

СТИВЕН ХОКИНГ



НА ПЛЕЧАХ ГИГАНТОВ

ХРОНОЛОГИЯ РЕВОЛЮЦИОННЫХ ИДЕЙ
О ПРИРОДЕ ВСЕЛЕННОЙ



Мир Стивена Хокинга

Сборник
На плечах гигантов

«АСТ»

2004

УДК 524.8
ББК 22.68

Сборник

На плечах гигантов / Сборник — «АСТ», 2004 — (Мир
Стивена Хокинга)

ISBN 978-5-17-982752-8

Чтобы дать верные ответы на фундаментальные вопросы о Вселенной, понадобились 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 – ознакомили с переходом 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

© Сборник, 2004
© АСТ, 2004

Содержание

О приведенных фрагментах	8
Введение	10
Николай Коперник (1473–1543)	12
Жизнь и деятельность	13
О вращениях небесных сфер	25
Галилео Галилей (1564–1642)	46
Жизнь и деятельность	46
Конец ознакомительного фрагмента.	54

Стивен Хокинг

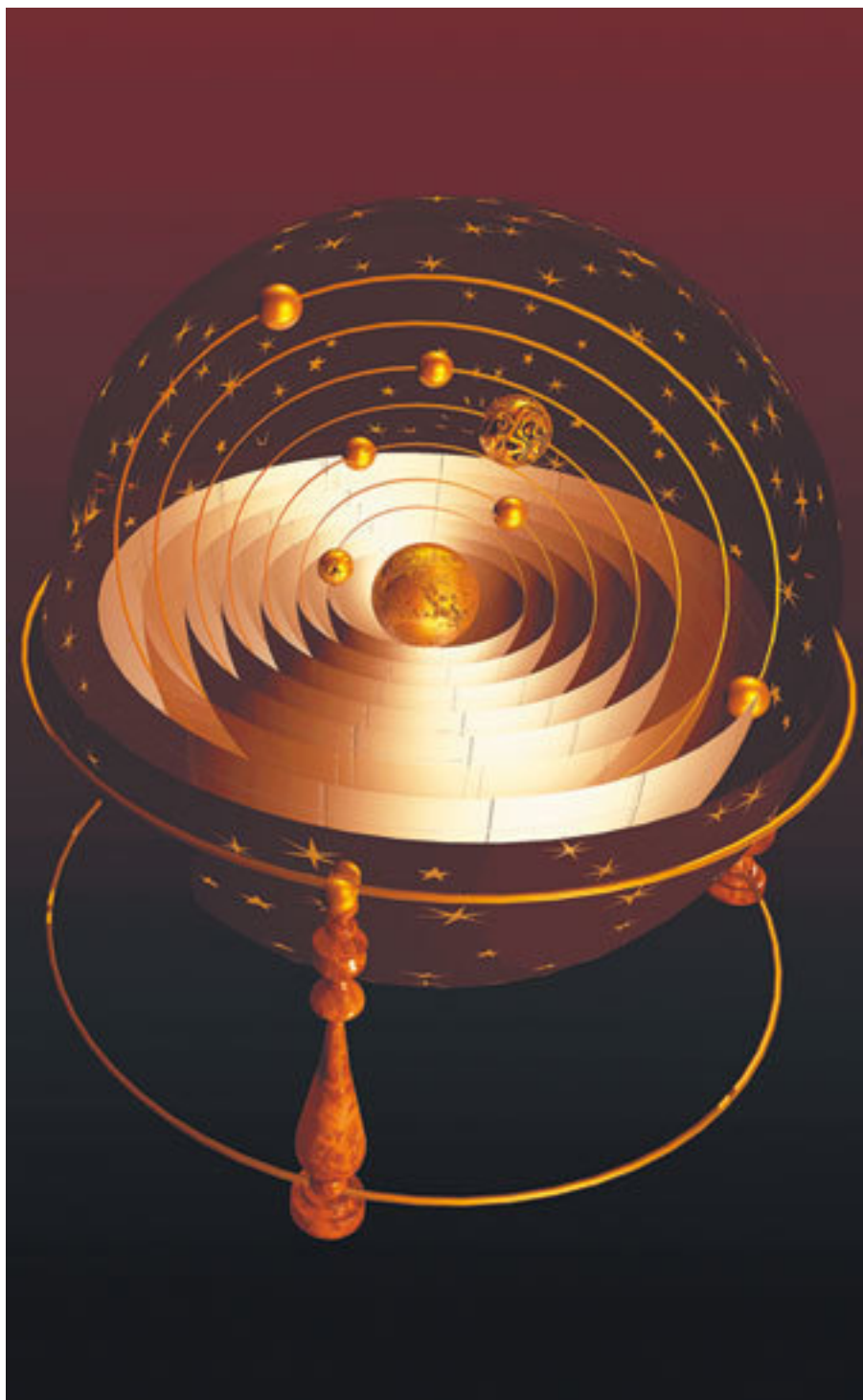
На плечах гигантов

© Стивен Хокинг, 2004

© The Book Laboratory Inc. (иллюстрации), 2004

© ООО «Издательство АСТ», 2018

* * *



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

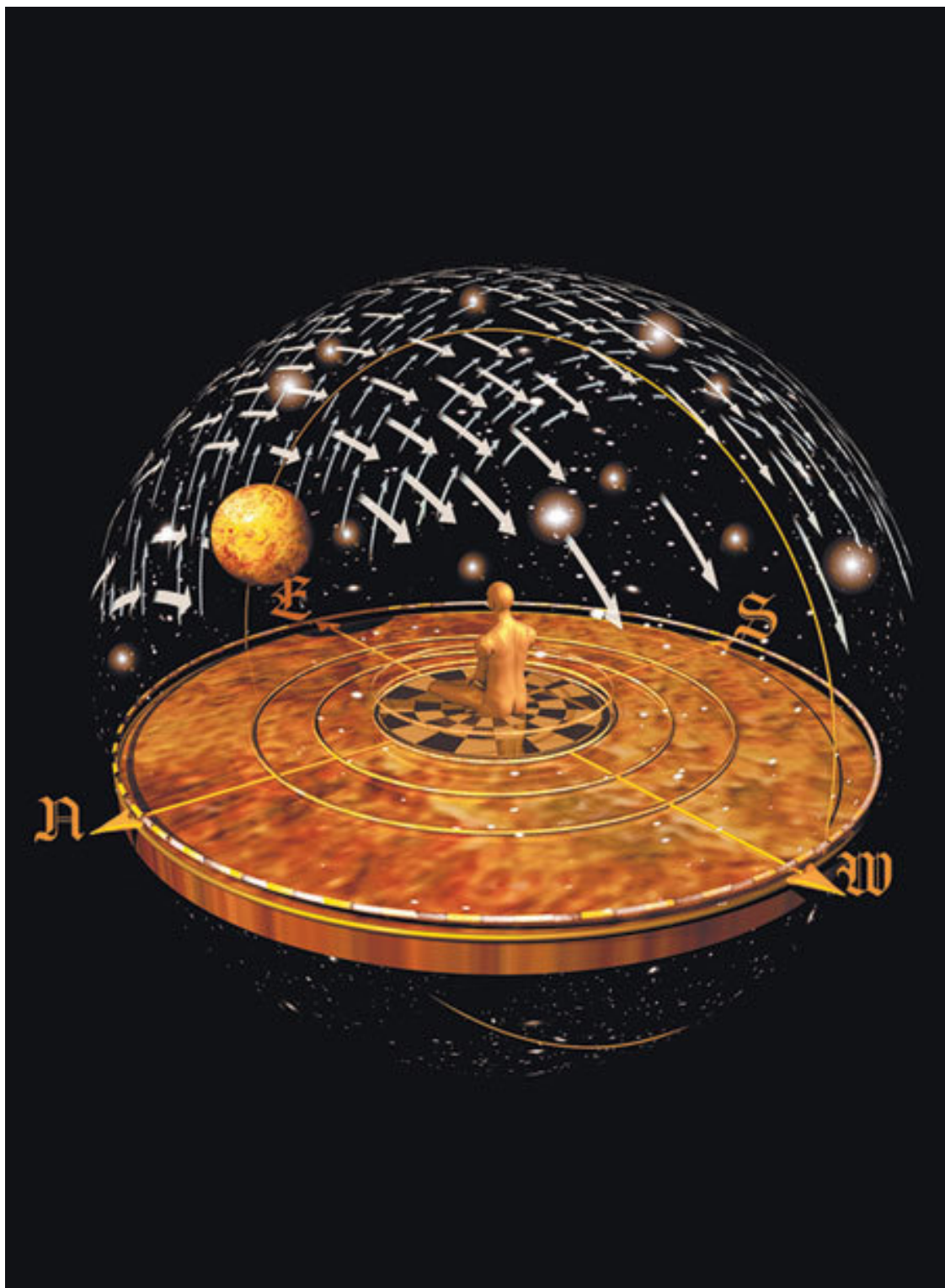
Трактат «О вращении небесных сфер» Николая Коперника вышел в свет в 1543 году под заголовком *De revolutionibus orbium coelestium*.

«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 meccanica & 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 Relativitätssprinzip*.



Вселенная по Птолемею. Птолеме́й, один из самых авторитетных гре-ческих 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 птолеме́евским. 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.

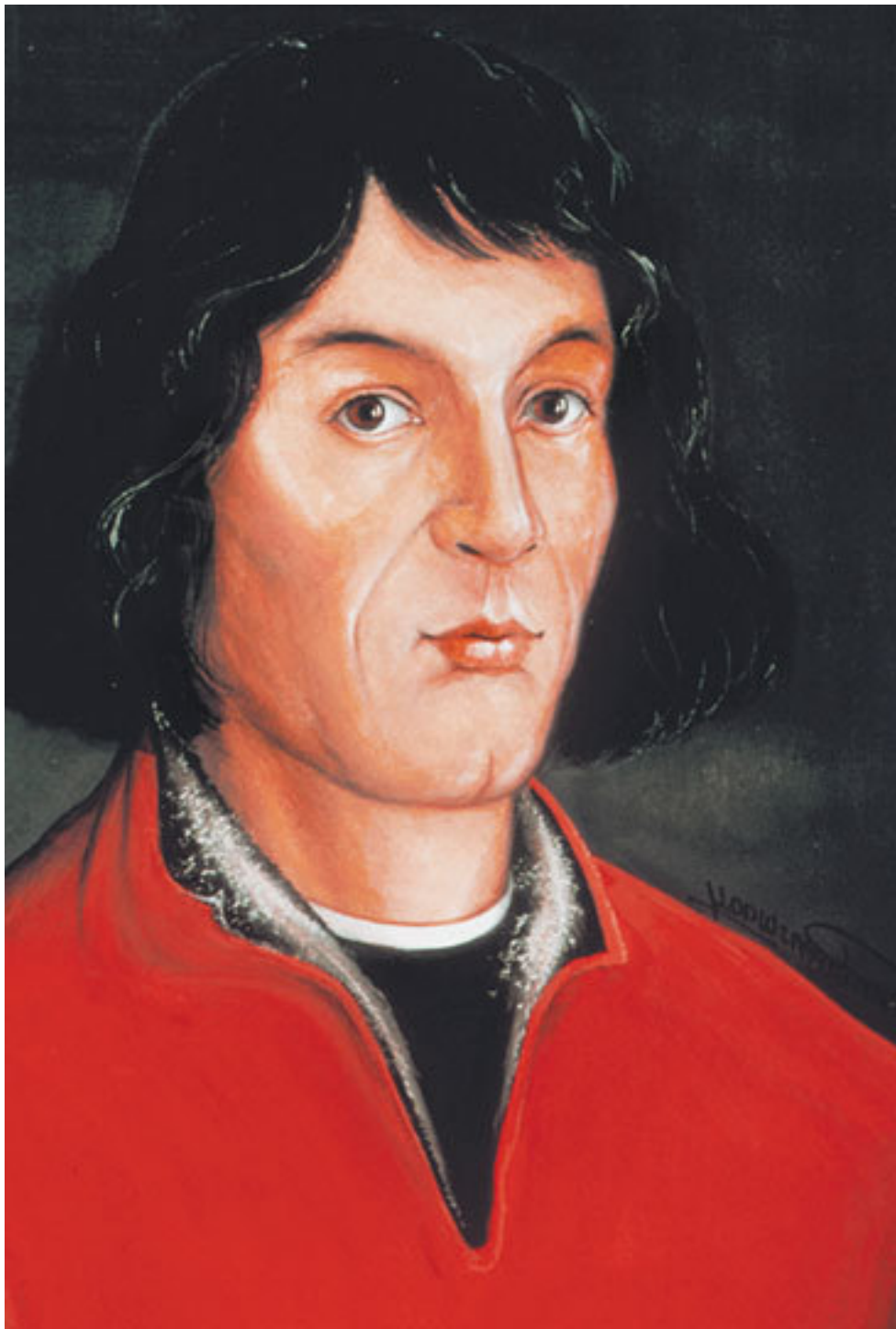
Геоцентрическая модель окончательно утратила правдоподобие лишь после того, как Кеплер уточнил гелиоцентрическую модель, а Ньютон снабдил ее законами движения. Это был серьезнейший сдвиг в наших представлениях о Вселенной: если мы не в центре, каков тогда смысл нашего существования? Какое дело Господу 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 Коперника. 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 свидетельство, 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)

