

# История астрономии

Джей Пасачофф, Магда Ставински, Мэри Кей Хеменуэй

Международный астрономический союз, Колледж Уильямса (Массачусетс, США),  
Астрономический институт Румынской академии (Бухарест, Румыния), Техасский университет  
(Остин, США)

## Краткое описание

В этом кратком изложении истории астрономии приводится обзор повсеместного распространения астрономии на ее истоках, за которым следует описание ключевых событий в развитии астрономии в Западной Европе до времен Исаака Ньютона.

## Цели

- Дать схематический обзор истории астрономии в различных регионах мира, чтобы показать, что астрономия всегда являлась объектом интереса человечества.
- Перечислить главные фигуры в истории астрономии, внесшие свой вклад в серьезные изменения в подходе к этой дисциплине вплоть до Ньютона: Тихо Браге, Коперник, Кеплер и Галилей.
- Ограниченное время конференции не позволяет нам охватить историю астрономии в наши дни, но более подробную информацию можно найти в других главах этой книги.

## Предыстория

На темном небе древние народы могли видеть, как звезды поднимаются в восточной части неба, движутся вверх и заходят на западе. В одном направлении звезды двигались крошечными кругами. Сегодня, когда мы смотрим на север, мы видим звезду в этом месте - Полярную звезду, или Полярис. Эта звезда не очень яркая: 48 звезд на небе ярче ее, но находится она в интересном месте. В древние времена другие звезды были ориентированы на северный полюс Земли, а иногда звезд поблизости от полюса и вовсе не было.

Поскольку люди часто наблюдали за небом, они заметили, что некоторые из наиболее ярких объектов не поднимались и не заходили вместе со звездами. Разумеется, самым ярким объектом на ночном небе была луна. Каждую ночь она поднималась почти на час позже, и фоном ей служили разные звезды. Так же менялась и ее форма – то, что мы сейчас называем фазами.

Но некоторые из этих огней в небе двигались иначе, чем другие. Греки стали называть их странниками или планетами. Практически каждая цивилизация на Земле заметила эти объекты и дала им названия.

Некоторые древние люди построили памятники, например, стоячие круги Стоунхенджа в Англии, или гробницы на Менорке в Испании, совпавшие с Южным Крестом в 1000 году до нашей эры. Вавилоняне вели серьезные записи астрономических явлений, но греки, основываясь на этих знаниях, пытались «объяснить» небо.

## Греки

Большинство древних греков, включая Аристотеля (384 г. до н.э. - 322 г. до н.э.), считали, что Земля находится в центре вселенной и состоит из четырех элементов: Земли, Воздуха, Огня и Воды. За пределами Земли был пятый элемент, эфир (или квинтэссенция), который составлял точки света в небе.

Как эти странники передвигались среди звезд? В основном они шли в том же направлении, что и звезды: восходили на востоке и двигались на запад. Но иногда казалось, что они останавливаются и движутся в обратном направлении по отношению к звездам. Это обратное движение называется «ретроградным» движением, чтобы отличить его от поступательного движения, называемого «прогрессивным».

Греческий астроном Клавдий Птолемей (ок. 90 - ок. Н. Э. 168) работал в Александрии в Северной Африке во втором веке нашей эры. Птолемей хотел уметь предсказывать положение планет и пришел к математическому решению. Следуя Аристотелю, он поместил Землю в центр Вселенной. Луна и планеты вращаются вокруг нее вложенными кругами, которые увеличиваются по мере удаления от Земли. Что, если планеты действительно движутся по маленьким кругам, центры которых находятся на больших кругах? Затем при некотором движении маленьких кругов они будут двигаться назад быстрее, чем центры этих кругов движутся вперед. Живущие на Земле, таким образом, увидят, как планеты движутся в обратную сторону.

Эти маленькие круги называются «эпициклами», а большие круги - «деферентами». Идея Птолемея о кругах, движущихся по кругам, господствовала над западной наукой более тысячи лет. Переход от наблюдения к теории с использованием математики был уникальным и важным шагом в развитии западной науки.

Несмотря на то, что ни у кого не было одинаковых названий для наблюдаемых объектов, практически все культуры на Земле наблюдали за небом. Они использовали эту информацию для создания календарей и прогнозирования сезонных циклов посадки, сбора урожая или охоты, а также религиозных церемоний. Как и греки, некоторые из них разработали очень сложную математику для предсказания движения планет или затмений, но это не означает, что они пытались создать то, что мы бы назвали научной теорией. Вот

некоторые примеры:

## Африка

Стоящие камни в Набте в Нубийской пустыне старше Стоунхенджа на 1000 лет. Египтяне использовали астрономию для строительства своих пирамид, а также расширяли свои религиозные верования, включая в них знания о звездах. С петроглифов в Наморатунге (Кения) началось брэндинг крупного рогатого скота. Звездные предания приходят со всех уголков Африки, от области догонов в Мали до Западной Африки, Эфиопии и Южной Африки.

## Исламская астрономия

Многие астрономические открытия были сделаны в исламском мире, особенно во время Золотого века ислама (8-15 века), и в большинстве своем были написаны на арабском языке. Он был наиболее развит на Ближнем Востоке, в Центральной Азии, Аль-Андалусе, Северной Африке, а затем на Дальнем Востоке и в Индии. Значительное количество звезд на небе, таких как Альдебаран и Альтаир, а также такие астрономические термины, как алидада, азимут, альмукантарат, являются прямым переносом из арабского языка. Арабы изобрели арабские числа, включая использование нуля. Их интересовали позиции и время суток (так как это было полезно для молебнов). Также было сделано много открытий и в области оптики. Многие произведения на греческом языке были сохранены для потомков благодаря их переводам на арабский язык.

Сообщается, что первые систематические наблюдения в исламской культуре проводились под патронажем Аль-Маамуна (786-833 гг. Н. Э.). Здесь и во многих других частных обсерваториях от Дамаска до Багдада измерялись градусы меридиана, устанавливались солнечные параметры и проводились подробные наблюдения Солнца, Луны и планет.

