

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
Спасибо, что скачали книгу в бесплатной электронной библиотеке
<http://filosoff.org/> Приятного чтения!

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм.

Введение.

Николай Коперник родился в Польше во второй половине XV века. В это время страна переживала период социального, политического, религиозного и научного расцвета. Польское государство лишь недавно утвердилось после многолетних войн с соседними странами. Большое влияние здесь имели католицизм и папская власть, помогавшие противостоять угрозам, исходящим от соседей. В польской столице Кракове было создано высшее учебное заведение, сравнимое с лучшими университетами Франции, Италии, Англии и Испании. Мирозренческая революция, происходившая на всей территории Европы, охватила и Польшу. Убеждения, знания и идеи постепенно трансформировались, что привело к радикальным изменениям во взглядах человека на окружающий мир и себя самого. Уже через несколько лет изменятся парадигмы европейской культуры, до сих пор считавшиеся вечными. В искусстве происходит переход от обскурантизма и средневековых представлений к блеску Возрождения. В работе «Государь» Никколо Макиавелли обозначил направление развития отношений между властью и подданными. В социальной сфере индивидуум стал играть роль, до этого ему не присущую. В научной сфере Леонардо да Винчи говорил о необходимости изучения реальности для составления ее адекватного описания и об исследовании природных феноменов.

Современниками Коперника были Макиавелли, Тициан, Микеланджело, Леонардо, Рафаэль, Мигель Сервет, Везалий, Кардано, Колумб, Васко да Гама, Магеллан, Бартоломе де лас Касас, Лютер, Кальвин, Эразм Роттердамский, Томас Мор, Игнатий де Лойола, Парацельс. Это только некоторые из тех, кто сотрясал в те годы основы западной мысли.

Однако Коперник не купался в лучах славы. На первый взгляд его биография кажется скучной – это история клирика, который, получив университетское образование, уединился в небольшой епархии в Вармии, на севере Восточной Пруссии, и посвятил себя решению административных задач, которые ему доверила Церковь. Его жизнь проходила в тени дяди по матери, князя-епископа, который опекал юношу после смерти его отца и взял на себя заботы об образовании племянника. До нас дошло очень мало биографических сведений о Копернике, выходящих за рамки его деятельности в качестве церковного администратора, и эти данные рисуют образ скорее счетовода, чем религиозного деятеля, и, разумеется, мало соответствуют представлениям о мыслителе, занятом чрезвычайно важной научной работой. Юный Николай погрузился в беспокойную творческую жизнь Кракова, куда переехал для продолжения высшего образования. Полученные здесь глубокие знания он дополнил во время длительного обучения в Италии. Академические интересы Коперника – как настоящего человека Возрождения – были разнообразны: медицина, право, астрономия, математика и даже астрология. Возможно, его переход в Ягеллонский университет, который в то время назывался Краковской академией, стал решающим моментом в пробуждении пламенного интереса к космологии. В Кракове юноша познакомился с известными учеными, достиг успехов в математике и астрономии и смог развить правильный подход к научным проблемам, который стал краеугольным камнем его дальнейшей работы. Судя по всему, именно здесь у него зародились сомнения по поводу господствовавших в то время взглядов на устройство Вселенной. В Кракове же выкристаллизовалось решение проблемы, занимавшей Коперника всю жизнь: как описать движение планет и найти модель, объясняющую аномалии системы Птолемея, согласно которой в центре Вселенной располагается Земля.

Геоцентрическая система устройства Вселенной приписывается Платону, хотя она была окончательно оформлена Аристотелем, а ее математическое обоснование представил Евдокс Книдский. Модель Платона предполагала наличие гигантской сферы, вращающейся вокруг нашей планеты и образующей то, что называлось «небом». Эта сфера совершает суточное вращение и, помимо этого, имеет годовой цикл. Без сомнения, в качестве объяснения реальности эта система имела определенные преимущества: она проста и соответствует тому, что человек может наблюдать невооруженным глазом, полагаясь только на собственные органы чувств.

Во II веке Клавдий Птолемей нашел блестящее альтернативное решение, которое помогало с большой точностью объяснить наблюдаемые движения. В своей системе он ввел сложную модель связанных сфер. Кроме того, он утверждал, что хотя все звезды и движутся вокруг нашей планеты, истинным центром их вращения является точка вне Земли, которую Птолемей назвал эквантом.

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
Солнце, Луна и другие планеты вращаются вокруг этой точки по круговым орбитам с постоянной скоростью. На самом деле система Птолемея была не полностью геоцентрической, такой как система Аристотеля с Землей в центре Вселенной. Птолемей представил геостатическую систему с неподвижной Землей и планетами, вращающимися вокруг экванта. Эта теория не противоречила идеям Аристотеля, но дополняла их, как некий геометрический трюк, соединявший философское представление о Вселенной и наблюдения.

На протяжении 13 последующих веков совершенствовавшиеся астрономические вычисления породили противоречия, которые могли быть разрешены только дополнительным усложнением модели Птолемея. Однако сложность, которую привносили в модель новые эмпирические данные, вела в тупик. Модель утратила точность, а это влекло за собой значительные расхождения в предсказаниях (например, дат затмений), но прежде всего к отставанию календаря, что и стало причиной григорианской реформы 1582 года.

И здесь подключился открытый ум Коперника. Он сместил центр Вселенной к Солнцу и предложил полностью новое представление, соответствовавшее наблюдениям, которые проводили астрономы в разное время в разных местах. Коперник задал типичный вопрос ученого, который отважился свернуть с хорошо известного пути, – «А если это не так?» – и дал на него гениальный ответ. Он отбросил философские и теологические размышления, которые были лишь балластом на пути к истине, подумал о том, какое небесное тело могло бы стать наилучшим кандидатом на центр планетной системы, и пришел к выводу, что это Солнце. Затем, основываясь на наблюдаемых различиях между орбитами Меркурия и Венеры, с одной стороны, и между орбитами остальных планет – с другой, ученый расположил Землю внутри этой системы, объясняя вращение нашей планеты вокруг своей оси. Изменения, предложенные Коперником, могут показаться нам очевидными. Сегодня никому – за исключением, пожалуй, религиозных фундаменталистов – не приходит в голову усомниться в гелиоцентрической системе. Но не стоит считать грандиозное открытие Коперника банальным и недооценивать его важность. Предложенная им картина мира настолько прочно закрепилась в нашем воображении, что кажется естественной, совершенно не противоречащей ежедневному опыту. Однако в начале XVI века, когда Коперник решил изменить представления, господствовавшие в астрономии, все обстояло совсем иначе.

Ученый разрушил две устоявшиеся схемы. Первая – представление современников о Солнечной системе. Вторая – более тонкая и общая – подход к научному знанию. В своих работах Коперник опирался на эксперимент и логику, отбрасывая ненаучные убеждения, следующие из чувственного опыта или внешних по отношению к науке сфер, таких как религия или мифология. В этом смысле он модернизировал науку и методы познания, предложив то, что сегодня мы называем сменой парадигмы: отказ от определенного направления мысли и установку на радикальное изменение.

Таким образом, коперниканская революция должна рассматриваться на двух уровнях. В более узком смысле это замена аристотелевских и птолемеевых представлений о Вселенной, но в общем смысле – это отказ от осмысления реальности, основанного в большей степени на убеждениях, чем на экспериментальных данных. Коперник пошел против догм и дерзнул дать новое представление о физической реальности: отдельные исследователи догадывались о нем и прежде, но никто не отваживался принять его и развить.

Чтобы осознать значение и сложность его работы, следует понять природу проблемы, которая лежала вне пределов чистой науки. Птолемеева модель на самом деле была не чем иным, как научным представлением о сотворении мира. Это был космологический подход, связанный с преобладающими на то время воззрениями. Теология увязывала эти воззрения со Вселенной, в которой центральное место занимал Бог. Вселенная состояла из двух областей, каждая из которых имела свое устройство и природу: Земли и ее окрестностей, где были сосредоточены четыре первоэлемента и изменения происходили легко, и Неба, созданного из эфира, царства Бога, где все было совершенным и неизменным. Эти убеждения были так прочны, что в Кракове, во время учебы Коперника, преподавались две различные системы: натуралисты считали модель гомоцентрических сфер Аристотеля вполне реальной, в то время как математики опирались на птолемееву модель в вычислениях и полагали, что она не обязательно соответствует наблюдаемой картине, но позволяет предсказывать движение планет.

За свою жизнь Коперник опубликовал только две научные работы. В первом

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
сочинении, которое вызвало большой интерес в научной и даже религиозной среде, исследователь попытался сформулировать свои гелиоцентрические идеи. Это новое представление о ближайшей Вселенной было впервые высказано, когда ученый был близок к своему 40-летию. Ему потребовалось еще 30 лет, чтобы теория получила развитие и увидела свет во второй работе. Почему же Коперник так медлил с публикацией окончательного варианта своего фундаментального труда?

Хотя прямых документальных доказательств нет, мы можем предположить, что эта задержка связана с особенностями личности ученого. С одной стороны, он с почти маниакальным вниманием подходил к проверке своих идей экспериментальными данными, полученными другими учеными и им самим. С другой стороны, возможно, причины связаны с его религиозностью и почитанием авторитетов. Коперник осознавал, что собирается опровергнуть представления, поддерживаемые уважаемыми классическими астрономами, а также Церковью, и не мог не чувствовать беспокойства при мысли о радикальной смене принципов, связанных в том числе с его религиозными убеждениями. Он чувствовал потребность в согласовании церковной доктрины и собственных убеждений. Мы можем предположить, что ученый вовсе не хотел стать жертвой Инквизиции, усилившейся в связи с лютеранской реформой, поэтому стремился придать своим рассуждениям стройность и полноту, которые могли защитить его от возможных гонений.

Он совершенно объективно оценивал риски, связанные с этой работой. Раскол между наукой и религией уже наметился. Судя по всему, Коперник отдавал себе отчет в том, что его открытия окажут воздействие на науку, даже если и не представлял себе, насколько сильным будет это воздействие, так как в то время было трудно предвидеть цепь событий, которые привели к предлагаемой им смене парадигмы. Скромный клирик, ведущий уединенную жизнь вдали от европейских образовательных центров, сотряс фундамент научного познания.

О влиянии его работы на развитие астрономии в частности и науки в целом написано много. Достаточно заметить, что работы Галилея и Кеплера стали возможны лишь потому, что к тому моменту была придумана, сформулирована и продемонстрирована гелиоцентрическая теория. Модель Коперника, верная в своих принципиальных положениях, стала основой современной космологии. Однако прежде всего следует отметить его труды как первую большую победу научной истины над религиозными предрассудками. Коперник – символ научной честности и пример ученого, который, стремясь преодолеть расхождения между экспериментальными данными и теорией, способен выйти за рамки собственных убеждений.

1473 В Торуне у Николая Коперника и Барбары Ватценроде рождается четвертый сын, Николай.

1483 умирает отец, и семья переходит под опеку дяди, Лукаша Ватценроде.

1491 вместе с братом Андреем Николай поступает в Краковскую академию.

1496 отправляется в Италию. На следующий год записывается в Болонский университет.

1503 Получает степень в области права университета Феррары. В конце года навсегда возвращается в Польшу.

1507 завершает «Малый комментарий о гипотезах, относящихся к небесным движениям», в котором впервые излагает свои идеи относительно космологической модели.

1515 Начинает фундаментальный труд «О вращении небесных сфер» (*De revolutionibus orbium coelestium*).

1516 Папа Лев X обращается к ученому с просьбой о помощи в реформе календаря, Коперник дает консультации по проекту. Переезжает в замок Ольштын как управляющий имуществом Варминского капитула.

1519 Составляет план эстуария Вислы. Пишет две работы: «Трактат о монетах» (*Tractatus de monetis*) и «Путь порчи монет» (*Modus cudendi monetam*). Работает врачом во время эпидемий, которые поражают Польшу.

1522 Представляет Вармию на ассамблее прусских земель: предлагает

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org использовать «Трактат о монетах» для установления курса обмена прусских и польских денег. Рекомендованный им обменный курс принят.

1525 Заканчивает писать первые три книги трактата «О вращении небесных сфер».

1526 Помогает создать карту Польши.

1533 Иоганн Альбрехт Видманштеттер докладывает папе Клименту VII и кардиналам о теории Коперника.

1536 Кардинал Шёнберг и епископ Гизе продвигают публикацию «О вращении небесных сфер».

1539 Лютер объявляет себя противником гелиоцентрической теории.

1540 Георг Иоахим фон Лаухен (известный как Ретик) публикует труд «Первое повествование» (*Narratio prima*), в котором излагает теории своего учителя.

1541 Вильгельм Гнафеус высмеивает Коперника в театральной постановке «Шут-мудрец».

1542 В Виттенберге опубликована часть трактата «О вращении небесных сфер», касающаяся тригонометрии.

1543 В конце марта увидело свет полное издание «О вращении небесных сфер» с предисловием, принадлежащим Озиандеру (без указания автора). 24 мая Коперник умирает.

Глава 1 Ранние годы: классические идеи

Переход от Средневековья к Возрождению – эпоха кризиса, из которого Европа вышла обновленной. Для науки он заключался в отходе от античной традиции, а также в восприятии знаний, связанных с другими культурами, прежде всего с арабской. С развитием мореплавания, по мере появления более точных методов измерения, география и астрономия претерпевали важные изменения.

Николай Коперник родился в городе Торунь (нем. Торн) на севере Польши 19 февраля 1473 года в достаточно состоятельной семье, имеющей влияние в местной общине. Он был четвертым ребенком: кроме него в семье росли две сестры и брат. Отец, краковский купец, переехал в Торунь около 1458 года – он владел землей в городе. Здесь он завязал отношения с семьей богатых купцов Ватценроде и в 1460 году женился на их дочери Барбаре.

По-видимому, отец ученого происходил из региона Силезия, где есть деревня Коперники (рядом с городом Ныса), где и следует искать истоки фамилии. И хотя семейным делом была торговля, дед Николая, Ян, был астрономом, достигшим определенной славы в научных кругах своей страны.

Отец ученого переехал в Торунь, чтобы развивать свое дело в этом городе на берегах Вислы. Торунь в то время был оживленным портом, сюда заходили корабли из Брюгге, Бергена, Любека и Лондона, он обеспечивал удобный обмен грузами с речными судами, прибывавшими из Венгрии, Богемии и с юга Польши. Город сделал значительный экономический вклад в войну Польши против тевтонских рыцарей, угнетающих ее южные территории.

Однако наибольшее влияние на образование и судьбу астронома оказала семья его матери, Ватценроде. Дед с материнской стороны, Лукаш (Лука) Ватценроде, был делегатом от города Торунь на проходившем в 1453 году конгрессе Прусской конфедерации – организации городов на севере современной Польши. Эти города, как и вся территория Пруссии и Померании, были подчинены Тевтонскому ордену, который пользовался поддержкой императора и папы римского. На следующий год начались открытые протесты против тевтонцев, а власти Торуня отправили ордену документ о расторжении политических связей. Замок тевтонских рыцарей в Торуне подвергся нападению и был разрушен, а делегаты от города отправились к королю Польши, чтобы просить его о помощи в противостоянии.

Польский король немедленно вторгся на территории, занятые тевтонцами. Война продолжалась 13 лет и формально закончилась присоединением к Польше

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org регионов Хелмно (нем. Кульм), Померании и Пруссии с установлением вассальной зависимости, однако ожесточенные стычки продолжались в течение следующих десятилетий. Дед Коперника, Лукаш, был назначен главным советником города, а его дядя Тидеман фон Аллен и отец принимали активное участие в войне против ордена, жертвуя большие суммы и играя важную роль в сопротивлении.