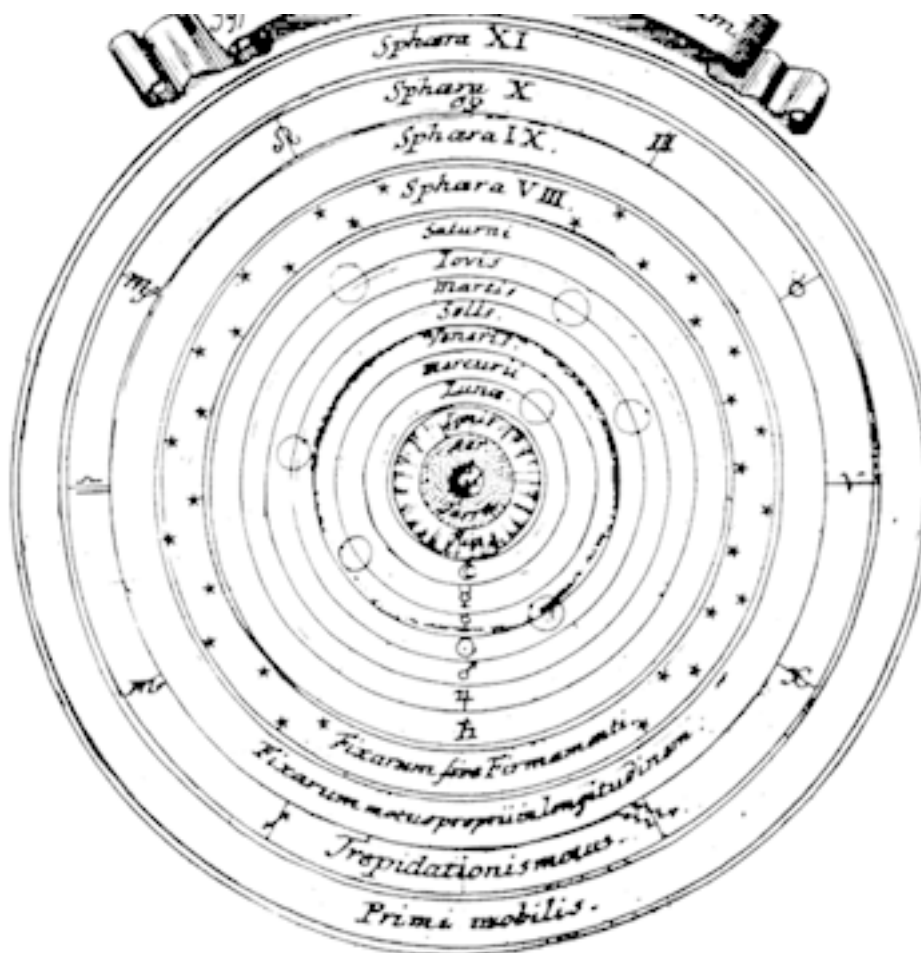


Жизнь и деятельность

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 можно 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: оспорить представления Аристотеля значило пойти против самой церкви.

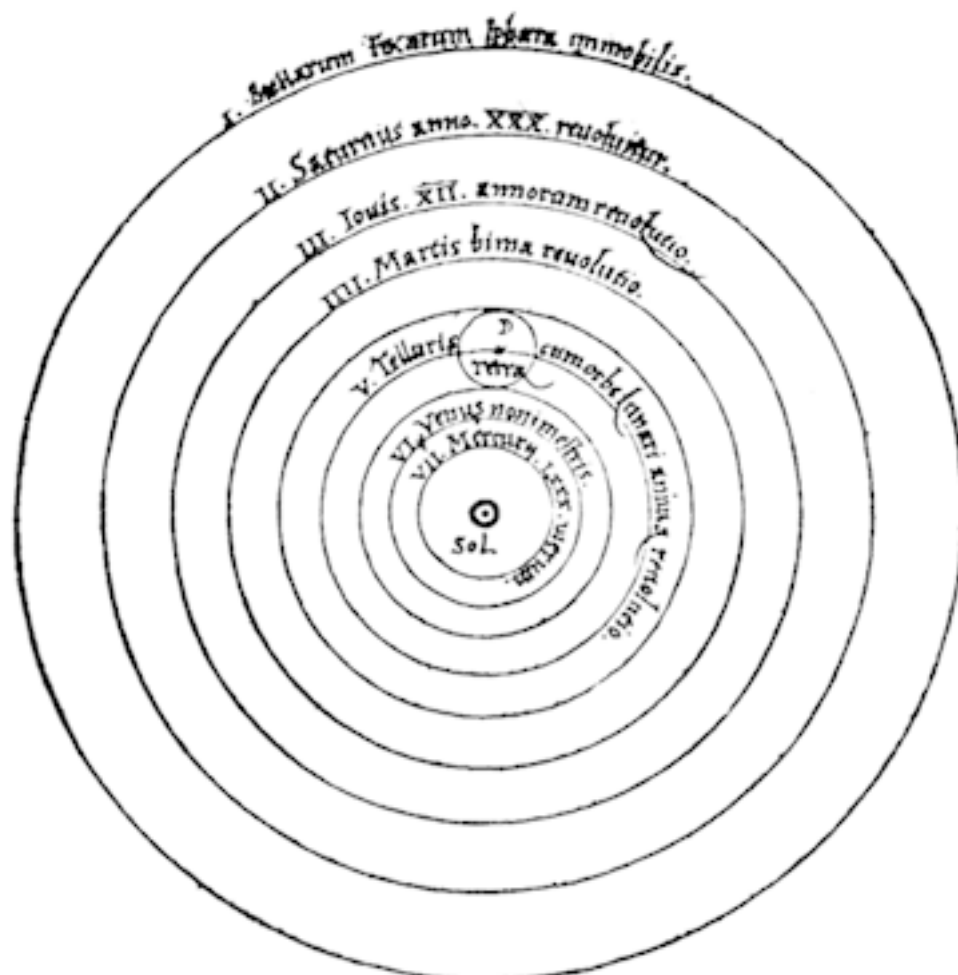


Геоцентрическая модель Вселенной Птолемея.

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 протяжении 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». Революционное 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.



Гелиоцентрическая модель Вселенной Коперника.

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 скептически 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.



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

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 инструментов – квадрантов, параллактической линейки, астролэбии. На следующий год он написал «Малый комментарий о гипотезах, относящихся к небесным движениям» (*De hypothesibus 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».



Птолемей с армиллярной сферой. Птолемея часто путали с египетскими фараонами и поэтому изображали с короной на голове.

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 самому, 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 тайне расширял и дорабатывал свой «Комментарий». Результатом этих трудов стал трактат «О вращении небесных сфер» (*De Revolutionibus Orbium Coelestium*), который Коперник

завершил в 1530 году, однако воздерживался от публикации в течение 13 лет. Надо отметить, что нежелание обнародовать 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 идеям Коперника, который к тому же предположил, что у пространства нет границ, а Солнечная система, вероятно, лишь одна из множества подобных систем во Вселенной. Кроме того, Бруно разрабатывал некоторые чисто спекулятивные области астрономии, которые Коперник не затронул в трактате «О вращениях...». Итальянский ученый в своих сочинениях и выступлениях утверждал, что во Вселенной бесконечно много планет, населенных разумными существами, и среди них, вероятно, найдутся и те, кто превосходит людей. Подобная дерзость Бруно привлекла внимание инквизиции, он был отдан под суд и признан виновным в ереси. В 1600 году Джордано Бруно сожгли на костре.



Союз Теологии с Астрономией. Церковь требовала, чтобы астрономические теории соответствовали официальным богословским догматам.

Однако в целом труд Коперника не оказал непосредственного влияния на астрономию того времени. В трактате «О вращениях...» Коперник предлагал, строго говоря, не гелиоцентрическую, а гелиостатическую модель. Он считал, что Солнце находится не в самом центре Вселенной, а очень близко от него: иначе невозможно было объяснить наблюдаемые отклонения в движении планет с востока на запад и в их яркости. Он утверждал, что Земля делает один полный оборот вокруг своей оси в сутки и один полный оборот по орбите вокруг Солнца в год. В первой книге из шести Коперник выступил с критикой системы Птолемея, в которой все небесные тела вращаются по орбитам вокруг Земли, и установил правильный гелиоцентрический порядок: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер и Сатурн (в то время были известны лишь эти шесть планет). Во второй книге Коперник при помощи математических расчетов (эпициклов и эквантов) объяснил движение звезд и планет и заключил, что движение Солнца совпадает с движением Земли. В третьей книге дано математическое обоснование прецессии равноденствий, которую Коперник считает следствием вращения Земли вокруг своей оси. Оставшиеся книги «О вращениях...» повествуют в основном о движении планет и Луны.

Коперник первым верно определил положение Венеры и Меркурия и с удивительной точностью установил порядок известных планет и расстояние между ними. Он заметил, что Венера и Меркурий ближе к Солнцу, и обратил внимание на то, что они вращаются в пределах орбиты Земли с большей скоростью.



Коперник с макетом гелиоцентрической модели Вселенной.

До Коперника считалось, что Солнце – тоже планета. Началом коперниканского переворота и стало помещение Солнца приблизительно в центр планетной системы. Поскольку Коперник сместил Землю с центра Вселенной, где она, как предполагалось, удерживала все остальные небесные тела, ему пришлось разбираться с теориями гравитации. Докоперниковские гипотезы о гравитации предполагали существование лишь одного центра тяготения, Земли, однако Коперник предположил, что у каждого небесного тела, вероятно, свои гравитационные качества, и утверждал, что все тяжелые объекты притягиваются к собственному центру. Это наблюдение в конечном итоге привело к формулировке закона всемирного тяготения, однако произошло это не сразу и не напрямую.

К 1543 году Коперника разбил правосторонний паралич, он заметно сдал и физически, и умственно. При всем своем стремлении к совершенству он, очевидно, был вынужден доверить судьбу своей рукописи кому-то другому на последних этапах издания. Коперник поручил заниматься публикацией «О вращениях...» своему ученику Георгу Ретику, но когда Ретик был вынужден покинуть Нюрнберг, рукопись попала в руки лютеранскому богослову Андреасу Осиандеру. Осиандер, рассчитывая умиротворить сторонников геоцентрической

теории, без ведома и согласия Коперника внес в текст несколько поправок. Он поместил на титульный лист слово «гипотеза», убрал несколько важных абзацев и добавил собственные сентенции, что значительно ослабило авторитет книги и лишило ее убедительности. Рассказывают, что Коперник на смертном одре во Фромборке получил экземпляр своей книги, не подозревая о поправках Осиандера. Почти на сто лет о его идеях почти забыли, но затем настал XVII век, когда великие мыслители – Галилео Галилей, Иоганн Кеплер и Исаак Ньютон – выдвинули свои теории гелиоцентрической вселенной и, в сущности, развенчали воззрения Аристотеля. О скромном польском священнике, перевернувшем представления человечества о Вселенной, писали многие, но лучше всего об открытиях Коперника сказал, пожалуй, немецкий писатель Иоганн Вольфганг Гёте.

«Ни одно из открытий и мнений не может сравниться по силе воздействия на дух человеческий с учением Коперника. Только мы убедились, что наша планета круглая и самодостаточная, как от нее уже потребовали отказаться от колоссальной чести быть центром Вселенной. Вероятно, от человечества еще никогда не требовали подобной жертвы, ведь одно это допущение обратило в дым, в туман столько всего! Что случилось с Раем, с нашим миром невинности, поэзии и благочестия, со свидетельствами органов чувств, с убеждениями поэтически-религиозной веры? Неудивительно, что современники Коперника не желали от всего этого отказываться и всеми силами сопротивлялись учению, которое пробуждало и требовало от своих сторонников свободы воззрений и величия мысли, каких доселе не знали – да и не мечтали о них».
Иоганн Вольфганг Гёте







Коперниканская модель Вселенной с точки зрения астрологии. Те, кто изучал «небеса», не делали различия между астрономией и астрологией. Эти дисциплины называли «небесными науками».

О вращениях небесных сфер

К читателю. О предположениях, лежащих в основе этой книги¹

Я не сомневаюсь, что после того как распространилась молва о новизне гипотезы, лежащей в основе этой книги, согласно которой Земля движется, а Солнце остается неподвижным в середине мира, некоторые ученые будут сильно поражены и выскажут мнение, что не следует ниспровергать издавна правильно обоснованные свободные искусства. Однако если они захотят как следует обдумать, то обнаружат, что автор этого произведения не совершил ничего, что заслуживало бы порицания.

