

УДК 087.5:52
ББК 22.6я2
А91

Воспроизведение всей книги или любой ее части запрещается без письменного разрешения издателя. Любые попытки нарушения закона будут преследоваться в судебном порядке.

А91 **Астрономия. История, теории и практики** / под. ред. М. Ю. Шевченко. — Москва: Издательство АСТ, 2019. — 224 с.: ил. — *(Большая научная энциклопедия)*.

ISBN 978-5-17-983193-8

Более 400 лет прошло с тех пор, как Галилео Галилей направил в небо свой телескоп. За это время ученые сумели подробно описать планеты Солнечной системы, отыскать экзопланеты, установить наличие гравитационных волн, запустить множество спутников. Для этого потребовалось серьезно усовершенствовать технику, провести сложные математические расчеты, построить важнейшие физические теории. О том, как это происходило и кто принимал в этом участие, а также том, каковы были результаты научной работы и какой вид приобрела Вселенная в по итогам многочисленных изысканий, рассказывается под этой обложкой.

При создании книги учтены последние наблюдательные данные и расчеты, а также выводы современных историков науки.

УДК 087.5:52
ББК 22.6я2

Содержание

История астрономии

МЕЖДУ ДРЕВНОСТЬЮ И НОВЫМ ВРЕМЕНЕМ

Становление астрономии как науки	6
Николай Коперник	8
Тихо Браге	12
Иоганн Кеплер	16
Галилео Галилей	20
Джордано Бруно	24

СТАНОВЛЕНИЕ АСТРОНОМИИ

Исаак Ньютон	26
Научные достижения XVII–XVIII веков	30
Астрономия в XIX веке	34
ехи астрономии XX века	38

АСТРОНОМИЯ В XX И XXI ВЕКЕ

Альберт Эйнштейн	40
Артур Стэнли Эддингтон	44
Джеймс Хопвуд Джинс	46
Александр Александрович Фридман	48
Эдвин Пауэлл Хаббл	50
Достижения астрономии XX — начала XXI века	52

Звездное небо над нами

НАЧАЛА НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ НАУКИ

Звездные величины	56
Небесные координаты	58
Эфемериды небесных тел	60
Созвездия	62
Звездное небо разных широт	64
Звездное небо четырех сезонов в средних широтах северного полушария	66

ВИДИМОЕ ДВИЖЕНИЕ СОЛНЦА, ЛУНЫ И ПЛАНЕТ

Путь Солнца среди звезд	70
Движение и фазы Луны	72
Лунные затмения	74
Солнечные затмения	76
Видимые движения планет	78

ВРЕМЯ И ЕГО ИЗМЕРЕНИЕ

Что такое время	80
Звездные и солнечные сутки	82
В поисках надежных часов	84
Местное время	86

Как изучают Вселенную

РАДУГА ВСЕЛЕННОЙ

Всеволоновая астрономия	90
Источник информации — видимый свет	92
Инфракрасная и ультрафиолетовая Вселенная	94
Рентгеновская и гамма-астрономия	96
Радиоастрономия	98

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

НА ЗЕМЛЕ И В КОСМОСЕ

Оптические телескопы	100
Приемники излучения и изображения	102
Местоположение и движение небесных тел	104
Космические обсерватории	106
Космические экспедиции по Солнечной системе	110

Звезды и галактики

ЗВЕЗДЫ

Что такое звезда	114
Основные характеристики звезд	116
Соотношение основных параметров звезд разных спектральных классов	118
Строение и эволюция звезд	120
Теплообмен в звездах	121
Двойные и кратные звезды	122
Переменные звезды	124
Взрывающиеся звезды	126
Белые карлики, нейтронные звезды и черные дыры	128
Межзвездная среда	130
88 небесных созвездий	132

ГАЛАКТИКИ

Скопления и ассоциации звезд	144
Многообразие галактик	146
Млечный путь	148
Взаимодействующие галактики	150
Скрытая масса	152
Гравитационные линзы	154

Солнечная система

ЗВЕЗДА ПО ИМЕНИ СОЛНЦЕ

Что видно на Солнце	158
Инструменты для наблюдения Солнца	160
Внутреннее строение Солнца	162
Атмосфера Солнца: фотосфера и хромосфера	164
Солнечная корона	166
Влияние Солнца на Землю	168
Солнечный ветер и энергия солнечного света	170

ПЛАНЕТЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Солнечная система и ее строение	172
Меркурий	174
Венера	176
Земля как одна из планет	178
Луна	180
Марс	182
Юпитер	184
Сатурн	186
Уран	188
Нептун	190

МАЛЫЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Астероиды	192
Кометы	194
Метеоры и метеориты	196

Эволюция Вселенной

ПРИРОДА КОСМОСА

Образование Солнечной системы	200
Структура Вселенной	202
Масштабы Вселенной	206
Дозвездная Вселенная	208
Зарождение звезд	210
Молодые звезды	212
Конечные стадии эволюции звезд малых масс	214
Конечные стадии эволюции массивных звезд	216
Экзопланеты	218
Неопознанные летающие объекты	220