В исламской астрономии использовались следующие инструменты: небесные глобусы и армиллярные сферы, астролябия, солнечные часы и квадранты.



Fig. 1: Астролябия арабов

## Америка

### Северная Америка

Коренные народы Северной Америки также давали имена своим созвездиям и рассказывали истории о небе, которые передавались в устной традиции. Некоторые артефакты, такие как каменные колеса или строения, остаются свидетельством использования ими астрономии в повседневной жизни.

### Астрономия народов Майя

Майя были мезоамериканской цивилизацией, известной первой полностью развитой письменностью в доколумбовой Америке, а также искусством, архитектурой, математическими и астрономическими системами. Первоначально основанные в доклассический период (ок. 2000 г. до н.э. - 250 г. н.э.), города майя достигли наивысшего уровня развития в классический период (ок. 250 г. до н.э. - 900 г. н.э.) и продолжались в течение постклассического периода до прибытия испанцев. Народы майя пережили упадок классического периода, приход испанских конкистадоров и последующую испанскую колонизацию Америки.

Астрономия майя - одна из самых известных древних астрономий в мире, особенно знаменита своим календарем, который сейчас ошибочно интерпретируется как предсказывающий конец света. Майя кажутся единственной дотелескопической

цивилизацией, которая продемонстрировала знание, что туманность Ориона не является звездной точкой.

Майя очень интересовались зенитными проходами - временем, когда Солнце проходит прямо над головой. Поскольку широта большинства их городов находится ниже тропика Рака, эти зенитные переходы будут происходить дважды в год на равном расстоянии от точки солнцестояния. Божество с именем Ныряющий Бог отождествлялось с этим положением Солнца.



Fig. 2: Чичен-Ица (Мексика) - важные археологические памятники астрономии майя.

Венера была для майя самым важным астрономическим объектом, даже более важным, чем Солнце. Календарь майя - это система календарей и альманахов, использовавшаяся в цивилизации майя в доколумбовой Мезоамерике и в некоторых современных общинах майя в высокогорных районах Гватемалы и Оахаки, Мексика.

Хотя мезоамериканский календарь произошел не от майя, его последующие версии были расширены этим народом. Наряду с календарями ацтеков календари майя лучше всего задокументированы и наиболее понятны.

## Ацтекская астрономия

В центральной Мексике существовали определенные этнические группы, которые говорили на языке науатль и доминировали на значительной части Мезоамерики в 14, 15 и 16 веках - период, называемый в мезоамериканской хронологии поздним постклассическим периодом.

Культура и история ацтеков в первую очередь известны благодаря археологическим свидетельствам, найденным при раскопках, таких как раскопки известного Темпло-мэра в

Мехико и многих других, из берестяных кодексов, свидетельств испанских конкистадоров или из описаний ацтекской культуры XVI и XVII веков. История написана испанскими священнослужителями и владеющими грамотой ацтеками на испанском языке или языке науатль.

Ацтекский календарь или солнечный камень - это самый ранний монолит, оставшийся от доиспанской культуры в Центральной и Южной Америке. Считается, что он был вырезан около 1479 года. Это круглый монолит с четырьмя концентрическими кругами. В центре изображено лицо Тонатиу (Бога Солнца), украшенное нефритом и держащее во рту нож. Четыре солнца или более ранние «миры» представлены квадратными фигурами, обрамляющими Пятое Солнце в центре. Внешний круг состоит из 20 областей, которые представляют дни каждого из 18 месяцев, составляющих ацтекский календарь. Чтобы завершить 365-дневный солнечный год, ацтеки включили 5 жертвенных дней, или Немонтеми.

Подобно почти всем древним народам, ацтеки сгруппировали в ассоциации кажущиеся яркие звезды (созвездия): Мамалхуазтли (Пояс Ориона), Тианкицтли (Плеяды), Читлалтлахтли (Близнецы), Читлалколотль (Скорпион) и Ксонекуилли (Малая Медведица или Южный Крест) для других и т. д.). Кометы называли «звездами с дымом».

Большие периоды времени в ацтекской космологии определяются эпохами разных солнц, конец каждого из которых был определен крупными бедствиями, такими как разрушение ягуарами, ураганами, пожарами, наводнениями или землетрясениями.

## Астрономия инков

Цивилизация инков - это цивилизация доколумбовой Андской группы. Она образовалась в начале 13 века в бассейне Куско в Перу, а затем распространилась вдоль Тихого океана и Анд, охватив западную часть Южной Америки. На пике своего развития инки простирались от Колумбии до Аргентины и Чили, через Эквадор, Перу и Боливию.

Инки считали своего короля, Сапа Инку, «ребенком Солнца». Они идентифицировали различные темные области или темные туманности в Млечном Пути как животных и связали их появление с сезонными дождями.

Инки использовали солнечный календарь для сельского хозяйства и лунный календарь для религиозных праздников. Согласно хроникам испанских конкистадоров, на окраине Куско в современном Перу находилась большая публично выставленная система дат, состоящая из 12 колонн высотой 5 метров, которые можно было увидеть издали. С его помощью люди могли обозначать даты. Они отмечали два праздника: Инти Райми и Капак Райми, летнее и зимнее солнцестояние соответственно.

У них были свои собственные созвездия: Юту (Куропатка) была темной зоной в Млечном

Пути, которую мы называем Угольным мешком. Они называли скопление Плеяд Коллка. Со звездами созвездия Лиры они нарисовали одно из самых известных им животных и называли его Маленькая Серебряная лама или цветная лама, самой яркой звездой которой (Вега) была Уркучиллай, хотя, по мнению некоторых исследователей, это было имя всего созвездия. Кроме того, были созвездия Мачакуау (змея), Хампату (жаба), Аток (лисица), Кунтур и т.д.

Места для основания крупных городов решались исходя из положения звезд и сторон света.