Действительно, всякому астроному свойственно на основании тщательных и искусных наблюдений составлять повествование о небесных движениях. Затем, поскольку никакой разум не в состоянии исследовать истинные причины или гипотезы этих движений, астроном должен изобрести и разработать хоть какие-нибудь гипотезы, при помощи которых можно было бы на основании принципов геометрии правильно вычислять эти движения как для будущего, так и для прошедшего времени. И то и другое искусный автор этой книги выполнил в совершенстве. Ведь нет необходимости, чтобы эти гипотезы были верными или даже вероятными, достаточно только одного, чтобы они давали сходящийся с наблюдениями способ расчета, если, конечно, предположить, что не будет настолько несведущих в геометрии и оптике людей, которые находили бы правдоподобной гипотезу об эпицикле Венеры и считали бы его как раз причиной того, что эта планета иногда предшествует Солнцу, иногда же следует за ним, удаляясь на расстояние, равное сорока градусам и даже больше. Ведь кто же не видит, что из этого предположения необходимо следует, что в перигее диаметр светила будет казаться более чем в четыре раза, а тело его более чем в шестнадцать раз большими тех, которые являются в апогее, что, однако, противоречит опыту всех времен².

В рассматриваемом учении имеются и другие не менее нелепые вещи, разбирать которые в настоящее время нет никакой надобности. Ведь и так уже достаточно ясно, что наука совсем не знает простых и глубоких причин видимых неравномерных движений. И если она, вымышляя, и придумывает их, а она, конечно, придумывает их в очень большом количестве, то все же она никоим образом не придумает таких, которые могли бы убедить кого-нибудь в том, что именно так дело и обстоит в действительности; она сможет убедить только в том, что эти гипотезы дают правильные основы для расчетов. Поскольку же для объяснения одного и того же движения предоставляются различные гипотезы (как, например, для движения Солнца – эксцентр и эпицикл), то астроном скорее примет ту, которая будет самой легкой для понимания. Философ, вероятно, потребует в большей степени похожую на истину; однако никто из них не сможет ни постичь что-нибудь истинное, ни передать это другим, если это ему не будет сообщено божественным откровением. Поэтому позволим, чтобы наряду со старыми гипотезами стали известны и эти новые, ничуть не более похожие на истинные;

¹ Это предисловие первоначально приписывали Копернику, однако теперь считают, что его составил Андреас Осияндер, лютеранский богослов и друг Коперника, надзиравший над изданием *De Revolutionibus*.

² По Птолемею, Венера движется по эпициклу, отношение радиуса которого к радиусу эксцентрической окружности, по которой движется сам эпицикл, составляет почти три к четырем. Этим объяснялось изменение видимого размера планеты при изменении расстояния между Венерой и Землей в соотношениях, указанных Осияндером. Более того, было обнаружено, что при любом положении планеты на эпицикле среднее положение Солнца совпадает с прямой, проходящей через точки Е, Р и А. Таким образом, с учетом соотношений эпицикла и эксцентрика, Венера с Земли никогда не должна быть видна на угловом расстоянии, существенно превышающем 40° от центра ее эпицикла, то есть от среднего положения Солнца, что и показывают наблюдения.

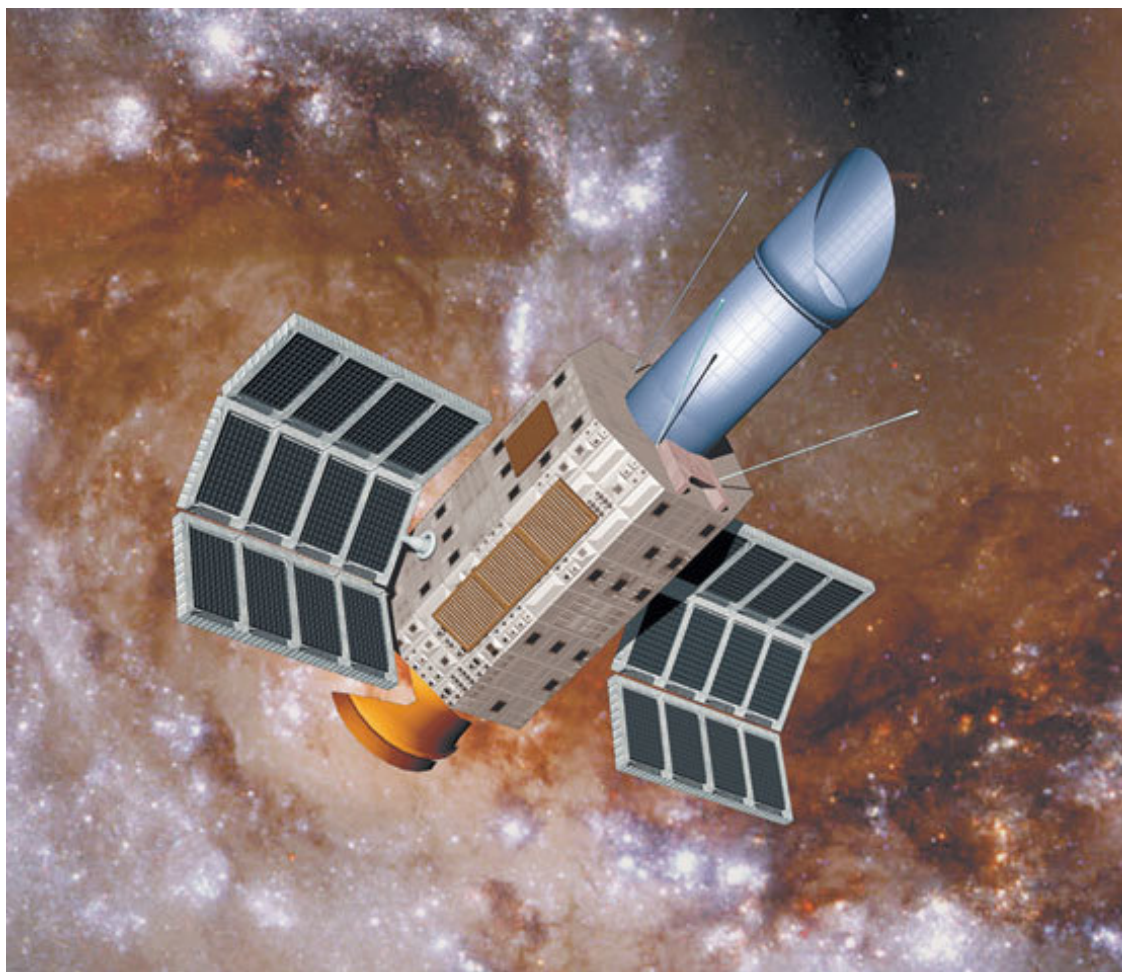
в особенности же по той причине, что они одновременно и удивительны и просты и сопровождаются огромным сокровищем учений наблюдений. Во всем же, что касается гипотез, пусть никто не ожидает получить от астрономии чего-нибудь истинного, поскольку она не в состоянии дать что-либо подобное; если же он сочтет истинным то, что придумано для другого употребления, то после такой науки окажется более глупым, чем когда приступал. Будь здоров!

Книга первая³

Среди многочисленных и разнообразных занятий науками и искусствами, которые питают человеческие умы, я полагаю, в первую очередь нужно отдаваться и наивысшее старание посвящать тем, которые касаются наипрекраснейших и наиболее достойных для познания предметов. Такими являются науки, которые изучают божественные вращения мира, течения светил, их величины, расстояния, восход и заход, а также причины остальных небесных явлений и, наконец, объясняют всю форму Вселенной. А что может быть прекраснее небесного свода, содержащего все прекрасное! Это говорят и самые имена: *Caelum* (небо) и *Mundus* (мир); последнее включает понятие чистоты и украшения, а первое – понятие чеканного (*Caelatus*).

Многие философы ввиду необычайного совершенства неба называли его видимым богом. Поэтому, если оценивать достоинства наук в зависимости от той материи, которой они занимаются, наиболее выдающейся будет та, которую одни называют астрологией, другие – астрономией, а многие из древних – завершением математики. Сама она, являющаяся, бесспорно, главой благородных наук и наиболее достойным занятием свободного человека, опирается почти на все математические науки. Арифметика, геометрия, оптика, геодезия, механика и все другие имеют к ней отношение.

³ Три вводных абзаца включены в Торунское и Варшавское издания.

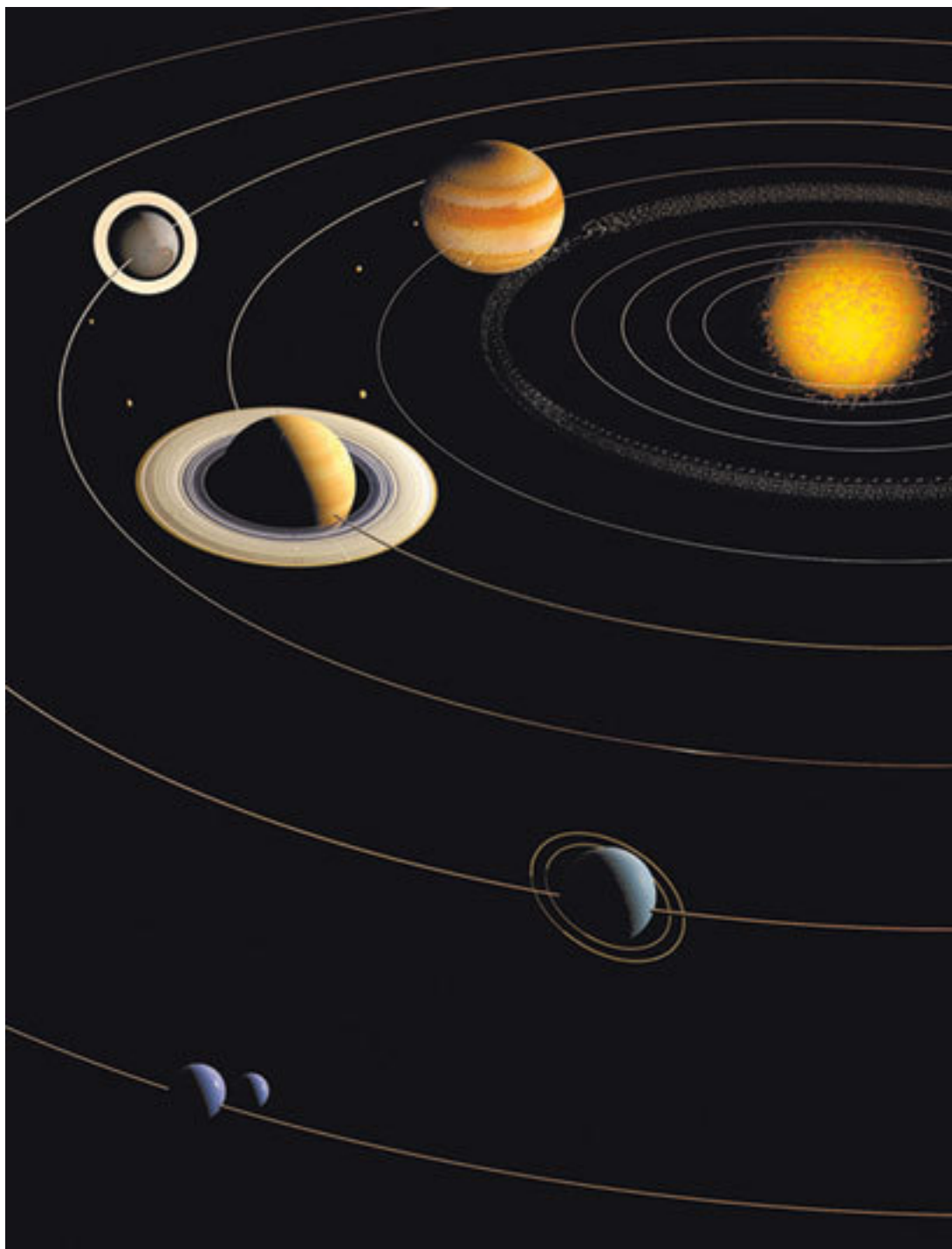


Свои исследования Вселенной Коперник поначалу вел с помощью астролябий, квадрантов, циркулей и параллактических линеек. Мы продолжаем эти исследования при помощи высокотехнологических устройств, о которых Коперник не смел и мечтать, – например, орбитального космического телескопа, работавшего в ультрафиолетовом диапазоне (International Ultraviolet Explorer, он же «Эксплорер-57»).