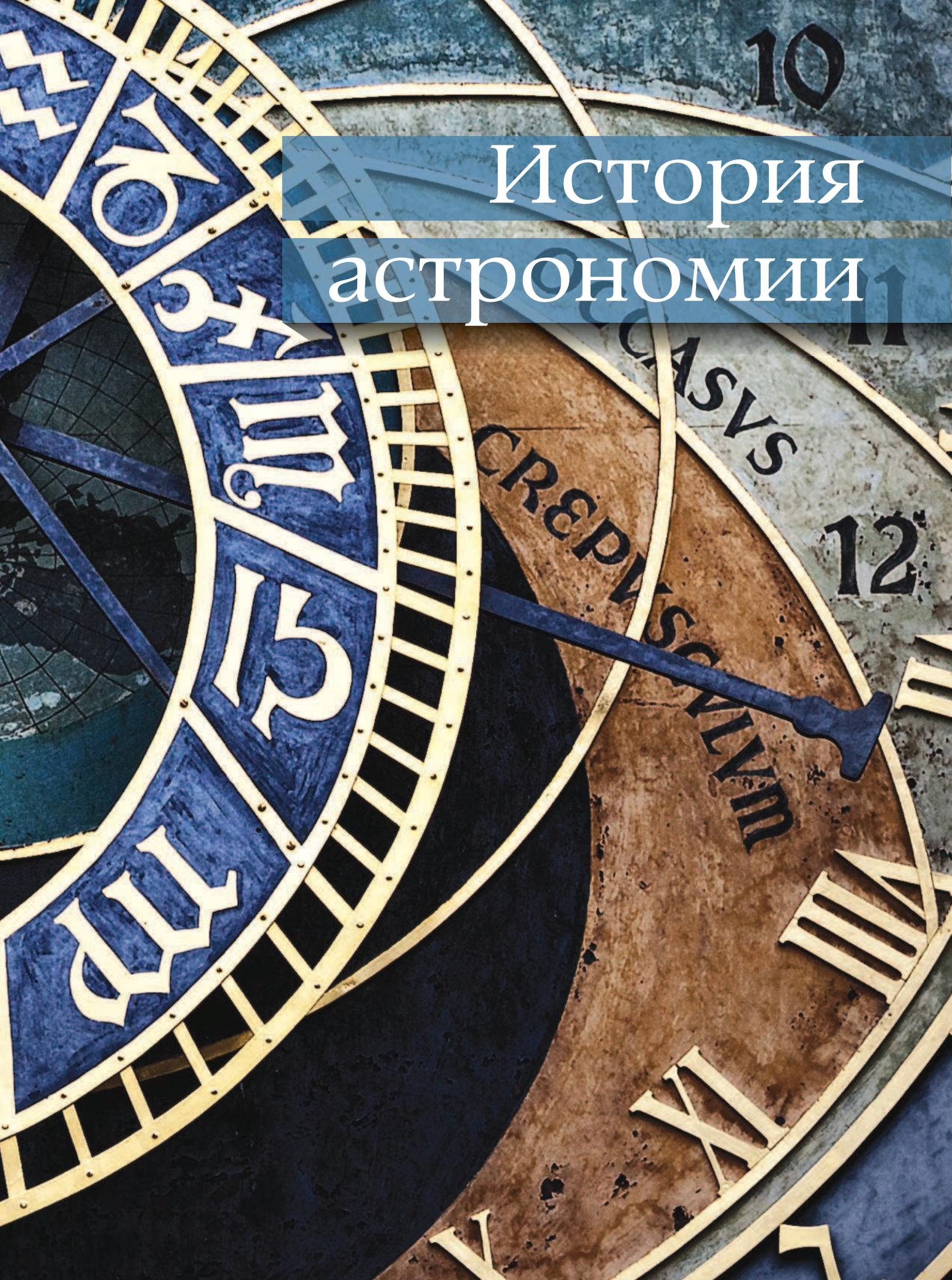


10

История астрономии

11

12



Становление астрономии как науки

Астрономия (от греч. $\alpha\sigma\tau\rho\nu$ — звезда, светило и $\nu\omicron\mu\omicron\varsigma$ — закон) — очень древняя наука о строении и развитии космических тел, их взаимодействии и движении, а также о строении систем, которые они образуют.

Зародилась астрономия несколько тысяч лет назад, на заре человеческих цивилизаций, когда ни о каких других науках речи даже не шло. Удивительно, что первыми объектами научных наблюдений и попыток объяснить и предсказать их поведение стали именно небесные тела, которые находятся от нас так далеко, что мы над ними абсолютно не властны. До изобретения телескопов ученые составляли звездные каталоги, строили картину мира и теории движения Луны и планет. И лишь с появлением первых телескопов в начале XVII в. астрономия стала развиваться очень бурно.

В поисках простых правил, связывающих между собой определение времени по звездам, Луне и Солнцу, вавилонские жрецы за несколько веков до нашей эры начали развивать астрономию. На основе своих наблюдений они составили детальные таблицы для предсказания важнейших небесных явлений. Они разделили круг, позже названный греками зодиаком,

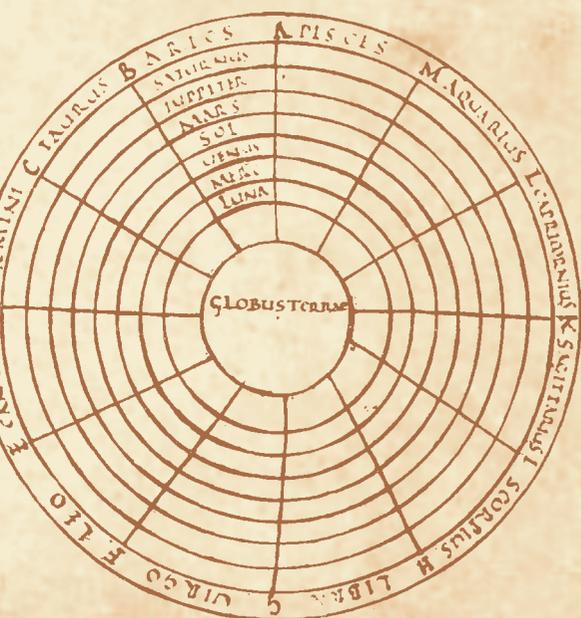
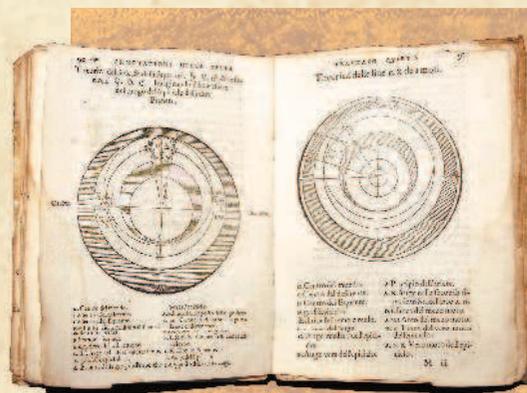
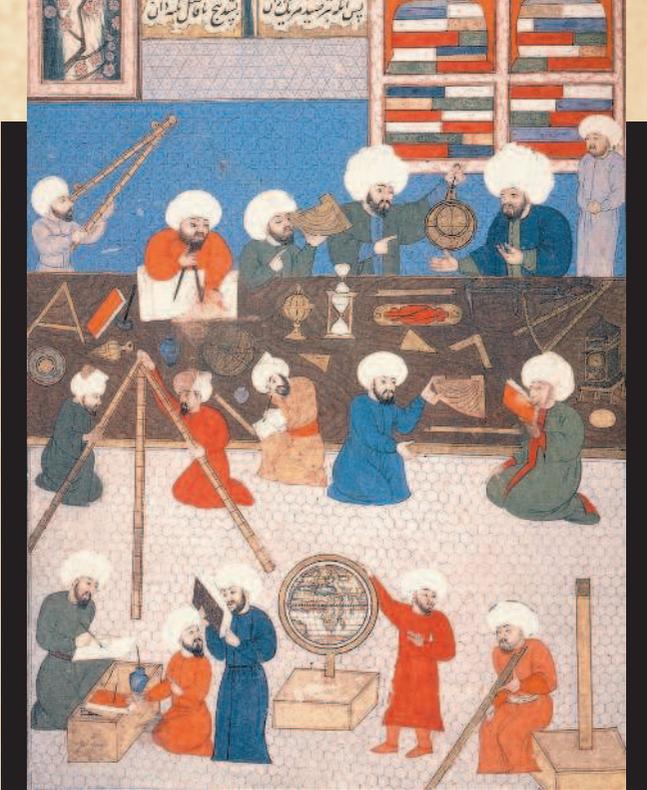


Схема из комментария древнеримского писателя Амвросия Феодосия Макробия на «Сон Сципиона» (IX в.) — одно из самых ранних из дошедших до нас изображений геоцентрической системы.



Страницы с описанием системы Птолемея из «Трактата о сфере» Иоанна Сакробоско, английского средневекового математика и астронома. Издание 1550 г.



Астрономы в обсерватории Стамбула.
Миниатюра из турецкой рукописи конца XVI в.

