую уверенность в том, что они станут обитателями рая и ни один из них не попадёт в ад. А астрономы воздают им за это тем, что объявляют правдивыми их представления и к ним приноравливаются, хотя большая их часть противоречит истине, и снабжают их теми, какие требуются народу. По этой причине с течением времени оба вида представлений перемешались; и в результате изложение их астрономов очень путаное, в особенности у подражателей, которые передают основы с чужих слов и не идут путём исследования, а таких авторов — большинство».

Наиболее знаменитыми индийскими учеными Средневековья были Ариабхата (ок. 476 — ок. 550 гг.) и Варахамихира (505 — 587 гг.) — авторы двух энциклопедических сочинений по астрономии, соответственно, «Ариабхатия» (499 г.) и «Панчасиддхантика», а также Брахмагупта (598 — ?), с именем которого связывают появление в Индии идеи тяготения. Они передавали в своих сочинениях в основном сведения из «Альмагеста». Оригинальным же в работах индийцев было значительное развитие математического аппарата астрономии, особенно тригонометрии. Через них теоретическая астрономия Гиппарха-Птолемея дошла до арабов и среднеазиатских астрономов.

Глава 1-6-3

Ариабхата

Ариабхата (476 – 550 гг.) — индийский астроном и математик. Его деятельность открывает «золотой век» индийской математики и астрономии. Долгое время его путали с учёным того же имени, жившим на четыре века позднее; сейчас последнего называют Ариабхата II.

Достоверных сведений об Ариабхате практически не сохранилось. Надёжно установленным можно считать только год рождения учёного, поскольку на него довольно ясно указал сам Ариабхата в десятой строфе своего трактата «Ариабхатия», сообщив, что ему было двадцать три года, когда он создал его.

Наиболее вероятно, Ариабхата происходил из северо-западной Индии, из царства Ашмака, располагавшегося на границе современных индийских штатов Гуджарат и Махараштра. Для продолжения образования он переехал в царство Магадха, в столице которой находился крупнейший «университет» того времени — буддистский монастырь Наланда. Здесь он провёл долгие годы, написал свои основные труды, и не исключено, что некоторое время возглавлял учебную часть монастыря.

Ариабхатия

Из сочинений, написанных Ариабхатой, известны названия двух — «Ариабхатия» (499 год) и «Ариабхата-сиддханта», но сохранился текст лишь одного — «Ариабхатии». Оно состоит из четырёх частей, изложенных в стихотворной форме в 123 шлоках (стихах): дашагитика (система чисел, астрономические константы и таблица синусов), ганитапада (математика), калакрия (календарь, расчёты соединений планет и обращений по эпициклам), голапада (основы сферической астрономии и расчёты затмений).

Изложение Ариабхаты — краткое до чрезвычайности. По форме это стихотворный текст, содержащий основные правила, к которым дополнительно требуется устный комментарий учителя.

Ариабхата написал свой трактат, когда ему было всего 23 года. Крайне маловероятно, что ему принадлежат все те результаты, о которых он пишет. Скорее всего, мы имеем здесь дело с достаточно глубокой традицией, от которой до нас почти ничего не дошло. Впрочем, некоторые результаты, приводимые Ариабхатой, содержатся в несколько более ранних индийских астрономических сочинениях — сиддхантах, восходящих к аналогичным сочинениям древнегреческих астрономов. С другой стороны, несомненно, что именно труд Ариабхаты своевременно разяснял и устранял противоречия в астрономических вычислениях, проводившихся до него согласно пяти авторитетнейшим сиддхантам: «Сам Бог Солнца явился в образе Ариабхаты, искусного в астрономических стихах».

«Ариабхатия» оказала огромное влияние на всё последующее развитие математики и астрономии в Индии и положило начало новой научной традиции в этой стране. В середине VIII века трактат Ариабхаты перевёл на арабский язык багдадский астроном Абу'л-Хасан Ахвази (830 год), применявший «систему Ариабхаты» в своих расчётах; ссылка на этот перевод великого учёного ал-Бируни впоследствии сделала Ариабхату известным и европейским учёным.

Астрономия Ариабхаты имеет много общего с более ранней «Сурьей-сиддхантой». Его система мира — это доптолемеева древнегреческая модель с движением планет по эпициклам. Но он предложил планетарную модель, в которой планеты движутся по эллиптическим орбитам, а не круглым.

Ариабхата выразил догадку, что вращение небес — только кажущееся, и является следствием вращения Земли вокруг своей оси. По его расчета диаметр Земли равен 13440 км, а отношение диаметров Земли и Луны равно $10/3$.

Глава 1-6-4

Брахмагупта

Брахмагупта (ок. 598 — 670) — индийский математик и астроном. Руководил обсерваторией в Удджайне. Оказал существенное влияние на развитие астрономии в Византии и исламских странах, стал использовать алгебраические методы для астрономических вычислений, ввёл правила операций с нулём, положительными и отрицательными величинами. До нашего времени сохранилось его основное сочинение «Брахма-спхута-сиддханта» («Правильно изложенное учение Брахмы», или «Разъяснение совершенной системы Брахмы»). Большая часть сочинения посвящена астрономии, две главы (12-я и 18-я) — математике.

Брахмагупта родился в Бхилламале в штате Раджастан Северо-Западной Индии приблизительно в 598 году. Это следует из книги «Брахма-спхута-сиддханта», в которой он сообщает, что написал этот текст в возрасте 30 лет в 628 году.

Вероятно, он прожил большую часть жизни в Бхинмале, поэтому его именуют Бхилламалачарья (учитель из Бхилламалы). Браhmaгупта был руководителем астрономической обсерватории в Удджайне. Обсерватория, в которой также работал Варахамихира, была лучшей в древней Индии.

На исследования Браhmaгупты оказали серьёзное влияние его религиозные взгляды. Будучи правоверным индуистом, он критиковал космологические воззрения некоторых его современников, в частности точку зрения Ариабхаты, утверждающего что Земля есть вращающаяся сфера. Браhmaгупта спорил с Ариабхатой и о природе солнечных затмений:

«Среди людей есть такие, которые думают, что затмения вызываются не Головой [дракона Раху]. Это

абсурдное мнение, ибо это она вызывает затмения, и большинство жителей мира говорят, что именно она вызывает их. В Ведах, которые есть Слово Божие, из уст Брахмы говорится, что Голова вызывает затмения. Напротив того, Ариабхата, идя наперекор всем, из вражды к упомянутым священным словам утверждает, что затмение вызывается не Головой, а только Луной и тенью Земли... Эти авторы должны подчиниться большинству, ибо всё, что есть в Ведах — священо».

Работы Брахмагупты содержат многочисленные критические замечания в адрес современных ему астрономов, а содержание «Брахма-спхута-сиддханты» свидетельствует о расколе среди индийских математиков того времени. Разногласия были обусловлены в значительной степени выбором астрономических параметров и теории. Критика теорий оппонентов Брахмагупты содержится в первых двенадцати главах «Брахма-спхута-сиддханты» и отсутствует в тринадцатой и восемнадцатой главах.

Вторая работа Брахмагупты, «Кхандакхадьяка» (A Piece Eatable), была написана в 665 году. Она состоит из 8 глав. В этой работе Брахмагупта уточнил и упростил ряд астрономических расчётов, пользуясь во многом системой, предложенной Ариабхатой. Кроме того, она включает интерполяционную формулу для вычисления синусов. В VIII веке Кхандакхадьяка была переведена на арабский язык под названием «Арканд».

Комментарии к Кхандакхадьяке были написаны в 864, 966, 1040, 1180 годах, некоторые из них не сохранились. Сама книга была напечатана в Калькутте в 1925 и 1941 годах. Перевод на английский язык осуществил Прабодх Чандра Сенгупта в 1934 году.

Арабский учёный Аль-Бируни в своей книге «Китаб аль-Хинд» (около 1035 года) проанализировал и описал идеи индийских астрономов. В своей работе он ссылается на Брахмагупту как самый крупный авторитет.

Глава 1-6-5

Астрономия в странах ислама

Новый всплеск развития культуры произошел на сравнительно близких к Византии территориях в VIII веке и последующих столетиях. Появилось новое государство, — Арабский халифат, — созданное народами, населявшими Аравийский полуостров, — арабами. В южной части полуострова еще до VI века существовало государство с интенсивным сельским хозяйством и ремеслами, торговавшее со Средиземноморьем и Индией. Еще в IV веке в Китае и на Цейлоне существовали арабские колонии.

Важным обстоятельством, послужившим в дальнейшем развитию астрономии, была потребность в ориентации во время дальних морских путешествий. Арабские мореходы были знакомы со звездным небом и движением светил. Из названия звезд и астрономических терминов многие (более двухсот) имеют арабское происхождение.

После распада Арабского халифата во вновь возникших государствах: Кордовском халифате, империях Саманидов, Караханидов, Газневидов, Тимуридов, Хулагуидов занятия астрономией были продолжены. Сочинения исламских астрономов были, как правило, написаны на арабском языке, который может считаться международным языком средневековой науки. По этой причине астрономия исламского Средневековья называется ещё арабской астрономией, хотя в её развитие внесли вклад не только арабы, но и представители практически всех народов, проживавших на этой территории. Главным источником арабской астрономии была астрономия Древней Греции, а на ранних стадиях развития — также Индии.

В странах Халифата большое значение уделялось образованию, которое было преимущественно

религиозным. Помимо школ (медресе) основывались университеты — в Кордове (755 г.), Багдаде (795 г.), Каире (972 г.). В IX — X веках в них стали изучаться и светские науки — математика, астрономия, медицина и другие. Уже в VIII веке в халифате производилась бумага.

На развитие астрономии в исламском мире благотворно сказалось расширение математических знаний путем использования достижений индийской науки, применения позиционной системы записи чисел и арабских цифр, что сильно упрощало вычисления. В 830 г. Аль-Хорезми написал одно из первых математических сочинений, от наименования которого, содержавшего арабское слово «аль-джабр», возникло слово «алгебра». Ему же принадлежит перевод индийских таблиц, содержащих положения светил и отличающихся высокой точностью. Такие таблицы применялись для уточнения календаря и в астрологических целях.

Один из первых багдадских халифов аль-Мансур собрал вокруг себя ученых с Запада и из Индии, и по его приказу в последней четверти VIII в. были переведены на арабский язык индийские сиддханты Ариабхаты и Брахмагупты.

При его сыне аль-Мамуне в Багдаде была создана своего рода академия наук — «Дом мудрости». В Багдад из всех областей халифата были собраны выдающиеся учёные, многие из которых являлись уроженцами Средней Азии и Ирана.

При Доме мудрости существовала библиотека «Хизанат аль-хикма». Одной из важнейших задач академии был перевод на арабский язык индийских и древнегреческих трудов по астрономии, математике, медицине, алхимии, философии. По инициативе аль-Мамуна к Льву V Армянину в Византию было отправлено специальное посольство с целью получить ценные греческие рукописи. Главой переводчиков Дома мудрости был назначен несторианин Хунайн ибн Исхак ал-Ибади, владевший четырьмя языками и получавший вознаграждение золотом, причём по преданию вес вознаграждения зависел от веса переведённых трудов. Он перевел на арабский Платона, Аристотеля и их комментаторов, а

также труды трёх основоположников греческой медицины: Гиппократ, Гален и Диоскорид.



Рис.. «Дом мудрости»

Большое внимание уделялось астрономическим наблюдениям, цель которых состояла в проверке и уточнении данных, полученных из древнегреческих и индийских сочинений. При ал-Мамуне (829) была построена обсерватория в багдадском пригороде Шаммасийа. По его же инициативе в 827 году на равнине около Синджара были проведены геодезические работы, в результате которых была непосредственно измерена длина дуги 1° земного меридиана. Они имели целью уточнить размеры Земли, найденные Эратосфеном, так как оказалось неизвестным соотношение между древнегреческими и арабскими единицами длины. Полученный арабскими астрономами результат лишь на 1 % отклоняется от современного.

Полный перевод знаменитого сочинения Птолемея «Мегале Синтаксис» впервые осуществил в IX в. арабский ученый Сабит ибн Корра. Знакомство с индийским

переложением теории Птолемея и тем более с переводом самого его труда, превращенного арабами в «Альмагест», стимулировало, с одной стороны, развитие наблюдательной арабской астрономии и строительство первых больших угломерных инструментов, а с другой — развитие соответствующего математического аппарата, как и математики вообще.

Среди других выделялся Абу-ль-Вафа (X век), который впервые обнаружил новое неравенство в движении Луны — вариацию и написал первое со времен античности большое оригинальное сочинение по астрономии, принимавшееся одно время за перевод «Альмагеста».

За счет увеличения размеров своих угломерных инструментов — стенных секстантов и квадрантов, а также за счет перехода к длительным систематическим наблюдениям арабские астрономы существенно повысили точность наблюдений и вскоре заметили неточность птолемеевых астрономических таблиц. Поэтому в дальнейшем их основные усилия были направлены на составление новых солнечных, лунных и планетных таблиц и звездных каталогов — зиджей. Такое наблюдательное направление астрономии сохранилось и в новых среднеазиатских научных центрах.

Комментарий

Абуль-Вафа Мухаммад ибн Мухаммад аль-Бузджани (940 – 998 гг.) — персидский учёный X века, один из крупнейших математиков и астрономов средневекового Востока. Учитель Ибн Юнуса.