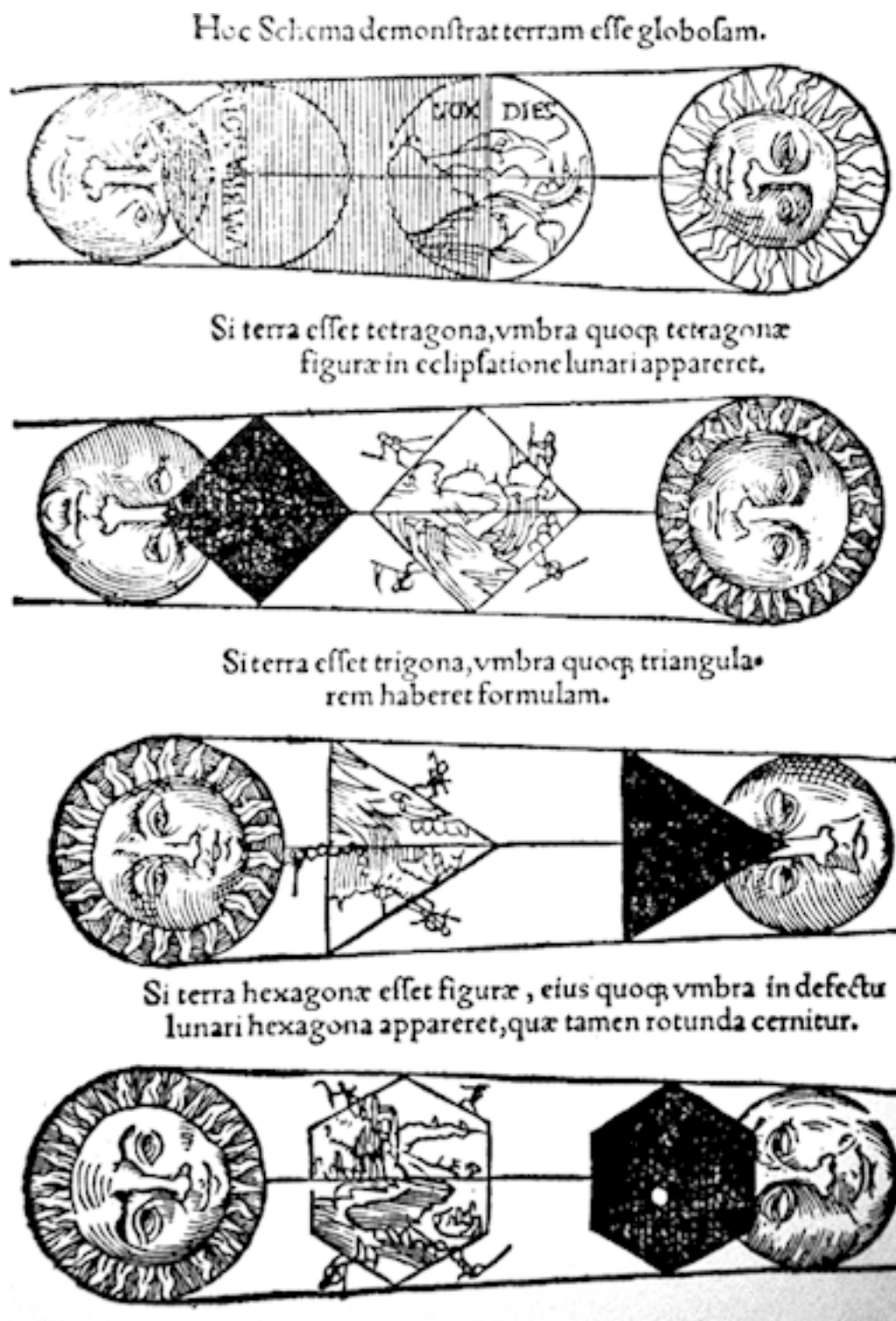
И так как цель всех благородных наук – отвлечение человека от пороков и направление его разума к лучшему, то больше всего может сделать астрономия вследствие представляемого ею разуму почти невероятно большого наслаждения. Разве человек, прилепляющийся к тому, что он видит построенным в наилучшем порядке и управляющимся божественным изволением, не будет призываться к лучшему после постоянного, ставшего как бы привычкой созерцания этого и не будет удивляться творцу всего, в ком заключается все счастье и благо? И не напрасно сказал божественный псалмопевец, что он наслаждается творением божьим и восторгается делами рук его! Так неужели при помощи этих средств мы не будем как бы на некоей колеснице приведены к созерцанию высшего блага? А какую пользу и какое украшение доставляет астрономия государству (чтобы не говорить о бесчисленных удобствах для частных людей)! Это великолепно заметил Платон, который в седьмой книге «Законов» высказывает мысль, что к полному обладанию астрономией нужно стремиться по той причине, что при ее помощи распределенные по порядку дней в месяцах и годах сроки празднеств и жертвоприношений делают государство живым и бодрствующим. И если, говорит он, кто-нибудь станет отрицать необходимость для человека восприятия этой одной из наилучших наук, то он будет думать в высшей степени неразумно. Платон считает также, что

никак невозможно кому-нибудь сделаться или назваться божественным, если он не имеет необходимых знаний о Солнце, Луне и остальных светилах.

И вместе с тем скорее божественная, чем человеческая, наука, изучающая высочайшие предметы, не лишена трудностей. В области ее основных принципов и предположений, которые греки называют «гипотезами», в особенности многие разногласия мы видели у тех, кто начал заниматься этими гипотезами, вследствие того, что спорящие не опирались на одни и те же рассуждения. Кроме того, течение светил и вращение звезд могут быть определены точным числом и приведены в совершенную ясность только с течением времени и после многих произведенных ранее наблюдений, которыми, если можно так выразиться, это дело из рук в руки передается потомству.



Схематическое изображение Солнечной системы согласно современным представлениям, вполне подтверждающим представления Коперника.



Доказательство того, что Земля круглая, которое представил в XVII веке Петер Апиан.

Действительно, хотя Клавдий Птолемей Александрийский, стоящий впереди других по своему удивительному хитроумию и тщательности, после более чем сорокалетних наблюдений завершил созидание всей этой науки почти до такой степени, что, как кажется, ничего

не осталось, чего он не достиг бы, мы все-таки видим, что многое не согласуется с тем, что должно было бы вытекать из его положений; кроме того, открыты некоторые иные движения, ему неизвестные. Поэтому и Плутарх, говоря о тропическом солнечном годе, заметил: «До сих пор движение светил одерживало верх над знаниями математиков». Если я в качестве примера привожу этот самый год, то я полагаю, что всем известно, сколько различных мнений о нем существовало, так что многие даже отчаивались в возможности нахождения точной его величины.

Если позволит Бог, без которого мы ничего не можем, я попытаюсь подробнее исследовать такие же вопросы и относительно других светил, ибо для построения нашей теории мы имеем тем более вспомогательных средств, чем больший промежуток времени прошел от предшествующих нам создателей этой науки, с найденными результатами которых можно будет сравнить те, которые вновь получены также и нами. Кроме того, я должен признаться, что многое я передаю иначе, чем предшествующие авторы, хотя и при их помощи, так как они первые открыли доступ к исследованию этих предметов.

Глава I. О том, что мир сферичен

Прежде всего мы должны заметить, что мир является шарообразным или потому, что эта форма совершеннейшая из всех и не нуждается ни в каких скрепах и вся представляет цельность, или потому, что эта форма среди всех других обладает наибольшей вместимостью, что более всего приличествует тому, что должно охватить и сохранить все, или же потому, что такую форму, как мы замечаем, имеют и самостоятельные части мира, именно Солнце, Луна и звезды; или потому, что такой формой стремятся ограничить себя все предметы, как можно видеть у водяных капель и других жидких тел, когда они хотят быть ограничены своей свободной поверхностью. Поэтому никто не усомнится, что такая форма придана и божественным телам.

Глава II. О том, что Земля тоже сферична

Земля тоже является шарообразной, так как она со всех сторон стремится к своему центру. Однако совершенная округлость ее не сразу может быть усмотрена при наличии высоких гор и опускающихся вниз долин, хотя последние очень мало изменяют общую круглоту Земли. Это можно обнаружить следующим образом. Для путешественников, идущих откуда-нибудь к северу, полюс суточного вращения Земли понемногу поднимается вверх, в то время как южный на такую же величину опускается вниз, и в окрестности Медведиц большее количество звезд являются незаходящими, тогда как на юге некоторые уже не восходят.

Так, например, Италия не видит Канопа, который хорошо замечен в Египте, зато Италия видит последнюю звезду Реки Эридана, которой не знает наша страна, страна более сурового климата. Наоборот, при путешествии на юг поднимаются южные звезды, в то время как те, которые у нас высоки, опускаются. Между прочим, изменения высоты полюса везде имеют одно и то же отношение к пройденным на Земле расстояниям, чего не может быть ни на какой другой фигуре, кроме сферической. Отсюда ясно, что Земля тоже заключается между двумя полюсами и вследствие этого сферична. К этому нужно прибавить, что происходящих вечером затмений Солнца и Луны жители востока не замечают, а живущие на западе не видят утренних; что касается затмений между этими пределами, то первые видят их позже, вторые раньше.



Фотография Земли из космоса, на которой видно, каким образом земля с водой составляют единый шар.

Далее, мореплаватели видят, что такой же формой ограничиваются и воды, так как земля, не видимая с палубы, может быть замечена с верхушки мачты. Наоборот, если на верхушке мачты поместить что-нибудь сияющее, то при удалении корабля от земли остающиеся на берегу видят, что оно понемногу опускается, пока, наконец, не скроется, как бы заходя. Известно также, что воды, текущие по своей природе, всегда стремятся к более низким местам, так же как и земля, и от берега стремятся уйти не дальше того, что допускает ее выпуклость. Отсюда следует, что земля лишь настолько выше, насколько она поднимается из океана.

Глава III. О том, каким образом земля с водой составляют единый шар

Таким образом, обтекающий Землю океан, образуя кое-где моря, заполняет более глубокие ее впадины. Отсюда следует, что воды должно быть меньше, чем земли, иначе вода поглотила бы всю землю, поскольку обе они по своей тяжести стремятся к одному и тому же центру; нужно было бы также, чтобы некоторые части Земли оставались непокрытыми на благо живых существ, а также существовало некоторое количество возвышающихся кое-где островов. Да ведь и сам материк и земной круг не что иное, как остров, больший других. И не следует слушать некоторых перипатетиков, которые считают, что вся совокупность воды в десять раз больше земли. Основываясь на том, что при превращении элементов из какой-либо части земли получается десять частей воды, они утверждают, что суша только потому и возвышается, что, обладая большими пещерами, не везде уравнивается по тяжести

и что у нее центр объема и центр тяжести различны. Но они по невежеству в геометрии ошибаются, не зная, что воды не может быть даже и в семь раз больше земли, чтобы хоть какая-нибудь часть ее могла оказаться сушей, если только вся Земля целиком не окажется вне общего центра тяжести и не уступит места водам, более, чем она, тяжелым. Действительно, сферы находятся друг с другом в тройном отношении своих диаметров. Таким образом, если даже при семи частях воды земля будет восьмой, то ее диаметр не может быть больше прямой, проведенной из центра к водной поверхности. Вот сколько не хватает для того, чтобы воды было в десять раз больше!

А что нет никакой разницы между центром объема Земли и центром ее тяжести, можно видеть из того, что выпуклость суши, выступая из океана, не всегда идет, непрерывно возвышаясь; в противном случае она очень сильно задерживала бы морские воды и никак не позволяла бы внутренним морям врываться и образовывать обширные заливы. В свою очередь она не прерывается сейчас же у берега океана, и хотя глубина бездна и увеличивается все время, но при дальнейших плаваниях мореходов появляются то остров, то скала, то какая-нибудь земля. Известно ведь, что между Египетским морем и Аравийским заливом нет и пятнадцати стадий, и это почти в самом центре земного круга. В свою очередь Птолемей в своей «Космографии» продолжает обитаемую землю до половины круга, а тогда оставались еще неизвестными земли, где недавние мореплаватели открыли Китай и другие обширные страны. Это добавило еще приблизительно 60 градусов долготы, так что Земля обитаема уже на большем протяжении долготы, чем остается для океана. Если добавить к ним острова, открытые в наше время владыками Испании и Лузитании, и в особенности Америку, названную так по имени открывшего ее начальника кораблей (а эту Америку по неполной исследованности ее размеров считают Новым Светом), не говоря уже о других многочисленных, ранее неизвестных островах, то не приходится удивляться существованию антиподов или антихтонов. Геометрические расчеты заставляют думать, что сама Америка по своему положению диаметрально противоположна Гангской Индии.

Итак, на основании всего этого, я думаю, очевидно, что земля и вода вместе стремятся к одному и тому же центру тяжести, а если земля и является более тяжелой, то все же нет у нее другого центра объема. Разверстые ее части заполнены водой, и количество воды весьма умеренно по сравнению с землей, хотя по площади вода, может быть, и казалась более обширной. Земля с обтекающими ее водами необходимо должна иметь такую форму, какую указывает ее тень; последняя производит затмение Луны, обладая кривизной правильного круга. Итак, Земля не является плоской, как думали Эмпедокл и Анаксимен, ни тимпанообразной, как считал Левкипп, ни ладьеобразной, как у Гераклита, ни как-нибудь иначе вогнутой, как у Демокрита; точно так же она не цилиндрическая, как у Анаксимандра, и не опускается вглубь бесконечной толщиной, как считал Ксенофан, а абсолютно круглая, как учат философы.