На окраине Куско находился важный храм, посвященный Солнцу (Инти), из которого выходили линии радиальной формы, разделявшие долину на 328 храмов. Это число до сих пор остается загадкой, но одно из возможных объяснений связано с астрономией: оно совпадает с днями, содержащими двенадцать лунных месяцев. И 37 дней, которые выпадают из 365 дней солнечного года, совпадают с днями, когда скопление Плеяд не наблюдается из Куско.

## Индия

Самое раннее письменное упоминание, которое дается в религиозной литературе Индии (2-е тысячелетие до нашей эры), к первому тысячелетию до н.э. стало установившейся традицией, когда начали формироваться различные вспомогательные отрасли обучения.

В течение следующих столетий ряд индийских астрономов изучали различные аспекты астрономических наук, после чего последовал глобальный диалог с другими культурами. В качестве инструментов использовались гномоны и армиллярные сферы.

Индусский календарь, использовавшийся в древние времена, претерпел множество изменений в процессе структуризации страны, и сегодня существует несколько версий региональных индийских календарей, а также индийский национальный календарь. В индуистском календаре день начинается с местного восхода солнца. Оно наделено пятью «свойствами», называемыми ангасами.

Эклиптика разделена на 27 накшатр, которые называются лунными домами или астеризмами. Они отражают цикл Луны относительно неподвижных звезд, 27 дней и 72 часа, причем дробная часть компенсируется вставной 28-й накшатрой. Вычисление накшатры, по-видимому, было хорошо известно во времена Ригведы (2–1 тысячелетия до нашей эры).

## Китай

До арабов китайцы считались самыми вдумчивыми и точными наблюдателями небесных явлений по всему миру. Подробные записи астрономических наблюдений начались во время периода враждующих государств (4 век до н.э.) и процветали с периода Хань.

Некоторые элементы индийской астрономии достигли Китая с распространением буддизма во время династии Поздняя Хань (25–220 гг. н.э.), но более полное поглощение индийской астрономической мысли произошло во время династии Тан (618–907 гг.).

Астрономия была возрождена под влиянием западной космологии и технологий после того, как иезуиты учредили свои миссии. В 17 веке был представлен телескоп. Оборудование и инновации, используемые китайской астрономией: армиллярная сфера, небесный глобус, армиллярная сфера с водным приводом и башня небесного шара.

Китайская астрономия была больше сосредоточена на наблюдениях, чем на теории. Согласно писаниям иезуитов, посетивших Пекин в 17 веке, китайцы располагали данными за 4 000 лет до нашей эры, включая взрыв сверхновых, затмения и появление комет.

В 2300 году до нашей эры они разработали первый известный солнечный календарь, а в 2100 году до нашей эры зарегистрировали солнечное затмение. В 1200 году до нашей эры они описали солнечные пятна, назвав их «темными пятнышками» на Солнце. В 532 г. до н.э. Они оставили свидетельства появления сверхновой звезды в созвездии Аквилы и в проходах кометы Галлея в 240 и 164 гг. до н.э. В 100 г. до н.э. китайцы изобрели компас, с помощью которого они отмечали направление на север.

В более позднее время они определили прецессию равноденствий в один градус на каждые 50 лет, зарегистрировали больше сверхновых и обнаружили, что хвост комет всегда указывает в направлении, противоположном положению Солнца.

В 1006 году н.э. они отметили появление сверхновой, настолько яркой, что ее можно было увидеть днем. Это самая яркая задокументированная сверхновая. В 1054 году они наблюдали сверхновую, остатки которой позже назовут Крабовидной туманностью.

Их представление небесной сферы отличалось от западной. Небесный экватор был разделен на 28 частей, называемых «домами», и в общей сложности насчитывалось 284 созвездия с такими названиями, как Диппер, Три ступени, Верховный дворец, Тренога, Копье или Гарпун. Китайский Новый год начинается в день первого новолуния после того, как Солнце входит в созвездие Водолея.

Китайский ученый-эрудит Шен Куо (1031-1095 гг. н.э.) не только первым в истории описал магнитно-стрелочный компас, но и более точно измерил расстояние между Полярной звездой и истинным Севером, которое можно было использовать для навигации. Шен Куо и Вэй Пу также создали проект ночных астрономических наблюдений в течение пяти лет подряд – интенсивная работа, которая даже могла бы конкурировать с более поздней работой Тихо Браге в Европе. Они также нанесли точные координаты планет на звездную карту для этого проекта и создали теории движения планет, включая ретроградное движение.



## Западная Европа

После падения Рима знания, собранные греками, скудно передавались через работу монахов, которые часто просто копировали рукописи, не видя в них для себя никакого смысла. В конце концов, с появлением кафедральных школ и первых университетов ученые начали решать задачи, которые ставила наука. Благодаря торговле (и воровству) новые манускрипты с Востока попали через крестовые походы, а контакты с исламскими учеными (особенно в Испании) позволили сделать переводы на латынь. Некоторые ученые пытались упорядочить информацию, чтобы она соответствовала их христианской точке зрения.

### Математический гений: Николай Коперник из Польши

В начале 1500-х годов Николай Коперник (1473–1543) пришел к выводу, что Вселенная была бы проще, если бы в ее центре находилось Солнце, а не Земля. Тогда ретроградное движение планет происходило бы, даже если все планеты просто будут вращаться вокруг Солнца по кругу. Обратное движение стало бы оптической иллюзией, возникающей, когда мы пролетаем мимо другой планеты. Точно так же, как если бы вы остановились на светофоре, и справа от вас была бы машина, если вы начнете двигаться первым, вы можете на короткое время подумать, что машина движется назад.

Коперник поделился своими идеями с математиками, но не опубликовал их, пока молодой ученый Георг Ретикус не убедил его и не организовал публикацию в другом городе. Печатная копия *De Revolutionibus Orbium Celestium* прибыла как раз тогда, когда Коперник умирал в 1543 году. Он, возможно, никогда не видел неподписанного предисловия, написанного издателем, в котором говорилось, что в книге был изложен лишь математический способ вычисления позиций, а не правда. Вслед за Аристотелем Коперник использовал круги и добавил несколько эпициклов. Его книга следовала структуре книги Птолемея, но его приверженность математической простоте находилась под влиянием Пифагора.