В написанном им комментарии к «Альмагесту» Птолемея сведены астрономические знания того времени, а также изложены результаты собственных работ. В трактате содержатся сведения об одном из неравенств лунного движения, переоткрытом впоследствии Тихо Браге. В 998 году, незадолго до смерти, Абу-ль-Вафа наблюдал лунное затмение в Багдаде одновременно с молодым аль-Бируни, наблюдавшим его в Ургенче, что позволило определить разность долгот этих городов.

Глава 1-6-6

Астрономические таблицы (зиджи)

Зидж — общее название для астрономических таблиц в странах ислама. Помимо самих таблиц, в зиджах давались правила пользования ими и часто — более или менее теоретические развёрнутые доказательства этих правил.

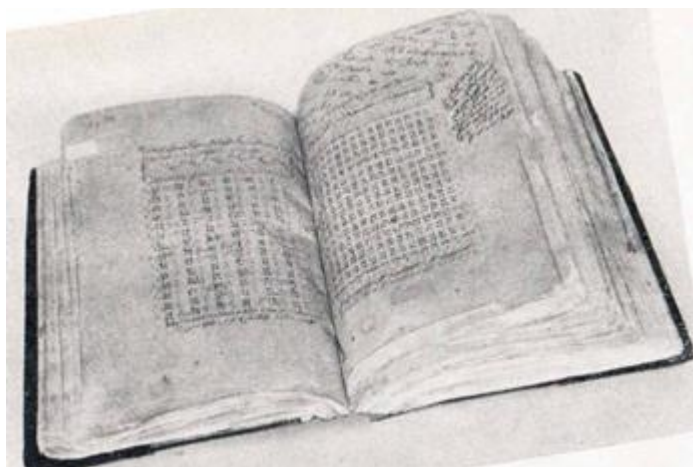


Рис. Зидж Улугбека.

Зиджи предназначались для решения задач, с которыми приходилось сталкиваться астроному-практику в его повседневной работе. Например, работы по измерению времени (от составления календарей до определения длительности дня и времени совершения намаза), нахождения географических координат места и азимута киблы, важные для астрологии задачи

вычисления положения светил на небесной сфере, их соединений и противостояний, моментов восхода и захода, а также моментов лунных и солнечных затмений.

В зиджах обязательно имелись главы, посвящённые плоской и сферической тригонометрии. Наряду с таблицами тригонометрических функций в них приводились основные соотношения между этими функциями. Поэтому зиджи играли также роль учебников тригонометрии.

Самые ранние зиджи составлялись на основе индийских астрономических таблиц Ариабхаты и Брахмагупты, а также составленных на языке пехлеви сасанидских «Шахских таблиц». Теоретическую основу большинства зиджей составляет «Альмагест» Клавдия Птолемея.

Как правило, зиджи содержали следующие разделы:

Указания по преобразованию дат между различными календарными системами;

Таблицы средних движений Луны, Солнца и планет;

Уравнения для определения положений этих светил;

Звёздный каталог;

Тригонометрические таблицы;

Формулы сферической тригонометрии;

Формулы для определения суточных параллаксов;

Предсказания солнечных и лунных затмений;

Таблицы географических координат, часто с указанием направления на Мекку (кибла);

Таблицы астрологических величин.

Наиболее известные зиджи

Самый ранний из дошедших до нас зидж по годам арабов составил в VIII в. арабский астроном ал-Фазари.

Зидж ал-Хорезми, составленный около 820 года Мухаммадом ал-Хорезми с помощью методов индийской астрономии. Был переведён на латынь Аделардом из Бата в первой половине XII века и сыграл значительную роль в распространении в Европе тригонометрии;

Сабейский зидж Мухаммеда ал-Баттани (ок. 900 г.) — вероятно, первый зидж, полностью составленный на основе теории Птолемея. В XII веке он был переведен на латынь и получил большую известность в Европе;

Книга неподвижных звёзд иранца Абд ар-Рахмана ас-Суфи (964 г.), где приведен звёздный каталог, впервые упоминающий туманность Андромеды и Магеллановы облака;

Большой Хакимов зидж Абу-л-Хасана Ибн Юниса из Каира (ок. 1000 г.). Этот зидж знаменит тем, что в нём приведены данные наблюдений не только самого Ибн Юниса, но и многих астрономов более раннего времени (в частности, 40 соединений планет друг с другом и со звёздами, 30 лунных затмений);

Канон Масуда (1036 г.) — главный астрономический труд Абу-р-Райхана ал-Бируни. Этот зидж одновременно являлся трактатом по теоретической астрономии, содержащим обзор методов и результатов астрономии начала XI века, многие из которых принадлежали самому ал-Бируни;

Толедский зидж Ибрахима аз-Заркали (до 1068 г.), работавшего в Толедо и Севилье (Испания). Этот зидж сыграл основополагающую роль в развитии астрономии в арабской части Испании, а позднее и католической Европы: на его основе были составлены знаменитые Альфонсовы таблицы, явившиеся основой европейской практической астрономии с XIII по XVII в., когда на их место встали Рудольфовы таблицы Иоганна Кеплера;

Ильханский зидж, составленный в Марагинской обсерватории под руководством Насир ад-Дина ат-Туси в 1272 г. Был переведён на греческий язык византийским астрономом Григорием Хиониадом и сыграл большую роль в оживлении интереса к астрономии в Византии;

Гурганский зидж, составленный в Самаркандской обсерватории под руководством Улугбека (1437). В этом зидже содержится знаменитый звёздный каталог Улугбека.

Глава 1-6-7

Аль-Хорезми

Абу Абдуллах (или Абу Джафар) Мухаммад ибн Муса аль-Хорезми (также ал-Хваризми) (около 783 – около 850 гг.) — среднеазиатский учёный IX века, математик, астроном, географ и историк. Благодаря ему в математике появились термины «алгоритм» и «алгебра».

Сведений о жизни учёного сохранилось крайне мало. Родился предположительно в Хиве в 783 году. В некоторых источниках аль-Хорезми называют «аль-Маджуси», то есть маг, из этого делается вывод, что он происходил из рода зороастрийских жрецов. Но благочестивое предисловие к «Алгебре» аль-Хорезми показывает, что он был правоверным мусульманином.

Последнее упоминание об аль-Хорезми относится к 847 году, когда умер халиф аль-Васик. Аль-Хорезми упоминается среди лиц, присутствовавших при его кончине. Принято считать, что он умер в 850 году.

Аль-Хорезми родился в эпоху великого культурного и научного подъёма. Начальное образование он получил у выдающихся учёных Мавераннахра и Хорезма. На родине он познакомился с индийской и греческой наукой, а в Багдад он попал уже вполне сложившимся учёным в 819 году.

В Багдаде он провёл значительный период своей жизни, возглавляя при халифе аль-Мамуне (813 – 833 гг.) «Дом Мудрости». До того, как стать халифом, аль-Мамун был наместником восточных провинций Халифата, и не исключено, что с 809 года аль-Хорезми был одним из придворных учёных аль-Мамуна. В одном из своих сочинений аль-Хорезми с похвалой отозвался об аль-Мамуне, отмечая его «любовь к науке и стремление приближать к себе учёных, простирая над ними крыло

своего покровительства и помогая им в разъяснении того, что для них неясно, и в облегчении того, что для них затруднительно».

«Дом мудрости» был своего рода Академией наук, где работали учёные из Сирии, Египта, Персии, Хорасана и Мавераннахра. В ней находилась библиотека с большим количеством старинных рукописей и астрономическая обсерватория. Здесь на арабский язык были переведены многие греческие философские и научные труды. В это же время там работали Хаббаш аль-Хасиб, ал-Фаргани, Ибн Турк, аль-Кинди и другие выдающиеся учёные.

По заказу халифа аль-Мамуна аль-Хорезми работал над созданием инструментов для измерения объёма и длины окружности Земли. В 827 году в пустыне Синджар аль-Хорезми принимал участие в измерении длины градуса дуги земного меридиана с целью уточнить величину окружности Земли, вычисленную в древности. Измерения, сделанные в пустыне Синджар оставались непревзойдёнными по точности на протяжении 700 лет.

Примерно в 830 году Мухаммад ибн Муса аль-Хорезми создал первый известный арабский трактат по алгебре. Аль-Хорезми посвятил два своих произведения халифу аль-Мамуну.

При халифе аль-Васике (842—847) аль-Хорезми возглавлял экспедицию к хазарам. Последнее упоминание о нём относится к 847 году.

Вклад в мировую науку

Историки науки высоко оценивают как научную, так и популяризаторскую деятельность аль-Хорезми. Известный историк науки Дж. Сартон назвал его «величайшим математиком своего времени и, если принять во внимание все обстоятельства, одним из величайших всех времён».

Труды аль-Хорезми переводились с арабского на латинский язык, а затем на новые европейские языки. На их основе создавались различные учебники по математике. Труды аль-Хорезми сыграли важную роль в

становлении науки эпохи Возрождения и оказали плодотворное влияние на развитие средневековой научной мысли в странах Востока и Запада.

Аль-Хорезми был автором 9 сочинений:

1. Книга об индийском счёте (Арифметический трактат, Книга о сложении и вычитании);
2. Краткая книга восполнения и противопоставления («Китаб аль-джебр ва-ль-мукабала»);
3. Книга о действиях с помощью астролябии («Китаб аль-амаль би-ль-астурлабат») — в неполном виде включена в сочинение ал-Фаргани, в разделах 41—42 этой книги был описан специальный циркуль для определения времени намаза;
4. Книга о солнечных часах («Китаб ар-рухама»);
5. Книга картины Земли (Книга географии, «Китаб сурат аль-ард»);
6. Трактат об определении эры евреев и их праздниках («Рисала фи истихрадж тарих аль-яхуд ва аядихим»);
7. Книга о построении астролябии — не сохранилась и известна только по упоминаниям в других источниках;
8. Астрономические таблицы («Зидж»);
9. Книга истории — содержала гороскопы известных людей.

Из этих девяти книг до нас дошли только семь. Сохранились они в виде текстов либо самого Аль-Хорезми либо в переводах на латынь, либо его арабских комментаторов.

Аль-Хорезми впервые представил алгебру как самостоятельную науку об общих методах решения линейных и квадратных уравнений, дал классификацию этих уравнений. Способствовал популяризации арабских цифр и десятичной позиционной системы записи чисел во всём Халифате, вплоть до Мусульманской Испании. Разработал тригонометрические таблицы, содержащие функции синуса, косинуса, тангенса и котангенса. В XII и XIII веках на основании книг аль-Хорезми были написаны на латыни работы «Carmen de Algorismo» (Александр из

Вильдье) и «Algorismus vulgaris» (Иоанн Сакробоско), сохранявшие актуальность ещё много столетий. До XVI века переводы его книг по арифметике использовались в европейских университетах как основные учебники по математике.

Аль-Хорезми является автором серьёзных трудов по астрономии. В них он рассказывает о календарях, расчётах истинного положения планет, расчётах параллакса и затмения, составлении астрономических таблиц (зидж), определении видимости луны и т. д. В основу его работ по астрономии легли труды индийских астрономов. Он осуществил доскональные расчёты позиций Солнца, Луны и планет, солнечных затмений. Книга начиналась с раздела о хронологии и календаре, что было очень важно для практической астрономии, так как из-за разности календарей трудно было определить точную датировку. Существовавшие лунные, солнечные и лунно-солнечные календари и разные начала летоисчисления приводило к множеству различных эр и у разных народов одно и то же событие датировалось по-разному. Астрономические таблицы Аль-Хорезми были переведены на европейские, а позднее, китайский, языки.

Аль-Хорезми написал книгу «Книга картины земли» (Китаб сурат аль-ард), в которой он уточнил некоторые взгляды Птолемея. Книга включала описание мира, карту и список координат важнейших мест. Используя свои собственные открытия, аль-Хорезми откорректировал исследования Птолемея по географии, астрономии и астрологии. Для составления карты «известного мира» аль-Хорезми изучил работы 70 географов.

Аль-Хорезми был автором первой книги по всемирной истории, составленной представителем Центральной Азии. К сожалению его «Книга истории» («Китаб ат-та'рих») сохранилась лишь в отрывках.

Глава 1-6-8

Аль-Фергани

Абу-ль-Аббас Ахмад ибн Мухаммад аль-Фергани (около 798 — 861 гг.) — один из крупнейших средневековых персидских учёных IX века, среднеазиатский астроном, математик и географ. Уроженец Ферганской долины. В Европе был известен под латинизированным именем *Alfraganus* (Альфраганус).



Рис. Абу-ль-Аббас Ахмад ибн Мухаммад аль-Фергани

Биографических сведений о знаменитом ученом практически не сохранилось, точное место рождения не известно, однако, судя по его псевдониму *Alfraganus*, он был уроженцем Ферганской долины. Известно, что в

среднем возрасте аль-Фергани жил в Багдаде, работая в «Доме мудрости» (Академия Аль-Мамуна), основанном правителем аль-Мамуном. В академию приглашались видные ученые и деятели науки со всех концов Средней Азии. В Академии работали также астроном и математик аль-Хорезми, физик аль-Кинди, медики Абу Бакр ар-Рази и Хунайн ибн Исхак.

В Багдаде были выстроены две обсерватории, оснащённые лучшим по тем временам инструментарием, который позволял ученым наблюдать за звездным небом и делать математические вычисления. Группа астрономов: Яхья ибн Абу Мансур, Аль-Марварруди, Хаббаш аль-Хасиб и Ахмад аль Фергани, под руководством главы «Дома мудрости», математика и астронома Аль-Хорезми, за долгие годы сделала большое количество открытий, среди которых: расчёт величины земного меридиана, вычисление окружности Земли, составление зижды (таблицы звездного неба), содержащие точные координаты и описание тысяч небесных тел.

