

УДК 524.8  
ББК 22.68  
Х70

Перевод оригинального издания:

**Stephen Hawking**  
**The Illustrated on the Shoulders of Giants:**  
**The Great Works of Physics and Astronomy**

Публикуется с разрешения Running Press, импринта Perseus Books, LLC, дочерней структуры Hachette Book Group, Inc. (США) при содействии Агентства Александра Корженевского (Россия).

**Хокинг, Стивен**

Х70 На плечах гигантов / С. Хокинг; пер. с англ.: А. М. Бродоцкой (С. Хокинг), О. С. Сажинной (*Принцип относительности*); пер. с лат. И. Н. Веселовского (*О вращении небесных сфер*), С. Н. Долгова (*Беседы и математические доказательства...*), А. М. Бродоцкой (*Гармония мира*), А. Н. Крылова (*Математические начала...*). — Москва: Издательство АСТ, 2018. — 256 с.: ил. — (Мир Стивена Хокинга).

ISBN 978-5-17-982752-8 (ООО «Издательство АСТ»)

Чтобы дать верные ответы на фундаментальные вопросы о Вселенной, поработали века и смелость нескольких ученых. Николай Коперник в трактате «О вращении небесных сфер», Галилео Галилей в «Диалоге о двух главнейших системах мира», Иоганн Кеплер в «Гармонии мира», Исаак Ньютон в «Математических началах натуральной философии» и Альберт Эйнштейн в своих многочисленных статьях о принципе относительности открыли современникам глаза на то, как устроен небесный свод и что происходит за пределами видимости телескопа. Именно эти работы и эти идеи изменили направление научной мысли, а более ранние — озаменовали переход от Средневековья к современности.

Выдержки из оригинальных текстов дополнены комментариями Стивена Хокинга, который составил также биографический очерк для каждого из авторов, чтобы читатель мог проследить глобальную эволюцию астрофизических воззрений и ход мыслей частного гения.

УДК 524.8  
ББК 22.68

ISBN 978-5-17-982752-8 (ООО «Издательство АСТ»)

© Стивен Хокинг, 2004  
© The Book Laboratory Inc. (иллюстрации), 2004  
© ООО «Издательство АСТ», 2018  
(оформление, перевод на русский язык)