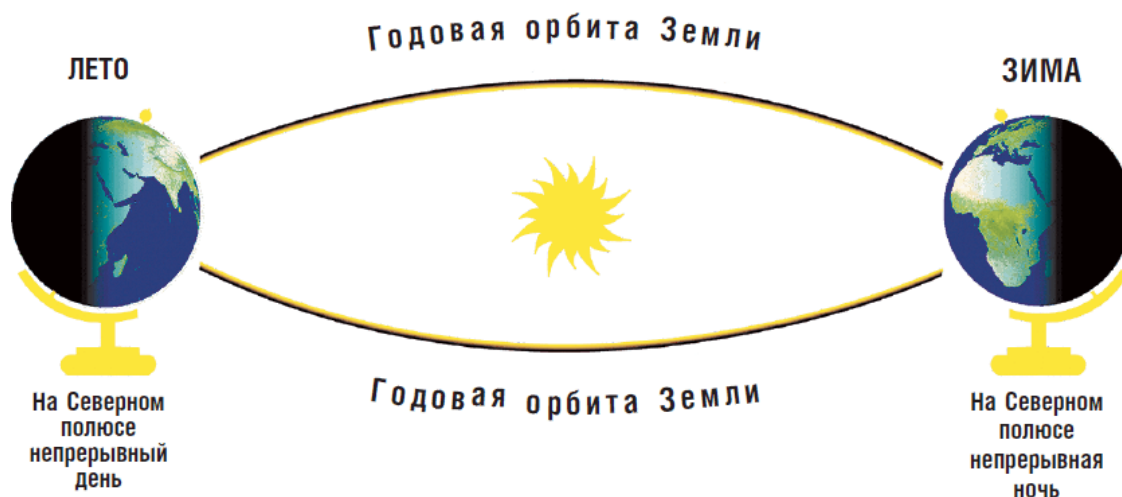
Глава IV. О том, что движение небесных тел вечное, равномерное и круговое или составлено из круговых движений

Затем будем помнить, что движение небесных тел круговое. Действительно, подвижность сферы выражается в том, что она вращается кругом, самым этим действием отображая свою форму в простейшем теле, в котором нельзя найти ни начала, ни конца, ни отличить одной части от другой, когда она движется сама в себе, проходя через одно и то же. Однако вследствие многочисленности сфер⁴ существует много различных движений. Самое очевид-

⁴ Здесь имеются в виду как сферы планет (*sphaera*), так и «орбитальные круги» (*orbis*), по которым движутся планеты в своих сферах. Коперник употребляет именно слово *orbis*, то есть говорит в основном не о сфере, а о круге, поскольку,

ное из всех – суточное вращение, которое греки называют $\nu\chi\theta\eta\mu\epsilon\rho\omicron\nu$, то есть продолжительность дня и ночи. Полагают, что этим движением перемещается с востока на запад весь мир, за исключением только Земли. Это движение является общей мерой всех движений, так как даже само время мы измеряем преимущественно числом дней. Кроме этого, мы видим и другие, как бы противоположные движения, то есть с запада на восток, а именно Солнца, Луны и пяти планет. Солнце отмеряет год, а Луна – месяцы – лучше всего известные меры времени, и каждая из пяти планет совершает свое круговращение. Однако у них существуют и многообразные различия. Во-первых, упомянутые светила в своем беге по наклонности зодиака не вращаются вокруг тех же полюсов, что в первом движении, затем в своем круговращении они не кажутся движущимися равномерно. Оказывается, что Солнце и Луна движутся то быстрее, то медленнее, а остальные пять планет, как мы видим, движутся иногда и попятным движением, кое-где останавливаясь. И тогда как Солнце всегда идет прямо по своему пути, эти светила блуждают различным образом, отклоняясь то к северу, то к югу, из-за чего они и были названы планетами, то есть блуждающими. К этому нужно прибавить, что иногда они становятся более близкими к Земле и называются находящимися в перигее, а иногда более удаленными; тогда о них говорят, что они в апогее. Тем не менее нужно признать, что их движения являются или круговыми, или составленными из нескольких круговых, так как неравенства этого рода подчиняются определенному закону и правильным вращениям, чего не могло бы случиться, если бы эти движения не были круговыми.

Действительно, один только круг может возратить назад прошедшее, как, например, Солнце в движении, составленном из круговых, возвращает нам неравенство дней и ночей и четыре времени года. В этом мы уже должны видеть наличие нескольких движений, так как не может быть, чтобы простое небесное тело неравномерно двигалось одной сферой. Неравномерность должна происходить или вследствие непостоянства движущей силы, безразлично, будет ли последняя привходящей извне, или быть врожденной по природе, или быть следствием изменения тела после полного оборота. Так как и то и другое противно нашему разуму и недостойно предполагать что-нибудь подобное в том, что устроено в наилучшем порядке, то следует согласиться, что равномерные движения этих светил представляются нам неравномерными или в результате того, что полюсы этих кругов различны, или в результате того, что Земля не находится в центре кругов, по которым они вращаются. Для нас, наблюдавших с Земли прохождение этих светил, вследствие неравенства расстояний получается, что более близкое представляется нам большим, чем более удаленное (как доказано в оптике); так из-за различия расстояний от глаза на одинаковых круговых дугах движения в равные промежутки времени будут представляться неодинаковыми.



Так Коперник объяснял кажущееся движение планет с востока на запад.

Поэтому я прежде всего считаю необходимым тщательно исследовать, в каком отношении Земля находится к небу, чтобы мы, исследуя самое вышнее, не забывали более близкого и в таком заблуждении не приписывали небесному того, что свойственно Земле.

Глава V. О том, свойственно ли Земле круговое движение, и о месте Земли

Уже доказано, что Земля тоже имеет форму шара; полагаю, что нужно посмотреть, не вытекает ли из ее формы и движение, а также определить занимаемое ею место во Вселенной; без этого невозможно получить надежную теорию небесных явлений. Большинство авторов согласно с тем, что Земля покоится в середине мира, так что противоположное мнение они считают недопустимым и даже достойным осмеяния. Однако, если мы разберем дело внимательнее, то окажется, что этот вопрос еще не решен окончательно, и поэтому им никак нельзя пренебрегать.

Действительно, всякое представляющееся нам изменение места происходит вследствие движения наблюдаемого предмета или наблюдателя или, наконец, вследствие неодинаковости перемещений того и другого, так как не может быть замечено движение тел, одинаково перемещающихся по отношению к одному и тому же (я подразумеваю движение между наблюдаемым и наблюдателем). А ведь Земля представляет то место, с которого наблюдается упомянутое небесное круговращение и открывается нашему взору.

Таким образом, если мы сообщим Земле какое-нибудь движение, то это движение обнаружится таким же и во всем, что находится вне Земли, но только в противоположную сторону, как бы проходящим мимо; таким прежде всего будет и суточное вращение. Мы видим, что оно увлекает весь мир, за исключением Земли и того, что ее непосредственно окружает. А если допустить, что небо вовсе не имеет такого движения, а вращается с запада на восток Земля, то всякий, кто это серьезно обдумает, найдет, что все видимые восходы и заходы Солнца, Луны и звезд будут происходить точно так же. Так как именно небо все содержит и украшает и является общим вместилищем, то не сразу видно, почему мы должны приписывать движение скорее вмещающему, чем вмещаемому, содержащему, чем содержащему. Такого мнения и держались пифагорейцы Гераклит и Экфант и Никет-сиракузянин у Цицерона, придававшие Земле вращение в середине мира. Они действительно полагали, что звезды заходят вследствие загораживания их Землей и восходят, когда она отступает.



Современники Коперника придерживались противоположных взглядов, символически отраженных на этом рисунке. На нем Атлант держит на плечах всю Вселенную, состоящую исключительно из нашей Солнечной системы.

Когда мы это допустим, то возникнет другое, не менее важное сомнение о месте Земли, хотя почти все принимают и верят, что Земля находится в середине мира. Поэтому если кто-нибудь станет отрицать, что Земля находится в середине мира, или его центре, но все-таки допустит, что ее расстояние от центра не так уже велико, чтобы его можно было сравнивать

с расстоянием до сферы неподвижных звезд, но вместе с тем оно будет достаточно большим и заметным по отношению к орбитам Солнца и других светил, и будет считать, что их движение представляется неравномерным вследствие того, что оно определяется другим центром, отличным от центра Земли, то, пожалуй, приводимая им причина неравномерности кажущегося движения не будет нелепой.

Действительно, поскольку планеты наблюдаются и более близкими к Земле, и более удаленными, то это необходимо говорит о том, что центр Земли не есть центр их кругов. Ведь никак не установлено, Земля ли к ним подходит и уходит или они приближаются к ней и удаляются. Неудивительно также, если кто-нибудь кроме упомянутого суточного вращения предположит у Земли и какое-то другое движение.



Космический телескоп «Хаббл» показал, что Коперник был прав, когда говорил о неизмеримости неба по сравнению с величиной Земли.

Мнение, что Земля вращается и даже имеет несколько движений и является одной из планет, как говорят, высказывал пифагореец Филолай, незаурядный математик, ради посещения которого Платон не замедлил отправиться в Италию, как передают описывавшие жизнь Платона. Однако многие считали возможным доказать при помощи геометрических рассуждений, что Земля находится в середине мира, относится к неизмеримости неба, как точка или центр, и будет неподвижной по той причине, что во всеобщем движении центр остается неподвижным, а ближайшее к центру движется всего медленнее.

Глава VI. О неизмеримости неба по сравнению с величиной Земли

А что вся столь большая громада Земли не имеет никакой значащей величины по сравнению с небом, можно понять из того, что «ограничивающие» круги (так переводится греческое слово *#ρίζοντες*) делят всю небесную сферу пополам, чего не могло бы быть, если бы

величина Земли или расстояние от центра мира были значительными по сравнению с небом. Действительно, круг, делящий сферу пополам, проходит через центр этой сферы и является наибольшим из кругов, которые можно описать.

Пусть круг $ABCD$ будет горизонтом, а Земля, с которой мы наблюдаем, будет точкой E и центром горизонта, который отграничивает видимые светила от невидимых. Будем при помощи помещенного в E диоптра, гороскопия или хоробата наблюдать начало восходящего Рака в точке C ; в тот же момент в точке A мы увидим заходящее начало Козерога. Так как точки A , C , E находятся на прямой линии, проходящей через диоптр, то ясно, что эта прямая будет диаметром зодиака, поскольку шесть видимых знаков зодиака отграничивают полуокружность, а центр E будет одновременно и центром горизонта. Когда после поворота на половину окружности начало Козерога будет восходить в B , мы одновременно увидим заход Рака в D ; линия BED будет прямой и диаметром зодиака. Но мы видели, что AEC тоже была диаметром этого же круга; в их общем пересечении, очевидно, находится и центр рассматриваемого круга.

Итак, горизонт всегда делит пополам зодиак, являющийся большим кругом сферы. Но в сфере круг, пересекающий какой-нибудь из больших кругов пополам, будет и сам большим кругом. Следовательно, и горизонт будет одним из больших кругов, а центр его, как видно, совпадает с центром зодиака; хотя проведенная через центр Земли линия необходимо будет отличаться от той, которая проведена с ее поверхности, но вследствие неизмеримости неба по сравнению с Землей они становятся похожими на параллельные прямые, которые из-за чрезмерной удаленности конца кажутся одной линией, так как промежуток между ними по отношению к их длине становится неощутимым для чувств, как это доказывается в оптике.

Такие рассуждения достаточно ясно показывают, что небо неизмеримо велико по сравнению с Землей и представляет бесконечно большую величину; по оценке наших чувств Земля по отношению к небу, как точка к телу, а по величине, как конечное к бесконечному. Ничего другого этого рассуждение, очевидно, не доказывает, и, понятно, отсюда не следует, что Земля должна покоиться в середине мира. И гораздо более удивительным было бы, если бы в двадцать четыре часа поворачивалась такая громада мира, а не наименьшая его часть, которой является Земля. Если говорят, что центр неподвижен и все ближайшее к центру движется медленнее, то это не доказывает, что Земля покоится в середине мира; ведь это то же самое, как если бы ты сказал, что небо вращается, а полюсы неподвижны и все ближайшее к ним движется менее всего. Таким именно образом Полярная звезда кажется движущейся значительно медленнее, чем Орел или Большой Пес, потому что она, находясь ближе всего к полюсу, описывает меньший круг; но все они принадлежат одной сфере, подвижность которой, прекращаясь у оси, не допускает одинаковости движений всех ее частей, а полный оборот возвращает их в исходное положение, двигая одинаковое время, но не по равным путям.



Фламандская армиллярная сфера XVII века, отражающая геоцентрическую модель с семью вписанными друг в друга планетными орбитами.