Дядя Лукаш

Один из братьев матери Николая, тоже Лукаш, сыграл в жизни молодого ученого важнейшую роль. После смерти отца в 1483 году семья обеднела, и Лукаш Ватценроде взял на себя заботу о вдове и ее четырех детях. Обладатель докторской степени в области права, широко просвещенный человек с несомненными политическими качествами, он сделал блестящую карьеру в польской Церкви. Насколько известно, взяв на себя ответственность за образование племянников, Лукаш заботился о развитии интеллектуальных способностей Коперника и во многом определил его желание пойти по пути религиозного служения.

Варшава. Памятник Николаю Копернику.

Музей Николая Коперника в Торуне (Польша) сегодня занимает два огромных готических здания, одно из которых – его родной дом. Великий астроном родился здесь 19 февраля 1473 года.

План старинного города Торунь (нем. Торн) во времена Коперника. Торунь, расположенный на севере Польши, на берегах реки Вислы, имел важное торговое значение.

ГУМАНИЗМ И ВОЗРОЖДЕНИЕ

Гуманизм – интеллектуальное, философское и культурное движение в Италии XIV века. Гуманизм был явлением в основном идеологическим, хотя и проник во все сферы науки и искусства, создавая оппозицию представлениям, доминировавшим во времена Средневековья. Основываясь на классических греко-латинских источниках, многие из которых были утрачены и заново восстановлены в европейских монастырях, в том числе по арабским переводам, гуманизм предполагал целостное и всестороннее образование человека, утверждал важное значение личности и стимулировал глубокий интерес к классическим авторам. Основными действующими лицами этого движения были, например, Данте Алигьери, Франческо Петрарка, Джованни Боккаччо, Марсилио Фичино, Антонио де Небриха, Пико делла Мирандола, Эразм Роттердамский, Гийом Бюде, Томас Мор, Хуан Луис Вивес, Мишель де Монтень и многие другие.

На своем знаменитом рисунке «Витрувианский человек» Леонардо изображает человека, вписанного в круг и квадрат, человека как центр нового культурного мира, возникшего в связи с гуманизмом и утвердившегося в эпоху Возрождения.

Гуманизм в значительной мере определил формирование Возрождения – обширной культурной трансформации, которая радикально изменила искусство и науку Европы XV и XVI веков. Распространение идей гуманизма открыло двери новым представлениям о человеке, которые получили развитие в период Возрождения. Эта эпоха обозначила новый способ восприятия мира и осмысления роли человека в нем, заменяя средневековый теоцентризм относительным антропоцентризмом. По сути, все эти изменения предвосхитили новое открытие индивидуализма, что проявилось в философских представлениях, искусстве и научной методологии.

Первые научные знания Коперник получил в школе церкви Сан-Джованни неподалеку от дома. Директором школы был дядя Лукаш и, судя по преподавателям, обучавшимся в зарубежных университетах, в этом заведении

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org поддерживался высокий образовательный уровень. Ветер гуманизма, распространявшийся по Европе, достиг и учителей Коперника. Помимо дяди, в школе также работал Конрад Гесселен (1409–1469), знаменитый гуманист, успешно занимавшийся и астрономией.

Возможно, интерес к этой науке в любознательном Николае пробудил кто-то из учеников Гесселена.

Знаю, что я смертен, знаю, что дни мои сочтены; но когда я в мыслях неустанно и жадно прослеживаю пути светил, тогда я не касаюсь ногами Земли: на пиру Зевса наслаждаюсь амброзией, пищей богов.

Эпиграмма из «Альмагеста» Клавдия Птолемея

Точно неизвестно, где Коперник продолжил образование после смерти отца. Вероятно, мать юноши осталась жить в Тору не, а сам Коперник переехал в Хелмно, чтобы поступить в городскую школу, созданную в 1473 году. В ней монахи из Фландрии (члены Братства общей жизни) читали лекции в соответствии со своими педагогическими методами, в основе которых лежали принципы гуманизма.

Так или иначе, об образовании Коперника нет информации вплоть до его поступления в Краковскую академию. Однако мы можем предположить, что юноша получил достойное базовое образование по предметам, которые впоследствии заинтересовали его в университете и пробудили желание понять небесную механику.

АСТРОНОМИЯ И ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ

Среди закономерностей, которые начал постигать молодой Коперник, одной из первых была взаимосвязь между движением небесных тел и исчислением времени. Это неудивительно, ведь с античных времен человек был зачарован периодическим повторением некоторых событий: восхода и захода Солнца, дня и ночи, зимы и лета, а также другими феноменами, которые нельзя было предсказать, такими как затмения. С другой стороны, это периодическое повторение должно было заставить Homo sapiens на начальном этапе эволюции искать способы измерения времени, и вполне возможно, что этими измерениями была обусловлена вся сложность общественной жизни. Например, обнаружение циклической смены сезонов было связано с возникновением сельского хозяйства и, как следствие, прекращением кочевой жизни. Поэтому не будет ошибкой предположить, что астрономия была одной из древнейших ветвей науки, с самого начала тесно связанной с разнообразными предсказаниями – как естественного характера, так и с теми, которые можно связать с божественной волей.

Наблюдение за небесами позволило подтвердить цикличность. Однако простого наблюдения было недостаточно; только с приходом математики, добавившей количественный аспект, можно говорить о зарождении астрономии как науки. Календари, с большей или меньшей точностью отражающие ход времени, существуют как минимум 5000 лет. Известно, что уже во времена первых египетских династий использовался солнечный календарь, который связывал начало года с первым восходом Сириуса над горизонтом перед большим ежегодным разливом Нила.

И хотя, по всей видимости, появление первых календарей было связано с необходимостью упорядочить даты праздников или религиозные события – что не требовало большой точности, – для научных исследований понадобились способы измерений, которые работали бы в течение всего года и имели относительно небольшую погрешность.

КАЛЕНДАРЬ АЦТЕКОВ

Кроме египетского и месопотамского календарей, внимания заслуживают календари Центральной Америки, в том числе ацтекский или мексиканский. Их отличают сложные адаптационные циклы: одновременное использование священного года в 260 дней и обычного года в 365 дней приводило к циклу длительностью 52 года. Эти циклы, в свою очередь, объединялись в группы по

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
5200 лет, называемые солнцами. Даже наш календарь, в связи с соотношением длительности дня и года, требует коррекции с помощью високосных годов.

Знаменитый Камень Солнца, часто называемый календарем ацтеков. Это свидетельство ацтекской космологии с солнечным богом в центре и четырьмя эрами по бокам.

Во внешнем кольце можно увидеть двух огненных змей, которые – лицом друг к другу – влекут Солнце по небосводу.

Точное измерение дня и его деление на равные отрезки, которые, в свою очередь, также могут быть измерены, было важной задачей. Вскоре появились солнечные часы, в том числе переносные. Найденный экземпляр таких часов датируется эпохой фараона Тутмоса III (ок. 1450 до н. э.). До этого были календари, использовавшие для измерения месяцев Луну, – существуют подобные находки, датируемые 25–15 тысячелетием до н. э. Эти календари несовместимы с годичным солнечным циклом, поэтому их появление связано с другими схемами, которые комбинировали лунные и солнечные циклы и обычно использовали сложные системы синхронизации. Чтобы избежать усиливающегося расхождения, эти системы основывались на повторении циклов после определенного количества месяцев или лет.

Самым древним солнечным календарем сегодня считается египетский. Он широко использовался во времена IV династии (ок. 2500 до н. э.) и состоял из 12 месяцев по 30 дней и пяти дополнительных дней для компенсации расхождения. Примерно в то же время шумеры использовали подобный календарь из 12 одинаковых месяцев по 30 дней.

Молодой Коперник ничего не знал о большинстве этих календарей, но, разумеется, слышал от своих учителей о проблемах официально используемого в то время во всем христианском мире юлианского календаря.

Греки и римляне делили год на несколько месяцев переменной длины до тех пор, пока в 46 году до н. э. Юлий Цезарь (ок. 100–44 до н. э.) не ввел разработанный группой астрономов во главе с Созигеном Александрийским календарь в 365 дней, разделенный на 12 месяцев, с дополнительным днем каждые четыре года. Таким образом удалось довольно точно приблизиться к солнечному циклу, который имеет длину около 365,2422 дня. На основе этого календаря во время Первого Никейского собора Церковь установила даты своих литургических праздников.

Однако продолжительность года равна не 365 дням и 6 часам, как подразумевает юлианский календарь, а примерно 365 дням, 5 часам и 49 минутам. Вследствие этого каждый год возникает сдвиг на 11 минут. К 1500 году накопившаяся разница соответствовала примерно 10 дням, что вызвало серьезные дискуссии о точности календаря и привело к осознанию необходимости его модифицировать. В течение 10 лет между 1510 и 1520 годами Коперник участвовал в обсуждении этого вопроса и высказал свое мнение: не стоит проводить поспешную реформу, ведь способа точно измерить длительность года нет. Далее мы рассмотрим эту реформу более подробно.

УЧЕБА В КРАКОВЕ

Документы подтверждают, что Коперник сдал вступительные экзамены в Краковскую академию и оказался в списке из 69 аспирантов, принятых в 1491 году, – об этом существует запись в университетском *Album studiosorum*. Юноша записался на факультет свободных искусств и посещал некоторые курсы, которые мы сегодня назвали бы научными дисциплинами, так как они не были явно отнесены к теологии.

В то время преподавательский корпус Академии не уступал по качеству крупным университетам Западной Европы. Курс обучения начинался в октябре и состоял из двух семестров. Утро обычно было посвящено теоретическим лекциям, а после обеда проходили дебаты на заранее заданные темы, как правило под руководством студентов старших курсов.

Николай учился в Академии вместе с братом Андреем. Оба они восхищались Краковом, столицей королевства. Вуз находился под покровительством

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
королевской семьи и богатых горожан. Академия, в которой обучалось более 2000 студентов, была обычным европейским учебным заведением и могла считаться одним из двух основных центров распространения идей Возрождения. Множество источников высоко оценивают роль Академии в создании новой культуры, которая была в Кракове ключом и изменила облик Европы. Об этом заведении похвально отзывался и сам Эразм Роттердамский, друг двух краковских епископов.

Краковская академия не только была образовательным учреждением, но и участвовала в жизни общества. Его ректор получил от короля поручение последовательно изложить перед Святым Престолом на ассамблее 1415 года аргументы против Тевтонского ордена. Любопытно отметить, что теологи Кракова за 100 лет до Бартоломе де лас Касаса, который выступал против миссионеров, пытавшихся насадить христианство среди американских аборигенов, высказывали похожие мысли о человеческом равенстве: «Нет разницы между христианами и язычниками в том, что касается права на жизнь и собственность, и пытаться обратить неверных с помощью оружия – бесчеловечно».

КРАКОВСКАЯ АКАДЕМИЯ: ПЕРВЫЕ 200 ЛЕТ

В 1364 году Казимир Великий получил согласие папы на открытие в Кракове, столице Польши, университета, второго в Центральной Европе. Заведение под названием *Studium Generale* начало работать в 1367 году, в его составе было три факультета: свободных искусств, медицины и права. Как и в университетах Болоньи и Падуи, студенты имели право сами избирать ректора. Преждевременная кончина короля в 1370 году нанесла тяжелый удар молодому университету, который потерял первоначальный импульс, его деятельность замерла. К счастью, в 1400 году к власти пришла династия Ягеллонов, имя которой университет носит сегодня, и научный центр возобновил работу под названием Краковской академии. Как и остальные средневековые университеты, Академия состояла из четырех факультетов. В обновленном университете, по образцу Парижского, ректор мог быть избран только из числа профессоров.

Страницы из *Album Studiosorum*, книги записи зарегистрированных студентов Краковской академии, 1491 год. В восьмой строке – имя Коперника.

Довольно скоро Академия стала важным культурным центром Европы, она славилась своими профессорами и студентами. Во второй половине XV века здесь процветали математика, астрономия и астрология. В первой половине XVI века Академия отвергла идеи Реформации. Ректор, сотрудничая с епископом, цензурировал печатные материалы, которые могли быть сочтены еретическими. Преподаватели, принявшие протестантизм, были вынуждены покинуть Академию и город. С этого момента Академия заняла жесткую схоластическую позицию, и количество выпускников значительно снизилось. И все же, несмотря на признаки инакомыслия, содержащиеся в фундаментальном труде Коперника, Краковская академия использовала его работу в учебной программе 1578-1580 годов.

Патио Коллегиум Майус Краковской академии. Сегодня это главное здание Ягеллонского университета.

КАФЕДРА МАТЕМАТИКИ

Одним из бриллиантов Академии была кафедра математики, пользовавшаяся авторитетом во всей Европе. Основанная в 1410 году, она считалась первой в своем роде. Здесь преподавали арифметику, евклидову геометрию, геометрическую оптику и различные предметы, связанные с астрономией.

В годы студенчества Коперника ярким персонажем в Краковской академии был, без сомнения, астроном Альберт Брудзевский, или Войцех из Брудзева (1445-1497). Несмотря на то что его преподавательская деятельность завершилась за год до поступления Коперника, ученый оказал влияние на юношу через своих учеников и тексты, написанные во время работы на кафедре. Среди них отметим комментарии к «Новой теории планет» (*Theoricæ Novæ Planetarum*) Георга фон Пурбаха (1423-1461).

Для студентов, интересующихся астрономией, Брудзевский открыл собственную обсерваторию. По всей видимости, именно здесь Коперник провел первые астрономические наблюдения. Брудзевский был большим новатором по части преподавания и знакомил студентов с самыми передовыми научными достижениями эпохи. Его комментарии к труду Пурбаха весьма помогли студентам математического факультета лучше понять птолемею систему и ее недостатки. Также Брудзевский привлек их внимание к «Альмагесту» и объяснил необходимость перевода великого труда Птолемея с оригинала на древнегреческом. Ученый скептически относился как к теориям Птолемея, так и к изучению особенностей орбиты Луны, и Коперник на всю жизнь воспринял эти идеи.

Стоит упомянуть влияние на юношу и Яна из Глогова (ок. 1445–1507), который в 1507 году опубликовал трактат об астрономических принципах в виде приложения к «Трактату о сфере» (Tractatus de sphaera) Иоанна Сакробоско (ок. 1195–1256). Считается, что Ян из Глогова очень повлиял на образование Коперника, особенно в отношении критического анализа геоцентрической теории. Его работа в Краковской академии была огромна: ученый написал несколько учебников по грамматике, логике, философии, географии, астрономии и астрологии, но особый интерес вызывают его предсказания о появлении Лютера. Кроме того, Ян был автором книги «Введение в искусство использования чисел» (Introduction in artem numerandi, 1497).

Математика [...] обладает не только истиной, но и высшей красотой – красотой холодной и суровой [...], и тем не менее утонченно чистой и способной к строгому совершенству, свойственному лишь величайшему искусству.

Бертран Рассел, «Мистицизм и логика», 1918

Разумеется, юный Коперник посещал множество курсов, связанных с астрономией, – мы знаем об этом благодаря подробным административным записям, которые велись в Академии. Некоторые документы доказывают, что в зимнем семестре 1491 года Коперник слушал курс Войцеха из Пнев De sphaera (основан на уже упомянутом «Трактате о сфере» Иоанна Сакробоско).

В этом же семестре, но в 1492 году, юноша посещал курс Бартоломея из Липницы по «Началам» Евклида. В летнем семестре 1493 года он слушал курс теории планет Симона из Серпца, курсы о таблицах затмений Бернарда из Бискупе и об астрологии Войцеха из Шамотул. В следующем семестре Коперник посещал курс Михала из Вроцлава Tabulae resolutae.

Есть подтверждения того, что в зимнем семестре 1494–1495 годов юноша слушал лекции Войцеха из Шамотул, которые касались четырех книг (Tetrabiblion) Птолемея. Не вдаваясь в лишние подробности, мы можем сделать вывод, что студент Коперник интересовался астрономической наукой.