Книга Коперника содержит (рис. 3), пожалуй, самую известную диаграмму в истории науки. На нем показано Солнце в центре ряда кругов. Коперник рассчитал скорости, с которыми планеты вращаются вокруг Солнца, поскольку он знал, какая из них движется быстрее всего по небу. Таким образом, он получил планеты в правильном порядке: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, и он также получил правильные относительные расстояния до планет. Но его вычисления действительно описывали положения планет не намного лучше, чем метод Птолемея.

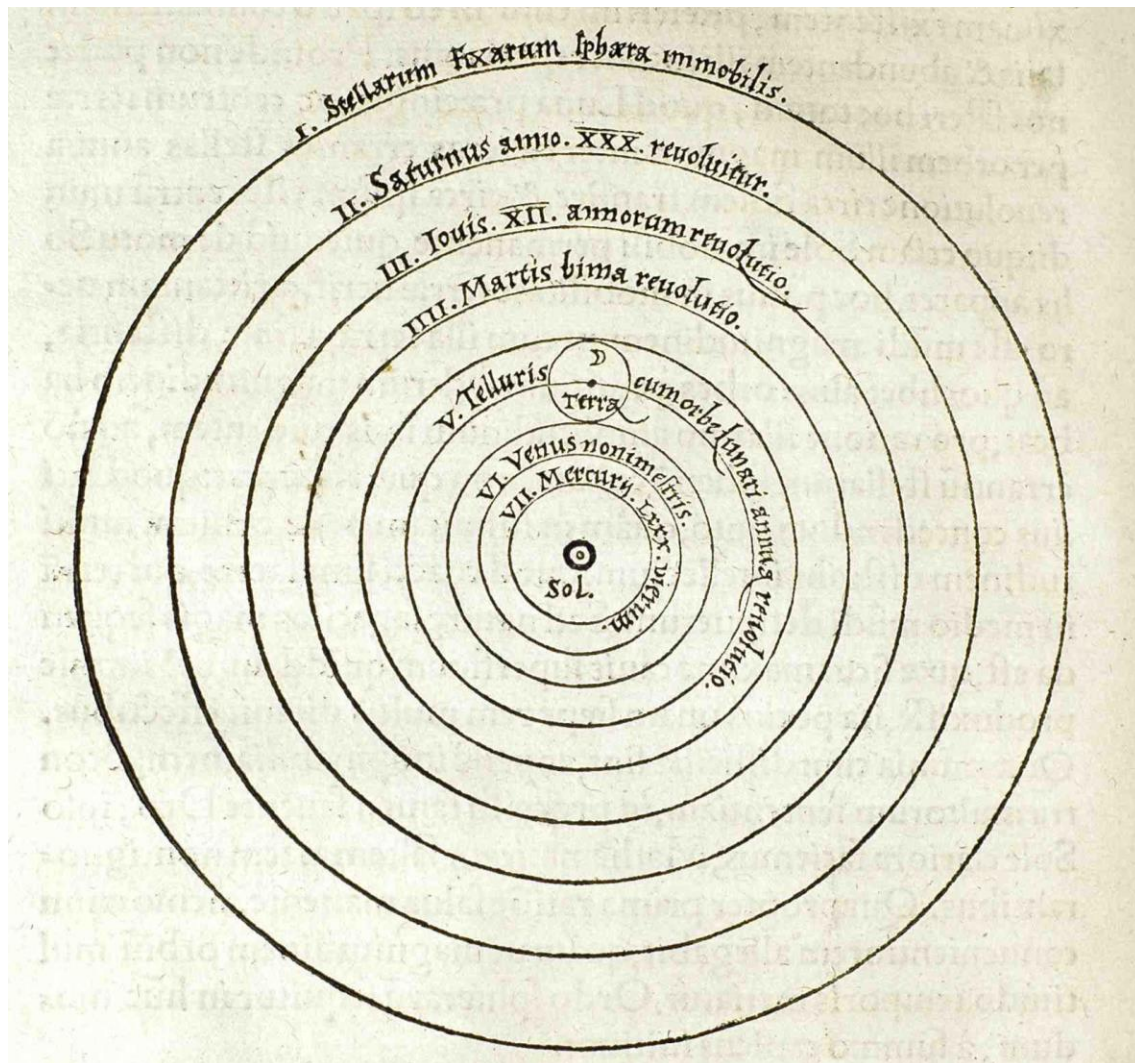


Fig. 3: Диаграмма Коперника, впервые показывающая Солнце в центре того, что мы теперь называем Солнечной системой. Эта диаграмма взята из первого издания *De Revolutionibus Orbium Celestium* (О вращении небесных сфер), опубликованного в 1543 году.

В Англии Леонард Диггес написал книгу на английском языке о Земле и Вселенной. В 1576 году его сын Томас написал приложение, в котором описал новые идеи Коперника. В приложении впервые появилась англоязычная версия диаграммы Коперника (рис. 4). Диггес также показал звезды на разных расстояниях от Солнечной системы, а не только на одной небесной сфере.

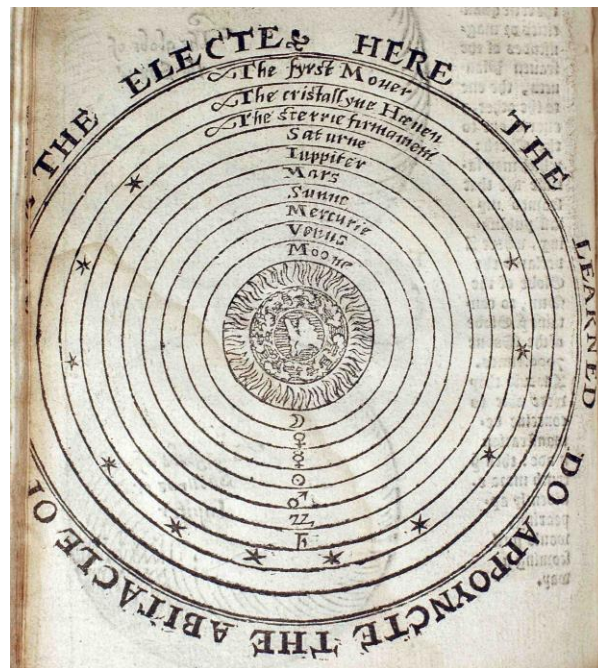


Fig 4. Первая диаграмма Коперника на английском языке из приложения Томаса Диггеса к книге его отца «Прогноз вечности», впервые опубликованной в 1556 году. Она содержала только диаграмму Птолемея. Приложение Томаса Диггеса впервые появилось в 1576 году; эта диаграмма взята из печати 1596 года.