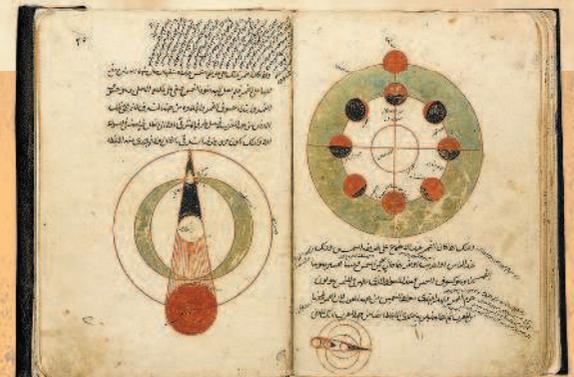
После распада древней культуры путь греческой науки в христианский мир Средневековья пролегал через исламскую цивилизацию. Захватывая новые земли в VII–IX вв., арабы сохраняли культурное наследие завоеванных народов. Багдад стал центром науки. Здесь переводили на арабский греческую научную классику, включая «Альмагест» Птолемея. Затем через Каир эти труды достигли мусульманских университетов Испании. Сохранив основные принципы греческой астрономии, арабские ученые развили технику наблюдений и повысили точность вычисления планетных таблиц. В XII в. труды Аристотеля и Птолемея (в переводе с арабского на латинский) вновь стали доступны христианскому миру, а в XV в. обнаружилось и греческие тексты классических трудов. Иоганн Мюллер (1436–1476) из Нюрнберга, известный как Региомонтан, возродил астрономию в Европе. Коренной перелом в представлениях об устройстве Солнечной системы связан с именем Николая Коперника.

УНИКАЛЬНОСТЬ АСТРОНОМИИ

Цели и задачи, которые стояли перед астрономами, постоянно менялись и всегда определялись уровнем науки и техники, которую можно было использовать для наблюдений. Самым первым «оптическим прибором», использовавшимся при астрономических наблюдениях, был человеческий глаз. Систематические наблюдения неба позволяли измерять время, предсказывать наступление лунных и солнечных затмений, устанавливать дни религиозных праздников, определять время посева и сбора урожая. Но подавляющее большинство астрономических объектов невозможно увидеть без телескопов. Мы можем проводить исследования и эксперименты лишь в отношении наших ближайших соседей по космосу: комет, астероидов, планет и их спутников. Да и то такая возможность появилась у людей по космическим меркам совсем недавно — лишь в середине XX века, с началом космической эры. Поэтому основную часть астрономических объектов приходится изучать по излучению, которое от них приходит. Кроме того, астрономию иногда называют наукой об исключениях, ведь в глубинах космоса вещество находится в особых условиях, которых никогда не бывает на Земле, так что привычные нам вещества находятся в совершенно непривычных нам состояниях. В этом и заключается отличие астрономии от всех других наук.

по которому движутся Солнце, Луна и планеты, на 12 равных частей. Традиция научной астрономии восходит к древним грекам, объединившим наблюдения вавилонских звездочетов с естествознанием и геометрией. Пифагор (VI в. до н.э.) и его последователи представляли Землю в виде шара и учили, что пути небесных светил можно представить как равномерное круговое движение вокруг некоего центрального огня. Подобное учение только с Землей в центре математически оформил Евдокс Книдский (IV в. до н.э.), а Аристотель (384–322 до н.э.) представил в виде системы мира, которая просуществовала вплоть до XVI в.

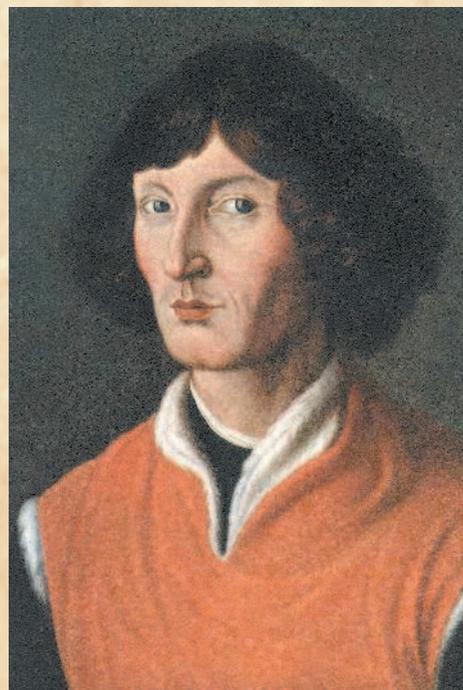
В противовес этим взглядам Гераклid Понтийский (IV в. до н.э.) считал, что Земля вращается вокруг оси, а Меркурий и Венера обращаются вокруг Солнца, которое само движется вокруг Земли. Еще ближе к современной гелиоцентрической системе мира подошел Аристарх Самосский (III в. до н.э.), учивший, что Земля вместе с другими планетами обращается вокруг Солнца. Геоцентрическая система, разработанная в период эллинизма Гиппархом (II в. до н.э.), была завершена Птолемеем (II в.) в его «Альмагесте». Этот классический труд служил основным пособием по астрономии в течение 1400 лет. В нем содержится старейший звездный каталог, описаны угломерные инструменты той эпохи и открытая Гиппархом прецессия, изложена эпициклическая теория движения Луны и планет, употреблявшаяся вплоть до XVII столетия. Согласно этой теории, планеты равномерно обращаются по окружностям (эпициклам), центры которых, в свою очередь, обращаются вокруг Земли по окружностям большего диаметра (деферентам), причем плоскости тех и других не совпадают. Теория Птолемея позволила с хорошей точностью описать не только видимые пути планет на фоне звезд, но и в определенной степени изменения их яркости, связанные с изменением расстояния от Земли. Таблицы движения светил, вычисленные по теории Птолемея, долгие годы удовлетворяли практические потребности людей.



Страницы из рукописи
«Краткое изложение астрономии» хорезмского математика и астронома
Аль-Бируни (XIII в.). Эта его
работа имела авторитет
в Иране и Средней Азии.

Коперник Николай

Николай Коперник родился 19 февраля 1473 г. в Торuni, торговом городе на Висле. Отец будущего астронома, тоже Николай, был богатым купцом, мать Барбара, урожденная Ваченроде, — дочь главы городского суда. Николай был четвертым, младшим ребенком в семье. Когда ему исполнилось десять лет, отец умер во время эпидемии чумы, и заботу о детях взял на себя брат матери Лукаш Ватценроде, который в 1489 г. был избран вармийским епископом.



Дом Николая Коперника в Торuni. Это здание считается наиболее вероятным местом рождения астронома.

В 1491 г. Николай поступил в Краковский университет, где проучился четыре года, там он увлекся астрономией. После Кракова Коперник продолжил образование в Италии, сперва в Болонье, где провел ряд астрономических наблюдений, а после два года изучал медицину в Падуанском университете. Получив степень доктора канонического права, 30-летний Коперник возвратился в Польшу, где он уже избран каноником Вармии.