И все же эти курсы по астрономии не давали систематических знаний. Они состояли из занятий математикой, на которых студентов познакомили с аристотелевской и птолемеевой системами устройства Вселенной и учили понимать календарь, вычислять даты праздничных дней, а также развивать прикладные навыки, необходимые, например, для навигации. Еще одной областью практического применения считалась астрология, в частности составление гороскопов и натальных карт на основании даты и времени рождения.

С другой стороны, на факультете присутствовали две разные системы взглядов, которые можно считать взаимодействием между средневековыми представлениями, начало которых лежит скорее в философской традиции, и развивающимися гуманистическими воззрениями, более присущими научному подходу. Студентам преподавали две разные космологические системы – натуралистов и математиков. Как уже было сказано, натуралисты объясняли модель гомоцентрических сфер Аристотеля как нечто реальное, а математики использовали птолемею модель как абстрактный инструмент для вычислений, который необязательно соответствует действительности, но позволяет достаточно точно предсказать движение планет. Весьма вероятно, что чуткий ум Коперника раздражало это несоответствие в области, где можно было ожидать полного согласия. Ученому не пристало использовать подобные трюки для толкования того, что доказано математически.

Известно, что во время обучения в Кракове Коперник приобрел несколько важных трудов: «Начала» Евклида, опубликованные в Венеции в 1482 году, экземпляр второго издания Альфонсовых таблиц, напечатанного также в Венеции, в 1492 году, и «Таблицы направлений и удалений» Региомонтана, опубликованные в Аугусте в 1490 году. Эти издания с пометками ученого на полях дошли до наших дней.

Судя по его библиотеке, мы можем прийти к выводу, что Николай Коперник собирал данные, которые позволили бы оспорить космологические идеи, прививаемые профессорами Академии. Книга Евклида иллюстрирует его тягу к геометрии, а обе книги астрономических таблиц соответствуют широко распространенным в то время в астрономическом сообществе взглядам.

Можно предположить, что студент, проявляющий такой интерес к астрономии, углублял свои знания и в тех разделах науки, которые не были объектом подробного рассмотрения в аудиториях. Хотя Коперник никогда не был студентом Войцеха из Брудзева, вполне возможно, что он посещал обсерваторию, которую ученый создал у себя дома. С 1444 года, во время преподавания профессора Яна из Олькуша, в коллегииум Майус было принято демонстрировать устройство и использование квадрантов и астролябий. В студенческие годы Коперника бывший профессор Академии Мартин Былица (1433-1493), придворный венгерский астроном, умер в Буде и завещал свои инструменты Академии, где они хранятся до сих пор. В 1494 году в Краков прибыли его библиотека, арабская астролябия XI века и небесный глобус (армиллярная сфера), изготовленный венским мастером Гансом Дорном около 1480 года.

Кроме формальных курсов и общения с профессурой, Академия позволяла своим студентам взаимодействовать с профессорами всей Европы, которые съезжались в Краков, привлеченные интеллектуальной атмосферой, толерантностью и культурным расцветом. Здесь образовалось профессиональное сообщество, которое создавало условия для интеллектуальной деятельности независимо от национальности и религиозных взглядов.

Разумеется, такой способный студент, как Коперник, познакомился с профессионалами в астрономии – области, которая интересовала его сильнее всего, и использовал эти связи для расширения знаний, полученных в аудиториях.

Гравюра с портретом Николая Коперника.

Пример астральной карты, или гороскопа.

В эпоху Коперника астрономия и астрология были смежными дисциплинами.

Книга «Трактат о сфере»

Сакробоско была написана около 1220 года и использовалась в европейских университетах в эпоху Коперника как справочник.

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ТАБЛИЦЫ

Так как количество известных небесных тел постоянно увеличивалось, возникла необходимость регистрировать их положение в разные периоды года. Первый известный каталог датируется III веком до н. э., его составил александрийский астроном Тимохарис (ок. 320-206 до н. э.) при помощи Аристилла Самосского (ок. 320-206 до н. э.). Справочник небесных тел приводит и Птолемей в своем «Альмагесте». Среди сохранившихся звездных каталогов достойны отдельного упоминания следующие.

Альфонсовы таблицы, созданные между 1252 и 1270 годами при поддержке Альфонсо X Мудрого (1221-1284), короля Кастилии и Леона, использовались для вычисления положения Солнца, Луны и планет согласно системе Птолемея. Они основывались на предшествующей работе андалузского арабского астронома XI века аз-Заркали (1029-1087). Их влияние на европейскую науку огромно.

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
Таблицы использовались даже в эпоху Ренессанса, в различных типографиях было напечатано множество их копий. Один из экземпляров принадлежал и Копернику.

Зидж Улугбека, который также называют Гурганским зиджем, был создан в Самарканде в 1437 году под руководством Улугбека (1394-1449), внука Тамерлана. Таблицы содержали описание движения Солнца, Луны и планет, а также сведения о тысяче и одной звезде. Эта работа основана на таблицах Зидж Ильхани, созданных в XIII веке персидским астрономом ат-Туси, который работал в Марагинской обсерватории в иранском Азербайджане. В отличие от Альфонсовых таблиц, Зидж Улугбека не оказал значимого влияния на европейскую астрономию, хотя и широко использовался восточными астрономами.

Одна из страниц Альфонсовых таблиц, названных так в честь короля Альфонса Мудрого. Эти астрономические таблицы в течение нескольких веков помогали европейским астрономам, включая Коперника, вычислять положение звезд.

АСТРОНОМИЯ ДО ПТОЛЕМЕЯ

Все цивилизации занимались наблюдениями за небом и, в зависимости от степени своей зрелости, пытались описать его с помощью разнообразных моделей: от чисто мифологических до религиозных и научных. Более 5000 лет назад египтяне пытались найти объяснение наблюдаемым небесным феноменам и соотносили их с событиями, влиявшими на судьбы отдельных людей и целых народов. Так родились тесно связанные друг с другом астрономия и астрология.

Одной из важных идей, разработанных древними египтянами в этой области, было понятие времени. Они отмечали его линейное течение и делили на циклы, связанные с природными феноменами (например, ежегодными разливами Нила). Кроме календарей, существуют археологические свидетельства, восходящие к II тысячелетию до н. э. и содержащие чрезвычайно точные предсказания траектории Венеры. Одним из примеров таких артефактов могут служить звездные часы, обнаруженные в могиле фараона Рамзеса VI в Долине Царей. Доказано, что уже за 1300 лет до н. э. египтяне идентифицировали 43 созвездия, пять видимых планет и обладали обширной информацией в области астрономии.

Китайским астрономам принадлежит самая первая из дошедших до нас записей о солнечном затмении, произошедшем примерно за 2700 лет до н. э. Вавилоняне, скорее всего, были первыми, кто примерно за 1800 лет до н. э. применил математику к изучению небосвода, в частности к наблюдению периодических явлений.

В Британском музее хранится глинописная табличка Амми-цадука (номер 63 в «Энума Ану Энлиль»), которая содержит список положений Венеры на протяжении 21 года, и это может считаться первым свидетельством систематического изучения планетных явлений.

Уже во время Новоавилонского царства на основании множества наблюдений халдеи смогли сделать эмпирические выводы о некоторых планетах. Нам неизвестно, создали они собственную космологию или нет, однако они определили, что Солнце движется по эклипике неравномерно, научились предсказывать затмения и составили первые каталоги известных звезд.

И тем не менее большинство таких наблюдений относились к донаучному периоду. Ни одна из этих цивилизаций (даже мезоамериканская или инкская, которым принадлежат точные инструменты измерения времени) не оставила моделей, учитывающих движение звезд или положение Земли по отношению к звездам. Их интерпретации положили начало космологиям, которые опирались больше на мифы, чем на строгую науку.

Впервые интерес к космологии, выходящей за рамки легенд, проявили греки. Фалес Милетский (624-545 до н. э.) предсказал солнечное затмение 29 мая 585 года до н. э. Он считал, что Земля – это диск, плавающий в море, закрытый небесным куполом, на котором находятся звезды. В том же столетии Анаксимандр (610-547 до н. э.) предложил модель, согласно которой обитаемая

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
Земля была частью цилиндра и находилась в центре мира. Диаметр цилиндра был в три раза больше его высоты. Солнце, Луна и планеты были отверстиями в невидимых кольцах, вращающихся вокруг Земли. Пифагор (570–490 до н. э.), в свою очередь, предложил считать Землю, а также всю Вселенную сферами. В целях упрощения навигации Ти-мохарис Александрийский (ок. 320–260 до н. э.) и Аристилл (III век до н. э.) составили каталог видимых положений различных звезд.

Графическая реконструкция космологической модели

Анаксимандра: слева – летний день, справа – зимняя ночь. Солнце, Луна и планеты представляются отверстиями в невидимых кольцах, окружающих Землю.

Известно, что Аристарх Самосский (ок. 310–230 до н. э.) впервые предложил модель, в которой Земля вращалась вокруг Солнца, а не наоборот. Эта идея не была принята его современниками, поскольку противоречила ежедневным впечатлениям, согласно которым наша планета неподвижна. У Аристарха было немного последователей, и в дальнейшем астрономы продолжали придерживаться геоцентрической точки зрения.

Эратосфен (276–194 до н. э.) в первом приближении измерил расстояние до Солнца и Луны, определил размеры обоих светил по отношению к Земле и с большой точностью вычислил земную окружность – это открытие считается одним из фундаментальных событий в истории науки. Гиппарх Никейский (ок. 190–120 до н. э.) заметил прецессию равноденствий, изучал движение Луны и определил продолжительность года. И только Плутарх из Херонеи (ок. 45–127), автор «Сравнительных жизнеописаний», уже в христианскую эпоху указывал, что Вселенная, если она бесконечна, не может иметь центра.

Коперник в годы учебы в Кракове изучал труды всех этих астрономов. Большая часть сведений была приведена в виде ссылок в текстах, написанных значительно позднее, и это заставило пытливого юношу искать более ранние источники, предпочтительно на языке оригинала. Так возник его интерес к древнегреческому языку. Коперник изучил его довольно быстро и погрузился в волнующий мир астрономии.

Как уже было сказано, в те годы в научной сфере доминировали идеи Аристотеля (384–322 до н. э.), актуальные спустя почти 2000 лет после публикации. Его представление о космосе было основано на чисто философском подходе. По Аристотелю, Вселенная состоит из двух частей – земной и небесной. В земной части все существа представляют собой комбинацию четырех первоэлементов: земли, огня, воздуха и воды.

Согласно Аристотелю, части Вселенной, находящиеся за Луной, а именно Солнце, планеты и звезды, состоят из пятого элемента – эфира – чистой и совершенной субстанции, отличной от первоэлементов, образующих Землю. Границу между двумя частями космоса обозначает Луна; таким образом, земная часть называется подлунной, а небеса – надлунным миром. Луна, находясь на границе двух зон, состоит из этого пятого элемента, но она загрязнена из-за близости к нашей планете.

Для подлунного мира характерно состояние покоя, в то время как надлунный мир находится в постоянном движении, следуя по идеальным круговым траекториям, так как окружность и сфера, по Аристотелю, – геометрические фигуры, воплощающие совершенство. Солнце, Луна, блуждающие звезды (планеты) и неподвижные звезды состоят из эфира и заключены в стеклянные сферы. Все эти сферы связаны друг с другом гомоцентрично (то есть имеют один и тот же центр).

Представление космологической модели Аристотеля, идеи которого выдержали 2000 лет. Вселенная разделена на две части: подлунный мир, состоящий из четырех первоэлементов, и надлунный – пятый элемент. Земля находится в центре, но она несовершенна, не полностью сферична.

За Луной, наоборот, все совершенное – круглое, равномерно движущееся, – а светила состоят из эфира, имеют сферическую форму и заключены в стеклянные сферы. Вся эта логическая конструкция была разрушена в ходе научной

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org революции, начатой Коперником.

Представление Аристотеля о космосе сегодня кажется совершенно оторванным от науки. Когда некоторые астрономы пытались опровергнуть эти взгляды с помощью экспериментальных данных, полученных в ходе наблюдений за светилами, это приводило к усложнению модели, но не отказу от нее. Эти же идеи были изложены и в «Альмагесте» Клавдия Птолемея (ок. 100–170). В этом труде александрийский астроном описал свое видение космоса, в котором неподвижная Земля находится в центре Вселенной. Геоцентрическая модель закрепилась так надолго, потому что нашла отклик в социально– политической среде. Она соответствовала и господствующим представлениям Аристотеля, и аргументам, которые через 150 лет совпали с теориями Церкви. И лишь спустя 13 веков Коперник продемонстрировал, что наша Солнечная система вращается вокруг Солнца.

Во времена Коперника птолемея модель считалась математической уловкой, мостом между космологическими представлениями, поддерживаемыми философией и религией, и эмпирическими измерениями, производимыми астрономами. Эта дилемма сопровождала ученого до конца его дней. Решение предложить другую систему и, прежде всего, допустить, что речь идет не о новой математической игре, а о физической реальности, скорее всего, вызывало у Коперника тяжелые сомнения на протяжении всей жизни.

ВРЕМЯ ПЕРЕМЕН

Во время учебы Коперник вступил в контакт с так называемым Надвислянским обществом – культурной ассоциацией, основанной в 1489 году видным немецким гуманистом Конрадом Цельтисом (1459–1508). Здесь обсуждали переоценку платонизма по отношению к господствующим аристотелевским идеям.

В ассоциации собрались беспокойные люди: молодые профессора, духовные лица, разделяющие современные идеи, просвещенные члены краковского общества. Они обсуждали литературу, историю, философию, географию и науку. В дебатах зарождались мнения, противоречащие традиционной схоластике, и в скором времени более консервативные круги стали считать членов общества иконоборцами. Во встречах принимали участие даже женщины, что было еще одним важным новшеством. По сути, речь шла о культурном пламени, которое распространяло жар новых идей Возрождения, как это уже происходило во многих европейских университетах. Краков был столицей Польского королевства, и, как в Париже и Риме, общество начинало чувствовать ветер перемен. Тот же самый Цельтис, оказавший большое влияние на польскую элиту, прибыл в Краков, чтобы изучать математику и астрономию с Войцехом из Брудзева. Общаясь с другими членами ассоциации, Коперник оценил богатство греческой и римской мысли и почувствовал интерес к чтению классиков на латыни.

В 1489 году в Кракове появился экземпляр книги «О солнце и свете» (De sole et lumine) Марсилио Фичино, знаменитого гуманиста и философа–неоплатоника, который в эти годы преподавал во Флорентийском университете. Возможно, чтение и обсуждение этого труда в Надвислянском обществе заронило в разум Коперника зерно нового космологического видения. Фичино, исключительно с философской точки зрения, полагал, что Солнце находится в центре Вселенной, в соответствии с неоплатоническими идеями. В фундаментальном труде Коперника «О вращении небесных сфер» можно найти абзацы, которые могут быть связаны с предшествовавшим прочтением флорентийского автора: «Кто-то называет его (Солнце) фонарем мира. [...] Так Солнце [...] правит семейством светил, которые образуют его корону».

Таким образом, в молодом студенте, который проникался новыми знаниями, получаемыми от преподавателей, встретились две дополняющие друг друга силы. С одной стороны, это захватывающие неоплатонические и пифагорейские идеи, бросающие вызов аристотелевским представлениям о мире, с другой – математические понятия, постепенно формирующиеся в его голове. Однако Коперник был ученым в современном смысле и не мог просто заявить о своей приверженности той или иной модели. Он уважал работу, проделанную Птолемеем, и стал бы оспаривать его модель только на основании достаточно количества теоретических и экспериментальных доказательств. Коперник не принимал умозрительный подход и собирался обосновать свою систему математическими и астрономическими исследованиями.

