



# СОДЕРЖАНИЕ

<b>История астрономии</b> . . . . .	7
Становление астрономии как науки . . . . .	8
Николай Коперник . . . . .	11
Тихо Браге . . . . .	14
Иоганн Кеплер. . . . .	17
Галилео Галилей. . . . .	21
Джордано Бруно . . . . .	24
Исаак Ньютон . . . . .	26
Научные достижения XVII–XVIII веков . . . . .	30
Астрономия в XIX веке . . . . .	36
Вехи астрономии XX века . . . . .	41
Альберт Эйнштейн . . . . .	44
Артур Стэнли Эддингтон . . . . .	49
Джеймс Хопвуд Джинс . . . . .	52
Александр Александрович Фридман. . . . .	55
Эдвин Пауэлл Хаббл . . . . .	59
Достижения астрономии XX — начала XXI века. . . . .	62
<b>Звездное небо над нами</b> . . . . .	65
Звездные величины . . . . .	66
Небесные координаты . . . . .	69
Эфемериды небесных тел . . . . .	72
Созвездия. . . . .	75
Звездное небо разных широт. . . . .	78

Звездное небо четырех сезонов в средних широтах	
Северного полушария . . . . .	80
Путь Солнца среди звезд. . . . .	86
Движение и фазы Луны. . . . .	88
Лунные затмения . . . . .	91
Солнечные затмения . . . . .	93
Видимые движения планет . . . . .	96
Что такое время. . . . .	99
Звездные и солнечные сутки . . . . .	101
В поисках надежных часов. . . . .	103
Местное время . . . . .	106
<b>Как изучают Вселенную . . . . .</b>	<b>109</b>
Всеволновая астрономия . . . . .	110
Источник информации — видимый свет . . . . .	113
Инфракрасная и ультрафиолетовая Вселенная . . . . .	116
Рентгеновская и гамма-астрономия . . . . .	119
Радиоастрономия . . . . .	122
Оптические телескопы . . . . .	126
Приемники излучения и изображения . . . . .	129
Местоположение и движение небесных тел. . . . .	132
Космические обсерватории. . . . .	135
Космические экспедиции по Солнечной системе . . . . .	141
<b>Звёзды и галактики . . . . .</b>	<b>145</b>
Что такое звезда . . . . .	146
Основные характеристики звезд . . . . .	149
Строение и эволюция звезд. . . . .	155
Двойные и кратные звезды . . . . .	159

Переменные звезды . . . . .	162
Взрывающиеся звезды . . . . .	165
Белые карлики, нейтронные звезды и черные дыры . . . . .	169
Межзвездная среда . . . . .	172
88 небесных созвездий . . . . .	175
Скопления и ассоциации звезд . . . . .	193
Многообразии галактик . . . . .	196
Млечный Путь . . . . .	200
Взаимодействующие галактики . . . . .	203
Скрытая масса . . . . .	206
Гравитационные линзы . . . . .	209
<b>Солнечная система . . . . .</b>	<b>211</b>
Что видно на Солнце . . . . .	212
Инструменты для наблюдения Солнца . . . . .	215
Внутреннее строение Солнца . . . . .	218
Атмосфера Солнца: фотосфера и хромосфера . . . . .	221
Солнечная корона . . . . .	224
Влияние Солнца на Землю . . . . .	227
Солнечный ветер и энергия солнечного света . . . . .	229
Солнечная система и ее строение . . . . .	232
Меркурий . . . . .	236
Венера . . . . .	239
Земля как одна из планет . . . . .	242
Луна . . . . .	245
Марс . . . . .	248
Юпитер . . . . .	251
Сатурн . . . . .	254
Уран . . . . .	257

Нептун . . . . .	260
Астероиды . . . . .	264
Кометы . . . . .	266
Метеоры и метеориты . . . . .	268
<b>Эволюция Вселенной . . . . .</b>	<b>271</b>
Образование Солнечной системы . . . . .	272
Структура Вселенной . . . . .	275
Масштабы Вселенной . . . . .	280
Дозвездная Вселенная . . . . .	282
Зарождение звезд . . . . .	285
Молодые звезды . . . . .	288
Конечные стадии эволюции звезд малых масс . . . . .	291
Конечные стадии эволюции массивных звезд . . . . .	294
Экзопланеты . . . . .	297
Неопознанные летающие объекты . . . . .	300