На башнях кафедрального собора Успения Богородицы во Фромборке, в котором с 1512 г. служил Николай Коперник, были удобные площадки для наблюдений неба. Ученый собственноручно изготовил из дерева угломерные астрономические инструменты, подобные описанным в «Альмагесте». Среди них трикветр — шарнирный треугольник, одну из планок которого наводили на светило, а по другой вели отсчет, а также «гороскопий» (солнечный квадрант) — вертикальная плоскость с выступающим стержнем в верхнем углу. Прибор устанавливался по линии север–юг и позволял по направлению полуденной тени в моменты солнцестояний судить о наклоне эклиптики к небесному экватору. Не менее важным инструментом была армиллярная сфера — вложенные друг в друга поворотные кольца, которые служили моделью небесных координат и давали возможность получать отсчеты по нужным направлениям.

Цель астрономических наблюдений Коперника заключалась не в открытии новых небесных явлений. Он стремился сделать геоцентрическую модель Птолемея болеестройной и простой. Коперник нашел у Цицерона, что пифагорейцы Экфант и Гикет придерживались мнения о вращении Земли вокруг оси, а Аристотель сообщал о ее орбитальном движении согласно воззрениям пифагорейца Филолая. Авторитет античных ученых укрепил Коперника в желании довести до конца гелиоцентрическую теорию строения мира.





Астроном, предположительно Птолемей, с квадрантом — инструментом для определения высоты светил.

1 декабря 1514 г. в Риме состоялся собор Католической церкви, на котором обсуждался вопрос о назревшей реформе календаря. Была создана специальная комиссия, которая обратилась с просьбой к «императору, королям и университетам» прислать свои соображения по этому поводу. С того времени ученый занялся наблюдениями для уточнения длины года. Найденная им величина стала основой для календарной реформы 1582 г. Определенная Николаем Коперником длина года составляла 365 суток 5 ч 49 мин 16 с и превышала истинную всего на 28 с.

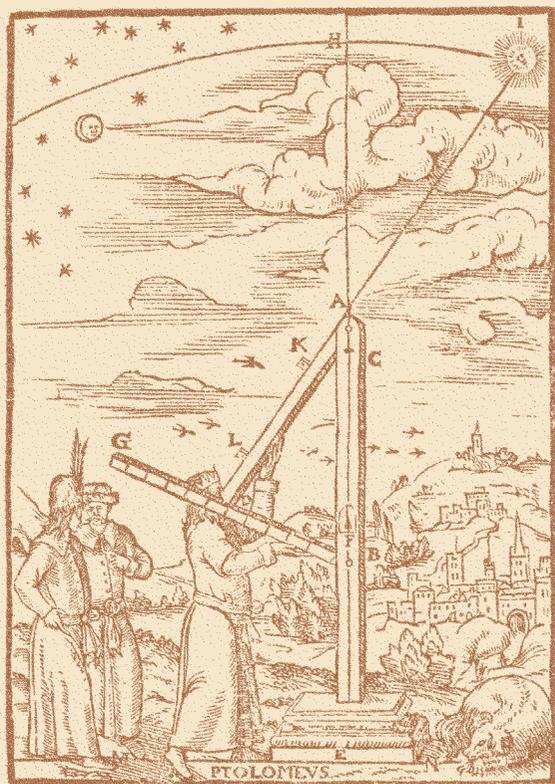
В мае 1539 г. во Фромборк прибыл молодой профессор математики Георг Иоахим фон Лаухен, который взял себе имя Ретик (римляне называли Ретией область Австрии, где он родился). Под руководством Коперника он погрузился в изучение рукописи «О вращениях небесных сфер», стал его постоянным собеседником и убедил Коперника опубликовать его труд. Не дожидаясь этой публикации, Ретик написал обширное изложение теории Коперника. Свое сочинение он назвал «Первое повествование». Оно было написано так, что не требовало от читателя математической подготовки и было понятно любому образованному человеку. Оно несколько раз переиздавалось, а в 1596 г. Кеплер привел его

в виде приложения к своей книге «Космографическая тайна». Благодаря «Повествованию» теория Коперника стала известна. Книга «О вращениях небесных сфер» вышла весной 1543 г., когда ее автор тяжело болел, и сразу нашла благодарных читателей. Ученому принесли экземпляр только что отпечатанного сочинения за несколько часов до смерти. Умер Николай Коперник 24 мая и был похоронен под плитами Фромборкского кафедрального собора.

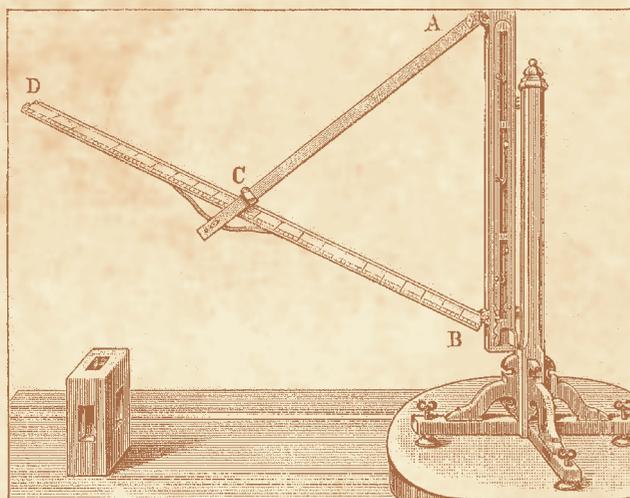
Друг Ретика, виттенбергский математик Эразм Рейнгольд, составил на основе теории Коперника новые планетные таблицы, которые сохраняли свое значение до появления в 1627 г. «Рудольфовых таблиц», составленных Кеплером.



Армиллярная сфера, иллюстрирующая теорию Николая Коперника. Англия, XVIII в.



Трикетр, или параллактическая линейка, Птолемея. Подвижно соединенные стержни образовывали равнобедренный треугольник. Угол при вершине соотносился с измеряемым зенитным расстоянием. Астрономы использовали трикетр до XVI века. Гравюра из книги Уильяма Каннингема «Космографическое стекло». 1559 г.



Трикетр Коперника. Иллюстрация из немецкого справочника начала XX в.