Вот на что, по существу, опирается рассуждение, что Земля, являясь как бы частью небесной сферы и обладая ее природой и движением, мало движется, как находящаяся всего ближе к центру. В таком случае и сама она, представляя собой тело, а не центр, должна будет двигаться в такое же время по подобным окружностям небесного круга, хотя бы и меньшим. Неверность этого ясна как день; действительно, тогда в одном месте всегда был бы полдень, а в другом – всегда полночь и никак не могли бы происходить ежедневные восходы и заходы, так как движение всего мира и его части едино и нераздельно.

Для тел, которые разделило различие их природы, имеет место совершенно иной закон, именно заключающиеся в более короткой окружности вращаются быстрее тех, которые обходят по большему кругу. Так, Сатурн, самая высшая из планет, совершает обращение в тридцать лет, тогда как Луна, без сомнения, ближайшее к Земле светило, завершает свой обход в месяц, и, наконец, сама Земля, как можно думать, делает полный оборот в течение дня и ночи. Таким образом, опять появится тот же самый вопрос относительно суточного вращения.

Кроме того, и местонахождение Земли все же остается искомым, так как из приведенного выше нельзя получить ничего достоверного. Ведь это рассуждение доказывает только, что величина неба по сравнению с Землей не является конечной. До каких пор распростра-

няется эта необъятность, никоим образом не известно. Точно так же будет и обратно – у мельчайших и неделимых телец, которые называются атомами; так как они неощутимы для наших чувств, то, взяв две или какое-нибудь другое их число, мы не можем сразу получить видимое тело, а все же эти частицы можно так умножить, что, наконец, их будет достаточно для слияния в заметное тело. То же можно сказать и о месте Земли: хотя бы она и не находилась в центре мира, но, во всяком случае, само ее расстояние от последнего будет несравненно малым, в особенности по отношению к сфере неподвижных звезд.

Глава VII. Почему древние полагали, что Земля неподвижна в середине мира и является как бы его центром

По этой причине древние философы и другими рассуждениями пытались доказать, что Земля находится в центре мира; в этом они видят важнейшую причину тяжести и легкости. Конечно, элемент земли самый тяжелый, и все весомые тела движутся к ней, стремясь к самой глубокой ее середине.

Поскольку Земля шаровидна и к ней отовсюду движутся по своей природе все тяжелые тела под прямыми углами к ее поверхности, то они, если не были бы задержаны на ее поверхности, ринулись бы прямо к ее центру, так как прямая линия, встречающаяся под прямыми углами с плоскостью горизонта в месте ее касания со сферой, ведет к центру сферы. Из того, что они движутся к центру, по-видимому, следует, что тела в середине находятся в покое. Тем более, следовательно, вся Земля будет находиться в середине и принимать в себя все падающие тела; она в силу своего веса будет оставаться неподвижной.

То же самое они пытаются доказать на основании законов движения и его природы. Аристотель говорит, что единому и простому телу присуще и простое движение; из простых же движений одно прямолинейное, другое круговое, из прямолинейных одно идет вверх, другое вниз. Поэтому всякое простое движение идет или к середине вниз, или от середины вверх, или вокруг середины, и это движение круговое. Только земле и воде, которые считаются тяжелыми, следует двигаться вниз, то есть стремиться к середине; воздух же и огонь, обладающие легкостью, должны двигаться вверх и удаляться от середины. И кажется вполне сообразным приписать этим четырем стихиям прямолинейное движение, а небесным телам предоставить вращаться кругом середины. Так утверждает Аристотель. Следовательно, если бы Земля, говорит Птолемей Александрийский, вращалась хотя бы только суточным движением, то необходимо произошло бы противоположное сказанному. И это движение должно было быть чрезвычайно стремительным, а скорость его – выше всякой меры, так как в двадцать четыре часа нужно было бы описать всю окружность Земли. А то, что охвачено стремительным вращением, очевидно, совсем неспособно к воссоединению; даже соединенные его части рассеются, если только не удерживаются каким-нибудь прочным скреплением, и уже давно Земля, распавшись, разрушила бы самое небо (что уже совсем смехотворно), а живые существа и другие неприкрепленные тяжести и подавно никак не могли бы остаться не сброшенными с нее. Также и отвесно падающие тела не могли бы двигаться по прямой к назначенному им месту, которое уже ускользнет от них при такой быстроте. Точно так же облака и другие тела, висящие в воздухе, мы постоянно видели бы движущимися на запад.

Глава VIII. Опровержение приведенных доводов и их несостоятельность

На основании этих и подобных им причин утверждают, что Земля покоится в середине мира и что, вне сомнения, именно так дело и обстоит. Действительно, если кто-нибудь

выскажет мнение, что Земля вращается, то ему придется сказать, что это движение является естественным, а не насильственным. Все то, что происходит согласно природе, производит действия, противоположные тем, которые получаются в результате насилия. Те вещи, которые подвергаются действию силы или напора, необходимо должны распасться и существовать долго не могут. Все то, что делается согласно природе, находится в благополучном состоянии и сохраняется в своем наилучшем составе. Поэтому напрасно боится Птолемей, что Земля и все земное рассеется в результате вращения, происходящего по действию природы; ведь это вращение будет совсем не таким, какое производится искусственно или достижимо человеческим умом. Но почему не предполагать этого в еще большей степени относительно Вселенной, движение которой должно быть во столько раз быстрее, во сколько раз небо больше Земли? Или для того небо сделано необъятным, чтобы несказанной силой движения оно отрывалось от центра, а иначе, будь оно неподвижно, обрушилось бы?

Если бы это было справедливо, то размеры неба непременно увеличились бы до бесконечности. Ибо чем больше оно увлекалось бы вверх напором движения, тем быстрее было бы это движение вследствие постоянного возрастания длины окружности, которую необходимо пройти в 24 часа; в свою очередь от возрастания движения будет возрастать неизмеримость неба. Таким образом, скорость будет увеличивать размеры, а размеры – увеличивать скорость, и то и другое взаимно увеличат друг друга до бесконечности. А вследствие известной физической аксиомы, *что бесконечное не может быть ни пройдено, ни каким-либо образом приведено в движение, небо необходимо остановится.*

Но говорят, что вне неба нет ни тела, ни места, ни пустоты, нет вообще ничего и поэтому небу некуда выйти. Тогда, конечно, удивительно, если что-нибудь может сдерживаться ничем. Однако если бы небо было безграничным снаружи и только изнутри ограничивалось вогнутым сводом, то это, может быть, еще более удостоверит, что вне неба нет ничего, потому что все обладающее какой бы то ни было величиной будет внутри него; но тогда небо будет оставаться неподвижным. Ибо самое главное, чем стараются обосновать конечность мира, – это и есть движение. Предоставим естествоиспытателям спорить, является ли мир конечным или нет; будем считать твердо установленным, что Земля, заключенная между полюсами, ограничивается шаровидной поверхностью. Но тогда зачем же еще нам сомневаться? Скорее следует допустить, что подвижность Земли вполне естественно соответствует ее форме, чем думать, что движется весь мир, пределы которого неизвестны и непостижимы. И почему нам не считать, что суточное вращение для неба является видимостью, а для Земли действительностью? И все это так и обстоит, как сказал бы Вергилиев Эней: «В море из порта идем, и отходят и земли, и грады». Так при движении корабля в тихую погоду все находящееся вне представляется мореплавателям движущимся, как бы отражая движение корабля, а сами наблюдатели, наоборот, считают себя в покое со всем с ними находящимся. Это же, без сомнения, может происходить и при движении Земли, так что мы думаем, будто вокруг нее вращается вся Вселенная.

В таком случае что же мы скажем относительно облаков и всего остального, что каким-либо образом парит в воздухе или опускается вниз и снова стремится вверх? Да лишь то, что вращается не только Земля с соединенной с ней водной стихией, но также и немалая часть воздуха и все, что каким-либо образом сродно с Землей, или уже ближайший к Земле воздух, пропитанный земной и водной материей, следует тем же самым законам природы, что и Земля, или имеет приобретенное движение, которое сообщается ему прилегающей Землей в постоянном вращении и без всякого сопротивления.



Циркуль времен Коперника.

В свою очередь не меньшее удивление вызовет утверждение, что самая высшая область воздуха следует движению неба, на что указывают внезапно появляющиеся светила, которые у греков называются кометами, или погониями; эти светила, образование которых считают происходящим в этой высшей области, восходят и заходят наподобие остальных светил. Мы можем считать, что эта далеко отстоящая от Земли часть воздуха лишена упомянутого движения Земли. Поэтому нами представляется находящимся в покое ближайший к Земле воздух, а также все то, что в нем находится во взвешенном состоянии, если оно не побуждается ветром или каким-нибудь другим напором в ту или другую сторону, как случится. Ведь разве ветер в воздухе не что иное, как течение в море?

Далее, все тела, опускающиеся и поднимающиеся, мы должны признать необходимо обладающими по отношению к Вселенной двойным движением, а именно составленным из кругового и прямолинейного. Поэтому тела, пригнетаемые своим весом, как в высшей степени земные, без сомнения, следуют, как части, законам той же природы, что и вся совокупность. То же самое происходит и с теми телами, которые силой огня восхищаются вверх. Действительно, этот земной огонь большей частью питается земной материей, и пламенем называют не что иное, как пылающий дым. Но огонь обладает свойством расширять все им охватываемое, и это он производит с такой силой, что когда он вырвется из темницы, ему никаким образом, никакими машинами нельзя воспрепятствовать выполнить свое дело.

Расширительное же движение происходит от центра к окружности; поэтому, если что-либо из земных частей зажжено, оно несется от середины кверху.

Итак, если говорят, что у простого тела будет простым и движение (это прежде всего проверяется для кругового движения), то это лишь до тех пор, пока простое тело пребывает в своем природном месте и в целостности. В своем месте, конечно, не может быть другого движения, кроме кругового, когда тело всецело пребывает в себе самом, наподобие покоящегося. Прямолинейное движение бывает у тел, которые уходят из своего природного места, или выталкиваются из него, или каким-либо образом находятся вне его. Ведь ничто не противоречит так всему порядку и форме мира, как то, что какая-нибудь вещь находится вне своего места. Следовательно, прямолинейное движение происходит, только когда не все идет, как следует, а для тел, совершенных по природе, — только когда они отделяются от своего целого и покидают его единство. Кроме того, тела, движущиеся вверх или вниз, не совершают простого единообразного и равномерного движения, даже если отвлечься от кругового. Они не могут умеряться своей легкостью или напором своего веса; и, опускаясь вниз, тела, имея первоначально медленное движение, по мере падения увеличивают скорость. Обратно мы можем наблюдать, как взметнувшийся вверх этот земной огонь (иного ведь мы не видим) сразу же замедляет свое движение, как бы признавая причиной насилие земной материи.

Круговое движение всегда совершается равномерно, ибо оно имеет неубывающую причину. У прямолинейных же движений эта причина поспешно иссякает, так что тела, достигнув своего места, перестают быть тяжелыми или легкими, и это движение прекращается. Таким образом, поскольку круговое движение присуще совокупностям, частям же свойственно и прямолинейное движение, то мы имеем право сказать, что круговое движение может сосуществовать с прямолинейным, как живое существо с болезнью. Конечно, и то, что Аристотель разделяет простое движение на три класса: из центра, к центру и вокруг центра, мы должны считать только рассудочным актом, так же как мы отделяем линию, точку и поверхность, тогда как ни одно из этих понятий не может существовать без другого и никакое из них без тела.

К этому присоединяется то, что состояние неподвижности считается более благородным и божественным, чем состояние изменения и неустойчивости, которое по этой причине более приличествует Земле, чем Вселенной. Добавлю также, что довольно нелепо приписывать движение содержащему и вмещающему, а не содержимому и вмещенному, чем является Земля. Поскольку мы видим, что планеты то приближаются к Земле, то удаляются от нее, то и в этом случае у одного и того же тела будет движение и вокруг центра, в качестве которого хотят считать центр Земли, и также от центра и к нему. Таким образом, движение вокруг центра следует понимать в более общем смысле, и вполне достаточно, если каждое движение будет направляться своим собственным центром.

Итак, из всего этого ты видишь, что подвижность Земли более вероятна, чем ее покой, в особенности если говорить о суточном вращении, как наиболее свойственном Земле. И я полагаю, что этого достаточно для первой части вопроса.

Глава IX. О том, можно ли приписать Земле несколько движений, и о центре мира

Таким образом, поскольку ничто не препятствует подвижности Земли, то я полагаю, что нужно рассмотреть, не может ли она иметь несколько движений, так чтобы ее можно было считать одной из планет. Действительно, что она не является центром для всех вращений, обнаруживается и неравномерным видимым движением планет, и переменностью их расстояний от Земли, что не может быть объяснено в предположении гомоцентрического с Землей круга. Следовательно, поскольку существует несколько центров, не будет легкомыс-

ленным подумать также и о центре мира, совпадает ли последний с центром земной тяжести или нет. Что касается меня, то я полагаю, что тяготение есть не что иное, как некоторое природное стремление, сообщенное частям божественным провидением творца Вселенной, чтобы они стремились к целостности и единству, сходясь в форму шара. Вполне вероятно, что это свойство присуще также Солнцу, Луне и остальным блуждающим светилам, чтобы при его действии они продолжали пребывать в своей шарообразной форме, совершая тем не менее различные круговые движения.