## Гений наблюдений: Тихо Браге из Дании

Датский аристократ Тихо Браге (1546–1601) захватил остров Хвен у побережья Копенгагена и получал плату за аренду от местных жителей. На этом острове он использовал свое богатство, чтобы построить большую обсерваторию с крупнейшими и точнейшими приборами. Хотя это были дотелескопические инструменты, они отличались тем, что позволяли более точные измерения положения звезд и планет, чем это было возможно раньше.

Тихо управлял своим домом как предшественник современного университета, с приглашенными учеными, которые приезжали работать с ним. Он делал все более совершенные устройства для наблюдения за положением звезд и планет и вел точные записи.

Но из-за своего научного рвения он пренебрегал некоторыми своими обязанностями перед монархом, и когда пришли новый король и королева, он был изгнан. Он решил переехать в Прагу, на европейский континент, взяв с собой даже свои печатные машины и уже напечатанные страницы, свои записи и свои передвижные инструменты.



Тихо удалось повысить точность научных наблюдений. Его наблюдения за кометой на разных расстояниях показали, что сферы не обязательно должны быть вложены друг в друга с Землей в центре. Таким образом, он создал свою собственную модель Вселенной - гибрид между Птолемеем и Коперником: Солнце и Луна вращаются вокруг Земли, а другие планеты вращаются вокруг Солнца. У Тихо все еще были круги, но, в отличие от Аристотеля, он позволял кругам пересекать друг друга.

Мы ценим Тихо в первую очередь за кладезь качественных наблюдений за положением среди звезд планеты Марс. Тихо пригласил молодого математика Иоганна Кеплера присоединиться к нему в Праге. Именно благодаря Кеплеру слава Тихо в значительной степени сохранилась.

## Использование математики: Иоганн Кеплер из Германии

Будучи учителем в Граце (Австрия), молодой Иоганн Кеплер (1571–1630) вспомнил свой детский интерес к астрономии, чему поспособствовали увиденные им комета и лунное затмение. Он понял, что существует пять твердых форм, состоящих из сторон равной формы, и что если бы эти твердые тела были вложены и разделены сферами, они могли бы соответствовать шести известным планетам. Его книга по этой теме «Mysterium Cosmographicum» (Тайна космоса), опубликованная в 1596 году, содержала одну из самых красивых диаграмм в истории науки (рис. 5). В нем он вложил октаэдр, икосаэдр, додекаэдр, тетраэдр и куб с восемью, двенадцатью, двадцатью, четырьмя и шестью сторонами соответственно, чтобы показать расстояние между известными в то время планетами. Схема, хоть и очень красивая, абсолютно неверная.

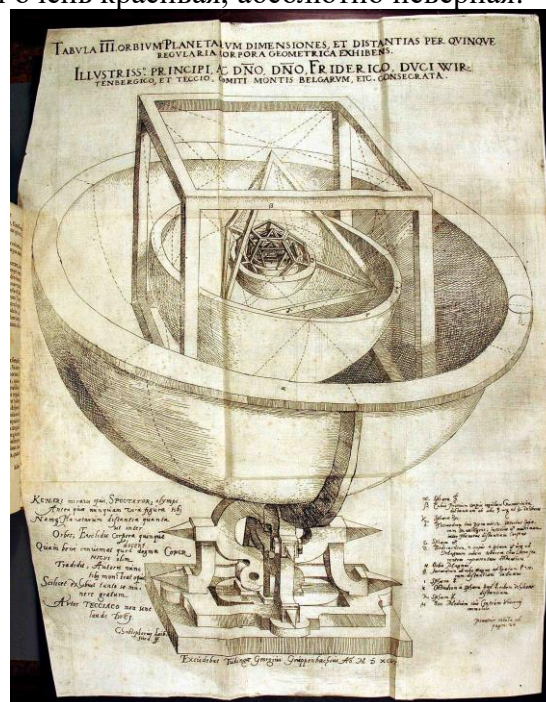


Fig. 5: Складная диаграмма Кеплера из его *Mysterium Cosmographicum* (Тайны Космоса), опубликованного в 1596 году. Его размышления о геометрическом расположении Солнечной системы были вытеснены в следующем десятилетии его расположением планет в соответствии с первыми двумя из трех его законов. планетарное движение, система, которой мы придерживаемся и по сей день.

Но математические способности Кеплера заслужили ему интервью у Тихо. В 1600 году он стал одним из нескольких помощников Тихо, и он провел вычисления, используя данные, которые накопил Тихо. Как-то Тихо отправился на официальный обед и обильно выпил. Как гласит история, этикет не позволил ему встать из-за стола, и у него лопнул мочевого пузыря. Его быстрая и мучительная смерть была тщательно описана в дневнике.

Но Кеплер получил данные не сразу. Во-первых, данные были одной из немногих ценных вещей, которые могли унаследовать дети Тихо, поскольку Тихо женился на простолюднице и не имел права завещать недвижимость. Но Кеплер в конце концов получил доступ к данным Тихо касательно Марса и попытался привести их в соответствие со своими расчетами. Для точных вычислений Кеплер даже составил свою собственную таблицу логарифмов.