# Содержание

О ПРИВЕДЕННЫХ ФРАГМЕНТАХ

5

ВВЕДЕНИЕ

7

НИКОЛАЙ КОПЕРНИК

11

ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ

49

ИОГАНН КЕПЛЕР

97

ИСААК НЬЮТОН

145

АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН

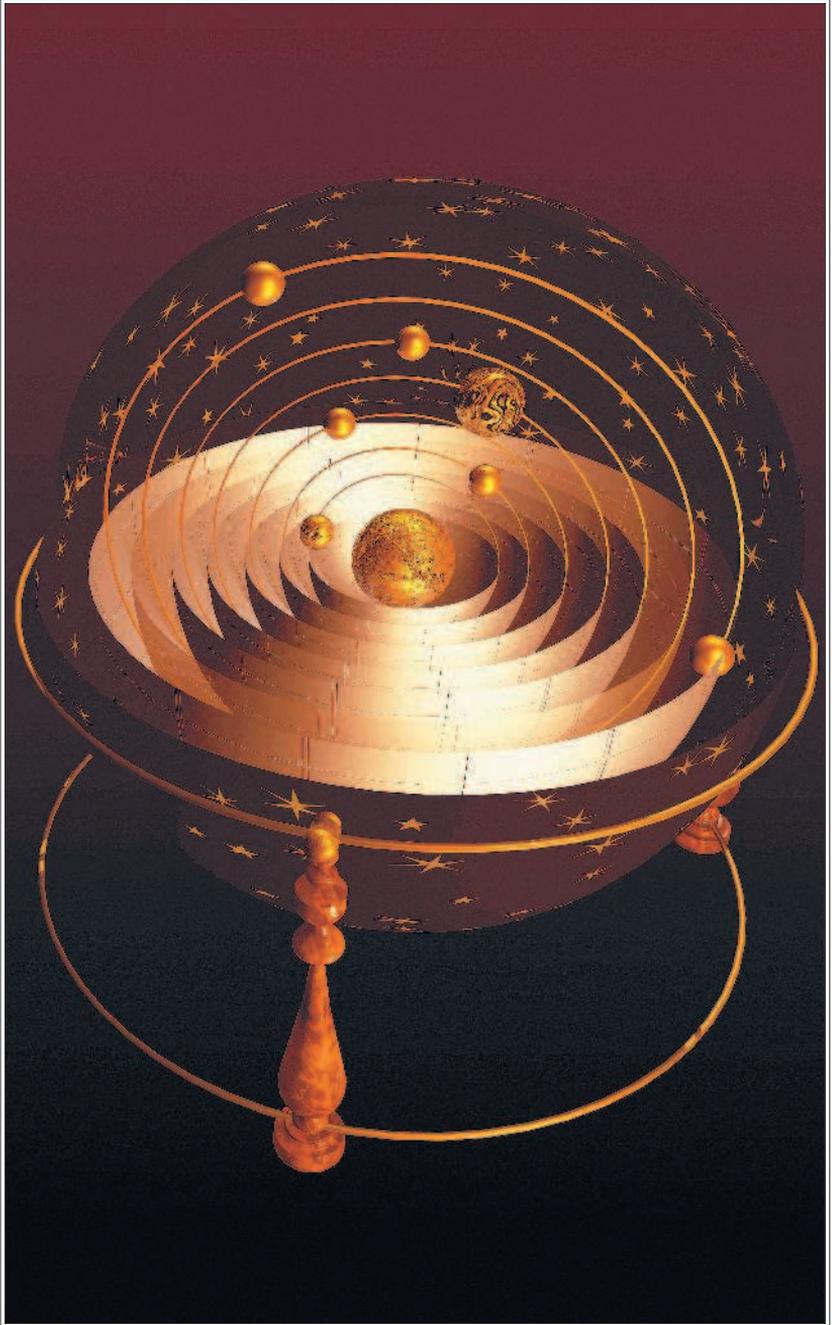
193

СТИВЕН ХОКИНГ

251

ПРИМЕЧАНИЯ

252



## О приведенных фрагментах

Приведенные в этой книге фрагменты сочинений великих ученых взяты из авторитетных опубликованных переводов, переведены впервые («Гармония мира») или переведены специалистами заново («Принцип относительности»).

### *Другие важные замечания*

Трактат «О вращении небесных сфер» Николая Коперника вышел в свет в 1543 году под заголовком *De revolutionibus orbium coelestium*.

«Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых наук» Галилео Галилея выпущены в свет в 1638 году под заголовком *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla mecanica & i movimenti locali* в голландском издательском доме Эльзевиров, основанном Лодевейком Эльзевиром.