В середине IX века аль-Фергани переехал в Каир, где и прожил до самой смерти.

Работал над конструированием астролэбии — прибора для определения местоположения небесных тел и расстояний между ними. Написал научный трактат об этом инструменте, в 861 году восстановил нилометр на острове Рауда близ Каира. Данный прибор, служащий для расчета многоводности Нила и прогнозирования паводков, использовался при проектировании Асуанской плотины и не потерял актуальности до наших дней, являясь одной из достопримечательностей столицы Египта.

В 1998 году под эгидой ЮНЕСКО отмечалось 1200-летие со дня рождения ученого.

Открытия

Научно обосновал, что форма Земли — шар.

Математически доказал существование самого короткого и самого длинного дней в году (22 июня и 23 декабря).

Установил, что на солнце есть пятна и предсказал солнечное затмение, произошедшее в 832 году.

Основные труды

Ему принадлежат первые труды и трактаты по астрономии, написанные на арабском языке:

«Книга о небесных движениях и свод науки о звездах» — самая известная работа; это по сути своей, комментарии к труду «Альмагест» известного александрийского астронома Клавдия Птолемея. В ней аль-Фергани, задумавший свою работу как учебное пособие, дает доступное определение астрономии как науки, очень подробно останавливаясь на всех ключевых вопросах. Также там отражены тщательно перепроверенные многочисленные астрономические расчеты его предшественника, внесены соответствующие изменения. В XII веке этот труд был переведён на латинский язык и имел огромное влияние на развитие западной астрономии.

трактат «Свод науки о звездах», включающий таблицу известных географических объектов, разделенных на 7 климатических зон с востока на запад с указанием точных координат. Переведён почти на все европейские языки.

«Книга о началах науки астрономии».

«Введение в географию».

«Название известных на Земле стран и городов, а также их климатические условия».

«Книга о причинности небесных сфер».

В течение долгих 700 лет труды аль-Фергани использовались человечеством в качестве энциклопедий и научных пособий.

Глава 1-6-9

Мухаммад аль-Баттани

Абу Абдуллах Мухаммад ибн Джабир ибн Синан аль-Ракки аль-Харрани аль-Саби аль-Баттани (858 — 929 гг.) — выдающийся средневековый астроном и математик. Араб по происхождению. В средневековой Европе был известен под латинизированным именем Альбатений.

Аль-Баттани провёл в Ракке и Дамаске между 877 и 919 годах множество астрономических наблюдений, составив по их результатам «Сабейский зидж». Точнее, чем Птолемей, определил наклон эклиптики к экватору — $23^{\circ}35'41''$, и предварения равноденствий — $54'',5$ за год, или 1° за 66 лет. В математической части зиджа ал-Баттани описал методы вычисления сферических треугольников, развитые в дальнейшем другими математиками стран ислама.

Аль-Баттани написал также «Трактат об азимуте киблы» (см. комментарий), «Трактат о расстояниях до небесных светил» и ряд астрологических сочинений.

Аль-Баттани также удалось вычислить солнечный год, причем его данные почти полностью совпадают с современными (с погрешностью всего в 24 секунды).

Зидж ал-Баттани был переведён на латынь Платоном из Тиволи в 1116 году. Он оказал большое влияние на европейскую астрономию, вплоть до Георга Пурбаха, Региомонтана и Николая Коперника.

Комментарий

Кибла — в исламе — точно установленное из любой точки земного шара направление в сторону священной Каабы в г. Мекке в Аравии, соблюдаемое мусульманами во время совершения пятикратных ежедневных молитв.

Глава 1-6-10

Абдуррахман ас-Суфи

Абу-л-Хусейн Абд-ар-Рахман ибн Умар ас-Суфи (7 декабря 903 г. — 25 мая 986 г.) — персидский астроном и математик. Жил при дворе своего друга эмира Адуд ад-Даула (англ. 'Adud al-Dawla) в Исфахане, занимался переводом с греческого астрономических работ, в первую очередь Альмагеста Птолемея. Приблизительно с 960 года работал в Ширазе.



Рис. ибн Умар ас-Суфи

Известен прежде всего своей астрономической работой зиджом «Книга неподвижных звёзд», который содержит каталог 1017 звёзд с подробным описанием 48 созвездий. В сочинении для каждого созвездия приведено его красочное изображение, а также таблица звёзд с их эклиптическими координатами и звёздными величинами. Опираясь на собственные наблюдения, ас-Суфи произвёл критический пересмотр и уточнение данных предшественников, главным образом Клавдия Птолемея, в частности, описал галактику Андромеды как небольшое облачко, а в 964 году включил Большое Магелланово Облако в свою «Книгу неподвижных звезд». Каталог ас-Суфи оказал большое влияние на дальнейшее развитие астрономии, им пользовались и часто ссылались на него ал-Бируни, Абу-л-Хасан ибн Юнис, Насир ад-Дин ат-Туси, испанские ученые при создании «Альфонсовых таблиц» и самаркандские астрономы из обсерватории Улугбека при подготовке «Гурганского зиджа».

Ас-Суфи написал значительное количество других научных сочинений, многие из которых в XII—XIV веках несколько раз переводились на латинский язык:

«Книга действий с астролябией» обширнейшая работа, состоящая из 1760 глав (до нас дошло несколько сокращённых вариантов рукописи, включающих около 400 глав);

«Книга действий с небесным глобусом» состоит из 3 частей, включающих 50, 52 и 65 глав;

«Трактат о построении равносторонних многоугольников»;

«Книга введения в науку о звёздах и их приговорах» — астрологическое сочинение.

Глава 1-6-11

Ибн Юнус

Абуль-Хасан Али ибн Абдуррахман ибн Юнус ас-Садафи аль-Мисри (950 г. — 31 мая 1009 г.) — один из известнейших арабских астрономов.

Проводил астрономические наблюдения в обсерватории на горе Мокаттам близ Каира. Был учеником Абу-л-Вафы. Ему принадлежат астрономические таблицы «Зидж ал-Хаками». Это были лучшие таблицы такого рода, они применялись в практике астрономических вычислений около двух столетий. Зидж Ибн Юнуса состоит из 81 главы, он содержит обзор и критику «ал-Ма'мунова зиджа, подвергнутого проверке», «Сабейского зиджа» ал-Баттани и других зиджей его предшественников, а также результаты наблюдений самого Ибн Юнуса.

Ибн Юнус исправил значения угла наклона эклиптики и предварения равноденствий, остававшиеся неизменными со времен Птолемея. На основании анализа данных наблюдений затмений Солнца и Луны с 977 по 1007 он открыл вековое ускорение среднего движения Луны. Он усовершенствовал гномон и доказал, что его тень показывает высоту над горизонтом верхнего края (а не центра) солнечного диска.

Ибн Юнус писал о плоской и сферической тригонометрии и первый указал способы решения сферических треугольников при помощи введения вспомогательных углов.

Глава 1-6-12

Аль-Бируни

В X—XV вв. появились новые астрономические центры, расположенные в Средней Азии (частично в нынешних Узбекистане и Азербайджане), но по языку и культурным основам относившихся к миру арабо-язычной культуры.

В X—XI вв. в одном из таких центров — Газни (на юго-востоке современного Афганистана) работал великий ученый и мыслитель, первый энциклопедист исламского мира Абу Рейхан Мухаммед ибн Ахмед Аль-Бируни.



Рис . Аль-Бируни

Абу Рейхан Мухаммед ибн Ахмед аль-Бируни (973 — 1048 гг.) — средневековый персидский учёный-энциклопедист и мыслитель, автор многочисленных капитальных трудов по истории, географии, филологии,

астрономии, математике, механике, минералогии, геодезии, фармакологии, геологии и др. Бируни владел почти всеми науками своего времени. Перечень работ Бируни, составленный им самим около 1036 года, содержит более ста названий. Свои научные труды писал на арабском и персидском языках.

Аль-Бируни родился в хорезмийском городе Кят (ныне город Беруни в Узбекистане). О его родителях известно мало, в своих собственных записях Бируни писал, что не знает отца и деда. Согласно «Энциклопедии ислама», Бируни родился в иранской семье ремесленников, но получил широкое математическое и философское образование. Учителем аль-Бируни был выдающийся математик и астроном Ибн Ирак. Потом он работал у ал-Ходжанди (см. комментарий).

Это были тяжелые годы для занятий наукой. Правители и государства менялись очень часто. Находясь при дворе эмира Бухары аль-Бируни вступил в обширную переписку с Ибн Синой (Авиценной), с которым обсуждает вопросы естественных наук и воззрения Аристотеля. Затем он работал в Гургане при дворе эмира Табаристана.

С 1017 года, после завоевания Хорезма султаном Махмудом Газневи, Бируни вместе с другими пленными учёными вынужден был переехать в Газну, где работал при дворе султана Махмуда. Вместе с ним участвовал в походах в Индию, где прожил несколько лет. Султану Масуду аль-Бируни посвятил сочинение по астрономии и сферической тригонометрии «Канон Масуда».

Научные работы

Аль-Бируни разработал метод для оценки радиуса и длины окружности Земли.

В самом первом своем сочинении «Хронология, или памятники минувших поколений» (1000 год) аль-Бируни собрал и описал все известные в его время системы календаря, применявшиеся у различных народов мира, и составил хронологическую таблицу всех эпох, начиная от библейских патриархов.

В завершённом в 1030 году труде «Индия, или Книга, содержащая разъяснение принадлежащих индийцам учений, приемлемых разумом или отвергаемых» аль-Бируни дал научно-критическое описание быта, культуры и науки индийцев, изложил их религиозно-философские системы, достаточно точно переложив учение классической санхьи, теорию космической эволюции, учение о связи души с «тонким телом» и др. Здесь же изложена легенда о создателе игры в шахматы.

Астрономии Бируни посвятил 45 сочинений. Популярным введением в астрономическую науку служит «Книга вразумления начаткам науки звёзд», написанная около 1029 года и дошедшая до нас в двух вариантах: на арабском языке и на фарси. Эта книга состоит из 530 вопросов и ответов по геометрии, арифметике, астрономии, географии, хронологии, устройству астролябии и астрологии.

Главное сочинение Бируни по астрономии — «Канон Масуда по астрономии и звёздам». План этого сочинения близок к стандартному плану арабских зиджей (см. комментарий), но в отличие от них здесь приведены подробные экспериментальные и математические доказательства всех излагаемых положений.

Бируни опроверг ряд гипотез своих предшественников, например, предположение Сабита ибн Корры о связи движения апогея Солнца с предварением равноденствий. Выводы Бируни по многим вопросам оказываются революционными. Он рассмотрел гипотезу о движении Земли вокруг Солнца, утверждал, что Солнце и звёзды имеют одинаковую огненную природу, в отличие от тёмных тел — планет. Указывал на подвижность звёзд и огромные их размеры по сравнению с Землёй. Предполагал существование тяготения.

Бируни проводил наблюдения на построенном ан-Насави в Рее стенном квадранте радиусом 7,5 м, выполняя их с точностью до 2'. Он с высокой точностью измерил наклон эклиптики к экватору $23^{\circ} 34' 00''$ и открыл переменность этой величины, показав, что она уменьшается на 50",6 в столетие (современные данные

для той эпохи, соответственно, $23^{\circ} 34' 0'',45$ и $46'',8$). Бируни уточнил скорость роста долготы солнечного апогея ($52'',2$ в год; по современным данным $61'',9$), максимальное расстояние до Луны (65 земных радиусов; современная оценка — $63,5$), впервые весьма точно измерил длину градуса меридиана и уточнил радиус Земли ($110,691$ км и 6403 км, соответственно). Он первым отметил явление зодиакального света.

Комментарии

Абу Махмуд аль-Ходжанди (940 — 1000 гг.) — таджикский математик и астроном, уроженец Ходжента (современный Таджикистан), работал в Рее.

По словам лично знакомого с ним ал-Бируни, ал-Ходжанди представлял собой «исключительное явление своей эпохи в деле изготовления астролябий и других инструментов». Он построил в окрестностях Рея знаменитый «Фахриев секстант», описанный ал-Бируни в специальном трактате.

Ал-Ходжанди принадлежит ряд работ по астрономии: «Книга о действиях с астролябией «заркала»», «Книга об универсальном инструменте», «Книга о тимпане горизонтов», «Книга об определении наклона эклиптики», «Книга об уточнении склонения и широты местностей», «Книга об азимуте киблы».

В «Книге о прошедших часах ночи» ал-Ходжанди (в одно время с Абу-л-Вафой и Ибн Ираком) доказал теорему синусов для сферического треугольника, позволившую упростить решения ряда задач сферической астрономии, которые до этого решались с помощью теоремы Менелая для полного четырёхсторонника.

Зидж — общее название для астрономических таблиц в странах ислама. Помимо самих таблиц, в зиджах давались правила пользования ими и часто — более или менее теоретические развёрнутые доказательства этих правил.

Глава 1-6-13

Насир ад-Дин Туси

Насир ад-Дин Абу Джафар Мухаммад ибн Мухаммад Туси (18 февраля 1201 г. — 26 июня 1274 г.) — персидский математик, механик и астроном XIII века, ученик Камал ад-Дина ибн Юниса, чрезвычайно разносторонний учёный, автор сочинений по философии, географии, музыке, оптике, медицине, минералогии. Был знатоком греческой науки, комментировал труды Евклида, Архимеда, Автолика, Феодосия, Менелая, Аполлония, Аристарха, Гипсикла, Птолемея.