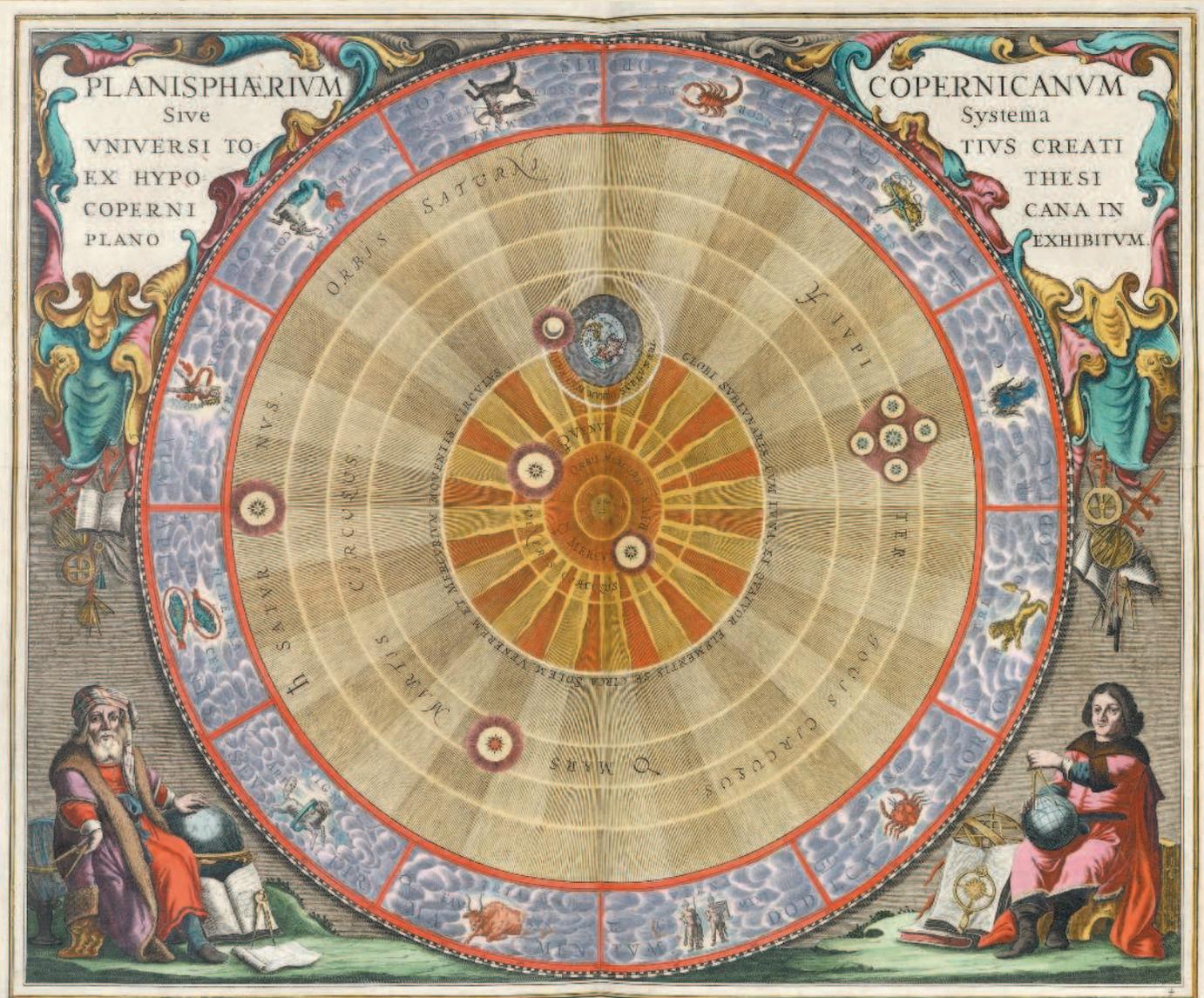


Иллюстрация небесной механики по Николаю Копернику из звездного атласа Андреаса Целлариуса *Harmonia Macrocosmica* (1660)

Строение Вселенной согласно гипотезе Коперника

Идеи о движении Земли возникли в Древней Греции еще в VI–IV вв. до н. э., однако впервые гелиоцентрическую систему строения Вселенной предложил в III веке до н. э. древнегреческий астроном, математик и философ Аристарх Самосский (ок. 310 г. до н. э. — ок. 230 г. до н. э.), разработавший, кроме того, научный метод определения расстояний до Солнца и Луны, а также размеров этих светил. Возможно, что Аристарх из Самоса пришел к гелиоцентризму исходя из того, что Солнце по размерам намного больше Земли, придя к естественному выводу о том, что меньшее тело обращается вокруг большего, а не наоборот. Идея обращения Земли и планет вокруг Солнца не привлекла к себе особого

внимания со стороны греческих ученых, которые вслед за Аристотелем в основном придерживались геоцентрической модели. Поэтому гелиоцентризм был оставлен греками и забыт на много веков.

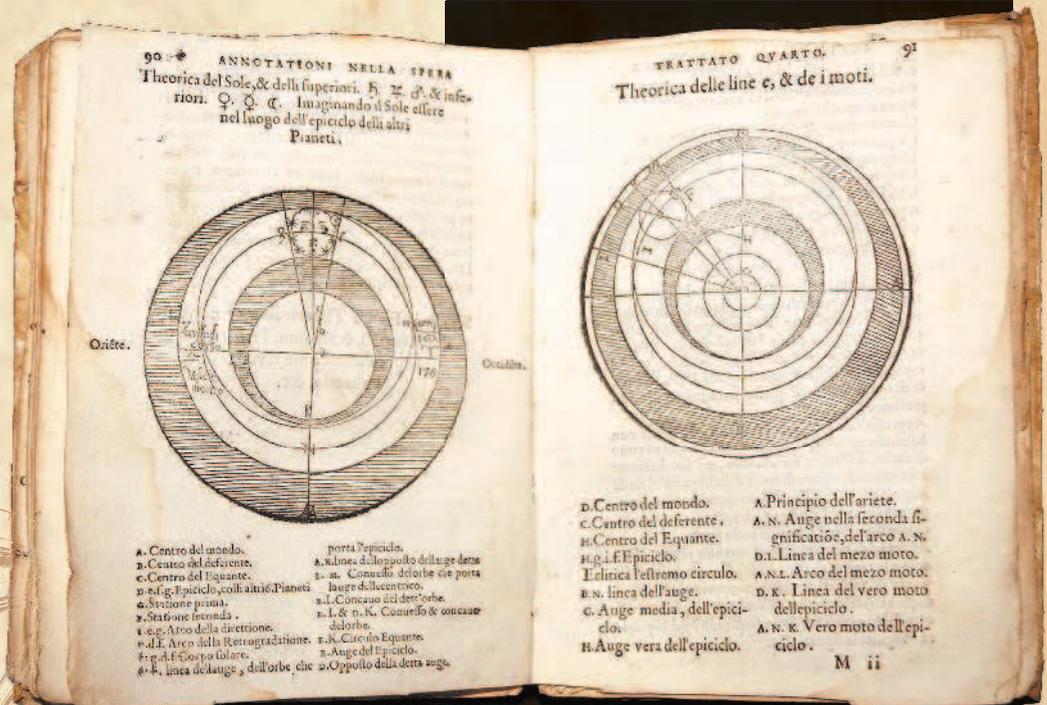
Окончательно гелиоцентризм возродился только в XVI в., когда Николай Коперник разработал теорию движения планет вокруг Солнца на основании пифагорейского принципа равномерных круговых движений. Согласно теории Коперника, Земля вращается вокруг своей оси с периодом в одни сутки, следствием чего является суточное вращение небесной сферы. Кроме того, она совершает за год один оборот вокруг Солнца, и это движение Земли приво-

дит к наблюдаемым попятным движениям планет. Также, согласно учению Коперника, с периодом примерно в один год ось нашей планеты перемещается почти параллельно сама себе, и этот эффект, в частности, проявляется в предварении равноденствий. Были в теории польского астронома еще два пункта, благодаря которым она не может в полной мере называться гелиоцентрической, так как Земля в ней сохраняла особый статус: центром планетной системы было не Солнце, а центр земной орбиты, и из всех планет Земля единственная двигалась по своей орбите равномерно, в то время как у остальных планет скорость движения по орбите менялась. Видимо, у Коперника сохранялась вера в существование небесных сфер, на которых располагались планеты. В результате движение планет вокруг Солнца объяснялось, как в модели вложенных сфер, вращением этих сфер вокруг своих осей.