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
Коперник подходил к проблеме издалека, начав с изучения всех доступных ему трудов классиков. Копирование и критическое прочтение текстов заняло много лет. Он понимал, что необходимо тщательно обосновать критику Птолемея, и эта задача заняла у Коперника не только университетские годы, но и большую часть жизни.

Он должен был тщательно проверить вычисления греческих астрономов, в частности Клавдия Птолемея. Только проанализировав и дополнив их своими измерениями и результатами других астрономов, ученый мог чувствовать себя вправе опровергнуть доктрину, которой он восхищался как хорошо сделанной научной работой (хотя и считал при этом неверной). Коперник был в некотором смысле чистым гуманистом: в нем естественным образом сочетались классические идеи греков и римлян и современный научный подход, трансформирующий философское представление о Вселенной.

ЭРА ОТКРЫТИЙ

Вторая половина XV – первая половина XVI века считаются исторической эпохой, в течение которой были сделаны основные географические открытия. До этого периода европейцы поддерживали торговые отношения по суше с Центральной Азией, Китаем и Индией, а также с Северной Африкой, но в течение примерно 100 лет открылись морские пути в Америку, Африку и Азию. В этом смысле открытие Америки обозначило смену парадигмы в отношении нашей планеты, эквивалентную той, что произошла в это же время с моделью космоса. Исследователи, основываясь на забытых знаниях или смелых предположениях, пускались в рискованные путешествия, которые многим из них стоили богатства или жизни, а часто и того, и другого.

Португальские пионеры и испанские исследователи

В этих предприятиях участвовали в основном Испания и Португалия, и поначалу такие затеи казались абсурдными. Португальцы начали эру открытий, отправившись к южной оконечности Африки. В 1482 году Диогу Кан достиг устья реки Конго. Шесть лет спустя Бартоломеу Диаш обогнул мыс Доброй Надежды и достиг Индийского океана. Васко да Гама добрался до Индии в 1498 году. Испанцы под командованием генуэзца Христофора Колумба первыми достигли нового континента, путешествуя на запад с целью прибыть на восток, так как предполагали, что Земля имеет форму сферы. В 1492 году они обнаружили Вест-Индию, в дальнейшем названную Америкой. Также испанская корона поддержала кругосветное плавание, состоявшееся в 1519–1522 годах, сначала под командованием португальца Фернана Магеллана, а затем, после его смерти, испанца Хуана Себастьяна Элькано. Это путешествие положило конец сомнениям о сферической форме нашей планеты. Шарообразная форма Земли была впервые подтверждена эмпирически!

В эпоху Возрождения прибытие Колумба в Америку положило начало новому представлению об устройстве Земли, точно так же как великий труд Коперника открыл новое представление об устройстве космоса.

Мы не можем отрицать, что Краков и особенно Краковская академия сыграли в жизни ученого решающую роль, – да он и сам неоднократно подтверждал это. В письме от 22 ноября 1542 года Войцех Капринус, обращаясь к Самуэлю Мацеёвскому, будущему епископу краковскому, утверждает:

«Николай Коперник [...] в нашем университете вывел принципы своих удивительных математических трудов, уже написанных и тех, которые еще только готовятся к публикации, [...] он этого не отрицает [...] и даже, наоборот, подтверждает, что обязан всем нашей Академии».

Нужно подчеркнуть, что влияние этого крупного университета подтолкнуло развитие идей Возрождения во всей Польше. Краковская академия была базой для сотрудничества видных исследователей, представлявших самые разные ветви науки. Она облегчала обмен идеями и превратилась в идеальную среду для взращивания будущей польской науки.

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
Именно тут Коперник начал использовать латинскую версию своего имени, отказавшись от написаний *Kopernik* или *Kopernigk*. Мы можем предположить, что таким образом он надеялся придать своим работам больший вес. В Кракове времен Коперника произошли и другие события, о которых стоит упомянуть. В 1491 году, когда юноша попал в Академию, была основана первая бумажная фабрика Польского королевства. Ее создателем был член Надвислянского общества Фридерик Шиллинг, возможно внук Анны Шиллинг, о которой мы расскажем дальше.

Также в 1492 году умер Казимир IV, а затем Академия была опустошена пожаром. Новый король, Ян I Ольбрахт, в следующем году посетил учебное заведение и лично контролировал реконструкцию пострадавших зданий. В этот год появились известия о заморских открытиях, сделанных во имя кастильской короны генуэзским моряком, который бросил вызов господствующим представлениям о земной географии.

В Средние века бранный мир, наряду с дьяволом и слабой плотью, был одним из так называемых «врагов человека». Теперь же, напротив, мир лежал здесь же, в пределах досягаемости, он был открыт великим исследователям и астрономам. Знание о земной поверхности, до сих пор ограниченное тремя континентами, впечатляюще расширилось. С этого года и до самой смерти Коперника новый огромный континент, Америка, будет расширять границы известных территорий.

Мы можем только представить интеллектуальное волнение, которое этот факт должен был вызвать в университетах Европы. Открытие того, что, двигаясь на запад, можно достичь твердой суши, разрушило общепринятые представления о географии. Возможно, что-то подобное могло случиться и с другими областями науки. Возникли новые вопросы, на которые неоплатоники пытались найти ответ. Дверь к изменениям начала открываться.

ДРЕВНИЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

До появления телескопа, изобретенного в Голландии в 1608 году, для определения положения светил использовали другие инструменты. Большая часть этих устройств использовалась для навигации, так как по положению звезд можно вычислить точное расположение судна. Копернику были доступны лишь устаревшие с современной точки зрения инструменты. В своих наблюдениях он вынужден был использовать устройства, не слишком отличавшиеся от тех, что были под рукой у древнегреческих астрономов, в частности у Птолемея. Коперник научился работать с ними в Краковской академии, воспользовавшись, без сомнения, подарком Мартина Былицы.

Самыми распространенными инструментами астрономов во времена Коперника были квадрант, секстант, трикветрум, астролябия и армиллярная сфера (сохранилось множество их экземпляров). Изобретение телескопа и других измерительных инструментов постепенно сделало эти приборы музейными экспонатами.

Большая часть таких устройств придумана древнегреческими астрономами, хотя возможно, что они переняли их у предшествующих культур. Известно, например, что солнечные часы гораздо раньше греков использовали египтяне и вавилоняне, однако невозможно определить, было ли это до V века до н. э.

Квадрант позволяет измерять углы по отношению к вертикали. С помощью шкалы, которая соответствует четверти окружности, связанного с ней отвеса и окуляра, который направляется на наблюдаемое светило, можно определить его положение в конкретное время в конкретном месте. Последовательные измерения в течение года позволяют определить движение объекта по небу. На странице 46 проиллюстрированы такие измерения. Простые тригонометрические построения показывают, что угол между прямой наблюдению (глаз – светило) и линией горизонта равен углу, образуемому отвесом и другим прямым углом квадранта. Таким образом, сфокусировавшись на светиле, мы можем получить его высоту, считывая положение отвеса по отношению к градуированной дуге квадранта. Астрономический секстант, в отличие от навигационного секстанта, более современного и сложного инструмента, является вариантом квадранта, но с дугой менее 90°.

Он широко использовался в Средние века, и даже Тихо Браге (1546–1601) во второй половине XVI века с его помощью проводил некоторые измерения. Известны стенные секстанты, сконструированные некоторыми восточными астрономами, в частности до наших дней в Самарканде сохранился 40-метровый

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
секстант Улугбека (1394-1449). Сложность постройки таких инструментов вознаграждалась высокой точностью получаемых результатов.

Эти гигантские инструменты должны были конструироваться таким образом, чтобы их дуга совпадала с меридианом местности, в которой проводились наблюдения. Из-за размеров секстанты обычно располагались под землей и имели отверстие, через которое солнечные лучи попадали внутрь. Секстант, изображенный справа вверху на странице 45, использует двойную шкалу с градусами и минутами.

Стенной квадрант, или квадрант Тихо Браге. Большой стенной квадрант Тихо Браге, описанный в его «Механике обновленной астрономии» (1598).

Секстант, сконструированный султаном Улугбеком в Самарканде около 1428 года.

Коперник и его астрономические инструменты.

КВАДРАНТ

Так как во времена Коперника телескоп еще не был изобретен, астрономы были вынуждены использовать для наблюдений и измерений более простые инструменты, хотя это не помешало им изменить наше представление о мире! Самым простым был квадрант, который позволял измерить угол между направлением на звезду и вертикалью, получив, таким образом, высоту.

На рисунке приведен способ измерения высоты с помощью квадранта. На рисунке справа – координаты звезды. Азимут определяют с помощью компаса, а высоту – с помощью квадранта.

Ежедневно наблюдая положение Солнца по лучам света, падающего на секстант, с помощью измерений основных параметров можно определить годовые циклы. Используя такой прибор, султан и астроном Улугбек с высокой точностью измерил длительность года. Более точных результатов достиг лишь Коперник 100 лет спустя.

Более сложным инструментом является астролябия, позволяющая производить более полные измерения для конкретной широты. В основе прибора – стереографическая проекция небесного свода. Сам прибор состоит из трех частей, вкладывающихся друг в друга (см. следующую страницу), – внешней градуированной окружности, тарелки или рамки, и двух дисков, вставляющихся один в другой. Внутренний диск, называемый пауком, содержит вращающуюся стрелку, закрепленную в центре, которую называют алидада. Оставшийся диск фиксируется между пауком и тарелкой, он зависит от широты места, на котором производится наблюдение. Этот диск называется пластинкой, или тимпаном. Этот инструмент был усовершенствован арабами, но известно, что его использовали и древнегреческие астрономы, хотя они и не знали имени изобретателя.

Рисунок объясняет устройство инструмента. Элемент, называемый тимпаном, соответствует проекции неба на плоскость, то есть двумерной карте неба, наблюдаемого в конкретной местности. При наблюдении в других местностях следует использовать соответствующий тимпан. На этом диске выгравированы координаты небесной сферы, соответствующие конкретной широте, в том числе зенит, горизонт, линии высоты, азимута, небесного экватора, эклиптики и тропиков Рака и Козерога. Астролябию подвешивают вертикально за отверстие в верхней части. Край тарелки проградуирован в градусах и часто также в минутах. В свою очередь, паук может вращаться и представляет собой прозрачную планисферу с позициями Солнца, Луны и самых ярких звезд. Над пауком указатель алидады поворачивается в направлении искомого светила. Например, при направлении на Солнце алидада будет показывать местное время.

Армиллярная сфера, в отличие от описанных инструментов, является трехмерной картой неба, включающей известные движения различных светил. Ее изобретение приписывается Эратосфену, хотя точных доказательств этому нет. По сути,

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
астролябия является двумерной реализацией принципа армиллярной сферы. В Китае армиллярные сферы конструировали в I веке до н. э., некоторые из них могли вращаться с помощью хитроумных гидравлических механизмов.

В левой части рисунка – составные части астролябии. Справа – собранная астролябия.

Тарелка градуирована и содержит внутри два диска, вставленные один в другой, – тимпан и паук; к центру паука крепится алидада.

Армиллярная сфера, в сущности, является моделью небесных тел с набором окружностей, изображающих небесную широту и долготу, в центре которых находится Земля, и другими важными астрономическими деталями, такими как эклиптика.

Не следует путать армиллярную сферу и небесный глобус. Небесный глобус – не что иное, как представление небосвода, изображающее видимые позиции звезд на небе; на нем нет Солнца, Луны и планет, так как их позиция изменяется слишком быстро.

Армиллярная сфера, напротив (иллюстрация вверху справа на следующей странице), состоит из совокупности колец, изображающих основные воображаемые окружности, используемые для описания неба. На первом рисунке армиллярной сферы с предыдущей страницы изображены: небесный экватор (A), эклиптика (B), оба тропика – Рака (C) и Козерога (D), оба полярных круга (соответственно, E и F), колюр равноденствий (G) и колюр солнцестояний (H).

Компоненты армиллярной сферы. Если астролябия является стереографической проекцией небосвода, то армиллярная сфера – это ее трехмерная версия.

Армиллярная сфера, хранящаяся в Краковском университете, где Коперник начал изучение астрономии.

Объяснение самых важных кругов небесной сферы, среди которых эклиптика и небесный экватор, и двух небесных полюсов – Северного и Южного.

Внутри этих окружностей находится маленький земной шар, полюса которого ориентированы соответственно небесным полюсам и образуют ось (иллюстрация внизу предыдущей страницы). Земля может вращаться вокруг этой оси таким образом, что конкретный меридиан сможет совпасть с любым небесным меридианом. Вращение внутренней сферы может имитировать вращение нашей планеты или же через вращение наружной сферы можно имитировать движение неба с точки зрения земного наблюдателя. Передвигая меридианы и элементы, можно измерять положение светил.

И наконец, трикветрум, или линейка Птолемея, – древний астрономический инструмент, использовавшийся для измерения зенитных расстояний и высоты небесных тел. Птолемей впервые описал его в своем «Альмагесте», назвав параллактическим инструментом. Существуют доказательства того, что он использовался для измерения параллакса Луны, о чем мы более подробно поговорим далее.

Этот инструмент может выполнять функцию, аналогичную астролябии, но дает более точные результаты, так как его конструкция весьма проста. Он состоит из вертикального плеча с градуированной линейкой, двух вращающихся плеч, соединенных шарнирами, и верхнего плеча с отвесом. Два плеча соединены таким образом, что могут скользить. Когда наблюдатель совмещает небесный объект с отвесом верхнего плеча, нижнее плечо изменяет угол наклона. Показание, считываемое на линейке, в комбинации с высотой дает зенитное расстояние. Этот инструмент был очень популярен до распространения телескопа Гюйгенса.

Кроме того факта, что Коперник научился пользоваться этими инструментами в Кракове, есть свидетельства, что он пользовался ими в течение всей жизни.

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
Например, ученый использовал армиллярную сферу, секстант и трикветрум, которые явно упомянуты в его фундаментальном труде «О вращении небесных сфер». Поэтому мы можем быть почти уверены, что у него была также астрольбия и, возможно, переносной квадрант.

Трикветрум Коперника, астрономический инструмент, широко использовавшийся до изобретения телескопа. Коперник упоминает его в одном из своих трудов как *Instrumenti parallacticī constructio*.

ПЕРЕЕЗД В ИТАЛИЮ

Пока братья Коперники учились в Краковской академии, дядя Лукаш в 1489 году получил пост епископа Вармии. В 1495 году, узнав о смерти Яна Занау, каноника Фромборка, он запросил этот пост для Николая и посоветовал племяннику отправиться сюда, чтобы оказать давление на капитул, хотя Николай еще не получил степень магистра (в то время это было нормальным). Эта стратегия, однако, не увенчалась успехом. Капитул опасался увеличения влияния епископа и ответил на этот запрос отказом. Разумеется, путешествие в родной город было благотворным для студента. Убедившись в безрезультатности затеи, он переехал ко двору дяди в Ольштын (центр епископской власти).

Тем не менее епископ Ватценроде строил амбициозные планы насчет племянников. На следующий год во дворце епископа в Лидзбарке прошли выборы полномочного представителя при Святом Престоле епархий Северной Польши в их противостоянии Тевтонскому ордену. Выбор пал на секретаря Лукаша Ватценроде, Ежи Пранге, который сразу же отправился в Рим. Дядя Лукаш воспользовался своим влиянием, и Николая назначили сопровождающим. Он не получил титул каноника, но смог продолжить образование в Италии, улучшая послужной список в ожидании подходящего случая в будущем. Для Николая переезд стал возможностью упрочить знакомство с классическими источниками.