Рис. ибн Мухаммад Туси

Насир ад-Дин Туси родился в городе Тус области Хорасан на северо-востоке Ирана в 1201 году. Там же в раннем возрасте он начал учёбу, изучив Коран, хадисы, шиитскую юриспруденцию, логику, философию, математику, медицину и астрономию. Позже продолжил обучение астрономии и математике в Мосуле у Камал ад-Дина ибн Юниса.

Ат-Туси покровительствовал наместник халифа Кухистана. Позже учёный впал в немилость и с 1235 года жил в крепости Аламут, резиденции главы государства исмаилитов-низаритов.

Ат-Туси возглавлял промонгольскую партию и был причастен к сдаче Аламута монголам в 1256 году. Царевич, а впоследствии ильхан, Хулагу осыпал ат-Туси милостями и сделал своим придворным астрологом.

Среди математических трудов Туси особенно значителен «Трактат о полном четырёхстороннике» (в другом переводе — «Трактат о фигуре секущих»). В качестве своего основного предшественника ат-Туси указывает на ал-Бируни с его «Книгой ключей науки астрономии о том, что происходит на поверхности сферы». Сочинение ат-Туси послужило одним из источников для Региомонтана (1436—1476), с именем которого связано начало нового этапа в истории тригонометрии. Фактически именно благодаря научному вкладу ат-Туси тригонометрия стала самостоятельной наукой, отделившись от астрономии.

Велики заслуги ат-Туси в астрономии. В 1259 году основал крупнейшую в то время в мире Марагинскую обсерваторию близ Тебриза. Когда ат-Туси поставил перед Хулагу вопрос о строительстве обсерватории, расходы на это показали тому чрезмерно большими. Тогда ат-Туси предложил Хулагу во время ночевки его войска в горах спустить с горы медный таз. Таз, падая, произвел большой шум и панику среди войска, и ат-Туси сказал: «Мы знаем причину этого шума, а войска не знают; мы спокойны, а они волнуются; также если мы будем знать причины небесных явлений, мы будем спокойны на земле». Эти слова убедили Хулагу, и он отпустил на строительство

обсерватории 20 тысяч динаров. Хулагу по просьбе ат-Туси распорядился всех учёных, которые попадали в руки его воинов, не убивать, а привозить в Марагу, туда же монголы свозили все попавшие в их руки рукописи и астрономические приборы.

Обсерватория была оснащена многочисленными инструментами новой конструкции, наибольшим из которых был стенной квадрант радиусом 6,5 м. Кроме того, там имелись армиллярные сферы и инструмент с двумя квадрантами для одновременного измерения горизонтальных координат двух светил. Марагинская обсерватория оказала исключительное влияние на развитие астрономии многих стран Востока, в том числе на обсерваторию в Пекине.

Итогом 12-летних наблюдений марагинских астрономов с 1259 по 1271 год стали «Ильханские таблицы» («Зидж Ильхани»). В этом зидже содержались таблицы для вычисления положения Солнца и планет, звёздный каталог, а также первые шестизначные таблицы синусов и тангенсов с интервалом $1'$. На основании наблюдений звёзд ат-Туси очень точно определил величину предвращения равноденствий ($51,4''$).

Ат-Туси составил также изложение «Альмагеста» Клавдия Птолемея и ряд других астрономических трактатов: «Трактат Муинийа по астрономии», дополнение к нему, «Сливки познания астрономии небесных сфер», «Памятку по астрономии». В этом цикле трактатов ат-Туси строит свою схему кинематики небесных тел, отличную от птолемеевой.

Им была разработана кинематическая модель движения Луны. Он вводит для Луны систему равномерно вращающихся сфер. Так Туси удалось объяснить непостоянство угловой скорости центра эпицикла Луны при наблюдении из центра Мира; при этом он обошёлся без отказа от принципа равномерного кругового движения (в то время как птолемеева теория движения Луны, использовала эквант). Впрочем, лунная модель ат-Туси по точности не превосходила птолемееву (и даже ей уступала).

Глава 1-6-14

Улугбек

Мухаммед Тарагай ибн Шахрух ибн Тимур Улугбек Гураган, 22 марта 1394 — 27 октября 1449) — среднеазиатский государственный деятель, правитель тюркской державы Тимуридов, сын Шахруха, внук Тамерлана. Известен как выдающийся математик, астроном, просветитель и поэт своего времени, также интересовался историей и поэзией. Основал одну из важнейших обсерваторий средневековья.



Рис. Улугбек

Улугбек родился 22 марта 1394 года в городе Султании во время пятилетнего похода своего деда Тамерлана.

В 1405 году Тимур умер, и после падения власти внука Тимура Халиль-Султана (1405—1409), младший сын Тимура Шахрух отказался от трона в Самарканде и передал трон своему сыну Улугбеку. Его старший сын Улугбек в 1409 году был объявлен правителем Мавераннахра со столицей в Самарканде.

По преданию, ещё в детстве Улугбек имел возможность посетить развалины знаменитой обсерватории Ат-Туси в Мараге. Это произвело на любознательного Улугбека сильное впечатление и определило его увлечение астрономией. При Улугбеке Самарканд стал одним из мировых центров науки средневековья. Здесь, в Самарканде первой половины XV века, вокруг Улугбека возникла целая научная школа, объединившая видных астрономов и математиков.

Больше всего Улугбека интересовала астрономия.

В 1428 году им было завершено строительство обсерватории, главным инструментом которой был стенной квадрант с радиусом 40 метров и с рабочей частью от 20° до 80° , которому не было равных в мире. Сотрудниками Улугбека были такие выдающиеся астрономы, как Кази-заде ар-Руми, ал-Каши, ал-Кушчи. В обсерватории Улугбека к 1437 году был составлен Гурганский зидж — каталог звёздного неба, в котором были описаны 1018 звёзд. Там же была определена длина звёздного года: 365 дней, 6 часов, 10 минут, 8 секунд (с погрешностью ± 58 секунд) и наклон оси Земли: $23,52^\circ$ (наиболее точное измерение).

По праву считается, что «Зиджи джадиди Гурагани» или «Новые Гурагановы астрономические таблицы» — главный научный труд Улугбека. Автор закончил их в 1444 году после тридцати лет кропотливой работы и астрономических наблюдений. Труд был переведён на латинский язык и наряду с «Альмагестом» Клавдия Птолемея и астрономическими таблицами кастильского короля Альфонса X являлся пособием по астрономии во всех обсерваториях Европы.

Точность этих таблиц превосходила все достигнутое ранее на Востоке и в Европе. Лишь в XVII в. Тихо Браге

добился сравнимой с самаркандскими наблюдениями точности, а затем и превзойти её. Неудивительно, что «Зидж Улугбека» постоянно привлекал к себе внимание астрономов, как на Востоке, так и в Европе.

Высшее образование и основание медресе

Продолжая политику своего деда Тимура, Улугбек заботился о развитии системы высшего образования в стране. В 1417—1420 гг. Улугбек построил в Самарканде медресе, которое стало первым строением в архитектурном ансамбле Регистан. В это медресе Улугбек пригласил большое количество астрономов и математиков исламского мира. Другие два медресе были построены в Гиждуване и Бухаре. На портале последнего сохранилась надпись (хадис пророка Мухаммада): «Стремление к знанию есть обязанность каждого мусульманина и мусульманки».

После смерти Шахруха в 1447 году в стране начались междоусобицы. После поражения в Хорасанском походе в 1447 году между Улугбеком и его старшим сыном Абд ал Латифом возник конфликт, перешедший в военные действия. В октябре 1449 года в окрестностях Димишка к западу от Самарканда произошло сражение между войсками тимурида Мирзо Улугбека и его сына Абдаллатифа, в котором войска Улугбека были разбиты. Вскоре после этого Улугбек был предательски убит.

Европейским астрономам звёздный каталог Улугбека стал известен после его публикации в 1648 году в Оксфорде — одном из старейших очагов науки и культуры Англии — где впервые была частично опубликована главная работа, выполненная в знаменитой самаркандской обсерватории Улугбека. Работу подготовил к печати и прокомментировал Джон Гривс (1602—1652), профессор астрономии Оксфордского университета. Позже фрагменты каталога издавались в Англии неоднократно.

Глава 1-6-15

Основные достижения мусульманских астрономов

Важнейшей задачей, которую ставили перед собой мусульманские астрономы, было уточнение основных астрономических параметров: наклона эклиптики к экватору, скорости прецессии, продолжительности года и месяца, параметров планетных теорий. Результатом стала весьма точная для своего времени система астрономических постоянных.

При этом было сделано несколько важных открытий. Одно из них принадлежит ещё астрономам, работавшим под покровительством халифа аль-Мамуна в VII веке. Измерение наклона эклиптики к экватору дало результат $23^{\circ}33'$. Поскольку у Птолемея фигурировало значение $23^{\circ}51'$, был сделан вывод об изменении наклона эклиптики к экватору с течением времени.

Другим открытием арабских астрономов было изменение долготы апогея Солнца вокруг Земли. По данным Птолемея долгота апогея не меняется со временем, то есть орбита Солнца фиксирована относительно точек равноденствий. Поскольку эти точки совершают прецессионное движение относительно звёзд, солнечная орбита в теории Птолемея также перемещается в системе координат, связанной с неподвижными звёздами, тогда как деференты планет в этой системе координат неподвижны. Но ещё астрономы обсерватории аль-Мамуна заподозрили, что долгота апогея не остается постоянной. Это открытие подтвердил знаменитый сирийский астроном ал-Баттани, по мнению которого долгота апогея солнечной орбиты меняется с той же скоростью и в том же направлении, что и прецессия, так что солнечная орбита сохраняет примерно постоянное

положение относительно звёзд. Следующий шаг сделал выдающийся учёный-энциклопедист Абу-р-Райхан Мухаммад ибн Ахмад ал-Бируни (973—1048) из Хорезма. В своем основном астрономическом труде Канон Масуда Бируни приходит к выводу, что скорость движения солнечного апогея все же немного отличается от скорости прецессии, то есть орбита Солнца перемещается в системе координат, связанной с неподвижными звёздами. Позднее к тому же выводу пришёл и знаменитый андалусский астроном аз-Заркали, который создал геометрическую теорию, моделирующую движение солнечного апогея.

Нельзя не упомянуть и одно мнимое открытие арабских ученых — трепидацию. Его автором является багдадский астроном и математик Сабит ибн Корра (836—901 гг.). Согласно теории, прецессия носит колебательный характер. Арабские астрономы полагали, что изменение долгот звёзд можно разложить на две составляющие: прецессию и ее периодическое колебание (трепидацию). Такой точки зрения придерживался, в том числе, Николай Коперник, и лишь Тихо Браге доказал полное отсутствие трепидации.

Важным направлением деятельности астрономов ислама было составление звёздных каталогов. Самый известный был включён в «Книгу созвездий неподвижных звёзд» Абд ар-Рахмана ас-Суфи. Кроме всего прочего, он содержал первое дошедшее до нас описание Туманности Андромеды. Составление каталога, включавшего в себя точные координаты 1018 звёзд, было одним из важнейших результатов работы обсерватории Улутбека.

Некоторые астрономические наблюдения арабов не имели аналогов у греков. Так, выдающийся сирийский астроном Ибн аш-Шатир определял угловой радиус Солнца с помощью камеры-обскуры. При этом был сделан вывод, что эта величина изменяется в гораздо более широких пределах, чем должно быть по теории Птолемея. Ибн аш-Шатир построил собственную теорию движения Солнца, учитывающую это обстоятельство.

Глава 1-6-16

Натуральная философия арабских астрономов

В области натуральной философии и космологии большинство арабских ученых следовали учению Аристотеля. В его основе лежало разбиение Вселенной на две принципиально различные части, подлунный и надлунный мир. Подлунный мир — это область изменчивого, непостоянного, преходящего; напротив, надлунный, небесный мир — это область вечного и неизменного. Существует пять видов материи, и все они имеют свои естественные места в пределах нашего мира: элемент земли — в самом центре мира, далее следуют естественные места элементов воды, воздуха, огня, эфира.

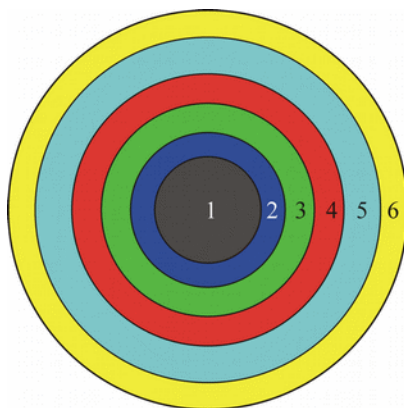


Рис. Основа научной космологии учёных ислама: представление о структуре Вселенной по Аристотелю. Цифрами обозначены сферы: земли (1), воды (2), воздуха

(3), огня (4), эфира (5), Перводвигатель (6). Масштаб не соблюден.

Первыми пропагандистами учения Аристотеля в арабском мире были Абу Йусуф Йакуб ал-Кинди (ок. 800 – 870 гг.), Абу Наср Мухаммад ал-Фараби (ок. 870 – 950 гг.), Абу Али ибн Сина (Авиценна) (980 – 1037 гг.). Наиболее знаменитым перипатетиком не только исламского мира, но и всего Средневековья был Мухаммад Ибн Рушд из Андалусии (1126 – 1198 гг.), известный также под именем Аверроэс. Большое значение для распространения идей Аристотеля сыграли сочинения иудейского мыслителя из Андалусии Моше бен Маймона (1135 – 1204 гг.), более известного как Маймонид.