Данные, которые Кеплер получил от Тихо, касались положения Марса на небе на фоне звезд. Он попытался вычислить, каким должно быть его реальное движение вокруг Солнца. Долгое время он пытался описать круг или орбиту в форме яйца, но не мог достаточно точно сопоставить наблюдения. В конце концов, он попытался создать геометрическую фигуру под названием эллипс, своего рода сжатый круг. И все сошлось! Это открытие является одним из величайших в истории астрономии, и, хотя Кеплер сначала применил его к Марсу и другим планетам в нашей солнечной системе, сейчас мы применяем его к сотням планет, которые мы обнаруживаем вокруг других звезд.

Книга Кеплера 1609 года, *Astronomia Nova* (Новая астрономия), содержала первые два из трех его законов движения:

*Первый закон Кеплера: планеты вращаются вокруг Солнца по эллипсам, причем Солнце находится в одном из фокусов.*

*Второй закон Кеплера: линия, соединяющая планету и Солнце, заметает равные площади в равное время.*

Эллипс - это замкнутая кривая, на которой есть две ключевые точки; они известны как фокусы. Чтобы нарисовать собственный эллипс, поставьте две точки на листе бумаги; каждая из них будет фокусом. Затем возьмите веревку, длина которой превышает расстояние между фокусами. Приклейте их к фокусам. Затем прикрепите карандаш к веревке и, натянув ее, осторожно перемещайте из стороны в сторону. Созданная кривая будет одной стороной эллипса; как двигать карандаш, чтобы нарисовать другую сторону,

весьма очевидно. Этот эксперимент с веревкой показывает одну из ключевых точек, определяющих эллипс: сумма расстояний от точки на эллипсе до каждого фокуса остается постоянной. Круг - это особый вид эллипса, в котором две точки расположены друг над другом.

Кеплер продолжал искать гармонию в движении планет. Он связывал скорости планет с музыкальными нотами, причем более высокие ноты соответствовали более быстрым планетам, а именно Меркурию и Венере. В 1619 году он опубликовал свою главную работу *Harmonices Mundi* («Гармония миров»). В него (рис.6) он включил не только музыкальные отсылки с нотами, но и то, что мы называем его третьим законом движения планет:

*Третий закон движения планет Кеплера: квадрат периода обращения планеты вокруг Солнца пропорционален кубу размера ее орбиты.*



Fig.6: Из «*Harmonices Mundi*» Кеплера («Гармония мира»), опубликованного в 1619 году.

Астрономы склонны измерять расстояния между планетами в астрономических единицах, что соответствует среднему расстоянию между Землей и Солнцем, или 150 миллионам километров.

Меркурий	0.387 а.е.	0.240 года
Венера	0.723 а.е.	0.615 года
Земля	1 а.е.	1 год
Марс	1.523 а.е.	1.881 год

Юпитер	5.203 а.е.	11.857 лет
Сатурн	9.537 а.е.	29.424 лет

Таблица 1: Расстояния от Солнца и периоды планет во времена Кеплера.

Попробуйте возвести первый столбец в квадрат, а второй - в куб. Вы увидите, что они примерно равны. Погрешности обусловлены приблизительных расчетов, не реальным положением дел, хотя с большим количеством десятичных знаков влияние других планет можно было бы обнаружить.

## Открытия с телескопом: Галилео Галилей из Италии

2009 год был Международным годом астрономии, объявленным сначала Международным астрономическим союзом, затем ЮНЕСКО и, наконец, Генеральной Ассамблеей Организации Объединенных Наций. Почему? 400 лет назад, 1609 году, Галилео Галилей использовал телескоп.

Галилей (1564 - 1642) был профессором в Падуе, части Венецианской республики. Он слышал о голландском изобретении, с помощью которого далекие объекты казались ближе. Хотя он ни разу не видел это устройство, он вычислил, какие линзы в нем должны были быть, и самостоятельно собрал его. Он презентовал свой телескоп венецианской знати как военное и коммерческое изобретение, позволившее бы увидеть корабли в море дальше, чем когда-либо прежде. Оно имело большой успех.

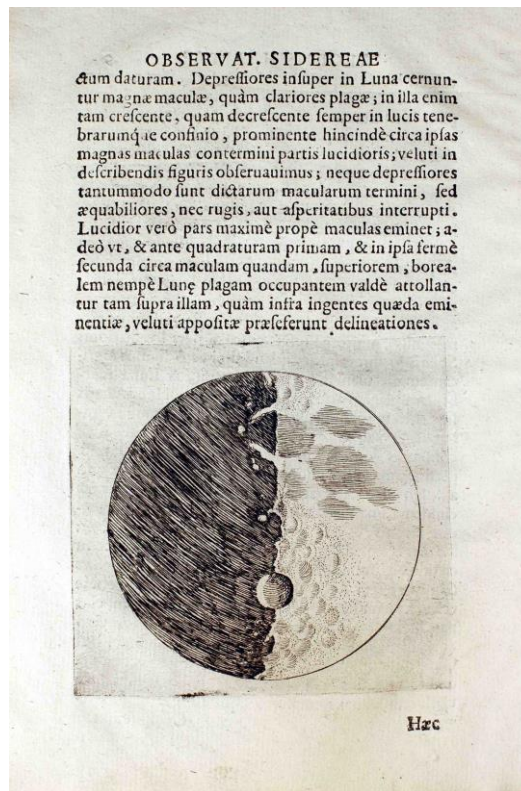


Рис. 7а: Один из двух уцелевших телескопов Галилея попал в Институт Франклина в Филадельфии в 2009 году во время его первого визита в Соединенные Штаты. Обратите внимание, что внешняя часть объектива прикрыта картонным кольцом. Скрывая внешнюю часть линзы, которая была наименее точной, Галилей улучшил качество своих изображений. (Фото: Джей М. Пасачофф). Рис. 7б: страница из книги Галилея *Sidereus Nuncius* («Звездный вестник»), опубликованной в 1610 году, с изображением Луны. Книга написана на латыни, языке европейских ученых. Он включал обширное освещение относительного движения четырех главных спутников Юпитера.