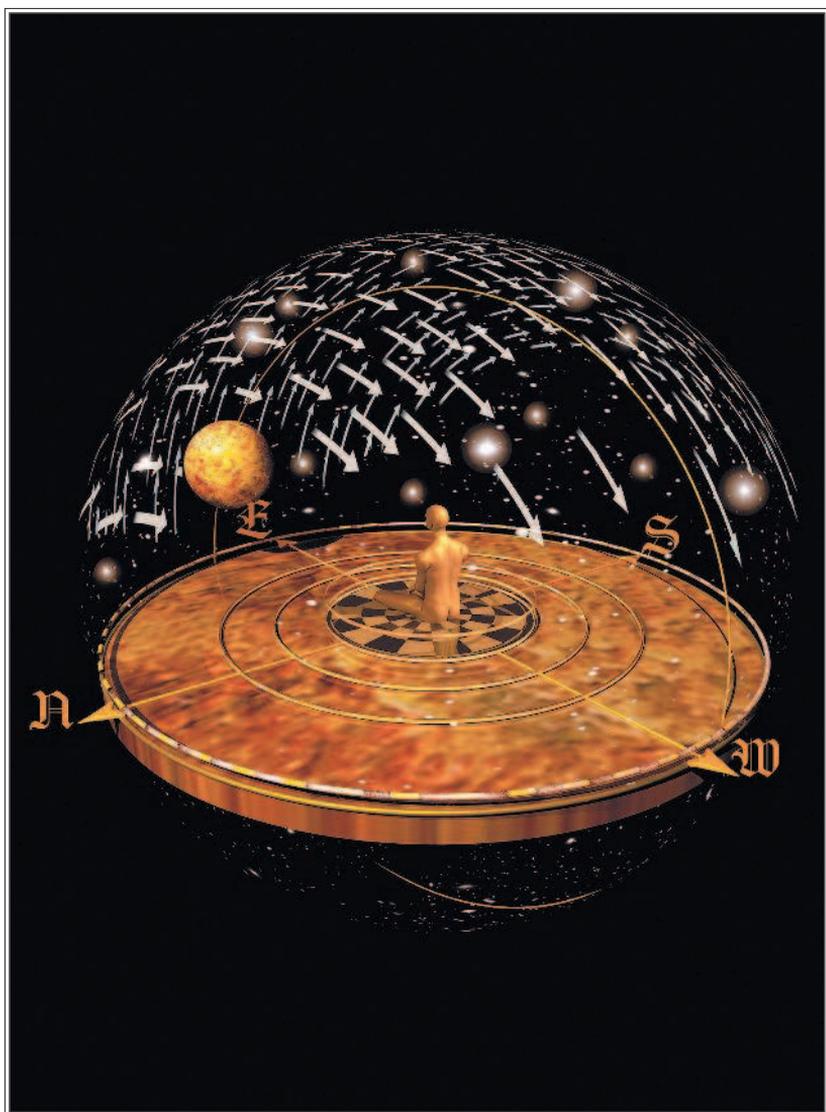
Мы выбрали Пятую книгу из «Гармонии мира» Иоганна Кеплера. Эту работу Кеплер завершил 27 мая 1618 года, и она вышла в свет под заголовком *Harmonices Mundi*.

«Математические начала натуральной философии» Исаака Ньютона вышли в свет в 1687 году под заголовком *Philosophiae naturalis principia mathematica*.

Мы выбрали пять работ Альберта Эйнштейна из сборника «Принцип относительности» Х. Лоренца, А. Вайля, А. Эйнштейна и Г. Минковского, вышедшего в 1922 году под заголовком *Das Relativitätsprinzip*.

НА СОСЕДНЕЙ СТРАНИЦЕ

*Вселенная по Птолемею. Птолемей, один из самых авторитетных греческих астрономов того времени, предложил геоцентрическую теорию, сохранявшую главенствующее положение в течение 1400 лет.*



*Представления Птолемея о Солнце, планетах и звездах давно признаны ошибочными, однако наше мировосприятие остается птолемеевским. Мы говорим, что Солнце восходит на востоке (хотя по отношению к Земле Солнце неподвижно), по-прежнему наблюдаем вращение небес над головой и ориентируемся на север, юг, запад и восток, словно забывая, что Земля круглая.*

## Введение

«Я видел дальше других лишь потому, что стоял на плечах гигантов», — писал Исаак Ньютон Роберту Гуку в 1676 году. Хотя Ньютон имел в виду свои открытия в оптике, а не более важный труд по законам всемирного тяготения и движения, этот афоризм очень точно отражает суть научного прогресса, как и развития цивилизации вообще: прогресс — это последовательность достижений, каждое из которых основано на том, что было сделано раньше. Именно такова тема этой интереснейшей книги, где читатель имеет возможность по оригинальным текстам проследить эволюцию нашей картины устройства небес — от революционного заявления Николая Коперника, что Земля вращается вокруг Солнца, до не менее революционного заявления Альберта Эйнштейна, что пространство и время искривлены и искажены массой и энергией. Перед нами — очень увлекательная история, ведь и Коперник, и Эйнштейн коренным образом изменили наши представления о порядке вещей. Мы распрощались со своим привилегированным положением в центре Вселенной, с вечностью и неизменностью, даже с Абсолютным Пространством и Временем, на смену которым пришли резиновые листы.