Одной из проблем, стоящих перед арабскими комментаторами, было согласование учения Аристотеля с догматами ислама. Так, Авиценна одним из первых отождествил аристотелевские неподвижные двигатели с ангелами. По его мнению, с каждой небесной сферой ассоциируются две духовные сущности. Во-первых, это душа, которая привязана к сфере и движется вместе с нею. Во-вторых, это интеллигенция, или ангел — неподвижный двигатель, отдельный от сферы. Причиной движения сферы является любовь её души к своему неподвижному двигателю, заставляющая душу стремиться к объекту своего вожделения и перенося в этом движении сферу по кругу. Мнение об одушевленности небесных сфер и/или светил было широко распространено среди философов ислама.

Вместе с тем, некоторые ученые выражали сомнения в ряде основных положений учения Аристотеля. Так, до нас дошла переписка между двумя выдающимися учеными — ал-Бируни и Авиценной, в ходе Бируни высказал мнение, что тяжесть свойственна всем телам во Вселенной, а не только телам подлунного мира, а также счёл возможным существование пустоты и других миров.

Споры среди астрономов шли и по вопросу о том, к какой сфере относится Млечный Путь. Аристотель полагал, что этот феномен имеет метеорологический характер, относясь к «подлунному» миру. Однако многие

ученые утверждали, что эта теория противоречит наблюдениям, поскольку в этом случае у Млечного Пути должен наблюдаться горизонтальный параллакс, что не имеет места в действительности.



Рис. Арабские астрономы

Сторонниками такой точки зрения были Ибн ал-Хайсам, ал-Бируни, Ибн Баджа, ат-Туси. Так, ал-Бируни считал доказанным, что Млечный Путь является «собранием бесчисленных туманных звёзд», что практически совпадает с точкой зрения Демокрита. Он обосновывал это мнение существованием «сдвоенных звёзд» и «кустов звёзд», изображения которых на взгляд неискушенного наблюдателя сливаются, образуя одну «туманную звезду».

Некоторые мыслители (Абу Бакр ар-Рази, Абу-л Баракат ал-Багдади) считали Вселенную бесконечной, не ограниченной сферой неподвижных звёзд.

Глава 1-6-17

«Андалусийский бунт»

Ученые стран ислама были сторонниками геоцентрической системы мира. Споры велись о том, какой её вариант следует предпочесть: теорию гомоцентрических сфер или теорию эпициклов.

В XII — начале XIII столетия теория эпициклов подверглась массовой атаке со стороны арабских философов и ученых Андалусии. Это движение иногда называется «Андалусийским бунтом». Его основателем был Мухаммад ибн Баджа (ум. 1138 г.), дело продолжил его ученик Мухаммад ибн Туфайл (ок. 1110—1185 гг.) и ученики последнего Нур ад-Дин ал-Битруджи (ум. ок. 1185 или 1192 гг.) и Аверроэс; к их числу можно отнести и представителя иудейской общины Маймонида.

Эти ученые были убеждены, что теория эпициклов, несмотря на все её преимущества с математической точки зрения, не соответствует действительности, поскольку существование эпициклов и эксцентрических деферентов противоречит физике Аристотеля, согласно которой единственным центром вращения небесных светил может быть только центр Мира, совпадающий с центром Земли.

Ибн Баджа пытался построить теорию планетной системы, основанную на модели эксцентров, но без эпициклов. Однако с точки зрения ортодоксального аристотелизма эксцентры ничем не лучше эпициклов. Ибн Туфайл и Аверроэс видели решение проблем астрономии в возвращении к теории гомоцентрических сфер. Кульминацией «Андалусийского бунта» стало создание ал-Битруджи нового варианта этой теории. Однако эта теория находилась в полном разрыве с наблюдениями и не смогла стать основой астрономии.

Глава 1-6-18

«Марагинская революция»

Однако и птолемеевская модель эпициклов и эквентов (теории бисекции эксцентриситета) не могла полностью удовлетворить арабских астрономов.

Для объяснения попятных движений планет Птолемей предположил, что каждая планета движется по малой окружности (эпициклу), центр которой (средняя планета), в свою очередь, перемещается вокруг Земли по большой окружности (деференту). Необходимость объяснения зодиакального неравенства (неравенство продолжительности сезонов: зимы, весны, лета и осени) Клавдий Птолемей (II век н. э.) посчитал, что движение средней планеты выглядит равномерным при наблюдении не из центра деферента, а из некоторой точки, которая называется эквантом, или уравнивающей точкой. При этом Земля также находится не в центре деферента, а смещена в сторону симметрично точке экванта относительно центра деферента.

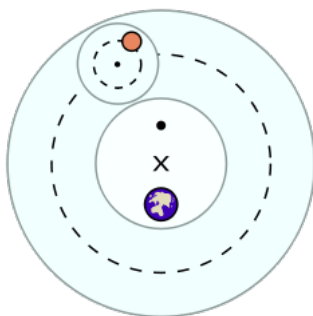


Рис. Эквант (жирная точка); ниже его — центр деферента (крестик) и Земля.

Эта модель называется теорией бисекции эксцентриситета, поскольку в ней отрезок, соединяющий Землю и эквант, делится центром деферента на две равные части. Однако это противоречит общей идеологии докеплеровой астрономии, согласно которой все движения небесных тел слагаются из равномерных и круговых.

Мусульманские астрономы (начиная с ибн ал-Хайсама, XI век) отметили ещё одну, чисто физическую трудность теории Птолемея. Согласно теории вложенных сфер, которую развивал и сам Птолемей, движение центра эпицикла по деференту представлялось как вращение некоторой материальной сферы. Однако совершенно невозможно представить себе вращение твёрдого тела вокруг оси, проходящей через её центр, чтобы скорость вращения была неизменной относительно некоторой точки за пределами оси вращения.

С целью преодоления этой трудности астрономами стран ислама были разработаны ряд моделей движения планет, альтернативных птолемеевской (хотя они также были геоцентрическими). Первые из них были разработаны во второй половине XIII века астрономами знаменитой Марагинской обсерватории, благодаря чему и вся деятельность по созданию нептолемеевских планетных теорий иногда называется «Марагинской революцией». В числе этих астрономов были организатор и первый директор этой обсерватории Насир ад-Дин ат-Туси (см. главу 59). Эту деятельность продолжили восточные астрономы более позднего времени: Мухаммад ибн аш-Шатир (Сирия, XIV в.), Ала ад-Дин Али ибн Мухаммад ал-Кушчи (Самарканд, XV в.) и другие.

Согласно этим теориям, движение относительно точки, соответствовавшей птолемеевскому экванту, выглядело равномерным, но вместо неравномерного движения по одной окружности (как это имело место у Птолемея) средняя планета двигалась по комбинации равномерных движений по нескольким окружностям. Каждое из этих движений моделировалось вращением твёрдых сфер, что устраняло противоречие математической теории планет с

её физическим фундаментом. Эти теории сохраняли точность теории Птолемея, а результирующая пространственная траектория средней планеты практически не отличалась от окружности.

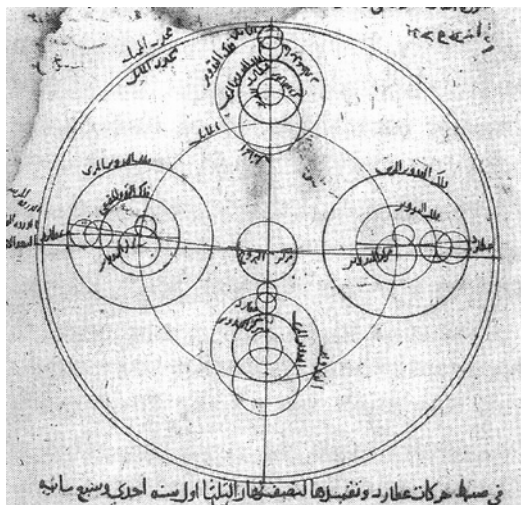


Рис. Теория движения Меркурия согласно Мухаммаду ибн аш-Шатиру.

В теории ибн аш-Шатира, кроме того, предполагалось, что деферент имеет своим центром Землю. Это было сделано для частичного устранения противоречий с философией Аристотеля, отмеченных адептами «Андалусийского бунта». В отличие от этих учёных, ибн аш-Шатир не видел проблемы в существовании эпициклов; по его мнению, эфир, из которого предполагались состоящими все небесные сферы, так или иначе не может быть полностью однородным, ведь там должны быть некоторые неоднородности, которые наблюдаются с Земли как небесные светила.

Глава 1-6-19

Выход за пределы геоцентризма

Неподвижность Земли была одним из постулатов геоцентрической системы мира. Почти все ученые стран ислама (за небольшими исключениями) были с этим согласны, но споры велись о том, как это можно обосновать. Наиболее распространены были две позиции. Ряд ученых (ал-Бируни, Кутб ад-Дин аш-Ширази и др.) полагал, что неподвижность Земли удостоверяется сугубо эмпирическими доводами, типа вертикальности траекторий падающих камней. Другие ученые (Авиценна, ат-Туси и др.) считали, что все физические явления на движущейся и на неподвижной Земле протекали бы одинаково. Некоторые ученые (имена которых до нас не дошли) нашли правильный способ опровержения довода против вращения Земли: вертикальности траекторий падающих тел. По существу, при этом был высказан принцип суперпозиции движений, согласно которому любое перемещение можно разложить на два или несколько составляющих: по отношению к поверхности вращающейся Земли падающее тело движется по отвесной линии, но точка, являющаяся проекцией этой линии на поверхность Земли, переносится бы её вращением. Об этом свидетельствует ал-Бируни, который сам, однако, склонялся к неподвижности Земли. Неподвижность Земли при этом обосновывалась ссылкой на аристотелевское учение о движении, согласно которому естественным движением элемента земли является движение по вертикальным линиям, а не вращательное движение, а одно тело, по Аристотелю, не может принимать участие в двух движениях одновременно.

Такая точка зрения в странах ислама встречала значительное сопротивление ортодоксальных богословов,

которые отвергали любые натурфилософские теории как противоречащие тезису о всемогуществе Аллаха. В связи с этим особую позицию занял Али ал-Кушчи. С одной стороны, он утверждал, что постулаты астрономии могут быть обоснованы только на основании геометрии и астрономических наблюдений без привлечения учения Аристотеля. С другой стороны, он соглашался, что никакой опыт не может быть использован для обоснования неподвижности Земли. Следовательно, делает вывод ал-Кушчи, отвергать её вращение нет никаких оснований:

«Считают, что суточное движение светил на запад возникает с действительным движением самой Земли с запада на восток. Поэтому нам кажется, что светила восходят на востоке и заходят на западе. Такое ощущение бывает у наблюдателя, сидящего на корабле, движущемся по реке. Наблюдателю известно, что берег относительно воды неподвижен. Но ему кажется, что берег движется по направлению, противоположному направлению корабля».

Спустя несколько десятилетий в заочную полемику с ал-Кушчи вступил астроном ал-Бирджанди. Он справедливо заметил, что некоторые положения теории вложенных сфер не могут быть обоснованы без привлечения натуральной философии: то, что небесные сферы не могут проникать друг в друга, что они совершают равномерное вращение и т. п. Таким образом, невозможно отвергать физику Аристотеля, не ставя под сомнение и всю астрономию. Однако даже в начале XVII века учёный и теолог Баха ад-Дин ал-Амили отмечал, что возможность вращения Земли вокруг оси не опровергнута наукой.

Самаркандские учёные разрабатывали и другие теории, противоречащие общепринятой геоцентрической системе мира. Так, известный астроном Кази-заде ар-Руми (учитель Улугбека) писал:

«Некоторые ученые считают, что Солнце находится в середине орбит планет. Та планета, которая движется медленнее, чем другая, дальше удалена от Солнца. Её расстояние будет больше. Наиболее медленно

движущаяся планета находится на наибольшем расстоянии от Солнца».

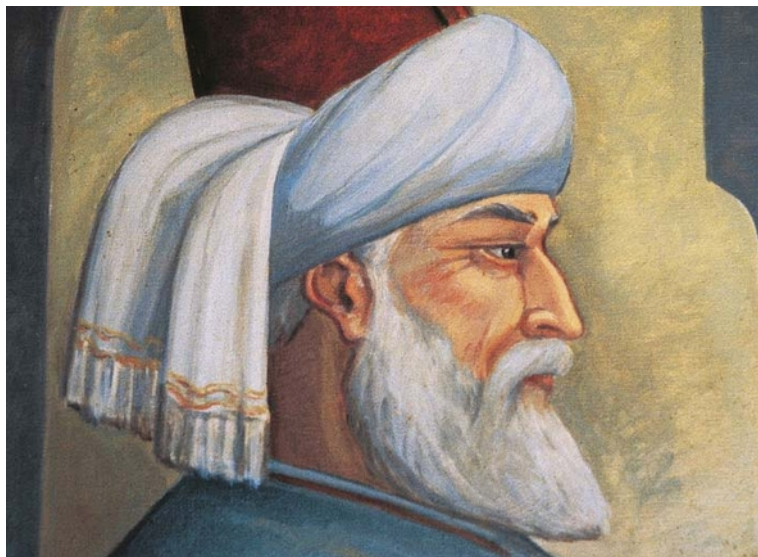


Рис.. Казизаде ар-Руми

По-видимому, здесь описывается гео-гелиоцентрическая система мира, аналогичная системе Тихо Браге. Некоторые астрономы Самарканда высказывали также предположение, что Земля является центром не всей Вселенной, а только центром тяжёлых тел; рассматривалась возможность перемещения центра Земли.