Затем ему пришла в голову идея обратить телескоп вверх. Хотя телескоп было трудно использовать, он имел очень узкое поле обзора и его трудно было навести, Галилею удалось увидеть часть Луны и понять, что на ней много образований и структур. Благодаря своему образованию в области итальянской живописи эпохи Возрождения он понял, что структура представляет собой свет и тень, и что он видит горы и кратеры. По длине теней и по тому, как они менялись при изменении освещения от Солнца, он даже мог определить, насколько они высоки. Несколькими месяцами ранее англичане Томас Харриот направили аналогичный телескоп на Луну, но он нарисовал лишь несколько туманных скетчей и набросков. Но Харриота не интересовали публикации или слава, и его работы стали известны только после его смерти.

Одна линза, которую Галилей использовал для своих открытий, треснувшая, остается в Музее истории науки во Флоренции, Италия, и также там находятся два сохранившихся телескопа (рис. 7а).

Галилей начал писать о своих открытиях в конце 1609 года. Он обнаружил не только горы



и кратеры на Луне, но и то, что Млечный Путь состоит из множества звезд, как и некоторые астеризмы. Затем, в январе 1610 года, он обнаружил четыре «звезды» около Юпитера, которые двигались вместе с ним и меняли свое положение от ночи к ночи. Это ознаменовало открытие главных спутников Юпитера, которые мы теперь называем галилеевыми спутниками. Он записал свои открытия в книгу под названием *Sidereus Nuncius* (Звездный вестник), которую он опубликовал в 1610 году (рис. 7b). Со времен Аристотеля и Птолемея считалось, что Земля была единственным центром вращения, а Аристотеля считали непогрешимым. Таким образом, открытие спутников Юпитера, показавшее, что Аристотель мог ошибаться, было огромным ударом по геоцентрическим представлениям и, следовательно, сильным аргументом в пользу гелиоцентрической теории Коперника.

Галилей пытался назвать спутники в честь своего покровителя Космо Медичи, чтобы выслужиться. Но эти имена не прижились. Через несколько лет Симон Мариус предложил названия, которые мы используем сейчас. (Мариус, возможно, даже видел спутники немного раньше Галилея, но он опубликовал их намного позже.) Слева направо: Ио, Европа, Ганимед и Каллисто (рис. 9). Даже в небольшой любительский телескоп вы можете увидеть их ясной ночью и заметить, как через несколько часов они изменят положение. Они обращаются вокруг Юпитера с периодами до нескольких дней.

Даже в самые большие и технологичные наземные телескопы астрономы не могли получить четкое представление о структуре на поверхности галилеевых спутников. Только когда спутники НАСА Pioneer 10 и 11, а затем Voyager 1 и 2 подлетели близко к системе Юпитера, мы увидели достаточно деталей на спутниках, чтобы иметь возможность характеризовать их и их поверхности. С помощью наземных и космических наблюдений астрономы до сих пор открывают спутники Юпитера, хотя недавно обнаруженные спутники намного меньше и слабее, чем галилеевы.

Галилей использовал свои открытия, чтобы найти во Флоренции хорошую работу с более высокой зарплатой. К сожалению, Флоренция была ближе к папской власти в Риме, выступая в роли его своеобразного банка, и была менее либеральной, чем Венецианская республика. Он продолжал писать на различные научные темы, такие как солнечные пятна, кометы, плавающие тела. Каждое из его наблюдений, казалось, выдвигало аргумент против какого-либо аспекта исследований Аристотеля. Он обнаружил, что у Венеры есть фазы, которые показали, что Венера вращается вокруг Солнца. Это не доказывало, что Земля вращается вокруг Солнца, поскольку гибридная космология Тихо объяснила эти фазы. Но Галилей видел в этом поддержку теории Коперника.

В 1616 году церковные чиновники в Риме запретили ему преподавать коперниканство, теорию, что Солнце, а не Земля, находится в центре Вселенной. Ему удалось хранить молчание долгое время, но в 1632 году он опубликовал свой «*Dialogo*» («Диалог о двух главных мировых системах»), в котором трое мужчин обсуждали гелиоцентрическую и геоцентрическую системы. У него было официальное разрешение на публикацию книги, но она явно показала его предпочтение гелиоцентрической системе Коперника. Его судили

за непослушание и приговорили к домашнему аресту, где он оставался до конца своей жизни.



Рис.8: В 2009 году в честь 400-летия первого использования Галилеем телескопа на небе на колонну на вершине Кампанилы, башни 15-го века (восстановленной в начале 20-го века), в Венеции была помещена мемориальная табличка. На табличке сказано, что Галилей продемонстрировал свой телескоп знати Венеции для наблюдений за кораблями, находящимися относительно далеко в море; это было до того, как он повернул подзорную трубу вверх. Надпись на мемориальной доске можно приблизительно перевести как «Галилео Галилей, со своей подзорной трубой, 21 августа 2009 года, расширил горизонты человека 400 лет назад» (Фото: Джей М. Пасачофф)