Неудивительно, что обе теории встретили яростный отпор: в случае теории Коперника это была инквизиция, в случае теории относительности — фашисты. Сегодня мы склонны отмахиваться от более ранних картин мира, которые предлагали Аристотель и Птолемей, где Земля была в центре мироздания, а Солнце вращалось вокруг: они кажутся нам примитивными. Однако презрения эта модель вовсе не заслуживает, и простенькой ее не назовешь. В ней учитывался вывод Аристотеля, что Земля — не плоский диск, а круглый шар, к тому же она достаточно точно выполняла свое основное назначение, то есть позволяла предсказывать видимое положение небесных тел на небосводе для астрологических целей. В сущности, модель Птолемея была ничуть не

менее точной, чем еретическое предположение, что Земля и планеты вращаются по круглым орбитам вокруг Солнца, которое выдвинул Коперник в 1543 году.

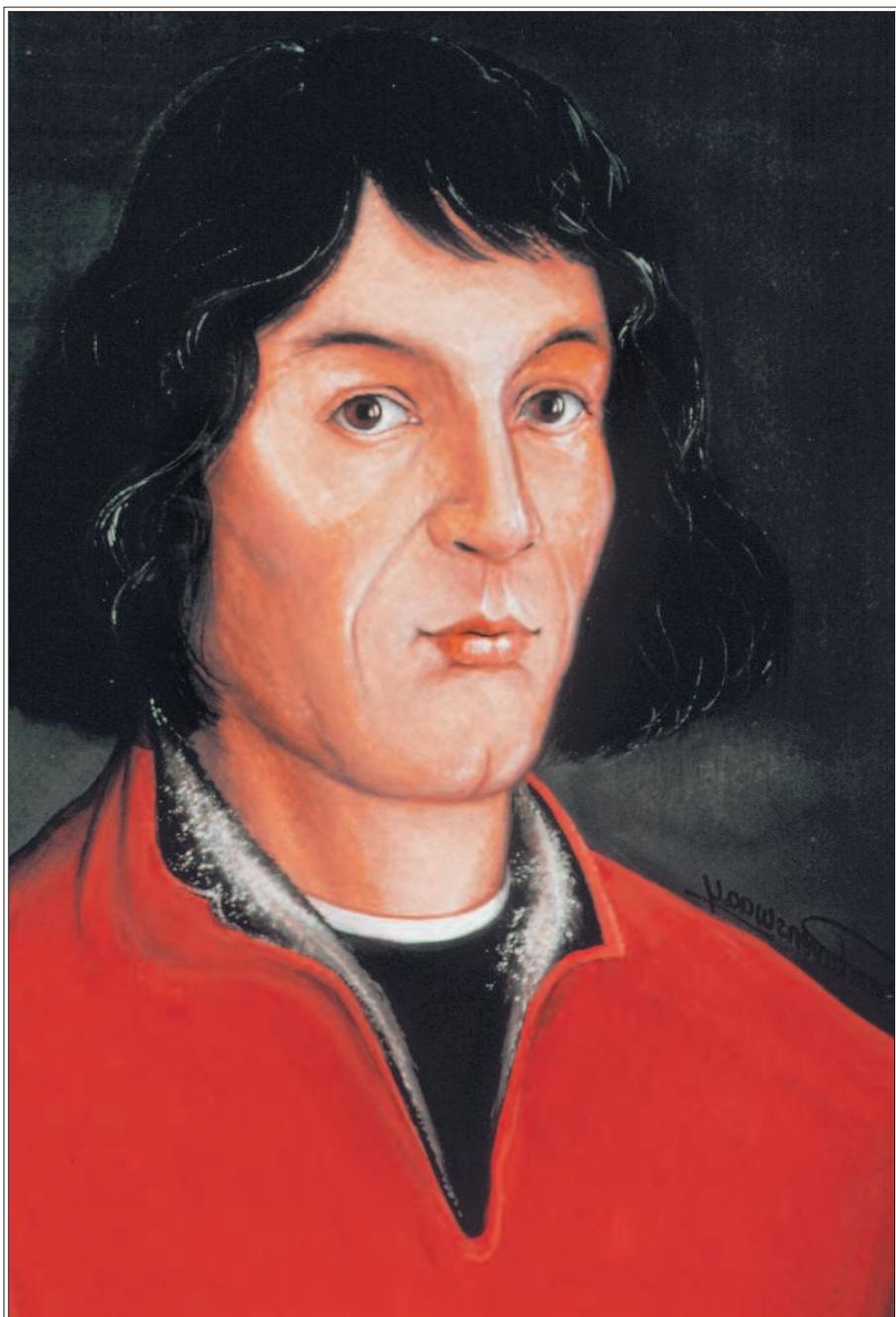
Галилей посчитал предположение Коперника правдоподобным не потому, что оно лучше соответствовало наблюдаемым позициям планет, а потому, что оно отличалось простотой и элегантностью в противоположность запутанным эпициклам модели Птолемея. В «Математических доказательствах, касающихся двух новых отраслей науки» персонажи Галилея — Сальвиати и Сагрето — выдвигают убедительные доводы в пользу Коперника. Однако автор дает возможность третьему персонажу — Симпличио — отстаивать правоту Аристотеля и оставаться при мнении, что Земля покоится, а Солнце вращается вокруг нее.