Глава 2 Годы в Италии

В конце XV века Италия была колыбелью искусства, науки и философии. Новые идеи, покровительство со стороны дворянства и дух свободы, которым она дышала, привлекали сюда самые светлые умы Европы. Для такого ученого, как Коперник, это была идеальная среда для завершения образования. Однако чтобы обеспечить будущее и иметь возможность реализовать свою мечту, ему приходилось сочетать изучение астрономии с более практическими дисциплинами, такими как право и медицина.

В 1496 году Коперник совершил свое первое путешествие в Италию. После нескольких лет интенсивной учебы в Кракове поездка к колыбели идей Возрождения должна была послужить важным стимулом для молодого ученого. В это время в стране то тут, то там вспыхивали вооруженные конфликты между мини-государствами, подогреваемые вторжениями французской и испанской армий.

Италия переживала кризис ценностей Средневековья, которые стали теперь объектом всевозможных споров. Критический ум отбрасывал предвзятые идеи, все более популярным становилось свободомыслие как способ обретения знаний. Наука воспринималась как возможность трансформации, и не за горами было рождение нового мировоззрения, которое впоследствии привело к необратимым изменениям в европейском обществе. Изобретение книгопечатания, использование компаса, открытие плавления металлов, микроскопа и телескопа – вот важные вехи той эпохи. Добавим сюда открытие новых земель, подтверждение сферической формы Земли, открытие кровообращения – и это не говоря о гелиоцентрической модели, которую вынашивал Коперник. В Италии в тот период работало десять университетов, старейшим из них был Болонский, основанный в 1088 году. Эти учебные заведения в большей или меньшей степени были эпицентром изменений, именно они вызвали эпохальный прорыв.

Связи между Польшей и итальянскими университетами восходят к XIII веку. В 1271 году ректором Падуанского университета был избран Миколай Поляк, в то время как Ян Поляк стал ректором университета в Болонье. С 1448 по 1471 год пять польских ученых руководили кафедрами астрономии и математики в Болонском университете. Благодаря латыни как языку науки в это время был

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
возможен плодотворный для высших учебных заведений обмен. Так что Николай Коперник оказался в Болонье не случайно: там обучался его дядя и работали польские математики и астрономы, а некоторые из них даже преподавали в его альма-матер, Краковской академии.

Коперник остался в Италии на семь лет, здесь он продолжил и углубил образование, а также получил доступ к классическим трудам по астрономии, которые так его интересовали. Впрочем, этот интерес ученый в течение всей жизни совмещал с другими самыми разнообразными занятиями.

УЧЕБА В БОЛОНЬЕ

Сохранились записи, подтверждающие любопытный факт: Николай Коперник был записан в Болонском университете как представитель так называемой немецкой нации, хотя он происходил из семьи, отличившейся в борьбе против тевтонского угнетения. Впрочем, это всего лишь административные данные – очевидно, что одной из отрицательных черт европейских университетов была бюрократия. На самом деле немецкая национальность объединяла многих студентов Центральной Европы: не только сами немцы, но и чехи, бельгийцы, поляки, венгры, литовцы и даже датчане и шведы фигурировали в административных ведомостях как немцы. Этот факт свидетельствует о стремлении немцев к гегемонии на этих территориях по замыслу Священной Римской империи.

Студенты на фрагменте гробницы знаменитого итальянского юриста Джованни да Леньяно, который был *utriusque iuris doctor* (доктором обоих видов права: гражданского и канонического) Болонского университета. Коперник изучал право в этом университете, чтобы придать образованию более практический характер.

Герб Болонского университета, старейшего в Европе, отпраздновавшего свое 900-летие.

Студенты «немецкой нации», в число которых был записан в университете Коперник.

Молодой Николай последовал воле дяди и поступил на факультет юриспруденции, имевший в Болонском университете длинную историю. Это не было лучшим вариантом, но выбор Ватценроде был продиктован желанием дать племяннику образование, которое открывало бы ему доступ к службе в церковной администрации. Так или иначе, юноша оказался на факультете юриспруденции и занялся изучением основополагающих трудов Фомы Аквинского. В этой традиции позитивное право было подчинено каноническим указаниям, которые всегда имели преимущество в конфликтных ситуациях. И все же проникновение новых идей, возвращающих к жизни греческую философию и римское право, постепенно подтачивало атомистические установки. Представление о государстве, не подчиненном церковной власти, завоевало авторитет в Болонье, было поддержано Борджиа и получило свое развитие в работе Макиавелли.

НОВАРА, ПРОФЕССОР БОЛОНЬИ

Коперник провел в Болонском университете четыре года. Некоторые источники говорят, что он жил в доме Доминико Марии Новары, профессора астрономии и астрологии. Другие указывают, что юноша арендовал дом в окрестностях церкви Сан-Сальваторе. Второй вариант вполне возможен, поскольку Коперник располагал необходимыми для этого средствами, особенно после того как Вармийский капитул предоставил ему должность каноника.

Формальное вступление в эту важную должность представляло некоторые проблемы, ведь Коперник находился вдалеке от Польши. Впрочем, влиятельный дядя разрешил все сложности с помощью двух заместителей, которые были назначены Коперником во время церемонии, состоявшейся 20 октября 1497 года в епископском дворце в Болонье.

Под параллаксом понимают смещение или разницу в видимом положении предмета, наблюдаемом из двух разных точек. Более близкие объекты имеют больший параллакс по сравнению с более удаленными от наблюдателя, так что эти измерения можно использовать для определения расстояний на небосводе. Лунный параллакс – угол с вершиной в центре Луны и стороной, пересекающей экватор Земли. Лунный параллакс имел большое значение для критики трудов Птолемея: он позволил Копернику найти ошибку в теории александрийского астронома. По Птолемею, расстояние от Земли до Луны изменялось в зависимости от фазы Луны. Коперник в течение своей жизни выполнил множество измерений, продемонстрировав ошибочность этой гипотезы. Известны даты и места измерений лунного параллакса, сделанных Коперником: самое первое было сделано совместно с его преподавателем, доктором Новарой, в Болонье в 1497 году. Лунный параллакс из конкретного места можно измерить, наблюдая за лунными затмениями. Впервые этот способ был применен Аристархом Самосским и Гиппархом Никейским. Гиппарх использовал этот способ, чтобы определить расстояние до Солнца и Луны по отношению к размерам Земли.

В Болонье мой синьор не столько как ученик, сколько как помощник и свидетель наблюдений высокоученого маэстро Доминико Марии [...], делал свои записи с максимальной аккуратностью.

Ретик, «Первое повествование»

Как мы уже говорили, новый каноник Вармии, будучи студентом юридического факультета, посвятил часть времени изучению древнегреческого языка, что позволило ему читать интересующие его источники в оригинале. Так Коперник смог основательно изучить труды Пифагора, Платона, Аристотеля и Птолемея.

Независимо от того, жил или нет Коперник в доме Новары, как это обычно утверждается, профессор оказал сильное влияние на своего студента. Николай посещал его курсы в Болонском университете, где Новара преподавал с 1479 года. Этот астроном, выросший на неоплатонических теориях, обладал страстью к наблюдениям, которая должна была очаровать Николая. Сначала Коперник был его студентом, затем учеником и, наконец, коллегой. Результатом этой совместной работы стали измерения, на основании которых польский астроном впоследствии выстроит свою новую теорию. Например, 9 марта 1497 года ученые сделали важнейшее наблюдение: в эту ночь Луна затмила Альдебаран, и это позволило установить, что, в отличие от предсказаний Птолемея, расстояние между Землей и Луной не подвержено изменениям в зависимости от фазы Луны. Говоря астрономическим языком, параллакс (см. врезку на предыдущей странице) между светилами не изменялся.

ПЕРВЫЕ ГЕОЦЕНТРИЧЕСКИЕ ИДЕИ

До нас дошли немногие космологические идеи Доминико Марии Новары, но маловероятно, что учитель Коперника ставил под сомнение птолемею модель либо господствующий геоцентризм, утверждаемый в последовательном развитии идей Птолемея. Если сегодня заходит разговор о геоцентризме, широкая публика понимает это чрезвычайно упрощенно: неподвижная Земля в центре, а вокруг нее светила описывают окружности. Однако классические космологические модели были гораздо более сложными.

Мы уже упоминали космологию Аристотеля. Без сомнения, в качестве объяснения реальности эта система обладает рядом преимуществ: она проста и не противоречит тому, что мы можем наблюдать невооруженным глазом, не прибегая ни к каким инструментам. Авторитет Аристотеля и соответствие его модели ежедневному опыту в части наблюдаемого движения светил на века закрепили аристотелевскую систему в качестве фундамента западной астрономической мысли.

Однако применение математики, и в особенности тригонометрии, а также тщательные наблюдения многих астрономов позволили уточнить эту модель, объяснить некоторые феномены, на первый взгляд противоречащие некоторым ее деталям – например, возвратное движение планет. На примере Марса (страница 63, рисунок 1) понятно, что обычно планета перемещается с востока на запад. Но иногда видимое движение происходит с запада на восток. На рисунке

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
стрелки справа налево указывают нормальное перемещение, а стрелка в центре – возвратное (или попятное).

Евдокс Книдский (ок. 390–337 до н.э.), ученик Платона и Архита Тарентского, разработал математическое объяснение астрономической модели Платона, предполагая равномерное круговое движение во всех наблюдаемых в небе явлениях. Его труды не сохранились, до нас дошли лишь ссылки на его работы, хотя Евдоксу приписывается введение понятия небесной сферы, поделенной на широты и долготы.

- Земля является центром Вселенной.
- Все небесные тела движутся по кругу.
- Движение небесных тел всегда равномерно.
- Центр траектории любого небесного движения совпадает с центром этого движения.
- Центр всех небесных движений – центр Вселенной.

Мы не знаем, на что Евдокс опирался, вводя эти принципы, но можем предположить непосредственное влияние его соученика Аристотеля и аристотелевского представления о космосе. Также мы должны учесть состояние математической науки в то время, с точки зрения которой было гораздо проще обосновать круговое и равномерное движение.

Евдокс объяснял поведение светил таким образом: небесные тела, на самом деле являющиеся точками, двигаются по совокупности сфер. Неподвижные звезды с их круговым и равномерным движением привязаны к отдельной сфере, которая равномерно вращается вокруг нашей планеты. Все оставшиеся светила, движение которых не является ни круговым, ни равномерным, Евдокс разместил на концентрических сферах. Он предположил, что три сферы существуют для Солнца, три – для Луны и по четыре – для каждой планеты. Каждая такая сфера соединена полюсами с внешней сферой. Оси каждой сферы из совокупности ориентированы по-разному, и каждая сфера вращается вокруг своей оси независимо. На рисунке 2 изображен пример планетарных сфер и их осей вращения.

Самая внешняя сфера обращается ежедневно в направлении восток–запад по отношению к небесному экватору, ее ось ориентирована с севера на юг. Период обращения равен сидерическому дню. Ось следующей сферы образует угол в 24° по отношению к первой, и сфера вращается с запада на восток. Период обращения для каждой планеты свой: один месяц для Луны, один год для Солнца, Меркурия и Венеры, два года для Марса, 12 лет для Юпитера и 30 – для Сатурна.

Две следующие сферы называются синодическими. После полного оборота первой сферы планета снова оказывается в той же точке неба по отношению к Солнцу (если наблюдать с Земли) – это называется синодическим периодом. Полюса сферы находятся в плоскости эклиптики и вращаются с юга на север. Период обращения этой сферы равен 110 дням для Меркурия, 570 дням для Венеры, 260 дням для Марса и примерно 390 дням для Юпитера и Сатурна. Последняя внутренняя сфера вращается с таким же периодом, как предыдущая, но в направлении север–юг. Эти сферы вращаются вместе таким образом, что планета при наблюдении из центра, где находится Земля, описывает кривую, хорошо известную Евдоксу, – гиппопеду. На рисунке сверху изображены две внутренние сферы; планета находится в точке P, комбинация двух сфер при своем движении заставляет планету описывать гиппопеду.

РИС. 1

РИС. 2

На рисунке изображено попятное движение Марса, как мы можем наблюдать его в некоторые моменты с Земли: от 41 до 42 он перемещается с востока на запад, но с 42 до 44 – с запада на восток; наконец, от 44 до 45 планета снова движется с востока на запад. Внизу можно увидеть схему четырех небесных сфер и их осей, которые, согласно Евдоксу, есть у каждой планеты. Земля

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
фиксирована в центре; планета – точка на внешней сфере.

Модель завершают третьи сферы для Солнца и Луны, оси которых лежат в плоскости эклиптики и которые объясняют некоторые колебания светила на своей орбите в направлении север-юг. С точки зрения Евдокса, светила движутся по концентрическим сферам, объединенным в восемь групп – одна для неподвижных звезд и по одной для каждой планеты, Солнца и Луны. Таким образом, Евдокс первым объяснил попятное движение планет. Это было блестящее решение, хотя оно и оставляло открытыми некоторые вопросы, слишком сложные для IV века до н.э. Даже сегодня в компьютерных симуляциях непросто подобрать параметры модели, чтобы изобразить движение планет без упрощений.

На рисунке изображены две внутренние сферы согласно Евдоксу. Земля по-прежнему в центре.

Совместное движение обеих сфер приводит к тому, что планета описывает гиппопеду, или кривую в форме восьмерки.

Хотя эта модель кажется слишком сложной, существуют доказательства, что она применялась на практике. Так называемый антикитерский механизм, открытый в начале XX столетия и датированный I веком до н.э., был переносным механическим калькулятором, который, кроме прочего, позволял вычислять астрономические положения. Этот инструмент был тщательно изучен, и хотя сохранились лишь его фрагменты, теперь известно, что с его помощью можно было определить движение Луны по модели Гиппарха, которого впоследствии цитировал Птолемей.

Согласование геоцентрических идей и астрономических измерений требовало введения в модель дополнительных независимо вращающихся сфер. Таким образом можно было смоделировать большую часть наблюдаемых движений Солнца и Луны, а также известных планет. И все же в этой системе оставались труднообъяснимые моменты: можно было объяснить попятное движение планет в некоторые периоды года, но не изменение их яркости. До Птолемея так и не был найден способ включить в модель этот факт.

ГИППОПЕДА

Гиппопеда – это плоская кривая, которую можно получить сечением тора плоскостью, параллельной оси тора. Если большой радиус тора – R , а маленький – r , то в декартовых координатах получившуюся фигуру можно описать так:

$$(x^2 + y^2)^2 + 4r(r - R)(x^2 + y^2) = 4r^2x^2.$$

Это рациональная алгебраическая биквадратная кривая четвертого порядка, симметричная относительно двух своих осей. Первым математиком, исследовавшим эти кривые, был Евдокс. На следующем рисунке приведены примеры гиппопеды.

Слева – семейство гиппопед для случая $2 > R/r > 0,2$. Справа – получение гиппопеды сечением тора плоскостью.

ВИДИМОЕ ДВИЖЕНИЕ СОЛНЦА

Без сомнения, Солнце – самое первое светило, которое человек изучал невооруженным глазом. Каждый день оно описывает на небосводе различные полуокружности. На протяжении года ежедневный путь Солнца смещается с севера на юг и обратно в зависимости от сезона. Крайние точки этого перемещения называются точками летнего и зимнего солнцестояния. Зимнему солнцестоянию соответствует самый короткий день в году, а летнему – самый длинный. Между двумя солнцестояниями кривая Солнца проходит две промежуточные точки, которые соответствуют двум равноденствиям (весеннему и осеннему); в этих точках день примерно равен ночи. Ежедневное изменение этих полуокружностей является полезным показателем. Уже представители древних культур, создавшие Стоунхендж в Англии или Чанкильо в Перу, использовали каменные указатели для определения дат в течение года. Но

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
какое отношение это наблюдаемое движение имеет к настоящему движению Солнца? Чтобы создать непротиворечивую космологию, нужно было решить эту проблему. Птолемей, который находился под влиянием определенных философских идей и опирался на видимую неподвижность нашей планеты, пришел к выводу о том, что это Солнце движется вокруг Земли. Из наблюдений за перемещениями светила гений Птолемея вывел модель его небесного движения.