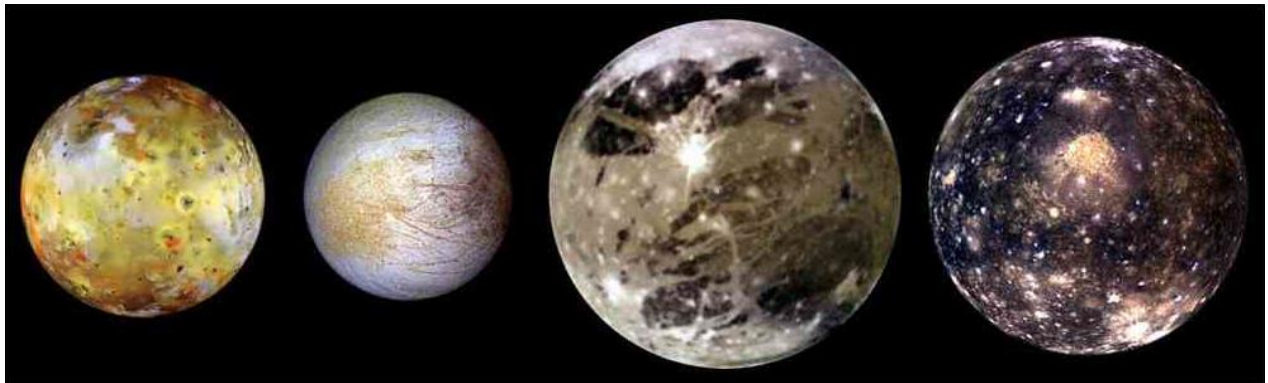


Рис. 9: Сам Галилей был бы поражен, увидев, что его одноименный космический корабль и его предшественники показали с «спутников Медичи», которые он обнаружил в 1609 году. Здесь они показаны в изображениях в их истинном относительном масштабе. Слева направо мы видим Ио, вновь всплывшую на поверхность с двумя дюжинами постоянно извергающихся вулканов. На второй позиции Европа, главный подозреваемый в обнаружении внеземной жизни благодаря океану, который находится под гладким слоем видимого льда. Третий - Ганимед, самая большая луна в Солнечной системе, демонстрирующая особенно удивительно изрезанную часть своей поверхности. Справа - Каллисто, находящаяся дальше остальных, покрытая твердым льдом, на котором сохранились рубцы от наложенных друг на друга ударов метеоритов, произошедших за миллиарды лет. (Фото: НАСА, Galileo Mission, PIA01400)

## Новая физика: Исаак Ньютон из Англии

Многие считают, что в тройку лучших физиков всех времен входят Исаак Ньютон, Джеймс Клерк Максвелл и Альберт Эйнштейн. Кратко: Ньютон открыл закон всемирного тяготения, Клерк Максвелл объединил электричество и магнетизм, а Эйнштейн открыл специальную и общую теорию относительности.

По большей части правдивой истории, молодой Исаак Ньютон (1642-1727) был отправлен домой из Кембриджского университета в Вулсторп, недалеко от Линкольна, в Англии, когда английские университеты были закрыты из-за эпидемии. Находясь там, он увидел яблоко, упавшее с яблони, и понял, что сила, которая управляла падением яблока, без сомнения, была той же силой, которая управляла движением Луны.

В конце концов Ньютон вернулся на факультет в Тринити-колледж в Кембридже. Тем временем группа ученых в Лондоне собралась в кофейне, чтобы сформировать общество (ныне Королевское общество), а юного Эдмонда Галлея отправили в Кембридж, чтобы подтвердить, что блестящий математик Исаак Ньютон мог бы помочь им в важном научном вопросе. Путешествие из Лондона в Кембридж на дилижансе было намного дольше и труднее, чем занимающая всего час поездка на поезде в наши дни.

Галлей спросил Ньютона, если есть ли сила, уменьшающаяся пропорционально квадрату расстояния, какую форму будет иметь орбита? И Ньютон ответил, что это будет эллипс. Взволнованный, Галлей спросил, доказал ли он это, и Ньютон сказал, что это где-то было в его бумагах. Он сказал, что не может их найти, хотя, возможно, он просто ждал времени, чтобы решить, действительно ли он хочет предать свой анализ огласке. Как бы то ни было, Ньютон был вынужден выдать некоторые из своих математических выводов. В течение нескольких лет они привели к его самой известной книге *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (Математические принципы естественной философии), где то, что они тогда называли философией, включает в себя то, что мы теперь называем наукой.

«Начала» Ньютона вышли в 1687 году на латыни. Ньютон тогда еще был учителем в колледже; это было задолго до того, как он был посвящен в рыцари за свою более позднюю работу для монетного двора Англии. Галлею пришлось заплатить за издание книги Ньютона, он отстаивал ее и даже написал предисловие.

Известно, что «Начала» включали в себя закон Ньютона, показывающий, как сила тяжести уменьшается на квадрат расстояния, и его доказательство законов Кеплера о планетных орбитах. В книгу также включены законы движения Ньютона, тщательно перенесенные на латынь, тогда как законы Кеплера похоронены в его тексте.

Законы движения Ньютона:

*Первый закон движения Ньютона: движущееся тело стремится оставаться в движении, а тело в покое имеет тенденцию оставаться в покое.*

*Второй закон движения Ньютона (современная версия): сила = масса, умноженная на ускорение.*

*Третий закон движения Ньютона: на каждое действие существует равное и противоположное противодействие.*

Ньютон заложил основы математической физики, которые привели к современной науке.

## Астрономические исследования продолжаются

Подобно тому, как древние народы интересовались небом и хотели найти свое место во Вселенной, нынешние астрономы опираются на открытия прошлого с той же мотивацией. Теоретические и наблюдательные открытия переместили понимание нашего места во Вселенной от геоцентрического видения Птолемея к гелиоцентрической гипотезе Коперника, к открытию того, что Солнечная система не находится в центре нашей галактики, к нашему пониманию галактик, распределенных по Вселенной.

Современная астрономия пытается понять природу темной материи и темной энергии. Теория относительности Эйнштейна указывает на то, что наша галактика не только не находится в центре Вселенной, но и что само понятие «центр» достаточно бессмысленно. Недавние открытия сотен экзопланет, вращающихся вокруг других звезд, показали, насколько необычной может быть наша Солнечная система. Новые теории образования планет параллельны новым наблюдениям за неожиданными планетными системами. Перед современными астрономами лежит такой же путь открытий, как и перед астрономами тысяч или сотни лет назад.

## Библиография

- Хоскин, М. (редактор), Cambridge Illustrated History of Astronomy, Cambridge University Press, 1997.
- Пасачофф Дж. И Филиппенко А. Космос: астрономия в новом тысячелетии, 4-е изд., Cambridge University Press, 2012.

## Ресурсы интернета

- [www.solarcorona.com](http://www.solarcorona.com)
- <http://www.astrosociety.org/education/resources/multiprint.html>
- <http://www2.astronomicalheritage.net>