Геоцентрическая модель окончательно утратила правдоподобие лишь после того, как Кеплер уточнил гелиоцентрическую модель, а Ньютон снабдил ее законами движения. Это был самый серьезнейший сдвиг в наших представлениях о Вселенной: если мы не в центре, каков тогда смысл нашего существования? Какое дело Господу Богу и законам природы до того, что творится на третьем камешке от Солнца, куда забросил нас Коперник? Современные ученые, что называется, перекоперниковали Коперника — пытаются построить модель Вселенной, где человек (которому пора перестать зазнаваться) не играет вообще никакой роли. Хотя этот подход позволил сформулировать объективные безличные законы, управляющие Вселенной, он так и не сумел объяснить, по крайней мере пока, почему Вселенная устроена именно так, а не иначе, ведь законы физики допускают и другие конфигурации вселенных.

Некоторые ученые утверждают, что это лишь временное затруднение: как только мы выведем теорию всего, она однозначно предскажет и состояние Вселенной, и силу гравитации, и массу и заряд электрона, и так далее. Однако многие особенности Вселенной (например, то, что мы живем на третьем камешке, а не на втором или четвертом) представляются очень уж произвольными и случайными, едва ли их предскажет какая-то всемогущая главная формула. Многие, в том числе и я, считают, что появление такой сложной структурированной Вселенной на основании простых законов требует так называемого антропного принципа, который возвращает нам привилегированное центральное положение, на которое мы стеснялись претендовать со времен Копер-

ника. Антропный принцип основан на самоочевидном факте, что мы не стали бы задавать вопросы о природе Вселенной, если бы в ней не было звезд, планет и стабильных химических соединений наряду с остальными предпосылками для зарождения жизни (разумной?) в привычном для нас виде. Если теория всего однозначно опишет состояние Вселенной и ее содержимого, это состояние попадет в крошечное подмножество вариантов, допускающих зарождение жизни, что будет крайне примечательным совпадением.

Однако труды последнего мыслителя из нашего сборника — Альберта Эйнштейна — допускают и другую возможность. Эйнштейн сыграл важную роль в развитии квантовой теории, согласно которой у системы, оказывается, не одна история, как можно было бы подумать, а несколько, более того, у нее есть все возможные истории, но у каждой своя вероятность. Кроме того, Эйнштейн — практически единственный творец общей теории относительности, в рамках которой пространство и время искривлены и наделены динамикой. Это означает, что на них распространяются законы квантовой теории — а следовательно, у самой Вселенной есть все возможные формы и истории. Большинство историй совсем не подходят для развития жизни, однако найдется несколько, в которых соблюдены все условия. И пусть вероятность этих историй очень мала по сравнению с остальными — это неважно: ведь если во Вселенной нет жизни, ее некому наблюдать. Хватает и того, что существует по крайней мере одна история, в которой развивается жизнь, и мы с вами тому свидетельству, хотя, вероятно, эта честь досталась нам не за разумность. Ньютон говорил, что «стоял на плечах гигантов». Однако, как ясно видно из этой книги, наше понимание устройства мироздания не развивается медленно и постепенно, нам недостаточно просто изучать работы предшественников. Иногда — как было с Коперником и Эйнштейном — нам нужно совершить интеллектуальный скачок и коренным образом изменить картину мира. Быть может, Ньютону надо было сказать: «Я прыгнул с плеч гигантов, как с трамплина».