Существовавшие до появления теории Николая Коперника геоцентрические системы Евдокса и Птолемея (а в геоцентрических системах мира Земля неподвижна) не позволяли точно измерить расстояния до планет. В гелиоцентрической системе Коперника впервые появилась возможность рассчитать реальные пропорции Солнечной системы, пользуясь радиусом земной орбиты как астрономической единицей. Коперник понял, что если мы смотрим на планеты, находясь на движущейся Земле, то планеты кроме движений по своим орбитам получают дополнительное круговое движение. С Земли оно будет видно в форме эпицикла. Размер эпицикла равен диаметру орбиты нашей планеты. Поэтому чем дальше от нас планета, тем меньшим будет казаться эпицикл, и по его угловым размерам можно судить о ее удаленности. В системе Коперника «...последовательность и величины светил, все сферы и даже само небо окажутся так связанными, что ничего нельзя будет переставить ни в какой части, не производя путаницы в остальных частях и по всей Вселенной».

«О ВРАЩЕНИЯХ НЕБЕСНЫХ СФЕР»

Сочинение Коперника «О вращениях небесных сфер. Шесть книг» заняло больше 20 лет упорного труда. В начале книги Коперник вслед за Птолемеем излагает основы действий с углами на плоскости и на сфере, относящиеся к сферической тригонометрии. Здесь ученый внес в эту науку много нового, выступив как незаурядный математик и вычислитель. Среди прочего Коперник приводит таблицу синусов (правда, это название не применяет) с шагом в десять угловых минут. Но для своих расчетов он вычислил еще более обширные и точные таблицы, шаг которых составлял одну угловую минуту, а точность — семь десятичных знаков! Для этих таблиц Копернику потребовалось вычислить 324 тыс. величин. Эта часть сочинения и подробные таблицы были позже изданы отдельной книгой. Книга «О вращениях» содержит описания астрономических приборов, а также каталог неподвижных звезд. В ней разбирается видимое движение Солнца, Луны и планет. Поскольку Коперник использовал только круговые равномерные движения, ему пришлось потратить много сил на поиски таких соотношений размеров системы, которые бы описывали наблюдаемые движения светил. После всех усилий его гелиоцентрическая система оказалась не намного точнее птолемеевской. Сделать точной ее удалось только Кеплеру и Ньютону.



Страницы книги «О вращениях небесных сфер».

Тихо Браге



Портрет. 1596 г.

Замок Тоструп
в провинции
Сконе на юге
Швеции.

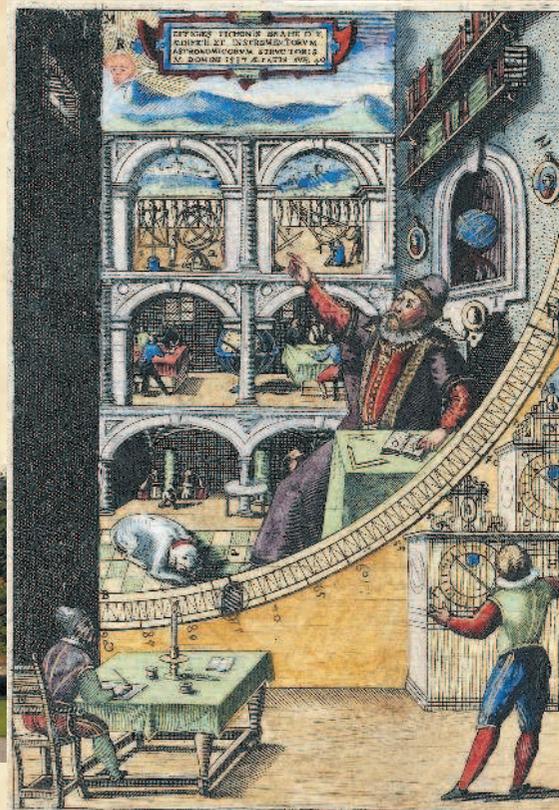


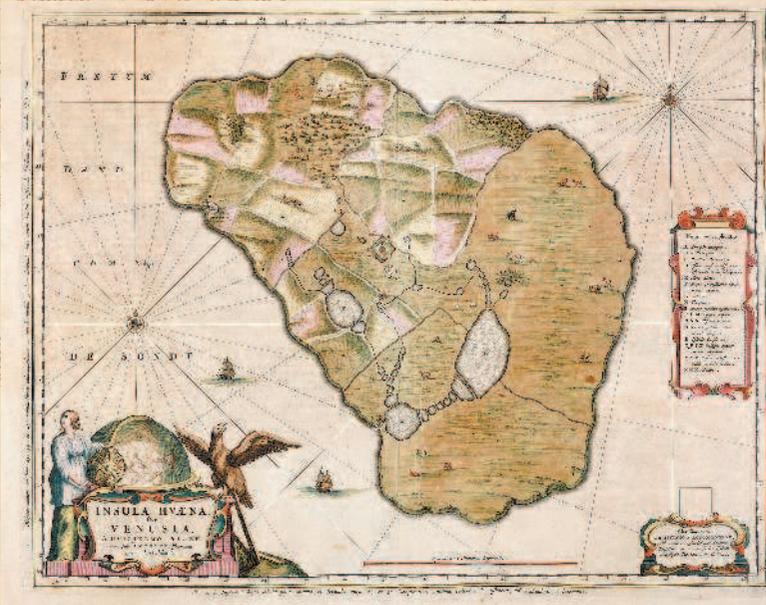
Тихо Браге родился 14 декабря 1546 г. в семье, принадлежавшей к высшей знати Датского королевства. Детство будущего ученого прошло в замке Тоструп у бездетного брата отца — адмирала Йоргена Браге. Мальчик рано выучил латынь и в 13 лет стал студентом Копенгагенского университета. Здесь он увлекся астрономией. Через три года 16-летнего Тихо в сопровождении воспитателя отправили учиться в Германию.

В Германии Браге провел шесть лет, время от времени наезжая в Данию. Он слушал лекции в университетах Лейпцига, Виттенберга, Ростока и Аугсбурга. Родные хотели, чтобы он изучал право, и воспитателю было наказано следить за этим. Браге, однако, занимался любимой наукой и по возможности знакомился с астрономами.

На второй год жизни Браге в Германии пришлось редкое астрономическое событие — соединение Юпитера и Сатурна. Не имея инструментов, Тихо вел наблюдения с помощью обычного циркуля. Он приставлял к глазу его шарнир и разводил ножки так, чтобы на их концы попадали планеты, потом дома клал циркуль на бумагу, отмечал положение его частей и измерял угол полученного треугольника. Это стало его первым изобретением.