Наконец, ал-Бируни и Фахр ад-Дин ар-Рази считали возможным существование за пределами нашего мира других миров. Таким образом, Земля, оставаясь центром нашего мира, лишалась выделенного статуса во Вселенной в целом.

Глава 1-6-20

Обсерватории в мусульманских странах

В мусульманских странах появились первые астрономические обсерватории. В большинстве случаев их основателями были монархи. Начало положил халиф аль-Мамун, основавший обсерватории в Дамаске и Багдаде ещё в VII веке. Значительный размах имела обсерватория в Багдаде, покровителем которой был султан Шараф ад-Даула (основана в 988 году). По всей видимости, это была первая в истории обсерватория, во главе которой стоял официально утверждённый директор (известный астроном ал-Кухи) и которая имела собственную бухгалтерию.

В 1074 г. султан Джалал ад-Дин Малик-Шах основал великолепно оснащенную обсерваторию в Исфахане (Персия), где трудился выдающийся учёный и поэт Омар Хайям (1047 – 1123 гг.).

Большую роль в истории науки сыграла обсерватория в Мараге (южный Азербайджан, в настоящее время Иран), основанная в 1261 году выдающимся астрономом, математиком, философом и теологом Насир ад-Дином ат-Туси. Средства на её строительство выделил монгольский хан Хулагу, астрологом при дворе которого одно время работал Туси.

В значительной мере под влиянием Марагинской обсерватории была построена обсерватория в Самарканде, основанная в 1420 году Улугбеком — правителем государства Мавераннахр и позднее всей державы Тимуридов, который сам был выдающимся астрономом. Главным инструментом Самаркандской обсерватории был гигантский квадрант (или, возможно, секстант) радиусом более 40 метров.



Рис. Остатки главного инструмента обсерватории Улугбека в Самарканде — секстанта или квадранта.

Последней из великих обсерваторий стран ислама была обсерватория в Стамбуле, основанная в 1577 году выдающимся астрономом Такиюддин аш-Шахи (1526 - 1585 гг.). Для астрономических наблюдений там использовались практически те же инструменты, что и в обсерватории Тихо Браге. К сожалению, уже в 1580 году она была разрушена; формальным поводом послужил неудачный астрологический прогноз Такиюддина, но основной причиной, вероятно, требование главы турецких мусульман, полагавшего занятия наукой вредными для правоверных. Необходимо добавить, что астрономическая традиция в Стамбуле была основана учеником и близким другом Улугбека Али ал-Кушчи (1403 – 1474 гг.), третьим и последним директором Самаркандской обсерватории.

Ряд астрономов организовывали собственные, частные обсерватории. Хотя они не могли быть так хорошо оснащены, как государственные, зато в гораздо меньшей степени зависели от нюансов политической ситуации.

Глава 1-6-21

Астрономические инструменты

Трикветрум (от лат. triquetrus — треугольный) (трикветр, линейка параллактическая) — древний астрономический угломерный инструмент, применявшийся для измерения зенитных расстояний небесных светил и параллакса Луны. Применение трикветра было описано Птолемеем в «Альмагесте» (V.12; ок. 140 года) и Коперником в книге «О вращении небесных сфер» (IV.15; 1543 год).

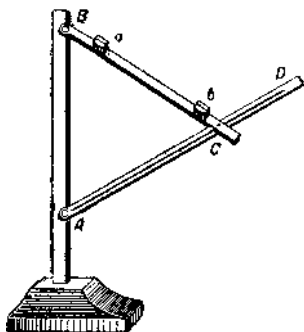


Рис. Трикветрум

Состоял из трёх шарнирно-соединённых стержней, образующих равнобедренный треугольник, у которого угол при вершине мог изменяться в соответствии с измеряемым зенитным расстоянием. Мерой угла служила длина стержня с нанесёнными на него делениями, находившегося в основании треугольника. Трикветрум использовался при астрономических наблюдениях вплоть до XVI века.

Посох Якова, *radius astronomicus* («астрономический радиус») — один из первых инструментов для астрономических наблюдений, служащий для измерения углов и определения высоты светила над горизонтом. Используется в астрономии, навигации и геодезии.

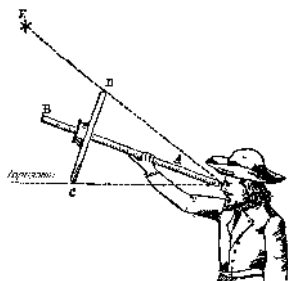


Рис. Посох Якова.

Армилярная сфера (от лат. *armilla* — браслет, кольцо) — астрономический инструмент, употреблявшийся для определения экваториальных или эклиптических координат небесных светил. Её изобретение приписывают древнегреческому геометру Эратосфену (III в. до н. э.). Впоследствии армилярная сфера использовалась также как наглядное учебное пособие — в качестве модели небесной сферы.

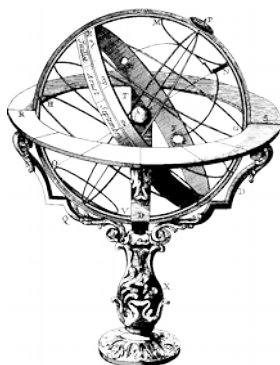


Рис. Армилярная сфера

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» (греч. *κόλουρος* — букв. «бесхвостый»). 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.

Астролябия — один из старейших астрономических инструментов, служивший для измерения горизонтальных углов и определения широт и долгот небесных тел



Рис. Астролябия

Экваториум, экваториум (*equatorium*, множественное число *equatoria*) — астрономический вычислительный прибор. Использовался для определения положения Луны, Солнца и других небесных объектов без вычислений

(используя геометрическую модель). Название происходит от латинского слова *aequatīōn*, что означает «равнять»; исходным назначением прибора было вычислять «уравнение» светила, то есть «равнять» истинное положение светила на небе и его среднее положение, определяемое как положение, которое оно занимало бы, если бы двигалось равномерно.

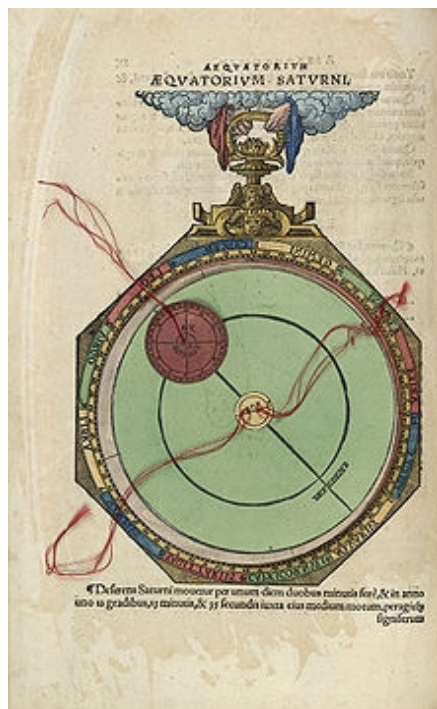


Рис. Экваториум

Принципы его построения описаны арабским математиком Абу-с-Салтом.

Впервые построен астрономом аз-Заркали в XI веке.

Глава 1-6-22

Закат астрономии в странах ислама

Следует отметить высокий уровень религиозной терпимости в Арабском халифате: помимо мусульман, среди ученых этого региона были язычники, иудеи и иногда христиане.

Вместе с тем, на протяжении всего Средневековья «древние науки» (куда входили, в частности, математика и астрономия) были предметом критики со стороны ортодоксальных исламских богословов, поскольку они, как предполагалось, могли отвлечь людей от изучения религии. Так, наиболее известный из теологов, Мухаммед ал-Газали (1058 — 1111 гг.) утверждал, что точность и надежность математических доказательств могут привести малосведущего человека к мысли, что религия основана на менее надежном основании, чем наука.

Кроме того, познание природы подразумевает поиски причинных связей между явлениями природы, однако многие мусульманские богословы полагали, что такой связи существовать не может, поскольку мир существует исключительно благодаря всемогуществу Бога. Так, ал-Газали утверждал:

«По нашему мнению, связь между тем, что обычно представляется причиной и что обычно представляется следствием не необходима... Их связь имеет место из-за предопределения Бога, который создал их бок о бок, а не вследствие необходимости их собственной природы. Наоборот, во власти божественной силы создать насыщение без еды, вызвать смерть без обезглавливания, продлить жизнь после обезглавливания, и это относится ко всем связанным вещам».

Применяя эти идеи к астрономии, многие богословы доходили до утверждений, что поскольку причиной

лунных затмений является исключительно воля Аллаха, а вовсе не попадание Луны в тень Земли, то Он может произвести затмение в любой момент времени, а не только когда Земля находится между Солнцем и Луной. Большинство теологов не занимало столь крайних позиций, признавая полезность математических методов астрономии, отказываясь, однако, признать, что за математикой стоит какая бы то ни было физика.

Некоторые исламские богословы отрицали шарообразность Земли, к тому времени надежно установленную астрономами и географами. Главным препятствием для признания шарообразности Земли было не её противоречие тексту Писания, как у некоторых раннехристианских богословов, а специфическая особенность исламского вероучения: в течение священного месяца Рамадана мусульмане не могли ни есть, ни пить в светлое время суток. Однако если астрономические явления происходят так, как следует из теории шарообразности Земли, то севернее 66° Солнце не заходит в течение целых суток, и так может продолжаться в течение нескольких месяцев; таким образом, мусульмане, которые могли бы оказаться в северных странах, либо должны были отказаться от соблюдения поста, либо должны были умереть с голоду; поскольку Аллах не мог дать такого повеления, Земля не может быть круглой.

Астрономы, однако, были убеждены, что, раскрывая строение мироздания, они тем самым прославляют его Создателя. Ряд астрономов в то же время были авторами богословских сочинений (Насир ад-Дин ат-Туси, Кутб ад-Дин аш-Ширази, Али ал-Кушчи и др.). В своих трудах они подвергали критике исламских ортодоксов. Так, ал-Кушчи дал остроумный ответ богословам, полагавшим невозможным существование законов природы ввиду всемогущества Господа:

«Мы определенно знаем, что когда мы покидаем наши дома, кастрюли и сковородки не превращаются в ученых,

рассуждающих о геометрии и теологии, хотя это и возможно волею всемогущего Бога. Мы можем быть убеждены в том, что небесные явления ведут себя в соответствии с надежно установленной астрономической теорией с той же степенью твердости, как и наша уверенность, что на самом деле этого чудесного превращения не происходит».

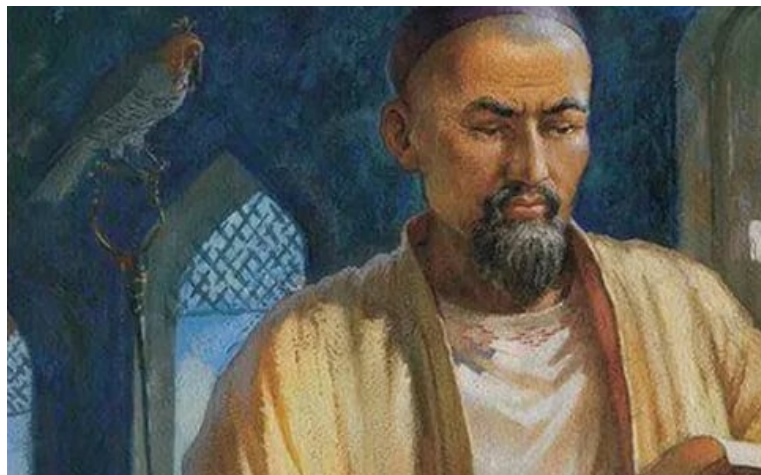


Рис. Али ал-Кушчи

Наука в исламских странах продолжала развиваться вплоть до середины XVI века, когда работали крупные астрономы Такиюддин аш-Шами, ал-Бирджанди, ал-Хафри. Хотя квалифицированные исследователи встречались и в более позднее время, начиная с конца этого столетия в исламской науке началась длительная эпоха застоя. Часто встречается утверждение, что ответственность следует возложить на критику «древних наук» со стороны влиятельнейшего богослова ал-Газали. Однако, во-первых, уже после второй половины XII века, когда работал ал-Газали, имел место новый расцвет

астрономии, связанный с деятельностью Марагинской и Самаркандской обсерватории, и во вторых, критика с богословских позиций иногда имела и положительные результаты, поскольку содействовала освобождению астрономии от пут учения Аристотеля. О причинах многовекового застоя в науке мусульманских стран ещё предстоит разобраться историкам. По мнению известного историка науки Эдварда Гранта, в целом, причины этого застоя следует искать в слабом влиянии светских наук на исламское общество.

Арабская астрономия явилась необходимым этапом в развитии науки о небе. Учёные мусульманского мира усовершенствовали ряд астрономических приборов и изобрели новые, что позволило им существенно повысить точность определения ряда астрономических параметров, без чего дальнейшее развитие астрономии было бы затруднено. Они положили начало традиции построения специализированных научных учреждений — астрономических обсерваторий. Наконец, именно учёные стран ислама впервые выдвинули фундаментальное требование: астрономическая теория является частью физики. Последовательная реализация этой программы привела к созданию гелиоцентрической системы мира Коперником, открытию законов планетных движений Кеплером, установлению механизма действия центробежной силы Гуком и, наконец, открытию закона всемирного тяготения Ньютоном.

Хронология

событий 1 тома КИА

Наскальные астральные знаки и рисунки (пещеры Франции, Испании, Африки, севера Азии, Армении).

Астрономические рисунки древних майя (Центральная Америка).

4713.1.I — расчетная начальная дата юлианского периода (эра Скалигера).