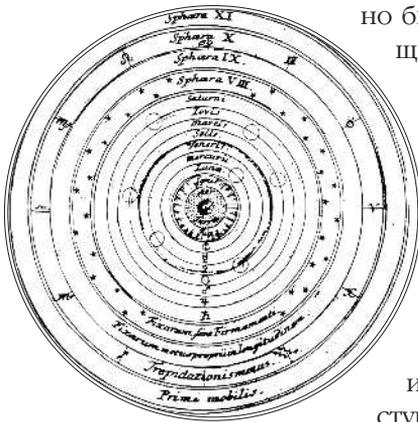
# Николай Коперник (1473–1543)

## ЖИЗНЬ И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Николая Коперника, польского священника и математика, жившего в XVI веке, часто называют отцом современной астрономии. Это почетное звание досталось ему потому, что он первым пришел к выводу, что Солнце и планеты не вращаются вокруг Земли. Разумеется, мысль о том, что Вселенная гелиоцентрична, то есть в ее центре находится Солнце, а не Земля, высказывалась уже давно: об этом говорил еще Аристарх (ум. в 230 г. до н. э.). Однако до Коперника никто не задумывался об этом всерьез. И все же, чтобы понять, насколько огромен вклад Коперника в развитие науки, важно учесть, как оценивали подобное открытие религия и культура того времени.

Еще в IV веке до н. э. греческий мыслитель и философ Аристотель (384–322 до н. э.) описал планетную систему в своей книге «О небе» (*De Caelo*) и сделал вывод, что поскольку во время затмений тень Земли на Луне всегда круглая, мир не плоский, а шарообразный. Кроме того, Аристотель предположил, что Земля круглая, на основании того, что если наблюдать за удаляющимся кораблем, легко заметить, что его корпус скрывается за горизонтом раньше парусов.

Согласно геоцентрическим представлениям Аристотеля Земля неподвижна, а планеты — Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн, — а также Солнце и Луна движутся вокруг Земли по круглым орбитам. Кроме того, Аристотель считал, что звезды неподвижно закреплены на небесной сфере, и по его масштабам Вселенной получалось, что расположена эта звездная сфера сразу за орбитой Сатурна. Аристотель был уверен, что все движение происходит по идеальным окружностям, и подвел надежную базу под то, что Земля неподвижна. Ведь если бросить камень с вершины высокой башни, он упадет прямо вниз. Он не полетит на запад, как мож-



*Геоцентрическая модель  
Вселенной Птолемея.*

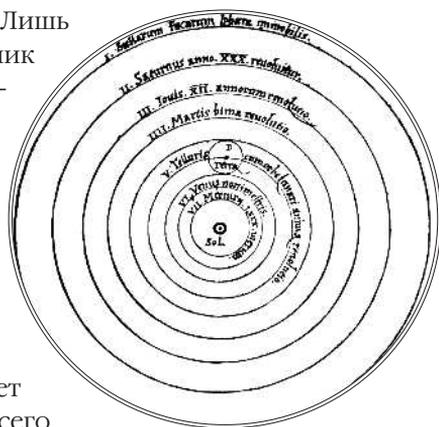
но было бы ожидать, если бы Земля вращалась с запада на восток (Аристотель не учитывал, что сам камень может участвовать во вращении Земли). В попытке примирить физику с метафизикой Аристотель выдвинул гипотезу «перводвигателя»: он считал, что за наблюдаемым движением звезд на небесной сфере стоит какая-то загадочная сила. Эту модель Вселенной приветствовали и приняли богословы, которые зачастую утверждали, что «перводвигатели» — это ангелы, поэтому представления Аристотеля не теряли актуальности на протяжении столетий. Многие современные исследователи считают, что из-за

того, что религиозные власти повсеместно приняли теорию Аристотеля, сильно замедлился научный прогресс: опровергнуть представления Аристотеля значило пойти против самой церкви.