В 1571 г. Браге вызвали к заболевшему отцу, и ему пришлось возвратиться в Данию. Отец умер в мае того же года. Тихо Браге унаследовал родовое поместье Кнудstrup и занялся хозяйством. Вернулся он к астрономии только после того как стал свидетелем вспышки в нашей Галактике сверхновой звезды, которую 11 ноября 1572 г. наблюдали многие астрономы Европы. Тихо Бра-





Остров Вен в проливе между Швецией и Данией. В память о работе астронома в честь острова названы два астероида — Гуенна и Венузия. Карта, составленная Тихо Браге.

его друзья, принадлежавшие к образованной части общества, обратились к королю Фредерику II с просьбой удержать его на родине. Для устройства обсерватории Фредерик предложил ученому в пожизненное владение остров Вен, лежащий в середине Зундского пролива, соединяющего Балтийское море с Северным. Щедрая государственная поддержка позволила Браге создать знаменитый на всю Европу научный центр Ураниборг и получить лучшие результаты для своего времени.

Браге достиг фантастической точности в наблюдениях положений звезд на безоптических угломерных инструментах. Ошибка составляла $\pm 0,5'$, что в 40 раз точнее Птолемеевых наблюдений. В обсерватории были получены выдающиеся результаты: составлен каталог 788 звезд, разработаны таблицы рефракции света в земной атмосфере и правила ее учета при наблюдениях, уточнен угол наклона эклиптики, открыты неизвестные прежде неравномерности движения Луны, в течение 20 лет постоянно фиксировались движения планет.

В 1597 г. датский трон занял Кристиан IV. Посчитав астрономию лишь дорогостоящей причудой, он прекратил финансирование обсерватории Браге. 29 апреля астроном с семьей и сотрудниками навсегда покинул остров Вен. В Гамбурге была издана его знаменитая книга «Механика обновленной астрономии» с массой гравюр, сделанных еще на острове Вен. В ней помещены подробные описания созданных Браге инструментов.

В феврале 1600 г., уже в Праге, Тихо Браге взял в помощники Иоганна Кеплера и поручил ему обработку данных наблюдений Марса. Однако сотрудничество двух великих ученых длилось недолго. 24 октября 1601 г. после непродолжительной болезни Тихо Браге скончался. Астрономические наблюдения Тихо Браге, которые казались пустой забавой некоторым его современникам, впоследствии явились фундаментом, на котором построена современная теория тяготения.

ге тщательно следил за изменением яркости сверхновой. По поводу звезды появилось много публикаций, среди них нередко встречались вздорные, и друзья стали просить Браге написать о ней. Астроном отказывался, считая, что это недостойно дворянского звания, но потом сдался. Так появилось первое сочинение Браге «О новой звезде». Он считал ее принадлежащей к звездной сфере и между прочим рассуждал о ее астрологическом значении. Возбужденный звездой интерес к астрономии был так велик, что в 1573 г., когда она была еще видна, Браге по приглашению Копенгагенского университета с успехом прочел там свой первый и единственный курс лекций по астрономии.

Для занятий астрономией Браге собирался переехать в Германию. Но

← Стенной квадрант в Ураниборге. Он был изготовлен из меди и установлен в стене, ориентированной точно по оси север-юг. Его радиус составлял 194 см. Над шкалой представлен интерьер обсерватории, в том числе и другие инструменты Браге. Иллюстрация из книги Т. Браге «Механика обновленной астрономии». 1598 г.



Большая экваториальная армиллярная сфера Тихо Браге. 1585 г.

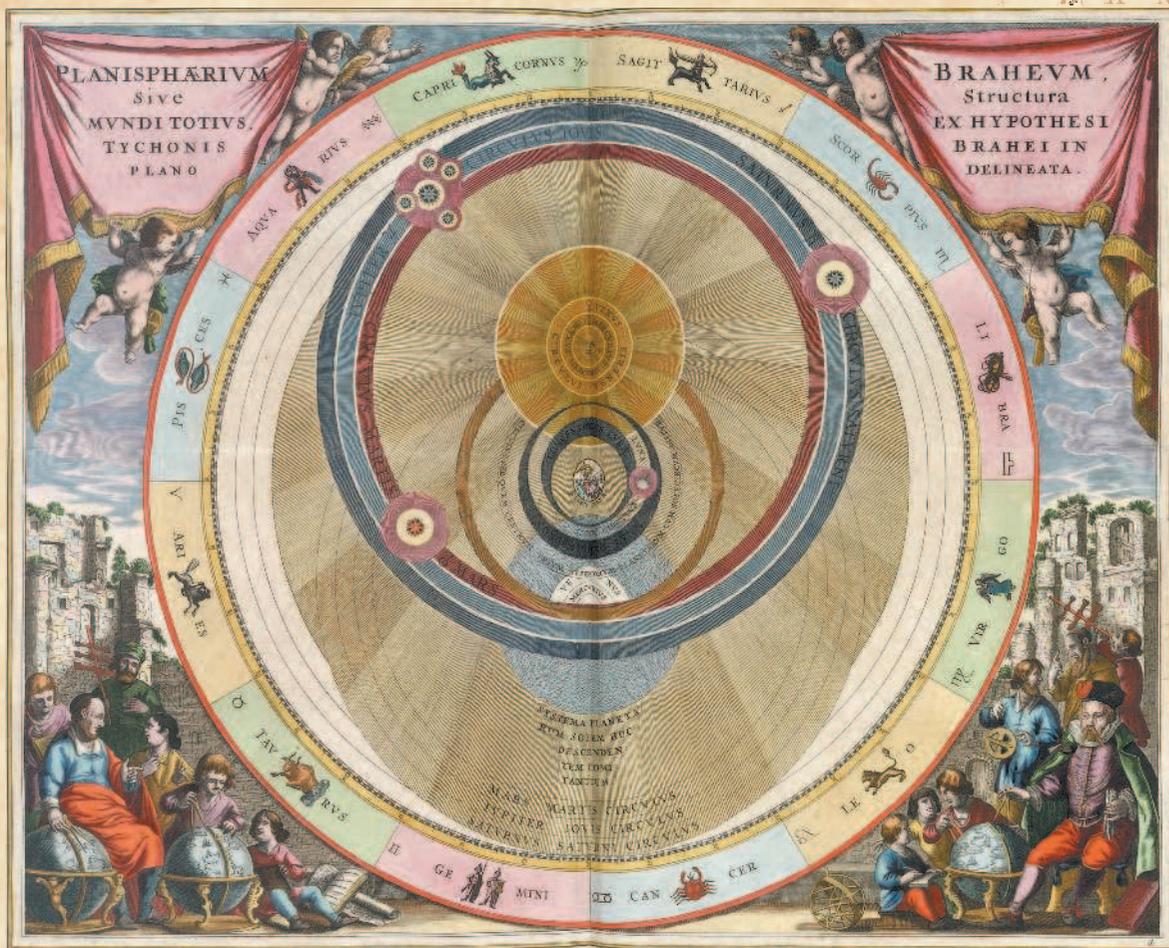


Иллюстрация небесной механики по Тихо Браге из звездного атласа Андреаса Целлариуса.