4241 год до н.э. Первый календарь (Египет).

4-ое тысячелетие до н.э.

Начало астрономической деятельности шумеров (Месопотамия), египтян, майя;

отождествление «вечерней» и «утренней» звезды (Венеры) как единого светила (шумеры);

открытие совпадения разливов Нила с гелиакическими восходами Сириуса и возникновение культа Солнца (Египет).

Около 3400 года до н.э. Астрономическая ориентировка пирамиды Хеопса (Египет).

3379 год до н.э., 15 февраля. Затмение Луны, зарегистрированное древними майя.

3113 до н.э. 11 августа начало текущей эпохи творения по календарю майя

3100 до н.э. Начало строительство Стоунхенджа с земляного вала и рва. Строили его на протяжении почти 2 тысяч лет.

Около 3000 года до н.э.

Первые астрономические записи в Египте, Вавилоне и Китае.

Выделение созвездия Дракона (близ α Дракона располагался северный полюс мира) (шумеры);

первое определение длины солнечного тропического года в Китае (366 дней).

Сооружение Нью-Грейнджа в Ирландии, древнейшего в Европе мегалитического памятника, связанного с наблюдениями за небом.

2697 год до н.э. Древнейшее сообщение о солнечном затмении (Китай).

Около 2500 года до н.э. Установление египетского солнечного календаря с продолжительностью года в 365,25.

2397 год до н.э. Дата отсчёта шестидесятилетних циклов китайского календаря

2315 – 2287 года до н.э. — первые записи о кометах (Китай).

Около 2300 года до н.э. Три лунных затмения, приведшие к трём сменам правления в Аккаде ("рождение" астрологии предзнаменований)

2137 год до н.э. — полное солнечное затмение в Китае (за непредсказание которого были, по легенде, казнены придворные астрономы Хо и Хи).

3-ое тысячелетие до н.э. Изобретение водяных часов (Китай).

3-ое – 2-ое тысячелетия до н.э

Изобретение солнечных часов.

Отмечено совпадение дня весеннего равноденствия с гелиакическим восходом Плеяд (доантичная Древняя Греция);

Учреждение должностей придворных чиновников-астрономов (Китай);

Символы мифологической космологии и космогонии на печатях доарийской (индской) культуры (Индия);

Изобретение гномона и первого угломерного инструмента для измерений зенитных расстояний (отвес с

подвижной линейкой, направляемой на светило)
(Вавилон, Др. Египет).

2397 год до н.э. Установление 60-летнего календарного цикла (Китай).

2315 – 2287 года до н.э. Первые записи о кометах (Китай).

2400 -2200 года до н.э. Введение понятия эклиптики, точек равноденствий, деление неба на созвездия (Вавилон).

2137 год до н. э. Сообщение о солнечном затмении, которое не предсказали придворные астрономы Хи и Хо, за что им отрубили головы («Шу-Кинг», Китай).

2133 год до н. э. Первое упоминание о метеорите в Китае.

Около 2000 года до н.э. История сотворения мира «Энума Элиш» (Вавилон).

2-е тысячелетие до н. э.

Звездная карта, высеченная на камне (Китай).

Таблицы Венеры «Амизадуга» (Вавилон).

Лунно-солнечный календарь (Месопотамия, Египет).

Круг зодиакальных созвездий (Вавилон).

Каменные кольца близ армянского села Ангехакот — аналог английского Стоунхенджа.

XVIII век до н. э. — возникновение астрологии в Китае и начало регистрации для ее целей комет, новых звезд, метеоров, болидов.

Около 1600 года до н.э. Установление семидневной недели по числу ярких светил: пять планет, Солнце и Луна (Вавилон).

1478 (1168?) год до н.э. — легендарная старейшая находка железного метеорита (на горе Ида, остров Крит).

1137 год до н.э. — первое сообщение о наблюдении лунного затмения (Китай).

1100 год до н.э. — основание Чжоугунской обсерватории (Китай).

XII век до н.э. В г. Чжоугун (ныне г. Хэнань) правитель У Ван построил большую обсерваторию с гномоном и невысокой башней с площадкой для переносных угломерных инструментов (Китай).

Около 1100 года до н.э. Определение наклона экватора к эклиптике (Чу Конг, Китай).

1057 год до н. э. Первое сообщение о наблюдении кометы Галлея (Китай).

776 год до н. э. Древнейшая запись о солнечном затмении (Китай).

763 год до н. э. Самая старая запись о наблюдении полного солнечного затмения (Вавилон).

Около 750 года до н.э. Открытие прецессии, начало систематических астрономических наблюдений (Кидинни, Вавилон).

VIII—V века до н. э. — открытие лунных узлов и их перемещений по небу (Китай).

720 год до н. э.— начало систематической регистрации солнечных затмений (Китай).

720 год до н. э. Первая регистрация солнечного затмения в Греции.

Около 700 года до н.э. Трактат по астрономии «Муль апин» (Вавилон). В нем даны списки пар звезд, из которых одна заходит в момент восхода другой.

700 год до н.э. «Теогония» Гесиода — история создания мира (Греция).

Около 700 года до н.э. — выделение зоны близ небесного экватора и эклиптики (шириной в 30°) и разделение ее на 15 созвездий, названных именами животных (Вавилон).

687.16.III до н.э. Первая запись о звездном дожде (Китай).

652 год до н.э. Древнейший известный месопотамский "астрономический дневник"

VII век до н.э. Время изготовления древнейшей найденной на Земле (Вавилон) отшлифованной линзы.

VII – VI века до н.э.

Установление сароса — периода повторяемости солнечных и лунных затмений (Вавилон).

Разделение круга на 360 частей, лунного пути на 36 10-градусных участков («деканы»), изобретение арифметического метода описания неравномерного движения Луны («зигзагообразная функция»), установление периодичности появления планет в разных участках неба, введение должности придворного астронома (Вавилон).

595 год до н.э. Наиболее раннее открытие 19-летнего цикла сочетаний лунных фаз и дней солнечного тропического года (Китай; в 450 г. переоткрыт в Вавилоне; в 433 г. независимо Метоном, Др. Греция).

585 год до н.э. Солнечное затмение в Малой Азии, предсказанное Фалесом Милетским (Греция).

VI век до н.э.

Анаксимандр Милетский создал первые солнечные часы, применил гномон для измерения наклона эклиптики к экватору, составил первую географическую карту (Греция).

Деятельность Клеострата Тенедосского — первого известного древнегреческого астронома-наблюдателя. Введение созвездия Малая Медведица с Полярной звездой (Фалес)

Открытие неодинаковой длительности сезонов (Евктемон)

Установление единства «Утренней звезды» («Фосфор») и «Вечерней» («Геспер») (Пифагор, Парменид).

540 - 550 года до н.э. Возникновение идеи о шарообразности Земли (Пифагор Самосский).

532 год до н.э. Первая известная регистрация «звезды-гости» (Китай).

V век до н.э. Принцип вечной изменчивости материи: «все течет, все изменяется» (Гераклит Эфесский — «Гераклит Темный», Греция).

V век до н.э. Анаксагор (Греция) считал, что Луна светит отраженным светом Солнца, которое представляет собой раскаленный камень размером с Грецию. Он же правильно определил причину солнечных и лунных затмений.

V век до н.э. Филолай Кротонский (Греция) впервые высказал идею движения Земли вокруг некоего «центрального огня» как причины смены дня и ночи.

Около 470 года до н.э.— падение огромного метеорита у р. Эгос (Козья) (Фракия), объясненного Анаксагором как кусок, оторвавшийся от раскаленного Солнца.

433 - 432 года до н.э. Установление 19-летнего цикла (метонова цикла), приводящего фазы Луны на прежние числа месяца (Метон, Греция).

Середина 1 тысячелетия до н.э. Создание древнейших известных книг с астрономическими сведениями (Китай).

IV век до н.э. Демокрит (Греция) — философ-материалист; учил, что Вселенная, состоящая из неделимых атомов и пустоты, бесконечна, Солнце огромно по сравнению с Землей, Луна светит отраженным светом, а Млечный Путь состоит из мириад звезд.

IV век до н.э. Открытие неравномерности движения Солнца по эклиптике (Каллипп, Греция). Он же в 334 г. до н. э. улучшил метонов цикл, что позволило уточнить продолжительность синодического года (погрешность была всего 22 секунды) и выявить разную продолжительность четырех времен года.

Около 366 года до н.э. Первая теория движения планет, прикрепленных каждая к своей равномерно вращающейся концентрической сфере, ось которой проходит через общий центр (Землю); первый в Греции

звездный каталог, карта неба с фигурами созвездий, введение названий некоторых созвездий (Евдокс Книдский, Греция); он же ввел календарь с годом из 365,25 дней, определил наклон эклиптики = 24° , установил, что Земля — шар.

Около 360 года до н.э. «О небе» Аристотеля (Греция). Доводы в пользу шарообразности Земли, Луны и других небесных тел. Вселенная состоит из 56 отдельных сфер с общим центром в центре Земли; внешняя сфера — сфера неподвижных звезд, вращение которой увлекает все другие и определяет суточное движение неба. По 6 сфер для всех светил, кроме Луны, для которой 5 сфер.

Около 360 года до н.э. Составление каталога 809 звезд «Синг-Чинг» (Ши-Шень, Китай).

350 год до н.э. Идея вращения Земли вокруг своей оси, объясняющего видимое суточное вращение небесной сферы; схема строения мира, в которой Венера и Меркурий обращаются вокруг Солнца, а последнее, как и другие светила, обращается вокруг Земли (Гераклид Понтийский, Греция),

IV век до н.э. Первые из известных высказываний в пользу существования в бесконечном пространстве разумной жизни вне Земли (Метродор из Хиоса, Греция).

332 год до н.э. — основание Александрийского Музеума с книгохранилищами и обсерваторией.

328 год до н.э. Первое упоминание о солнечных пятнах в летописи первого года Хэ-Пин династии Хань (Китай).

301 год до н.э. Первая запись о солнечных пятнах (Китай).

294 – 272 года до н.э. Начало систематических определений звездных положений (Аристилл (Самос), Тимохарис (Александрия)).

280 – 265 года до н.э. Идея движения Земли с Луной и планет вокруг Солнца (гелиоцентрическая система), находящегося в центре Вселенной, первые оценки

расстояния до Солнца (1200 земных радиусов) и Луны (Аристарх Самосский — «Коперник древности», Греция).

270 год до н.э. «Небесные явления» Арата — поэтическое описание неба (Греция).

240 год до н.э. Первая достоверная запись появления кометы Галлея (Китай).

Около 230 год до н.э. Замена вращающихся сфер Евдокса кругами. Начало теории эпициклического движения (Аполлоний Пергский, Греция).

Определение размеров Земли путем измерения дуги меридиана (Эратосфен Киренский, Александрия).

Архимед создал прибор для измерения углового диаметра Солнца и получил верхнюю границу 33'. Он создал планетарий, приводившийся в движение водяным двигателем, с Землей в центре; планетарий показывал движения Солнца и планет, воспроизводил солнечные и лунные затмения.

164 год до н.э. Наиболее ранняя запись о наблюдении кометы (Галлея) в Вавилоне.

Около 150 года до н.э. Открытие связи приливов и отливов с положением Луны на небе, защита идеи движения Земли (Селевк из эллинистической Селевкии).

150 – 123 года до н.э. Независимое от Вавилона открытие прецессии, первые таблицы движения Солнца (продолжительность года 365d 5h 49m) и Луны, установление неодинаковой продолжительности времен года (до десятых долей суток), открытие Новой звезды N Sco (июль 134 до н.э.);

звездный каталог с эклиптическими координатами и разделением по блеску 850 звезд на шесть звездных величин; введение деферентов с центрами, не совпадающими с центром Земли, чтобы сохранить равномерное движение планет по эпициклам; введение долготы и широты географических пунктов с долготой равной 0° на о. Родос (Гиппарх, Греция).

I век до н.э. весьма точное измерение синодических периодов Марса, Юпитера и Сатурна (Китай)

46 год до н.э. Введение в Риме юлианского календаря (по предложению астронома Созигена, Александрия).

I век н.э.

Очень точное измерение аномалистического месяца (27,55336. — Лю Хун, Китай)

Первый универсальный инструмент — прообраз теодолита и секстанта (описан Героном Александрийским).

Идея космической природы комет (Сенека Мл., Рим).

II век н.э. Чжан-Хэн среди других изобретенных им инструментов изготовил армиллярную сферу с гидромеханизмом, дал ее теорию, оценил число видимых в Китае звезд (~2500) и разделил их на 124 созвездия, дал 320 звездам собственные имена; понимал причину солнечных и лунных затмений; писал о шарообразности небесных тел и безграничности Вселенной в пространстве и времени; независимо открыл явление прецессии и определил постоянную прецессии.

II век. Первые сочинения о полетах на Луну, Солнце и звезды (Лукиан Самосатский, Рим: «Истинная история», «Икаротенипп»); наиболее ранние сохранившиеся памятники астрономической деятельности майя.

140 год «Синтаксис» — «Великое математическое построение астрономии в 13 книгах», по-арабски «Альмагест») Клавдия Птолемея (Александрия), содержащий теорию эпициклического движения планет в геоцентрической системе, а также планетные таблицы, звездный каталог 1022 звезд, разделенных (по примеру Гиппарха) на 6 величин по блеску.

IV—VIII века. Расцвет инструментостроения в астрономии Китая (армиллярные сферы, секстанты, квадранты и др.)

V век. Ариабхата и Варахамихара утверждают шарообразность Земли и ее вращение вокруг своей оси (Индия).