Восход Земли на Луне.

Следовательно, если и Земля совершает иные движения, как, например, около центра, то эти движения необходимо должны быть такими же, какие замечаются внешне и у других планет; среди этих движений мы находим годичное обращение. Поэтому если мы переделаем это движение из солнечного в земное и согласимся, что Солнце неподвижно, то восходы и заходы знаков зодиака и неподвижных звезд, когда они становятся то утренними, то вечерними, покажутся нам происходящими совершенно так же. Равным образом, стояния, попятные и прямые движения планет окажутся принадлежащими не им, а происходящими от движения Земли, которое они заимствуют для своих видимых движений. Наконец, само Солнце будем считать занимающим центр мира; во всем этом нас убеждает разумный порядок, в котором следуют друг за другом все светила, и гармония всего мира, если только мы захотим взглянуть на само дело обоими (как говорят) глазами.

Глава X. Доказательство тройного движения Земли

Поскольку так много важных свидетельств планет согласуется с тем, что Земля подвижна, мы изложим теперь в заключение самое ее движение, насколько оно, принятое как гипотеза, объясняет видимые явления. Нужно допустить, что Земля имеет всего три дви-

жения: первое, которое, как мы сказали, греки называют $\nu\upsilon\chi\theta\eta\mu\acute{\epsilon}\rho\iota\nu\omicron\varsigma$, – соответствующее дню и ночи обращение вокруг оси Земли в направлении с запада на восток, в зависимости от чего весь мир представляется движущимся в обратном направлении, описывая экваториальный круг, который некоторые называют равноденственным, подражая терминологии греков, у которых он называется $\#\sigma\eta\mu\epsilon\rho\iota\nu\omicron\varsigma$.

Второе – это годовое движение центра, который описывает вокруг Солнца зодиакальный круг также с запада на восток, то есть в направлении последовательности знаков; этот круг идет между Венерой и Марсом, которые, как мы сказали, прилегают к нему. Это заставляет само Солнце казаться нам проходящим зодиак подобным же движением так, что если, например, центр Земли проходит через Козерога, то Солнце кажется проходящим через Рака, из Водолея оно кажется находящимся во Льве, и так далее (как мы уже говорили). Надо считать, что к этому кругу, который расположен по средней линии знаков зодиака, и к его плоскости равноденственный круг и ось Земли имеют периодически меняющееся наклонение. Действительно, если бы они были неизменными и только просто следовали движению центра, то не было бы никакого неравенства дней и ночей, но всегда было бы или солнцестояние, или кратчайший день, или равноденствие, или лето, или зима, или какое-нибудь одно и то же одинаковое время года.

Таким образом, отсюда следует третье деклинационное движение тоже с годовым обращением, но против последовательности знаков, то есть противоположно движению центра. Так оба эти почти равные друг другу и противоположные движения вместе делают, что ось Земли и наибольшая из ее параллелей – экваториальный круг – смотрят приблизительно в одну и ту же часть мира, как будто бы они оставались все время неподвижными. Одновременно Солнце представляется движущимся по наклонному зодиакальному кругу совершенно так же, как и центр Земли, и как будто бы последний был центром мира, если только ты вспомнишь, что расстояние между Солнцем и Землей на сфере неподвижных звезд уже ускользает от нашего зрения.

А для доказательства, что все это обстоит именно так (это желательнее показать наглядно, чем рассказывать), опишем круг $ABCD$, который представляет годовой путь центра Земли на поверхности зодиака, и пусть E будет Солнце, находящееся около его центра. Этот самый круг я рассеку на четыре части, проведя диаметры AEC и BED . Пусть точку A занимает начало созвездия Рака, B – Весов, C – Козерога, D – Овна. Примем также, что центр Земли сначала находится в a ; вокруг него я начерчу земной экватор $FGHI$, но только не в той же самой плоскости; в ней будет находиться лишь диаметр GAI – общее сечение обоих кругов, а именно экватора и зодиака. Проведем также диаметр FAH под прямым углом к GAI ; пусть точка F будет пределом наибольшего отклонения к югу, а H – к северу. В таких предположениях жители Земли будут видеть Солнце в центре E , совершающим свой зимний солнцеворот под знаком Козерога; это будет производить обращенное к Солнцу наибольшее северное отклонение H . Таким образом, наклон экватора к линии AE заставляет ее в суточном вращении описывать параллель зимнего тропика на расстоянии, соответствующем углу наклона EAH .

Пусть теперь центр Земли пойдет в направлении последовательности знаков, а предел F наибольшего отклонения на такой же угол повернется против последовательности знаков, пока оба они в B не опишут по четверти окружности. В течение этого времени вследствие равенства обоих вращений угол EAI будет всегда оставаться равным углу AEB и диаметры FAH и FBH будут все время соответственно параллельны, так же как GAI и GBI и как один экватор параллелен другому. Последние по уже упоминавшейся причине будут представляться на неизмеримости неба одними и теми же. Таким образом, из точки B – начала Весов – точка E будет усматриваться в Овне, и общее сечение упомянутых кругов совпадает с прямой $GBIE$; суточное вращение уже не сообщит ей никакого отклонения от экватора, но все

отклонения будут получаться по сторонам. Вот так, Солнце будет усматриваться в весеннем равноденствии.

Пусть в принятых условиях центр Земли продолжает движение; когда в C он пройдет полуокружность, то Солнце будет усматриваться входящим в созвездие Рака. Тогда южное отклонение F экватора, будучи повернуто к Солнцу, сделает последнее видимым на севере и описывающим летний тропик на расстоянии, соответствующем углу ECF наклона. Затем, когда точка F повернется на третью четверть круга, общее сечение GI снова попадет на линию ED ; отсюда Солнце, наблюдаемое в Весах, окажется завершившим осеннее равноденствие. После этого в том же самом движении прямая HF , постепенно поворачиваясь к Солнцу, заставит повториться то, что было в начале, откуда исходило наше движение.

Иначе. Пусть опять на плоскости чертежа прямая AEC будет диаметром и общим сечением с кругом ABC , восставленным перпендикулярно к упомянутой плоскости. На этом круге в точках A и C , то есть под знаками Рака и Козерога, начертим соответственно круговые сечения Земли через полюса; пусть они будут $DGFI$; пусть ось Земли будет DF , северный полюс — D , южный — F , а диаметр экваториального круга — GI . Когда F обращается к находящемуся в E Солнцу и отклонение экватора будет к северу на угол IAE , вращение вокруг земной оси заставит описать параллельный экватору южный круг с диаметром KL и расстоянием LI , представляющий для Солнца тропик Козерога. Или, чтобы сказать правильнее, это движение вокруг оси по отношению к AC совершается по конической поверхности, имеющей вершину в центре Земли, а в качестве основания — круг, параллельный экватору. В противоположащем знаке C все происходит так же, но в обратную сторону. Таким образом, ясно, как эти два идущих друг другу навстречу движения, а именно движение центра и наклона, заставляют ось Земли оставаться в одном и том же и всегда одинаковом положении, причем все кажется происходящим, как если бы это были движения Солнца.

Мы говорили, что годовые обращения центра и деклинационное являются почти равными; если бы они были в точности равны, то следовало бы, что точки равноденствий и солнцестояний и вся наклонность зодиака ничуть не изменялись бы по отношению к сфере неподвижных звезд. Однако, хотя разница и очень незначительна, она все же обнаружилась, возрастая с течением времени; действительно, от Птолемея до нашего времени эти точки уже прошли навстречу приблизительно на 21 градус. По этой причине некоторые думали, что сфера неподвижных звезд тоже движется, так что они решили ввести расположенную выше девятую сферу; но так как и она не оказалась достаточной, то в недавнее время некоторые добавили еще десятую, не достигнув, однако, той цели, какую мы надеемся получить при помощи движения Земли, которым пользуемся в качестве основного принципа и гипотезы для объяснения всего прочего.

Галилео Галилей (1564–1642)



Жизнь и деятельность

В 1633 году, спустя девяносто лет после смерти Коперника, итальянского астронома и математика Галилео Галилея вызвали в Рим на суд инквизиции по обвинению в ереси. Обвинение было основано на публикации «Диалога о двух главнейших системах мира –

Птолемеевой и Коперниковой» (*Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo: Tolemaico e Copernicano*). В этой книге Галилей, невзирая на эдикт 1616 года, запрещавший ему распространять учение Коперника, уверенно заявлял, что гелиоцентрическая система – это не просто гипотеза, а научная истина. Сомневаться в исходе процесса не приходилось. Галилей признал, что, вероятно, зашел слишком далеко, когда отстаивал систему Коперника, пренебрегая предостережениями католической церкви. Большинство кардиналов из трибунала сочли Галилея «сильно подозреваемым в ереси», поскольку он поддерживал и распространял идею, что Земля движется, а не находится в центре Вселенной, и приговорили к пожизненному заключению.

Кроме того, Галилея заставили подписать письменное признание и публично отказаться от своих воззрений. Он опустил на колени и, положив руку на Библию, прочитал отречение по латыни.

«Я, Галилео Галилей, сын Винченцо Галилея, флорентиец, на семидесятом году моей жизни лично предстою перед судом, преклонив колена перед вами, высокие и достопочтенные господа кардиналы вселенской христианской республики, имея перед очами святое Евангелие, которого касаюсь собственными руками, клянусь, что всегда веровал, теперь верую и при помощи Божией впредь буду верить во все, что содержит, проповедует и чему учит святая католическая и апостольская церковь.

Но так как от сего святого судилища мне было давно уже сделано законное внушение, дабы я покинул ложное мнение, полагающее Солнце в центре Вселенной и неподвижным, дабы не держался этого мнения, не защищал его, не учил ему каким бы то ни было способом, ни устно, ни письменно, а я между тем сочинил и напечатал книгу, в которой излагаю осужденное учение и привожу в пользу его сильные доводы, хотя и не привожу окончательного заключения; то вследствие сего признан я находящимся под сильным подозрением в ереси, то есть что думаю и верю, будто Солнце есть центр Вселенной и неподвижно, Земля же не центр и движется.

Посему, желая изгнать из мыслей ваших, высокопочтенные господа кардиналы, равно как и из ума всякого истинного христианина, это подозрение, законно против меня возбужденное, от чистого сердца и с непритворной верою отрекаюсь, проклинаю, возненавидев вышеуказанную ересь, заблуждение или секту, не согласную со святою церковью.

Клянусь впредь никогда не говорить и не рассуждать, ни устно, ни письменно, о чем бы то ни было, могущем восстановить против меня такое подозрение; когда же узнаю кого-либо, одержимого ересью или подозреваемого в ней, то о таком обязуюсь донести сему святому судилищу, или же инквизитору, или ординарию ближайшего места. Кроме того, клянусь и обещаю уважать и строго исполнять все наказания и исправления, которые наложит или наложит на меня сие святое судилище.

В случае нарушения мною (да хранит меня Бог) чего-либо из этих слов, свидетельств, клятв и обещаний подвергаюсь всем наказаниям и исправлениям, назначенным святыми канонами и другими общими и частными постановлениями против преступлений сего рода. В этом да поможет мне Господь и святое его Евангелие, которого касаюсь собственными руками.

Я, поименованный Галилео Галилей, отрекся, поклялся и обязался, как сказано выше. В подтверждение прикладываю руку под сию формулою моего отречения, которое прочел во всеуслышание от слова до слова».
Июня 22 дня 1633 года в монастыре Минервы в Риме
(Пер. И. Григулевича)

Легенда гласит, что Галилей, поднявшись на ноги, пробормотал: *«Eppur si muove»* («И все-таки она вертится»). Эта фраза будоражила воображение физиков и историков на протяжении столетий, поскольку стала символом сопротивления обскурантизму и благородного следования высшей цели даже в самых трудных обстоятельствах. Надпись *«Eppur si muove»* обнаружили даже на портрете Галилео 1640 года, написанном масляными красками, однако большинство историков все же считают, что это миф. И тем не менее все это очень в характере Галилея: на словах согласиться с требованиями церкви и отречься от своих взглядов, а затем вернуться к своим научным исследованиям, даже если они основаны на принципах Коперника. Ведь внимание инквизиции к Галилею привлек именно «Диалог о двух главнейших системах мира...», публикация которого была прямым нарушением эдикта церкви от 1616 года, позволявшего Галилею рассматривать теорию Коперника о движении Земли вокруг Солнца исключительно как гипотезу и не более того. Пусть даже фраза *«Eppur si muove»* и не стала финалом суда и отречения, но она, несомненно, многое говорит о его жизни и достижениях.