Через 500 лет после смерти Аристотеля египтянин по имени Клавдий Птолемей (ок. 100–170 н. э.) предложил модель Вселенной, которая точнее предсказывала движение и поведение небесных сфер. Птолемей, как и Аристотель, считал, что Земля неподвижна. Предметы падают к центру Земли, заключил он, поскольку Земля закреплена в центре Вселенной. В дальнейшем Птолемей разработал систему движения небесных тел по эпициклам (окружностям, центры которых, в свою очередь, движутся по окружностям большего диаметра). Для этого он несколько сместил Землю с центра Вселенной и этот новый центр назвал «эквант»; это воображаемая точка, позволяющая учесть наблюдаемое движение планет. Подобрал размеры окружностей, Птолемей смог точнее предсказывать движение небесных тел. Геоцентрическая система Птолемея не особенно противоречила идеям западного христианства, поскольку оставляла во Вселенной простор за сферой неподвижных звезд, где вполне могли разместиться небеса и преисподняя, поэтому Церковь приняла модель Птолемея и объявила ее истинной.

Картина мира по Птолемею и Аристотелю, претерпев несколько существенных уточнений, главенствовала на протя-

жении более тысячи лет. Лишь в 1514 году польский священник Николай Коперник возродил гелиоцентрическую модель Вселенной. Коперник предложил применять ее исключительно как модель для вычисления положения планет, поскольку опасался, что Церковь объявит его еретиком, если он объявит, что его гипотеза описывает реальность. Изучение движения планет убедило Коперника, что Земля — всего лишь планета, такая же, как все, а в центре Вселенной находится Солнце. Эта гипотеза и получила название «гелиоцентрическая модель».



*Гелиоцентрическая модель Вселенной Коперника.*

РевOLUTIONИОННОЕ открытие Коперника стало одним из величайших переворотов в мировоззрении за всю историю человечества, положило начало современной астрономии и оказало колоссальное влияние на науку, философию и религию в целом. Немолодой священник не спешил разглашать свою теорию, чтобы не навлечь на себя гнев церковников, и поделился своими наблюдениями лишь с несколькими астрономами.

Эпохальный труд Коперника *De Revolutionibus* вышел в свет, когда сам ученый был уже на смертном одре — в 1543 году. Коперник не дожил до того, чтобы своими глазами увидеть, какое смятение вызвала гелиоцентрическая теория.

Коперник родился 19 февраля 1473 года в городе Торуни в Польше, в семье купцов и чиновников городской управы. В семье очень ценили хорошее образование. Его дядя Лукаш Ватценроде, епископ-князь Варминский, дал племяннику лучшее академическое образование, какое только можно было получить в Польше. В 1491 году Коперник поступил в Краковский университет, где четыре года проходил общеобразовательный курс, а затем отправился в Италию изучать медицину и юриспруденцию, как было принято у польской знати той эпохи. Во время обучения в Болонском университете, где он впоследствии занял пост профессора астрономии, Коперник жил в доме Доменико Марии де Наваро, знаменитого математика, и стал его учеником. Наваро скептиче-



*Интерес к астрономии у Коперника пробудился в 1500 году, когда он наблюдал лунное затмение.*

ски относился к Птолемею и считал, что астрономия II века давно устарела. В ноябре 1500 года Коперник наблюдал в Риме лунное затмение. Он сохранил страсть к астрономии, хотя еще несколько лет провел в Италии за изучением медицины.

Получив степень доктора церковного права, Коперник вернулся в Польшу и служил врачом при епископском дворе Гейльсберга (Лидзбарк-Варминьски), где жил его дядя. Услуги Коперника были востребованы среди местной знати и высшего духовенства, однако он почти все время посвящал лечению бедняков. При епископском дворе он занимался также административными делами епархии, а также стал советником дяди. После смерти дяди в 1512 году Коперник переселился во Фромборк и остаток дней посвятил духовным обязанностям каноника. Однако он оставался математиком, медиком и богословом и только теперь приступил к работе над трактатом, прославившим его в веках.