Развалины Чанкильо (Перу), рассматриваемые как солнечная обсерватория. Более чем двухтысячелетний возраст этих развалин позволяет считать их самой древней солнечной обсерваторией Америки.

У Коперника была возможность познакомиться с классическими трудами, хранящимися в библиотеках итальянских университетов. Знание латыни и греческого оказалось очень полезным при анализе источников, а также для изучения комментариев, редакций и критических текстов, опубликованных после изобретения книгопечатания. Он подробно исследовал существующие небесные модели, сопоставляя многочисленные значения из астрономических таблиц, имевшихся в его распоряжении. Добавим еще эксперименты, проведенные им лично и направленные на подтверждение или опровержение отдельных деталей в изучаемых моделях. Практический опыт, который Коперник получил у Новары, оказался чрезвычайно важным.

ЮБИЛЕЙНЫЙ ГОД

Можно утверждать, что Николай Коперник провел 1500 год в Риме. Вечный город переживал огромный приток паломников, и, быть может, именно по этой причине сам ученый оказался в столице. Однако возможно и другое: мы знаем, что Новара в тот год преподавал математику в Римском университете, поэтому существует вероятность, что Коперник сопровождал своего учителя, чтобы прослушать этот курс. Молодой ученый мог посвятить это время углубленному изучению церковного права. В любом случае в своей книге «О вращении небесных сфер» Коперник описывает лунное затмение, которое он наблюдал 6 ноября 1500 года.

Данные об этом периоде жизни Коперника противоречивы. Ретик в своем «Первом повествовании» утверждает, что ученый из Торуня воспользовался пребыванием в Риме, чтобы прочитать курс (и даже поучаствовать в дебатах), в котором он впервые изложил свои идеи гелиоцентризма. Мнение этого весьма скрупулезного ученого заслуживает определенного доверия. Хотя подтвердить существование этого курса невозможно, известно, что римская курия очень положительно отзывалась о знаниях Коперника в последние годы того десятилетия и начале следующего, и это мнение можно связать как раз с римским периодом.

ВОЗВРАЩЕНИЕ В ПОЛЬШУ

Не закончив обучение, на следующий год Коперник вместе с братом по просьбе дяди вернулся в Польшу. Он должен был уладить дела со своим назначением на пост каноника и получить новое разрешение, которое позволило бы ему завершить обучение. Поэтому он приехал в Вармию, чтобы запросить необходимые бумаги в капитуле Фромборка. Разрешение оба брата получили. Возможно, Коперник собирался изучать медицину, а из текста полученного разрешения следует, что капитул был заинтересован получить медицинского советника.

Затем братья отправились во Вроцлав, где Николай начал работать с детским хором церкви Святого Креста. Вообще возвращение в Польшу оказалось беспокойным. Братья Коперники покинули Италию в мае 1501 года, узнав, что король Ян I Ольбрахт готовится к защите от Тевтонского ордена. В этот период Польша вместе с Богемией, Венгрией и Литвой готовились к войне против турок, угрожавших южным границам.

Однако в Тору не братьев настигло известие о смерти короля, произошло это 17 июня 1501 года, через несколько дней после того, как Коперники уехали из родного города. Для Польши это означало начало смутных времен, однако Коперник смог избежать многих тягот благодаря полученному разрешению на учебу в Италии.

ИЗУЧЕНИЕ МЕДИЦИНЫ

В это время мы можем отметить значительное расширение круга интересов Коперника, хотя точные причины этого неизвестны. Какой бы ни была мотивация ученого, он счел медицину важным занятием и решил посвятить ей часть своего времени. Возможно, он всего лишь следовал очередному совету влиятельного дяди, или с любопытством погрузился в новую для себя область, или его чем-то привлек Падуанский университет, где он мог не только изучать медицину, но и продолжить занятия астрономией и древнегреческим.

Так или иначе, Коперник переехал в Падую осенью 1501 года и провел там три года. Медицину здесь преподавали в свете идей Гиппократов, Галена и Авиценны. Болезни трактовались упрощенно, без какой-либо опоры на знание физиологии. Хотя человеческое тело в соответствии с официальной позицией Церкви считалось недостойным внимания, развивающийся гуманизм открыл дорогу и иным представлениям.

Папа Сикст IV (1414–1484), например, издал буллу, разрешающую препарирование тел в анатомических целях. В Болонье и Падуе были сконструированы специальные амфитеатры, где профессора читали курсы и наглядно иллюстрировали их с использованием тел умерших. Без сомнений, это должно было быть захватывающим зрелищем для Коперника, ведь в его родном университете студенты довольствовались изучением внутренностей животных. Однако духовные лица на этот курс не допускались, поэтому Николай ограничился изучением болезней и способов их лечения.

Сохранилась образовательная программа того времени, из которой мы можем узнать, как проходило обучение будущего врача. На первом году, проходя «Канон врачебной науки» Авиценны, студенты изучали то, что можно назвать принципами теоретической медицины. На втором году изучались «Афоризмы» Гиппократов с комментариями Галена, а также «Прогностика» того же Гиппократов. На третий год наступала очередь «Малого искусства» Клавдия Галена.

Сублимат вина, по-видимому, полезен для желудка [...].

Если Бог даст, возьмет эффект.

Примечание Коперника на полях одной из книг

Кроме теоретических курсов и практических занятий анатомией, студенты занимались также в медицинском саду с лекарственными травами, где учились распознавать и собирать их. Судя по запискам Коперника, его очень заинтересовали лекарства, получаемые из этих трав. Записи на полях его книг часто включают практические рецепты, пронизанные тонкой иронией, как в приведенной выше цитате, в которой он будто сам сомневается в эффективности лечения.

Известно, что Коперник на лекции всегда приносил свои книги по астрономии. Его личная библиотека сейчас хранится в университете города Уппсала (Швеция), и можно найти множество медицинских комментариев на полях космологических текстов. Например, в своем экземпляре Альфонсовых таблиц ученый пишет: «Перед умеренным дождем появляются особенно большие дождевые черви». Возможно, это еще одно подтверждение того, как важна была медицина для Коперника.

В это время он продолжает углублять свое знание греческого языка. Ученый сконцентрировал все усилия на «Альмагесте» Птолемея, но также хотел прочитать все доступные ему оригинальные древнегреческие источники, ведь чтобы опровергнуть теорию, необходимо было сначала глубоко проанализировать все ее детали. Опровергнуть можно только то, что хорошо известно.

ПТОЛЕМЕЙ, БЛЕСТЯЩИЙ СИСТЕМАТИЗАТОР

Без сомнения, Коперник уделял большое внимание чтению «Альмагеста», великого трактата Клавдия Птолемея. Важность этой книги (см. страницу 75)

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org заключается в космологических теориях ее автора, а также в комментариях к недошедшему до нас труду Гиппарха, великого александрийского математика и астронома.

Во II веке до н.э. Клавдий Птолемей нашел блестящее альтернативное решение, которое позволяло объяснить наблюдаемые движения, в том числе попятные, с большой точностью. Он основывался на идее, принадлежащей Аполлонию Пергскому (262-190 до н.э.). Этот ученый, прославившийся своим сочинением о конических сечениях, предложил систему описания круговых движений, которая оказалась очень удобной для описания движения небесных тел.

В юбилейном 1500 году Коперник, возможно, читал в Риме лекции по математике и астрономии. Считается, что среди слушателей были даже его учитель Доминико Мария Новара, Леонардо да Винчи и папа Александр VI, хотя и не в одно и то же время.

фрагмент обложки большого труда Везалия по анатомии. Церковь в течение многих веков запрещала анатомам проводить вскрытия, однако в эпоху Возрождения эта процедура была одобрена в научных целях. Если книга «О вращении небесных сфер» Коперника произвела революцию в астрономии, то труд Везалия «О строении человеческого тела» сделал то же самое в изучении анатомии человека. Обе работы были опубликованы в 1543 году.

МЕДИЦИНА ВО ВРЕМЕНА КОПЕРНИКА

В XV-XVI веках итальянский гуманизм стал причиной резких изменений в медицине. Ключевыми элементами этой трансформации были одобрение Церковью вскрытия тел и применение принципов эмпиризма и научного метода в анатомии. Это была эпоха великих анатомов: экспериментальные данные положили конец ошибочным анатомическим и физиологическим теориям Галена. Этот великий врач был для медицины тем же, что и Аристотель для физики и астрономии: высшим, необсуждаемым авторитетом. Все это изменилось в ходе научной революции XVI века: больше не было безусловных авторитетов. То же – в области анатомии и физиологии. В 1543-м – в том же самом году, когда Коперник опубликовал свой труд «О вращении небесных сфер», – Андреас Везалий (1514-1564) завершил книгу «О строении человеческого тела, в семи книгах», которая стала основным анатомическим учебником вплоть до XX века. Леонардо да Винчи опубликовал многочисленные рисунки, находящиеся на пересечении анатомии и искусства, основываясь на данных вскрытий. Но великим анатомическим и физиологическим открытием этого времени стало описание малого круга кровообращения испанцем Мигелем Серветом («Восстановление христианства», 1553) и итальянцем Маттео Реальдо Коломбо («Об анатомии», 1559). Если Везалий произвел переворот в анатомии, то Сервет открыл новый путь в физиологии.

фронтиспис книги Везалия (слева) и анатомический рисунок Леонардо да Винчи (справа).

Основная идея заключалась в использовании кривых, называемых эпиетрохоидами (см. страницу 76). Эти кривые вращения позволяют достаточно простым образом представить формы в виде завитков, в том числе те, что встречаются при попятном движении планет. Элегантный способ начертить кривую этого типа – это представить две окружности (рисунок 3). По одной из них движется центр другой окружности, которая, в свою очередь, вращается в том же или противоположном направлении; точка на этой окружности описывает кривую. Эта кривая и есть эпиетрохоида.

Согласно этой идее, Птолемей в своей модели Вселенной утверждал, что планеты движутся вокруг Земли на сферах, которые он назвал эпициклами; центры этих сфер, в свою очередь, движутся по поверхности основных сфер, которые он назвал деферентами. Таким образом, подбирая размеры эпициклов, Птолемей смог с большой точностью объяснить движение планет. В некоторых случаях было необходимо добавить другие, еще меньшие сферы, которые двигались по эпициклам. Соотношение между радиусами деферентов и эпициклов определяло форму получающейся траектории.

Птолемей предложил космологическую модель на основе 39 окружностей. В последующие годы другие авторы предложили дополнения к птолемеевой модели, исправляющие расхождения с экспериментальными данными. Некоторые источники упоминают до 90 окружностей, но для моделирования движения светил с точностью, доступной во времена Коперника, достаточно было от 50 до 60. Пример чрезвычайной сложности этой модели мы можем видеть на рисунке 4, где изображены траектории Меркурия в течение семи лет и Венеры в течение восьми лет. Траектории планет образуют настоящую паутину.

РИС.3

РИС. 4

На рисунке 3 с помощью деферента и эпицикла изображена эпитрохоидальная траектория планеты. Эта сложная система в течение веков объясняла движение планет, в том числе попятное движение. На рисунке 4 показаны геоцентрические траектории внутренних планет (Меркурия и Венеры) в течение нескольких лет: семи лет для Меркурия и восьми – для Венеры. Сложность рисунка огромна даже для такого срока.

Используя эпициклы, Птолемей должен был, например, объяснить изменение яркости планет в течение годового цикла. Он предположил, что все большие сферы-деференты вращаются вокруг нашей планеты, но центр вращения, который он назвал эквант, не совпадает с самой планетой. Солнце, Луна и все планеты вращаются вокруг этой точки с постоянной скоростью по круговым орбитам. В связи со смещением центра вращения расстояние между небесными телами, в том числе Луной и Землей, постоянно меняется, что влечет изменение яркости. Таким образом, система Птолемея не являлась геоцентрической в строгом смысле, как система Аристотеля – с Землей в центре Вселенной, но геостатической – с неподвижной Землей и планетами, вращающимися вокруг экванта.

На рисунке 5 изображен упрощенный случай, в котором реальный деферент смещен по отношению к геоцентрическому положению. В связи с этим планета будет ближе к Земле при движении по нижней части деферента.

«АЛЬМАГЕСТ»

«Альмагест» («Великий трактат», или «Синтаксис математики»), названный так арабами от al-majist T («великий»), был написан во II веке Птолемеем, родившимся в египетской Фиваиде и жившим в Александрии. Эта книга является лучшим текстом по астрономии классической Греции, она была основным учебником для многих византийских и исламских астрономов, а также в Средние века и эпоху Возрождения. Для Коперника «Альмагест» имел чрезвычайное значение, и он очень тщательно изучил эту книгу: несмотря на то что его гелиоцентрическая теория опровергала теорию Птолемея, Коперник всегда испытывал к этому автору большое уважение. Трактат состоит из 13 томов. В томе I венецианского издания Петра Лихтенштейна (1515), экземпляр которого был у Коперника, излагается аристотелевская космология. Том II посвящен проблемам суточного движения небесных тел. Том III описывает длительность года и движение Солнца, здесь вводится понятие эпицикла. В томах IV и V изложены движение Луны, лунный параллакс, размеры и расстояния до Солнца и Луны по отношению к размеру Земли. Том VI посвящен солнечным и лунным затмениям. Тома VII и VIII описывают движение неподвижных звезд. Тома с IX по XI содержат данные о планетах, наблюдаемых невооруженным глазом. В XII томе обсуждается сезонное и попятное движение планет, а в XIII – отклонение планетарного движения от эклиптики.

фрагмент страницы «Альмагеста», на которой изображен графический способ построения гипотрохоид.

В «Альмагесте» Птолемей подробно описывает орбиту каждой планеты, делая различие между внутренними и внешними планетами. На те и другие он накладывает определенные ограничения, чтобы лучше объяснить их поведение.

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
На самом деле птолемея система состоит из набора независимых, по большей части, правил для каждого небесного тела. И действительно – у каждого тела есть собственный эквант, вокруг которого оно вращается, как можно видеть на рисунке 6.

СЕМЕЙСТВО КРИВЫХ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ ИНТЕРЕС ДЛЯ АСТРОНОМИИ

Кривые вращения и тригонометрические соотношения часто играли основополагающую роль в развитии космологических моделей. Особый интерес представляет семейство кривых, использованных Птолемеем в его геоцентрической модели и сегодня очень хорошо изученных. Речь идет об эпитрохоидах. Интерес астрономов к ним объясняется тем, что это кривые вращения, получаемые движением одной окружности по другой. Система эпицикл-деферент, используемая Птолемеем, является их частным случаем. Птолемей использовал схему, аналогичную изображенной на рисунке и позволявшую получить эпитрохоиду с радиусом деферента RD и радиусом эпицикла re . В этом случае параметрическое уравнение эпитрохоиды будет выглядеть так:

$$x(\theta) = RD \cos(\theta) - re \cos(RD/re \cdot \theta); y(\theta) = RD \sin(\theta) - re \sin(RD/re \cdot \theta).$$

Система эпицикл-деферент для построения эпитрохоиды. Малая окружность – эпицикл (с радиусом re , $= b$), большая окружность – деферент (с радиусом a).

По пунктирной окружности радиуса $RD = a + b$ движется центр эпицикла. Точка P при движении рисует эпитрохоиду.

В отличие от других планет, Меркурий требует особого подхода. На рисунке 7 мы можем видеть, как Птолемей вводит еще одну окружность, чтобы сместить эквант планеты и придать ее движению дополнительные колебания. На рисунке изображено Солнце, вращающееся вокруг своего экванта. Дополнительная окружность с Землей в центре управляет движением точек 1 и 2, так что точка 2 производит деферент Меркурия. В точке 2 находится центр соответствующего эпицикла. В ходе своего движения Солнце в одной из точек касается пунктирной окружности, центром которой является наша планета.