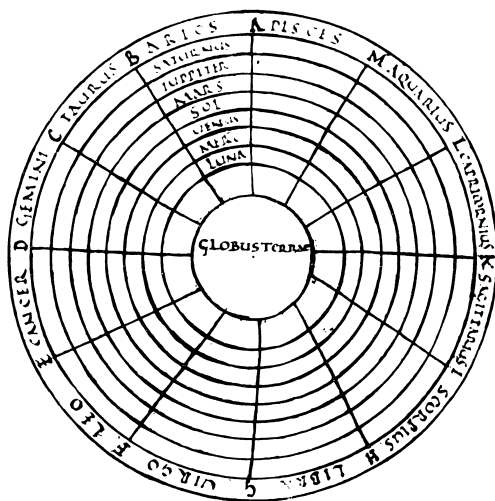
# ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ

# СТАНОВЛЕНИЕ АСТРОНОМИИ КАК НАУКИ

Астрономия (от греч. *αστρον* — «звезда, светило» и *νόμος* — «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. Первыми объектами научных наблюдений и попыток объяснить и предсказать их поведение стали 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



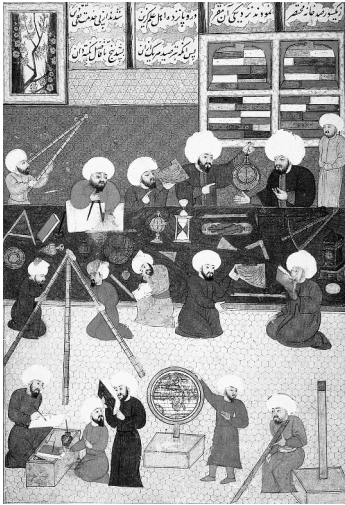
*Схема из комментария древнеримского писателя Амвросия Феодосия Макробия на «Сон Сципиона» (IX в.) — одно из самых ранних из дошедших до нас изображений геоцентрической системы*

детальные таблицы для предсказания небесных явлений. Они разделили круг, позже названный греками зодиаком, 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 до XVI в.

## 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 в., 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.





*Арабские ученые сохранили основные принципы греческой астрономии, а также 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. обнаружались и греческие тексты классических трудов. Иоганн Мюллер (1436–1476) из Нюрнберга, известный как Региомонтан, возродил астрономию в Европе. Коренной переворот в представлениях об устройстве Солнечной системы связан с именем Николая Коперника*

В противовес этим взглядам Гераклид 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», служившем 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.

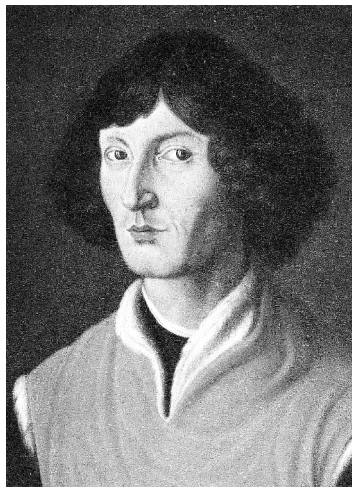
# НИКОЛАЙ КОПЕРНИК

Николай Коперник родился 19 февраля 1473 г. в Торунь, торговом городе на Висле. В 1491 г. Николай поступил в Краковский университет, где проучился четыре года, там он увлекся астрономией.

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.

Польский астроном стремился сделать геоцентрическую модель Птолемея более стройной 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.