Строение Вселенной согласно гипотезе Тихо Браге

Тихо Браге первым в Европе начал проводить систематические и высокоточные астрономические наблюдения, на основании которых первооткрыватель законов движения планет Солнечной системы Иоганн Кеплер (1571–1630) вывел законы движения планет, известные сегодня как первый, второй и третий законы Кеплера.

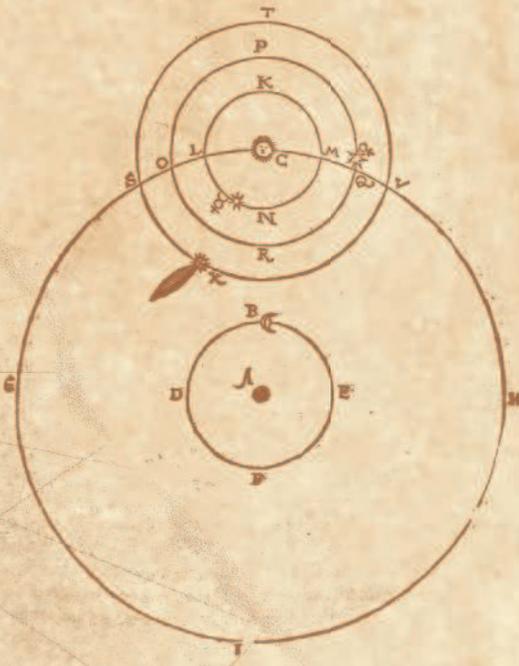
Вскоре после того, как Браге поселился на острове Вен, над Европой появилась яркая комета. Ученый систематически наблюдал ее и доказал, что она находится дальше Луны и движется, пересекая небесные сферы, вместе с которыми, как тогда считалось, движутся планеты. А это означало, что Аристотель был неправ: твердых небесных сфер не существует и пространство является пустым. Во время работы



УРАНИБОРГ И СТЬЕРНЕБОРГ

Обсерватория «Ураниборг» («Небесный замок»), названная в честь греческого бога звездного неба Урана, была заселена в 1580 г. Почти сразу там начались систематические наблюдения. В подвале комплекса размещались склад и алхимическая лаборатория, в пристройке находился большой звездный глобус, на который Браге иголкой наносил звезды, положение которых уточнялось в обсерватории. Со временем на острове появились механическая мастерская, типография, водяная мельница, мукомольный жернов, токарный станок, налажилось производство бумаги. В отличие от своих коллег из других обсерваторий, Браге сразу же стал учитывать время наблюдений в минутах, что стоило больших трудов, так как это было еще до изобретения маятникового хода. Многие из инструментов изготовлялись на месте по проектам Браге, в частности, в 1582 г. установили стенной квадрант. Через семь лет после создания Ураниборга рядом с ним был построен дополнительный наблюдательный комплекс — Стърнеборг («Звездный замок»). Он представлял собой подземное помещение, у которого поднимались раздвижные крыши над инструментами. В обсерваториях кроме Браге работали обычно около десяти сотрудников, в частности, образованнейшая женщина своего времени, младшая сестра Тихо, Софья, которая стала первой женщиной-астрономом в Европе.

В обсерваториях кроме Браге работали обычно около десяти сотрудников, в частности, образованнейшая женщина своего времени, младшая сестра Тихо, Софья, которая стала первой женщиной-астрономом в Европе.



Схематичное изображение гео-гелиоцентрической системы мира, которая объединила учения Птолемея и Коперника. Меркурий и Венера, а также комета вращаются вокруг Солнца (помечено буквой С; орбита Солнца обозначена как SOL); Луна и Солнце вращаются вокруг неподвижной Земли. Рисунок Тихо Браге.

над книгой о кометах Браге пришел к мысли о новой системе мира. Он разработал свою модель строения Вселенной, которая была компромиссом между гео- и гелиоцентрическими моделями строения мира Птолемея и Коперника. Согласно гипотезе Браге, Солнце, Луна и звезды вращаются на своих круговых орбитах вокруг неподвижной Земли, а все планеты и кометы — «ходят кругами» вокруг Солнца. Браге гордился своей гипотезой, и она сыграла определенную роль в развитии астрономии.

Модель мира, построенная Тихо Браге, с математической точки зрения ничем не отличалась от системы Коперника, однако у нее было существенное по тем временам преимущество перед последней: особое положение Земли во Вселенной, так как роль Земли как центра мироздания не могла вызвать никаких нареканий и возражений со стороны инквизиции. Новую космографию Браге подробно описал в 1588 г., стремясь согласовать церковное учение об особом статусе Земли и натурфилософию Аристотеля с опытными фактами. В модели датского астронома Земля все еще занимает центральное положение, остаются «сфера

Луны» и «сфера неподвижных звезд», но отдельно расположенные «сферы планет» заменила одна большая «сфера Солнечной системы», которая обращается вокруг Земли между Луной и звездами. Внутри «солнечной сферы» планеты обращаются уже не вокруг Земли, а вокруг Солнца, причем Браге прямо заявил, что все эти «сферы», в отличие от небесных сфер по Птолемею, не твердые и, возможно, даже воображаемые.

Созданная Браге модель мира почти идеально согласовывалась с наблюдательными данными, которые Тихо Браге сам и получил в своей обсерватории Ураниборг. Картину особенно портила так называемая проблема ретроградного Марса: каждые два года в течение примерно 70–80 дней планета совершала попятные движения и «выписывала» на небе странные петли. Оставаясь в рамках моделей, в которых небесные тела перемещались по идеально круглым орбитам, разрешить эту задачу оказалось невозможно. Лишь после смерти Браге его соратник и сотрудник математик Иоганн Кеплер, используя данные наблюдений Тихо Браге для своих расчетов, открыл закономерности движения планет, одна из которых заключалась в том, что все планеты обращаются вокруг Солнца по эллиптическим орбитам, а не по круговым сферам. Только тогда Марс «вписался» в данные наблюдений, а небесные сферы — и жесткие реальные, и мягкие воображаемые — прекратили свое существование.

Поклонников у системы мира Тихо Браге из-за ее сложности и искусственности было немного. Во второй половине XVII в. большинство ученых ее отвергли. Одним из сторонников гео-гелиоцентрической системы мира был итальянский астроном и теолог, автор свода астрономических знаний своего времени «Новый Альмагест» (*Almagestum Novum*), Джованни Баттиста Риччоли (1598–1671), только он считал, что Юпитер и Сатурн обращаются вокруг Земли, а не вокруг Солнца.

Прямое доказательство движения Земли вокруг Солнца появилось лишь в 1727 году, когда английский астроном Джеймс Брэдли (1693–1762) заметил изменение положения на небесной сфере неподвижных звезд, связанное с конечностью скорости света (явление аберрации света). Различают годовую, суточную и вековую аберрации. Годичная аберрация связана с движением Земли вокруг Солнца, суточная — с вращением Земли вокруг своей оси, а вековая учитывает эффект движения Солнечной системы вокруг центра нашей звездной системы — Галактики.



Титульная страница «Нового Альмагеста» Джованни Баттисты Риччолли. Автор дал имена кратерам и горам на Луне, большинство из которых до сих пор используются.