РИС. 5

РИС. 6

РИС. 7

Существует множество примеров переработки, критики и комментариев идей Птолемея со стороны более поздних астрономов, в особенности мусульманских и европейских в эпоху позднего Средневековья. В связи с важностью их трудов и влиянием на них работ Птолемея следует упомянуть отдельно некоторых из них. Ибн аль-Хайсам (965–1040), известный на западе как Альхазен, также получил имя «второй Птолемея», поскольку он комментировал и расширил классическую работу; Иоанн Сакробоско (ок. 1195–1256), который в своем «Трактате о сфере» изложил модель Вселенной по Птолемею; персидский астроном Кут-ад-Дин Ширази (1236–1311), описавший новые модели движения планет, улучшив принципы Птолемея; и особенно Георг фон Пурбах (1423–1461), который переработал «Альмагест» Птолемея и «Книгу о форме мира» Альхазена, добавив к ним тригонометрические выкладки.

Пурбах пытался согласовать теории Евдокса и Птолемея в своей «Новой теории планет», одной из любимых книг Коперника. Наконец, упомянем Иоганна Мюллера (1436–1476), известного также как Региомонтан. Этот ученик Коперника завершил и опубликовал труд своего учителя – «Эпитому Альмагеста Птолемея», которая оказала большое влияние на астрономию начала XVI века.

ПОПУЛЯРНОСТЬ ПТОЛЕМЕЯ

Теории Клавдия Птолемея были широко распространены среди астрономов как в

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org пространстве (в различных культурах), так и во времени (их применяли в течение более чем 1000 лет). Хорошим примером популярности идей Птолемея является этот фрагмент средневекового манускрипта XIII века персидского астронома Кут-ад-Дина Ширази. На рисунке изображена модель геоцентрической системы, разработанная автором «Альмагеста».

ДИПЛОМ ПО РАСЧЕТУ

Время шло, и необходимость возвращаться на родину становилась для Коперника все более неизбежной. Однако прежде он должен был получить ученую степень, доказав тем самым, что средства капитула Фромборка не были потрачены впустую. Дядя также подталкивал племянника получить степень и вернуться. Согласно планам Лукаша Ватценроде, будущее Коперника было связано с Польшей, и он должен был вернуться на родину с самым высоким званием, какое только мог получить.

Однако это представляло определенную проблему. Чтобы получить степень доктора медицины в Падуанском университете, требовалось иметь степень по философии, а эту дисциплину Николай давно забросил. Он мог воспользоваться своими знаниями юриспруденции, полученными в Болонье, чтобы стать доктором, но и к этой теме он не обращался уже четыре года. Решение было весьма простым: поступить в университет Феррары, который выдвигал меньше требований для получения степени, чем болонский, и выбрать только каноническое право. Немаловажно, что и расходы на получение степени в Ферраре были гораздо ниже, чем в Болонье или Падуе.

Размышляя таким образом, Коперник в мае 1503 года перебрался в Феррару, и 31 числа состоялся экзамен. Комиссия под председательством викария и профессора права Джорджо При-шиано провела проверку его знаний по специальному вопросу, так называемый внутренний экзамен. Выдержав это испытание, Коперник прошел и вторую часть, публичный экзамен. Согласно ритуальной формуле, произнесенной его руководителем Антонио Леутусом, это событие описывалось следующим образом:

«Достойнейший и ученейший Николай Коперник из Пруссии, каноник Вармийский, схоласт церкви Святого креста в Вроцлаве, который изучал науки в Болонье и в Падуе, был признан вполне удовлетворительным в знании канонического права и награжден знаками докторского достоинства председательствующим синьором викарием».

Годы учебы в Италии заканчивались, начинались годы затворничества в Вармии – жизнь на службе главного епископа церкви, период молчаливой и эффективной административной работы. Однако прежде всего начиналась эпоха критических размышлений о проблеме, которая уже давно занимала ученого. Он обдумывал теорию, которая станет не просто решением академической задачи: влияние модели, которую Коперник собирался создать, прослеживается до сегодняшнего дня.

В конце 1503 года Николай вернулся в Краков, где оставался на протяжении нескольких месяцев. Возможно, в этот период он встречался со старыми друзьями и возобновлял связи в своей альма-матер.

Впрочем, вскоре дядя призвал племянника, и Николай переселился в замок Лидзбарк, резиденцию епископа Ватцен-роде. Начиная с этого момента и на протяжении десяти лет, проведенных у епископа, Коперник участвовал в политической жизни и занимался медицинской практикой. Разумеется, его страсть к астрономии должна была отступить на второй план или, что более вероятно, перейти в разряд тайных увлечений, которым наш каноник посвящал свободное время в условиях максимальной осторожности. Сразу после того как Коперник приступил к работе у дяди, он узнал о том, что в Болонье умер его большой друг и учитель Новара. Так завершился этот этап его жизни.

Глава 3 Коперниканская революция

К счастью для науки, Коперник умел сочетать административные обязанности с плодотворной и систематической научной работой. И все же, осознавая революционность своих гипотез, он в течение долгого времени сомневался в

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
целесообразности публикации полученных результатов. Коперник понимал, что они не только перевернут мир, но и вызовут непонимание и, возможно, даже порицание со стороны ученых и Церкви, которой он служил всю свою жизнь.

После окончательного возвращения в Польшу Коперник вел совсем не ту жизнь, которой можно было ожидать от ученого, занимающегося одной из самых трудных и увлекательных задач своего времени.

Должность советника епископа Лукаша Ватценроде, судя по всему, отнимала все время Николая. Он вернулся на родину во время политического кризиса, а его дядя играл роль первого плана в управлении ситуацией. Коперник переехал в замок Лидзбарк, где находилась резиденция епископа и была сконцентрирована власть Вармии.

При дворе епископа Николай занимал видный пост секретаря и врача своего дяди. В действительности Ватценроде был скорее князем, чем епископом, и Коперник стал его доверенным лицом, представляя дядю Лукаша на публичных церемониях и в других общественных делах и часто путешествуя по всей Польше. Поэтому в 1504 году, едва вернувшись из Италии, ученый нанес визиты в Мальборк и Эльблонг; в этом же году он присутствовал как представитель Вармии на совете Королевской Пруссии на съездах в Гданьске (Данциге) и Торуне. Затем в 1506 и 1507 годах Коперник участвовал в работе прусского ландтага, который собирался в Мальборке и Эльблонге. Без сомнений, влиятельный дядя явно хотел вовлечь племянника в политическую жизнь.

МНОГОГРАННЫЙ ЧЕЛОВЕК

Хотя Коперник никогда не прекращал занятия астрономией, его внимание отвлекали другие дела. Известно, например, что с 1510 года он занимался картографией. Его перу принадлежит множество небольших карт, а в 1526 году он принимал участие в редактировании карты Польского королевства и Великого герцогства Литовского вместе с отцом польской картографии Бернардом Ваповским. В 1529 году по поручению Мавриция Фербера, тогдашнего епископа Вармии, вместе с Александром Скульгети Коперник начал изготовление карты прусских территорий. К сожалению, ни одна из этих карт до наших дней не сохранилась. Однако большую часть времени Коперник посвящал работе каноника. Он выполнял множество административных поручений капитула и епископов Вармии. В период с 1510 по 1530 годы он был инспектором, делопроизводителем и управляющим имуществом капитула, и на этой должности был вынужден много путешествовать по Вармии, занимаясь объединением поселенцев, живущих на землях капитула. Ученому пришлось управлять примерно 120 деревнями. Кроме бухгалтерской работы, Коперник должен был участвовать в дипломатических, военных, медицинских делах и даже заниматься логистикой. Особый интерес у него вызывали бытовые аспекты жизни, например производство хлеба или определение справедливой цены. И несмотря на такую широту интересов, ученый продолжал заниматься астрономией.

фрагмент карты Польши, изготовленной польским картографом Бернардом Ваповским, который сотрудничал с Коперником в 1526 году. Хотя ни одна карта из сделанных Коперником не сохранилась, этот фрагмент может дать представление о картографии того времени.

ПРЕДВЕСТНИКИ ГЕЛИОЦЕНТРИЗМА

Когда Коперник переехал в Лидзбарк, он уже обдумал некоторые черты новой космологии. Он много читал и должен был теперь решить: стоит принять или отвергнуть принятые в астрономической науке представления о строении Вселенной? Коперник не был первым ученым, задумавшимся о том, что находится в центре – Земля или Солнце.

Хотя геоцентрическая, или скорее геостатическая, теория преобладала на Западе в течение столетий, некоторые ученые полностью или частично придерживались противоположных взглядов. Аристарх Самосский еще в III веке до н. э. сформулировал гелиоцентрическую модель, подробности которой дошли до нас через Архимеда. Другие астрономы также тем или иным образом опровергали преобладавшую идею геоцентризма и неподвижной Земли.

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
Гикет из Сиракуз (IV век до н. э.) и Гераклид Понтийский (IV век до н. э.) считали, что Земля вращается вокруг своей оси, но находится в центре Вселенной; Гераклид также полагал, что Меркурий и Венера вращаются вокруг Солнца.

Плутарх мимоходом упоминает «последователей Аристарха». Нам известен только один из них – Селевк, живший во II веке до н.э. Этот древнегреческий астроном и философ считал, что Земля вращается вокруг своей оси и вокруг Солнца, и подтверждал свою теорию с помощью геометрической модели. Он также впервые предположил, что Вселенная бесконечна. Оригинальные тексты Селевка не сохранились, до нас дошел фрагмент его труда в виде цитаты в арабском переводе персидского философа Мухаммада ибн Закария ар-Рази (865– 925). Аналогичных взглядов придерживались и некоторые индийские мыслители. Самый известный из них, Ариабхата (476–550), в своем труде «Ариабхатия» (499) предложил модель, в которой Земля вращается вокруг своей оси. И хотя здесь прослеживается влияние Птолемея (он считал, что другие планеты вращаются вокруг нашей), индиец измерял их периоды обращения по отношению к Солнцу, что некоторые считают зачатками гелиоцентризма.

Из западных ученых следует отметить римского писателя Марциана Капеллу (V век). Будучи последователем неоплатонизма и неопифагореизма, он считал, что Меркурий и Венера вращаются не вокруг Земли, а вокруг Солнца.

Геоцентрическая модель принималась арабскими астрономами практически единогласно, хотя некоторые ставили под сомнение отдельные ее аспекты, как, например, астроном и математик Сабит ибн Курра (826–901), который работал в Багдаде и перевел Птолемея с древнегреческого. Считается, что Сабит ибн Курра разработал теорию колебаний равноденствий – движения, которое следовало добавить к движению сферы неподвижных звезд, повлиявшего на взгляды Коперника.

Несколько лет спустя астроном из Басры, Альхазен (965–1040), сделал подробный критический разбор системы Птолемея в своей «книге о сомнениях по поводу Птолемея» (ок. 1028). Впоследствии в «книге о форме мира» (ок. 1038) он предположил, что Земля вращается вокруг своей оси.

Альпетрагий из Кордовы (умер в 1204) пытался отказаться от эпициклов и экванта, предлагая, по сути, переформулированную модель Евдокса.

Аль-Бируни (973–1048), родившийся на территории современного Узбекистана, рассматривал возможность того, что Земля вращается вокруг своей оси и вокруг Солнца, основываясь на собственных экспериментальных данных. Другие астрономы из знаменитой Марагинской обсерватории в Персии высказывали сомнения по поводу Птолемея или улучшали его модель.

Аз-Заркали (1029–1087), известный также как Арзахель, возможно, самый видный астроном, оспаривал модель Птолемея. В отношении Солнца он установил, что центр его деферента двигался по малой окружности, а по поводу Меркурия считал, что его деферент имеет овальную форму, что некоторые считают зачатками модели Кеплера.

Наджмуддин аль-Казвини (XII век) в книге «Философия источника» высказывался в пользу гелиоцентризма, и даже Кутб ад-Дин Ширази обдумывал эту возможность. Муайяд ад-Дин ал-Урди (XIII век), который также работал в Мараге, сформулировал лемму Урди, согласно которой эквант заменялся эквивалентным эпициклом с центром посередине расстояния до экванта. Знаменитый персидский астроном и математик Насируддин ат-Туси (1201–1271) изобрел прибор, носящий его имя и состоящий из маленькой окружности, вращающейся внутри другой, в два раза большего диаметра.

АСТРОНОМИЯ В АРАБСКОМ МИРЕ

Персидский астроном ат-Туси разработал инструмент (см. ниже), который использовали многие арабские астрономы, среди которых Ибн аш-Шатир. Соединяя эпициклы, этот великий сирийский астроном устранил необходимость эксцентриков и эквантов, улучшив систему Птолемея.

Слева – описание инструмента ат-Туси. Сверху – модель траектории Меркурия,
Страница 30

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
разработанная Ибн аш-Шатиром с использованием этого инструмента.

Сирийский астроном Ибрахим ибн Шатир (1304–1375) под влиянием марагинской школы разработал геоцентрическую модель, гораздо более точную, чем модель Птолемея, и самое главное – соответствующую экспериментальным данным той эпохи. В своем труде «Предел желаний в исправлении элементов» он значительно изменил планетарные модели и устранил необходимость в экванте, строя эпициклы с помощью инструмента ат-Туси. Ал-Кушчи (1403–1474), ученик Улугбека из Самарканда, не только горячо поддерживал необходимость разделения философии и астрономии, но и предоставил эмпирические доказательства вращения Земли в своем труде о предполагаемой зависимости астрономии от философии.

Французский ученый немецкого происхождения Николай Орем (ок. 1320–1382) в своей «Книге о небе и мире» обсуждал аргументы за и против вращения Земли и движения Солнца. Интересно отметить, что Коперник был знаком с его «Трактатом о сфере». Немец Николай Кузанский (1401–1464) в своей космологии предлагал подход, противоположный подходу Птолемея. Согласно Кузанскому, во Вселенной не существует особого привилегированного места и все находится в движении, в том числе Солнце. И если мы не замечаем этого движения, это не значит, что его не существует.

Нилаканта Сомаяджи (1444–1544) из Керальской школы в Индии написал труд «Ариабхатия-бхашья» – комментарий к «Ариабхатии», – в котором развил вычислительную систему для частично гелиоцентрической планетной модели. Согласно этой модели, планеты вращаются вокруг Солнца, а оно, в свою очередь, вокруг Земли. В своей книге «Тантра самграха» он пересматривает свою модель, определяя орбиты внутренних планет с точностью, которую не смогли превзойти даже Коперник и Тихо Браге.

Однако вернемся в Европу: в Италии в XV–XVI веках были астрономы, которые почти одновременно с Коперником ставили под сомнение теорию Птолемея. Итальянский ученый и гуманист Челио Кальканьини (1479–1541), например, отстаивал теорию, основывающуюся на вращении Земли. Джироламо Фракасторо (1478–1553) пытался вернуться (правда, без особого успеха) к истокам геоцентризма, отказываясь от эпициклов. Но все эти более поздние попытки ушли в тень научного переворота, который произошел в польском городе Фромборк.

Возможное влияние этих мыслителей на Коперника остается под вопросом. Без сомнения, он был знаком с большинством идей классического мира, средневековой Европы. С другой стороны, он знал также труды Альхазена через Пурбаха.

Кроме того, Коперник читал труды Капеллы, Арзахеля, Альберония, Альпетрагия и Ибн Курры – он явно цитирует их в своей работе.

ПРОБЛЕМЫ ПТОЛЕМЕЕВОЙ МОДЕЛИ

Проблема, которую астрономия должна была решить в попытке описать и предсказать движение небесных тел, может быть выражена как частный случай сферической интерполяции, или же определения того, сколько и каких кривых потребуется для объяснения наблюдаемого движения, исходя из предположения, что какое-либо светило – в геоцентрической модели это Земля – занимает центральное положение.