Коперник занимался наблюдениями для уточнения длины года. Найденная им величина стала осно-



*Николай Коперник*

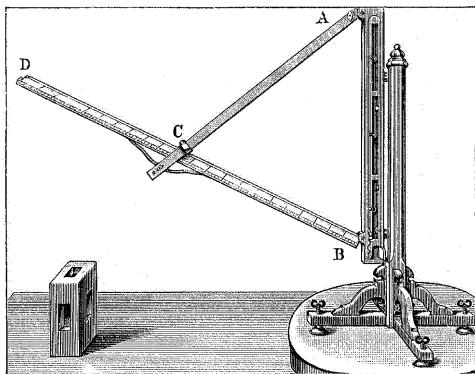
вой для календарной реформы 1582 г. Определенная Николаем Коперником длина года составляла 365 суток 5 ч 49 мин 16 с и превышала истинную всего на 28 с.

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). Он погрузился в изучение рукописи «О вращениях небесных сфер» и убедил Коперника опубликовать его труд. Не дожидаясь этой публикации, Ретик написал «Первое повествование» — изложение теории Коперника, благодаря которой она стала известна.

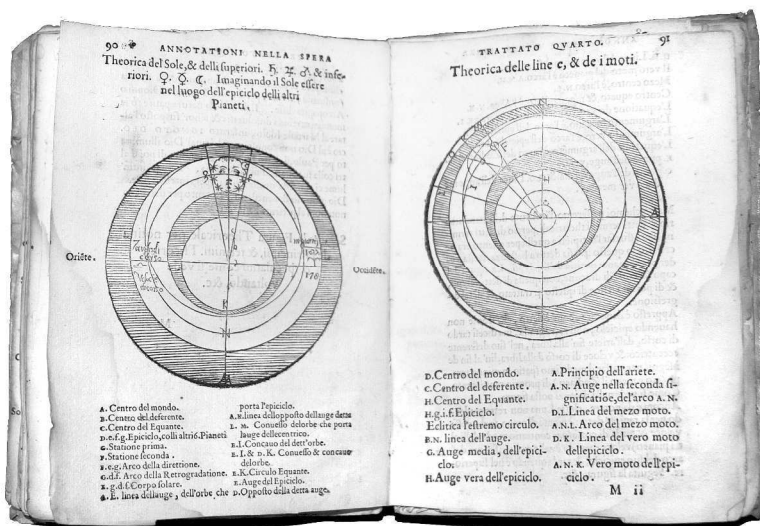
Книга «О вращениях небесных сфер» вышла весной 1543 г. Ученому принесли экземпляр только что отпечатанного сочинения за несколько часов до смерти. Умер Николай Коперник 24 мая и был похоронен под плитами Фромборкского кафедрального собора.

## СТРОЕНИЕ ВСЕЛЕННОЙ СОГЛАСНО ГИПОТЕЗЕ КОПЕРНИКА

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



*Трикетр Коперника.  
Иллюстрация из немецкого  
справочника начала XX в.*



Страницы книги «О вращениях небесных сфер»

Земли приводит к наблюдаемым попятным движениям планет. С периодом примерно в один год ось нашей планеты перемещается почти параллельно сама себе, и этот эффект, в частности, проявляется в предварении равноденствий. Теория Коперника 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.

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.

# ТИХО БРАГЕ

Тихо Браге родился 14 декабря 1546 г. в семье, принадлежавшей к высшей знати Датского королевства. Мальчик рано выучил латынь и в 13 лет стал студентом Копенгагенского университета. Здесь он увлекся астрономией, а через три года отправился учиться в Германию.

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.

После смерти отца 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 Браге тщательно следил за изменением яркости сверхновой. 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.

Датский король Фредерик II выделил Браге в пожизненное владение остров Вен для организации обсерватории.



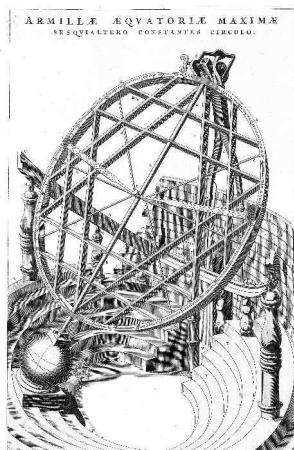
*Тихо Браге. Портрет. 1596 г.*

*Большая экваториальная армиллярная сфера Тихо Браге. 1585 г.*

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 множеством гравюр, сделанных еще на острове Вен. В ней помещены подробные описания созданных Браге инструментов.

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.



## 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.