Галилей родился в Пизе 18 февраля 1564 года в семье Винченцо Галилея, музыканта и математика. Когда Галилей был еще мальчиком, семья переехала во Флоренцию, где он получил начальное образование в монастыре. Хотя Галилей с ранних лет выказывал склонность к математике и механике, отец настаивал, что мальчика надо обучить чему-то более практичному, поэтому в 1581 году Галилей поступил в Пизанский университет, чтобы изучать медицину и аристотелевскую философию. Там, в Пизе, и проявился бунтарский дух Галилея. Медицина интересовала его мало, и он страстно отдался изучению математики. Считают, что Галилей открыл изохронизм маятника – независимость периода качания маятника от амплитуды, – наблюдая за колебаниями подвесного светильника в Пизанском кафедральном соборе; в дальнейшем, полвека спустя, Галилей опирался на этот принцип при конструировании астрономических часов.

Галилей убедил отца позволить ему уйти из университета, не получив ученой степени, и вернулся во Флоренцию, чтобы изучать и преподавать математику. К 1586 году Галилей засомневался в аристотелевской физике и философии и решил пересмотреть труды великого математика Архимеда, знаменитого, в частности, тем, что он открыл и усовершенствовал методы интегрирования для вычисления площадей и объемов. Кроме того, Архимед прославился как изобретатель множества машин и механизмов, нашедших применение в военном деле: в числе прочего он создал гигантские катапульты, чтобы забрасывать наступающего противника каменными глыбами, и огромные краны, чтобы топить корабли. В основном Галилея вдохновлял математический гений Архимеда, однако увлекал его и дух изобретательства: он придумал гидростатические весы, измеряющие плотность тела при взвешивании в воде.

В 1589 году Галилей начал преподавать математику в Пизанском университете, где от него требовалось рассказывать студентам о птолемеевской астрономии, согласно которой Солнце и планеты вращаются вокруг Земли. Именно в Пизе в двадцать пять лет Галилей начал глубже разбираться в астрономии и отходить от Птолемея и Аристотеля. Конспекты лекций того периода показывают, что Галилей подходил к движению с Архимедовой точки зрения, в частности, учил, что при падении тела его скорость пропорциональна не весу, как полагал Аристотель, а плотности. Говорят, что в подтверждение своей теории Галилей бросал предметы разного веса, но одной плотности с вершины наклонной Пизанской башни.

Кроме того, в Пизе Галилей написал трактат «О движении» (*De motu*), противоречащий аристотелевским теориям движения. Эта книга сделала Галилея вождем научной реформации.



Вид Флоренции около 1495 года.

После смерти отца в 1592 году Галилей посчитал, что в Пизе ему уже нечего делать. Платили в университете гроши, поэтому Галилей заручился помощью друга семьи Гвидо-бальдо дель Монте и получил место преподавателя математики в Падуанском университете, в Венецианской республике. Авторитет Галилея стремительно рос. Ученый провел в Падуе восемнадцать лет, преподавал геометрию и астрономию, а также давал частные уроки по космографии, оптике, арифметике и их применению в военно-инженерном деле. В 1593 году он составил сборник трудов по фортификации и механике для своих частных учеников и изобрел водяной насос, для работы которого было достаточно одной лошади.

В 1597 году Галилей изобрел пропорциональный циркуль – большое подспорье для инженеров-механиков и военных. Кроме того, он вступил в переписку с Иоганном Кеплером, прочитав его книгу «Тайна мироздания» (*Mysterium cosmographicum*). Коперниканские взгляды Кеплера импонировали Галилею, и Кеплер надеялся, что Галилей открыто поддержит гелиоцентрическую модель. Однако научные интересы Галилея лежали в основном в сфере механики, поэтому желания Кеплера не сбылись. Кроме того, примерно тогда у Галилея начался роман с Мариной Гамба, венецианкой, родившей ему сына и двух дочерей. У старшей дочери Виргинии, родившейся в 1600 году, были особенно близкие отношения с отцом; правда, общались они в основном по переписке, поскольку почти всю свою недолгую жизнь Виргиния провела в монастыре, где взяла имя Мария Селеста (Мария Небесная) из уважения к отцовскому интересу к небесной механике.

В первые годы XVII века Галилей экспериментировал с маятником и исследовал связь колебаний маятника с явлением естественного ускорения. Кроме того, он начал разрабатывать математическую модель движения падающих тел, для чего измерял, за какое время катящиеся шары проходят различное расстояние по наклонным плоскостям. В 1604 году в ноч-

ном небе над Падуйей наблюдали сверхновую, что в очередной раз заставило усомниться в аристотелевской модели неизменности небес. Галилей был одной из самых заметных фигур в этих дебатах, прочитал несколько провокационных лекций, однако публиковать свои теории не спешил. В октябре 1608 года голландец Иоганн Липперсгей запатентовал подзорную трубу, благодаря которой можно было рассматривать далекие объекты. Едва услышав об этом изобретении, Галилей принялся его усовершенствовать. Вскоре он разработал телескоп с девятикратным увеличением – втрое мощнее устройства Липперсгей, – а через год уже предложил телескоп с тридцатикратным увеличением. Когда Галилей в январе 1610 года направил его на небеса, те буквально разверзлись, явив себя человечеству. Луна перестала быть гладким диском – стало видно, что она покрыта горами и кратерами. При помощи телескопа Галилей определил, что Млечный Путь – это огромное пространство, заполненное звездами. Но главное – он увидел четыре луны вокруг Юпитера, и это открытие коренным образом перевернуло представление многих сторонников геоцентрической системы, которые полагали, что все небесные тела вращаются исключительно вокруг Земли. В том же году Галилей опубликовал трактат «Звездный вестник» (*Sidereus Nuncius*), где объявил о своих открытиях. Это выдвинуло ученого на передний край современной астрономии. Преподавать аристотелевскую теорию он больше не мог, но благодаря своей известности и авторитету получил во Флоренции должность математика и философа при дворе великого герцога Тосканского.

Освободившись от педагогической нагрузки, Галилей посвятил себя наблюдениям с помощью телескопа. Вскоре он пронаблюдал фазы Венеры, что подтвердило теорию Коперника, согласно которой эта планета вращается вокруг Солнца.

Кроме того, Галилей заметил, что Сатурн имеет продолговатую форму, и заключил, что это объясняется вращением вокруг планеты многочисленных лун: мощности телескопа не хватало, чтобы различить кольца Сатурна.

Католическая церковь подтверждала и приветствовала открытия Галилея, однако не соглашалась с их толкованием. В 1613 году Галилей опубликовал «Письма о солнечных пятнах» и в этом сочинении впервые заявил в печати, что отстаивает коперниканскую модель гелиоцентрической Вселенной. Этот труд был встречен крайне неодобрительно, на автора посыпались обвинения, и вскоре на Галилея обратила внимание Святая инквизиция. Когда в 1616 году Галилей опубликовал свою теорию приливов, которая, как он считал, доказывала, что Земля движется, его вызвали в Рим и потребовали объяснений. Совет богословов издал эдикт, что Галилей, выдавая коперниканскую модель за истину, фальсифицирует научные данные. Однако официального обвинения против Галилея выдвинуто не было.

Галилей побывал на аудиенции у папы Павла V и остался в убеждении, что понтифик относится к нему с уважением и что ему можно продолжать читать лекции под покровительством папы. Однако Галилея строго предупредили, что учение Коперника противоречит Писанию, поэтому о нем можно говорить лишь как о гипотезе.

В 1623 году Павел V скончался, и новым папой избрали одного из друзей и сторонников Галилея кардинала Барберини, взявшего имя Урбан VIII, так что Галилей решил, что теперь эдикт 1616 года удастся отменить. Урбан сказал Галилею, что это он в свое время добился исключения из эдикта слова «ересь» и что если Галилей и дальше будет говорить об учении Коперника как о гипотезе, а не истине, то сможет свободно публиковать свои работы. Заручившись этой гарантией, Галилей в течение следующих шести лет работал над «Диалогом о двух главнейших системах мира» – книгой, из-за которой он попал за решетку.



Титульный лист «Диалога о двух главнейших системах мира». Слева направо – три собеседника из произведения Галилея: Сагредо, Симпличио и Сальвиати.

«Диалог о двух главнейших системах мира» написан в виде ученого диспута между сторонником Аристотеля и Птолемея и последователем Коперника, каждый из которых стремится склонить на свою сторону образованного обывателя. Галилей предварил книгу заверениями, что он во всем поддерживает эдикт 1616 года, а поскольку о теориях рассказывают вымышленные персонажи, автор не выступает открыто в поддержку той или иной стороны. Тем не менее читателям было очевидно, что «Диалог» не оставляет камня на камне от аристотелевской картины мира. Сторонник Аристотеля выведен простоватым и наивным,

и доводы его откровенно слабы, а противостоит ему умный и напористый последователь Коперника. Книга пользовалась шумным успехом, несмотря на то что ее публикация была встречена бурными протестами. Галилей написал ее не на латыни, а на разговорном итальянском, сделав ее доступной широкому кругу грамотных итальянцев, а не только ученым и церковникам. Противники Галилея – сторонники Птолемеевой астрономии – пришли в ярость от такого пренебрежительного обращения со своими научными воззрениями. Многие читатели сообразили, что Симпличио – сторонник Птолемеевой системы – это карикатура на Симпликия, комментатора Аристотеля, жившего в VI веке. А папа Урбан VIII решил, что Симпличио – это карикатура на него самого. И счел, что Галилей обманул его, ведь тот, обратившись за разрешением писать эту книгу, умолчал о том, что собирается нарушить эдикт 1616 года. Однако Галилей, возможно, и не подозревал, что что-то нарушает, поскольку никаких письменных предостережений не получал.

К марту 1632 года церковь запретила издателю допечатывать тираж, а Галилея вызвали в Рим и потребовали оправданий. Галилей отказался ехать, сославшись на тяжелую болезнь, однако папа настаивал, пригрозив, что иначе прикажет доставить Галилея в кандалах. Спустя одиннадцать месяцев Галилей прибыл в Рим и предстал перед судом. Его вынудили отречься от коперниковской ереси и приговорили к пожизненному заключению. Однако вскоре пожизненное заключение заменили более мягким наказанием – домашним арестом в Сиене под надзором архиепископа Асканио Пикколомини, бывшего ученика Галилея. Пикколомини позволил Галилею продолжать писать, более того, всячески уговаривал его не бросать работу. Там Галилей принялся за свой последний труд – «Математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки», – где подводил итоги своим достижениям в физике. Однако на следующий год в Риме узнали, какие благоприятные условия создал для Галилея Пикколомини, и приказали ученому перебраться в другой дом, на возвышенности под Флоренцией. Некоторые историки полагают, что именно тогда, при переезде, а не в суде после отречения, Галилей и произнес свое знаменитое *«Eppur si muove»*.

В результате Галилей поселился ближе к своей дочери Виргинии, однако в 1634 году она заболела и вскоре умерла. Эта утрата подкосила Галилея, но он все же смог через некоторое время возобновить работу над «Двумя отраслями науки» и в течение года закончил книгу. Однако Святая конгрегация индекса запрещенных книг – церковная цензура – не позволила опубликовать ее. Пришлось тайно переправить рукопись из Италии в Лейден, в издательский дом Эльзевиров, поскольку в Северной Европе преобладал протестантизм. Там книга и вышла в 1638 году. «Математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки», где сформулированы законы движения падающих тел с ускорением, считают краеугольным камнем современной физики. В этой книге Галилей пересмотрел и уточнил результаты своих прежних опытов по изучению движения, а также принципы механики. Две новые отрасли науки, о которых пишет Галилей, – это изучение сопротивления материалов (раздел техники) и изучение движения (кинематика, раздел математики). В первой половине книги Галилей описал свои опыты с ускорением при движении по наклонной плоскости. Во второй половине обращается к трудной задаче расчета траектории ядра, выпущенного из пушки. Прежде полагали, что согласно аристотелевским принципам ядро летит по прямой, а затем теряет «движущую силу» и падает прямо на землю. Затем наблюдатели подметили, что на самом деле ядро перед падением описывает кривую, однако никто не понимал, что это за кривая и по каким причинам это происходит, – пока не появился Галилей. Он сделал вывод, что траектория ядра определяется двумя движениями: одно – по вертикали, вызванное земным тяготением, которое тянет ядро вниз, второе – по горизонтали, подчиняющееся принципу инерции.

Галилей показал, что сочетание этих двух независимых движений и определяет путь ядра по кривой, которую можно описать математически. В доказательство он вымазал чер-

нилами бронзовый шар и скатил его по наклонной плоскости на стол, после чего шар свободно докатился до края и упал на пол. Сколько Галилей ни повторял этот опыт, чернильная метка на полу от упавшего шара всегда находилась на некоем расстоянии от края стола. Так Галилей доказал, что шар продолжает двигаться по горизонтали с постоянной скоростью, а земное тяготение увлекает его вниз по вертикали. Он обнаружил, что расстояние увеличивается пропорционально квадрату затраченного времени. Кривая имела строгую математическую форму, которую древние греки называли «парабола».

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.