В марте 1513 года Коперник приобрел у своего капитула 800 обтесанных камней и бочку извести и приступил к оборудованию обсерватории в башне. Там он наблюдал Солнце, Луну и звезды при помощи всевозможных астрономических инстру-

ментов — квадрантов, параллактической линейки, астролябии. На следующий год он написал «Малый комментарий о гипотезах, относящихся к небесным движениям» (*De hypothesebus motuum coelestium a se constitutis commentariolus*), однако публиковать трактат отказался и лишь тайно показывал его избранным друзьям. «Малый комментарий...» стал первой попыткой вынести на обсуждение астрономическую теорию, согласно которой Земля движется, а Солнце находится в покое. Астрономическая система Аристотеля и Птолемея, главенствовавшая в западной культуре в течение столетий, перестала устраивать Коперника. Он считал, что центр Земли — не центр Вселенной, а всего лишь центр орбиты Луны. Коперник пришел к убеждению, что наблюдаемые пертурбации в наблюдаемом движении планет — это результат вращения самой Земли вокруг своей оси и ее перемещения по орбите. «Мы вращаемся вокруг Солнца, как любая другая планета», — писал он в «Комментарии».

Предположение, что центр Вселенной — не Земля, а Солнце, высказывал еще Аристарх в III веке до н. э., однако интеллектуалам и богословам больше импонировала геоцентрическая теория, так что всерьез ее никто, пожалуй, не оспаривал. Коперник благоразумно воздержался от обнародования своих воззрений и предпочел продолжать исследования, не привлекая к себе внимания, проводил математические расчеты, строил хитроумные чертежи и следил, чтобы его идеи не распространялись дальше кружка избранных друзей. Когда в 1514 году папа Лев X приказал епископу Фоссомбронскому узнать мнение Коперника о реформе церковного календаря, польский астроном ответил, что имеющихся знаний о движении Солнца и Луны на протяжении года недостаточно, чтобы даже задумываться о реформе. Однако задача, похоже, увлекла Коперника, поскольку впоследствии он написал папе Павлу III — тому само-



*Птолемей с армиллярной сферой.*

*Птолемея часто пугали с египетскими фараонами и поэтому изображали с короной на голове.*

му, который поручил Микеланджело расписать Сикстинскую капеллу, — и рассказал ему о некоторых своих наблюдениях в соответствующей области, которые семьдесят лет спустя легли в основу григорианского календаря.

И все же Коперник боялся осуждения со стороны общества и церкви и долгие годы втайне расширял и дорабатывал свой «Комментарий». Результатом этих трудов стал трактат «О вращениях небесных сфер» (*De Revolutionibus Orbium Coelestium*), который Коперник завершил в 1530 году, однако воздерживался от публикации в течение 13 лет. Надо отметить, что нежелание опубликовать трактат было вызвано не только риском навлечь на себя проклятие церкви. Коперник во всем стремился к совершенству и считал необходимым постоянно проверять и пересматривать свои наблюдения.

Он по-прежнему выступал с лекциями о принципах планетной теории, в том числе и перед папой Климентом VII, который одобрил его труды. В 1536 году Климент официально потребовал, чтобы Коперник рассказал о своих теориях публично. Однако убедить Коперника выпустить «О вращениях...» в свет сумел лишь двадцатипятилетний Георг Иоахим фон Ретик из Германии, бывший ученик Коперника, который отказался от кафедры математики в Виттенберге ради возможности учиться у него. В 1540 году Ретик помог отредактировать рукопись и представил ее одному издателю-лютеранину в Нюрнберге, положив, в сущности, начало коперниканскому перевороту.

Трактат «О вращениях...» вышел в свет в 1543 году и сразу же подвергся нападкам протестантских богословов, которые сочли, что концепция гелиоцентрической Вселенной противоречит Библии. Они рассудили, что теории Коперника могут привести человека к убеждению, что он всего лишь часть естественного порядка вещей, а вовсе не властелин природы, не центр, вокруг которого организовано все в природе. Из-за противодействия церковников, а возможно, и из-за общего недоверия к идее негеоцентрической Вселенной теорию Коперника за период с 1543 до 1600 года приняло не больше десятка ученых. Тем не менее Коперник не сделал ничего, чтобы преодолеть главную проблему, возникающую в системе, где Земля вращается вокруг своей оси (и по орбите вокруг Солнца): если Земля вертится, непонятно, как на ней удерживаются предметы. Ответ на этот вопрос предложил Джордано Бруно, итальянский ученый, открыто следовавший иде-