Около 547 года. «Христианская топография Вселенной» Космы Индикоплова (Византия).

VI век. Первая критика Аристотеля (Иоанн Филопон, Византия).

640 год. Взятие Александрии арабами и конец ее как последнего эллинистического центра науки.

Первая четверть VIII века. Открытие собственных движений звезд (И Синь, Китай)

VII век. «Космография» и теория календаря Анания Ширакаци (Армения).

725 год. Попытки определения длины меридиана по идее Лю Чжо (Нань Гуншо, Китай).

813 год. Калиф Аль-Мамун основывает в Багдаде астрономическую школу и велит перевести «Альмагест» на арабский язык.

827 год. Определение размеров Земли по градусным измерениям между реками Тигр и Евфрат (Багдад, ученые калифа Аль-Мамуна).

829 год. Основание Багдадской обсерватории.

Конец IX — начало X веков. Уточнение значений годичной прецессии, определение эксцентриситета «орбиты Солнца» и долготы перигея.

960 год. Каталог звезд ас-Суфи в Каире (в его основе каталог Птолемея с учетом прецессии).

X век.

Открытие одного из лунных неравенств (Абу-ль-Вафа, Багдад).

Первые «зиджи» — астрономические таблицы со звездным каталогом (перевычисление птолемея с учетом прецессии, — аль-Баттани, Дамаск; ас Суфи, Исфахан)

1000 год. Обсерватория в Каире.

Конец X -- начало XI веков. «Гакимитские таблицы» (1007 г. н.э.) движений Солнца, Луны и планет, определение наклона экватора к эклиптике — $23^{\circ}35'$ (Ибн-Юнус, близ Каира).

Около 1031 года. «Канон Масуда» Абу Рейхана ал-Бируни (Хорезм): каталог 1029 звезд, уточнение наклона экватора к эклиптике ($23^{\circ}34'00''$), длина 1° меридиана в 111,6 км, определенная по величине понижения горизонта. Трактат о летосчислении.

1054 год, 4 июля. Вспышка Сверхновой в Тельце. Отмечена в европейских, японских и китайских хрониках (вспышка породила Крабовидную туманность).

1064 год. Упоминание солнечного протуберанца во время полного затмения Солнца (Россия, летопись).

1080 год. «Толедские таблицы» (Арзахель, Испания).

Конец XI — начало XII веков. Проект очень точного календаря. Книга стихов «Вселенная и ее познание» с элементами гелиоцентризма (Омар Хайям — персидско-таджикский поэт, ученый и философ).

1136 год. Календарный трактат Кирика Новгородца «Учение им же ведати человеку числа всех лет» (Россия).

1252 год. «Альфонсовы таблицы» движений планет и астрономическую энциклопедию создали еврейские и мавританские ученые во главе с Исааком бен Саидом, собранные королем Кастилии Альфонсом X (Испания).

1256 год. Одно из первых астрономических популярных сочинений в Западной Европе — «Сфера Вселенной» Джона Галифакса (Сакробоско, Англия).

1259 год. Основание Марагинской обсерватории в южном Азербайджане.

Около 1272 года. «Ильханские таблицы» движений Солнца и планет; определение величины прецессии ($51,4''$) (Насирэдаин Туси, Марага, Азербайджан).

1279 год. Создание Пекинской обсерватории (Китай).

1281 год. Календарь «Шоушили»; средняя продолжительность тропического года принималась равной 365,2425 средних суток (Го Шоуцзин, Китай).

1371 год. Первые наблюдения солнечных пятен в России (Никоновская летопись).

1425 год. Построена Самаркандская обсерватория Улугбека.

1437 – 1449 года. «Зидж Гурагани» — самостоятельный каталог положений 1018 звезд, измеренных с погрешностью $\pm 5'$ на Самаркандской обсерватории, где в плоскости меридиана был построен гигантский квадрант радиусом 40 м; таблицы движений планет (Улугбек с сотрудниками, Самарканд).

Использованная литература

ТОМ 1

Литература по истории астрономии

Используется во всех томах КИА.

1. В.Г. Горбацкий, **Лекции по истории астрономии**, Издательство Санкт-Петербургского университета, 2002
2. **Программа кандидатского экзамена по дисциплине «История и методология астрономии»**, разработанная Институтом истории естествознания и техники (ИИЕТ) РАН им. С.И. Вавилова и Государственным астрономическим институтом им П.К. Штернберга (ГАИШ) МГУ
3. А. Паннекук. **История астрономии** / Перевод Н.И. Невской, Наука, Москва, 1966
4. Берри, Артур. **Краткая история астрономии**, 1904
5. А. И. Еремеева, Ф. А. Цицин. **История астрономии**. Учебник. МГУ. 1989.
6. Агнесса Кларк. **Общедоступная история астрономии в XIX столетии**, 1913
7. Струве Отто, Зебергс В. **Астрономия XX века**, Мир, 1968
8. Колчинский И.Г., Корсунь А.А., Родригес М.Г. **Астрономы: Биографический справочник**. — 2-е изд., перераб. и доп. — Киев: Наукова думка, 1986.
9. Википедия

Введение

Справочник любителя астрономии

Кононович Э. В., Мороз В. И. **Общий курс Астрономии**
Кун Т. Структура научных революций. М., 1977.

Часть 1

Астроархеология. astroarheolog.jimdofree.com

История астрономии (дополнительные материалы)
www.astronet.ru

А. Глянцев. «Сто тысяч лет: найдены следы самой древней астрономии». www.vesti.ru

Раскрыт замысел создателей древнейшего в мире храмового комплекса. www.vesti.ru

Г.Е. Куртик. **Астрономия Древнего Египта.** astro-cabinet.ru

В.А. Юревич, «**Вселенная и Мы**», astronet.ru

Дополнительная литература

Астрономия древних обществ. М.: Наука, 2002. — 336 с.

Вуд Дж. **Солнце, Луна и древние камни.** М., 1981.

Гурштейн А.Л. **Извечные тайны неба.** М.: Наука, 1991.
Изд. 3-е, пер. и доп. - 496 с.

Ларичев В.Е. **Мудрость змеи: Первобытный человек, Луна и Солнце.** Новосибирск, 1989. - 272 с.

Хокинс Дж., Уайт Дж. **Разгадка тайны Стоунхенджа.** М., 1984.

Щеглов П.В. **Отраженные в небе мифы Земли.** М.: Наука, 1996. 3-е изд.

Веселовский И. Н. **Египетские деканы** // Историко-астрономические исследования, вып. X. — М., 1969

Куртик Г. Е. **Астрономия Древнего Египта** // На рубежах познания Вселенной (ИАИ XII). — М.: Наука, 1991.

Литовка И. И. **Естествознание и точные науки древней Месопотамии и Египта как элемент генезиса научного знания.** — Новосибирск: Параллель, 2010.

Кинжалов, Ростислав Васильевич. **Культура древних майя**, издательство «Наука», ленинградское отделение, Ленинград, 1971

Хаген, Виктор фон. **Ацтеки, майя, инки. Великие царства древней Америки** / Пер. с англ. Л. А. Карпова. — М.: Центрполиграф, 2013.

Чарльз Галленкамп **Майя. Загадка исчезнувшей цивилизации**, пер. с английского, Москва, издательство «Наука» 1966

Ю. В. Кнорозов. **Письменность индейцев майя**; М.—Л., Издательство Академии наук СССР, 1963

Ричард Коэн. **В погоне за Солнцем.** — 2013.

Климишин И. А. **Календарь и хронология.** — Изд. 3. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990.

Часть 2

Ван-дер-Варден Б. **Пробуждающаяся наука II. Рождение астрономии**: Пер. с англ./ Под ред. А. А. Гурштейна

Дополнительная литература

Тураев, Борис Александрович. **Вавилонская религия и культура** // История Древнего Востока / под редакцией В.

В. Струве и И. П. Снегирева. — Ленинград: Социально-экономическое, 1935. — Т. 1.

Часть 3

Старцев П.А. Очерки истории астрономии в Китае. М., 1961; Needham J. Science and Civilisation in China. Vol. III. Cambridge, 1959.

<https://www.synologia.ru/a/Астрономия>

Развитие астрономии в древнем Китае. vunderkind.info

История астрономии в Китае. asha-piter.ru

В. Е. Еремеев **Символы и числа. Статус астрономии в Китае.** refdb.ru

Источники

Шэнь Ко. Записи бесед в Мэнси. Пер. фрагментов с кит. и примеч. И. А. Алимова //Петербургское востоковедение. СПб., 2002. Вып. 10. С.60-74.

Дополнительная литература

Алимов И. А. Шэнь Ко и его сборник «Записи бесед в Мэнси» //Петербургское востоковедение. СПб., 2002. Вып. 10. С.50-59.

Часть 4

Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. — 3-е изд. — М. : Советская энциклопедия, 1969—1978.

Источники

Арат, **«Небесные явления»**, Историко-астрономические исследования, Вып. XX, 1988.

Гесиод, «Труды и дни» (содержит древнейшие в греческой литературе упоминания некоторых созвездий). Из сб.: Гесиод, Полное собрание текстов, М., Лабиринт, 2001.

Аристотель. **Сочинения. В 4 т.** (Серия «Философское наследие»). М.: Мысль, 1975—1983.

Порфирий. **Жизнь Пифагора** // О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов / Редактор тома и автор вступительной статьи А. Ф. Лосев. — второе. — М.: Мысль, 1986. — С. 416—426. — (Философское наследие).

Платон. **Собрание сочинений. В 4 т.** / Под общ. ред. А. Ф. Лосева, В. Ф. Асмуса, А. А. Тахо-Годи. (Серия «Философское наследие»). — М.: Мысль. 1990—1994.

Клеомед. **Учение о круговращении небесных тел** (перевод А. И. Щетникова), Схолэ, 4. 2 (2010)

Фалес // Досократики. — Мн.: Харвест, 1999. — (Классическая философская мысль).

Дополнительная литература

Чанышев А.Н. История философии Древнего мира: Учебное пособие для вузов. — М.: Академический проект, 2011.

Кузьмин А. В. Космос Фалеса // Земля и Вселенная. — 2018. — Вып. 6.

Чайковский Ю. В. Что же умел Фалес как астроном? // Древняя астрономия: Небо и человек. Труды конференции. — М.: ГАИШ, 1998.

Идлис Г. М. Революции в астрономии, физике и космологии. — М.: Наука, 1985.

Вольф М. Н. Философский поиск: Гераклит и Парменид. СПб.: Издательство РХГА, 2012.

Рожанский И. Д. Анаксагор: У истоков античной науки. — М.: Наука, 1972.

Виц Б. Б. Демокрит. — М.: Мысль, 1979.

Лосев А. Ф., Тахо-Годи А. А. Платон. Аристотель. — М.: Молодая гвардия, 2005.

Храмов Ю. А. Аристотель // Физики : Биографический справочник / Под ред. А. И. Ахиезера. — Изд. 2-е, испр. и доп. — М. : Наука, 1983

Васильева Т. В. Афинская школа философии. Философский язык Платона и Аристотеля. (Серия «Из истории мировой культуры»). — М.: Наука, 1985.

Часть 5

Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. — 3-е изд. — М. : Советская энциклопедия, 1969—1978.

Источники

Аристарх Самосский, «О размерах и взаимных расстояниях Солнца и Луны». Русский перевод входит в статью И. Н. Веселовского «Аристарх Самосский — Коперник античного мира», Историко-астрономические исследования, Вып. VII, 1961 (см. стр. с.20—46).

Гемин. «Введение в явления»

Клавдий Птолемей, «Альмагест, или Математическое сочинение в тринадцати книгах», М., Наука, 1998.

Дополнительная литература

Бронштэн В. А. Клавдий Птолемей. — М.: Наука, 1988.

Ван дер Варден Б. Л. Пробуждающаяся наука. Математика древнего Египта, Вавилона и Греции. — М.: ГИФМЛ, 1959.

Рожанский И. Д. История естествознания в эпоху эллинизма и Римской империи. — М.: Наука, 1988.

Веселовский И. Н. Аристарх Самосский — Коперник античного мира // Историко-астрономические исследования, вып. VII. — М., 1961. — С. 17—70.
Житомирский С.В. Астрономические работы Архимеда // ИАИ. 1977. Вып. 13. С. 319—338.

Часть 6

Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. — 3-е изд. — М. : Советская энциклопедия, 1969—1978.

Сайт indiansworld.org

Источники

Беруни Абу Райхан. Избр. произв. Ташкент, 1963. Т. 2 (Индия); 1973—1976. Т. 5. Ч. 1—2 (Канон Мас'уда); 1975. Т. 6 (Книга вразумления начаткам науки о звездах).

Дополнительная литература

Володарский А. И. **Астрономия в Древней Индии** // Историко-астрономические исследования. т. 12, 1975.

Володарский А. И. **Ариабхата: к 1500-летию со дня рождения.**— М.: Наука, 1976.

Авдиев, Всеволод Игоревич. **Астрономия // История Древнего Востока.** — Ленинград: Госполитиздат, 1953.

Гингерич О. Средневековая астрономия в странах ислама // В мире науки. — 1986, № 4. — С. 16—26.

Куртик Г. Е. Астрономия стран ислама // История науки и техники. — 2003. — № 9. — С. 47—59.

Матвиевская Г. П., Розенфельд Б. А. Математики и астрономы мусульманского средневековья и их труды (VIII-XVII вв.). В 3 т. М.: Наука, 1983.

Розенфельд Б.А. Астрономия стран ислама // ИАИ. 1984. Вып. 17. С. 67—122.