Почти за две тысячи лет до Коперника этой проблемой уже интересовались, и было замечено, что планеты движутся неравномерно. Хотя обычно они перемещаются с востока на запад (это называется прямым движением), иногда они отступают, перемещаясь с запада на восток (попятное движение). Значит, для объяснения их траекторий нельзя использовать простые орбиты, например окружности или эллипсы.

Мы уже упоминали две использовавшиеся геоцентрические модели Евдокса и Птолемея. Модель Птолемея считалась основной в начале эпохи Возрождения, но воспринималась как математический трюк. Чтобы лучше понять подход Коперника к проблеме, мы должны рассмотреть движение планет в отдельные периоды года. Очевидно, что простое круговое движение вокруг центра не может объяснить попятное движение, если Земля находится в центре. Но если в центр

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org помещается Солнце, а Земля уходит на второстепенную позицию между Венерой и Марсом, то ситуация меняется.

В первую очередь, поведение планет неодинаково, и невооруженным глазом можно выделить два разных варианта: поведение Меркурия и Венеры, которые Птолемей называл нижними планетами, и поведение остальных планет, которые он назвал верхними. Чтобы понять эту разницу, рассмотрим современную гелиоцентрическую модель. Обратите внимание на рисунок на следующей странице, где изображены Земля, Солнце и планеты обоих указанных типов. Нижняя планета в современных терминах называется внутренней. Как видно, планета этого типа не может находиться в квадратуре с Землей, но имеет наибольшие восточную и западную элонгации. Наоборот, верхние планеты – в современной терминологии внешние – могут занимать положение квадратуры и иметь любой угол на протяжении своей орбиты. Важно отметить, что планеты вращаются не синхронно. Как раз наоборот, продолжительность их синодического периода – года на каждой планете – неодинакова, поэтому они обгоняют Землю или отстают от нее в зависимости от того, в какой части орбиты находятся.

На рисунке в гелиоцентрической модели изображены орбиты внутренней планеты (Венеры) и внешней (Марса) и их положения по отношению к Земле и Солнцу.

С другой стороны, все планеты в каких-то точках своих орбит выстраиваются в одну линию с Солнцем и Землей. Рассмотрим две различные ситуации для внутренних и внешних планет. Для первых возможно два типа явления, называемого соединением, как можно заметить на рисунке сверху. В каждом из них Солнце, Земля и планета находятся на одной линии, но в одном случае планета закрывает Солнце, а в другом Солнце закрывает планету. Для внешних планет, наоборот, существует только один тип соединения, но есть ситуация противостояния, когда Земля занимает место между планетой и Солнцем.

В нижней части рисунка в гелиоцентрической модели изображены орбиты Земли и внутренней планеты, Венеры, а в верхней части – путь планеты, наблюдаемый с Земли, то есть ее траектория в небе.

На этой странице изображены несколько положений внутренней планеты (например, Венеры) по отношению к Солнцу и Земле. Каждая точка на орбите планеты соответствует точке на видимой траектории. Мы можем видеть, что наблюдаемое движение между точками 3 и 5 является попятным, то есть планета движется в противоположном по отношению к остальной траектории направлении.

На рисунке сверху мы проделали то же самое с внешней планетой (в этом примере – с Марсом), отметив взаимное расположение Земли и этой планеты. Мы видим, что в связи с меньшим радиусом земной орбиты возникает ощущение, что Земля обгоняет Марс.

В этом случае также наблюдается попятное движение. Но, как мы видим на рисунке, траектория отличается, хотя она и выглядит как петля. Представив все таким образом, мы понимаем, как легко нецентральное положение Земли объясняет поведение внутренних и внешних планет. Разумеется, в орбите каждой планеты есть еще много мелких подробностей, касающихся прежде всего того, что орбиты не круговые, а эллиптические, как было установлено Кеплером. Например, случай Меркурия, поведение которого было трудно объяснить в рамках всех моделей, объясняется значительным эксцентриситетом его орбиты.

На рисунке в гелиоцентрической модели изображены орбиты Земли и внешней планеты, Марса, и некоторые точки обеих траекторий (от 1 до 7), а также путь планеты, видимый с Земли на фоне неподвижных звезд.

«МАЛЫЙ КОММЕНТАРИЙ...»

Несмотря на все старания епископа Ватценроде, Коперник смог пойти дальше публичной карьеры, поскольку его вдохновение лежало совсем в иной сфере, далекой от политических амбиций. Для астронома был решающим 1507 год – он пользовался каждым свободным моментом и, наверное, даже жертвовал сном, чтобы завершить работу, которая станет первым большим шагом в направлении к

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
гелиоцентрической теории. Речь идет о небольшом трактате, сегодня известном под названием «Малый комментарий...».

Источники, из которых он черпал информацию для «Малого комментария...», неясны. Труд Птолемея не был доступен на древнегреческом до публикации его «Альмагеста» в 1538 году, но первый латинский перевод датирован 10 января 1515 года. Возможно, Коперник пользовался «Кратким изложением», напечатанным в Венеции в 1496 году, – именно в этот год польский астроном приехал в Италию.

«Малый комментарий...» следует рассматривать как предварительную работу, в которой появляются некоторые идеи, развитые в дальнейшем, и прослеживаются некоторые отличия от окончательной модели. В этой работе еще нет математической структуры следующей книги, «О вращении небесных сфер», хотя она и не свободна полностью от математических построений, среди которых можно выделить описание третьего движения Земли, которое было названо склонением. Это новое движение объяснялось необходимостью поддерживать земную ось параллельно самой себе при перемещении планеты, что позволило объяснить феномен предварения равноденствий, долгое время создававший трудности в геоцентрической модели.

Манускрипт состоит всего из 40 страниц и содержит введение, семь аксиом, или постулатов, и другие разделы. Аксиомы не следует считать самоочевидными, хотя Коперник основывал на них свои рассуждения без дополнительных разъяснений. Он писал: «После ознакомления с этой проблемой, сложной и почти неразрешимой, мне показалось, что для ее решения можно использовать более простые и более адекватные построения, чем известные сегодня, если принять несколько постулатов».

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ СХЕМА

«Малый комментарий...» – короткий текст, который при жизни Коперника не был опубликован. Сохранились всего три копии этой работы. Полное ее название, *De hypothesibus motuum coelestium commentariolus*, можно перевести как «Малый комментарий о гипотезах, относящихся к небесным движениям». В европейских научных кругах использовалось несколько копий этого текста, но впервые он был опубликован в 1878 году. Его важность подтверждается тем, что Тихо Браге включил абзац из «Малого комментария...» в свою книгу «Приготовление к обновленной астрономии» (*Astronomiae instauratae programasmata*).

По-видимому, этот текст попал к Браге через придворного врача императора Максимилиана II, Тадеуша Хайека, которому он достался в наследство от Ретика, одного из последних учеников Коперника, как часть его библиотеки. Браге, в свою очередь, подарил свой экземпляр коллеге Христиану-Северину Лонгомонтану. Следы этого текста исчезли до 1877 года, когда экземпляр Лонгомонтана был найден в библиотеке Вены и использован как основа для публикации. Хотя многое в отношении этой небольшой работы остается спорным, так как она не подписана и не датирована, считается, что самая ранняя возможная дата ее создания – 1507 год, а самая поздняя – 1514-й. Эта последняя дата определена с помощью инвентаризации в библиотеке Краковского университета. Датировка важна, так как некоторые исследователи считают «Малый комментарий...» черновиком фундаментального труда Коперника «О вращении небесных сфер», начатого позже. Семь постулатов приведены на рисунке.

Вторая страница рукописи «Малого комментария...» Коперника, в которой вводятся семь основных постулатов. Копия из Стокгольма.

Постулаты следующие.

1. Не существует одного центра для всех небесных орбит или сфер.
2. Центр Земли не является центром мира, но только центром тяготения и центром лунной орбиты.
3. Все сферы движутся вокруг Солнца, расположенного как бы в середине

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org всего, так что около Солнца находится центр мира.

4. Отношение, которое расстояние между Солнцем и Землей имеет к высоте небесной тверди, меньше отношения радиуса Земли к ее расстоянию от Солнца, так что по сравнению с высотой тверди оно будет даже неощутимым.

5. Все движения, замечающиеся у небесной тверди, принадлежат не ей самой, но Земле. Именно Земля с ближайшими к ней стихиями вся вращается в суточном движении вокруг неизменных своих полюсов, причем твердь и самое высшее небо остаются все время неподвижными.

6. Все замечаемые нами у Солнца движения не свойственны ему, но принадлежат Земле и нашей сфере, вместе с которой мы вращаемся вокруг Солнца, как и всякая другая планета; таким образом, Земля имеет несколько движений.

7. Кажущиеся прямыми и понятными движения планет принадлежат не им, но Земле. Таким образом, одного этого ее движения достаточно для объяснения большого числа видимых в небе неравномерностей.

Здесь Коперник предлагает то, что мы можем считать великим открытием: принцип движения Земли. Этим он объяснял видимое движение Солнца и планет, зависящее от движения Земли. Небосвод оставался неподвижным. Впервые разум с помощью последовательного разъяснения отрицал то, о чем говорили органы чувств. Тем самым Коперник отверг то, что Аристотель и Птолемей считали неопровержимым. Для них натуралистическая метафизика и воспринимаемая реальность должны были совпадать: Земля неподвижна и окружена подвижными светилами. Коперник с помощью пифагорейских и неоплатонических аргументов использовал свой разум, чтобы освободиться от этого предубеждения. Он пришел к выводу, что эта неподвижность лишь кажущаяся.

Наши предшественники предполагали наличие большого количества небесных сфер, прежде всего для объяснения видимого движения планет, опираясь на принцип равномерности.

Коперник, введение к «Малому комментарию...»

Остальные главы «Малого комментарию...» называются, соответственно, «О порядке сфер», «О видимых движениях Солнца», «О том, что равномерность движения должна определяться по отношению не к равноденствиям, но к неподвижным звездам», «О луне», «О трех верхних планетах – Сатурне, Юпитере и Марсе», «О Венере», «О Меркурии». В этих главах польский астроном развивает свою новую систему, основываясь на данных, которые, впрочем, не обосновывает. Без сомнения, основным пунктом является короткий пассаж о порядке сфер, в котором разъясняется суть новой модели:

«Небесные сферы окружают друг друга в таком порядке. Самой высшей является сфера неподвижных звезд, сама неподвижная, содержащая и вмещающая все; под ней – сфера Сатурна, за которым следует Юпитер, а за ним Марс, под ним же – сфера, в которой мы совершаем круговращения; затем – сфера Венеры и последняя – Меркурия. Сфера же Луны вращается вокруг Земли и переносится с последней как бы в виде эпицикла. В такой же последовательности одна планета превосходит другую по скорости вращения в зависимости от того, большие или меньшие круги они описывают. Так, Сатурн завершает свое вращение на 30-й год, Юпитер – на 12-й, Марс – на третий, Земля возвращается в исходное положение в течение года. Венера завершает вращение на девятый месяц, а Меркурий – на третий».

Этот абзац имеет решающее значение для истории астрономии. Коперник просто поменял местами Солнце и Землю; последствия, однако, были непредсказуемыми, так как это полностью разрушало суть аристотелевского деления мира. Земля стала одной из блуждающих звезд (планет), так как не было причины считать, что она чем-то отличалась от остальных.

Последняя часть «Малого комментарию...» посвящена подробному анализу видимых траекторий планет, Солнца и Луны и уменьшению количества окружностей, необходимого для объяснения движения небесных тел. Из более чем 60 окружностей, предложенных последователями Птолемея, Коперник считает необходимыми только 34. Он пишет:

«Таким образом, Меркурий движется при помощи всего семи кругов, Венера – при помощи пяти, Земля – при помощи трех, а Луна вокруг нее – при помощи четырех; наконец, Марс, Юпитер и Сатурн – при помощи пяти кругов каждый. Таким образом, для Вселенной будет достаточно 34 кругов, при помощи которых можно объяснить весь механизм мира и всю хорею планет».

ПОЭТИЧЕСКИЕ ПОРЫВЫ

В 1509 году, когда Коперник определил движение Луны и спустя два года после того, как он распространил в ближнем круге текст «Малого комментария...», свет увидело его первое и единственное художественное произведение – перевод на латынь с греческого 18 писем византийского историка VII века Феофилакты Симокатты. Это нравоучительные, буколические и любовные тексты, о которых Коперник писал: «Они настолько чисты, что должны были называться нравственными письмами». Ученый посвятил перевод Яну Халлеру, в типографии которого в Кракове была напечатана эта книга.

«Вам, досточтимый синьор, я посвящаю это скромное почтение, хотя и нет здесь никакой связи с благами, которые я получил от вас. Все, что я в состоянии создать своим разумом, и все, что может быть полезным, я считаю по праву принадлежащим вам. Без сомнения, верно то, что когда-то написал Овидий в посвящении к книге «Фасты» [Юлию Цезарю] Германику, [внучатому племяннику Октавиана Августа]: «Можешь ты взором одним и ободрить, и убить».

Поэт эпохи Возрождения Вавжинец Корвин, друг Коперника и член Надвислянского общества, написал к этому произведению пролог – стихотворное сочинение, названное «Прощание с Пруссией», так как в этот момент автор собирался покинуть Вармию и переехать в Силезию.

Любопытно в этом посвящении то, что, хотя оно относится к «Письмам», в нем прослеживается отсылка к Копернику-астроному и указывается, что автор перевода «исследует и описывает движение Луны, Солнца и звезд, интерпретируя их в соответствии с прочными основаниями». Без сомнений, среди друзей Николай уже считался не только администратором и клириком, но и ученым.

Может показаться любопытным некоторый дуализм науки и искусства, который прослеживается в это время в работах и жизни Коперника, так как считается, что эти пути достаточно далеки друг от друга. И все же, обращаясь к его работам по астрономии, мы не можем не заметить, что эстетика играет в них важную роль. Формулировка новой модели, которую Коперник через несколько лет предложил в книге «О вращении небесных сфер», пронизана явным эстетическим чувством.

АКТИВНЫЙ ФУНКЦИОНЕР

В марте 1512 года в Торуне умер Лукаш Ватценроде. В последние минуты его жизни племянника не было рядом. С 1510 года тот жил во Фромборке, куда переехал, возможно, чтобы посвящать больше времени астрономии. Предполагается некоторое охлаждение отношений между Коперником и дядей, но подтвердить это не удалось. Возможно, сам Коперник, вынужденный выбирать между политической карьерой и занятиями астрономией, предпочел второй вариант.

В 1512 году брат Николая Андрей, который стал каноником в Вармии в 1507 году, заболел и был освобожден от службы. Это были тяжелые времена для семьи, которая потеряла своего главного защитника с момента смерти отца.

Однако Коперник не оставил науку и даже занялся новыми наблюдениями. Согласно некоторым свидетельствам, в 1509 году он наблюдал – возможно, в Кракове – лунное затмение, что позволило ему точно определить среднюю угловую скорость Луны. Затем в октябре 1511 года ученый наблюдал другое лунное затмение в замке Лидзбарк.

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
После смерти Лукаша Ватценроде капитул назначил новым епископом Фабиана Лузяньского, присягнувшего на верность королю Польши Сигизмунду I в присутствии всего капитула, среди членов которого был и Коперник. Несмотря на изменения в епископстве, Николай продолжал оказывать Церкви услуги до самой смерти, поддерживая хорошие отношения со следующими князьями-епископами.

Мы говорили о гипотетическом выборе между астрономией и политикой, но это несколько не соответствует действительности, прежде всего потому, что работа Коперника как администратора продолжалась и была достаточно интенсивной с 1510 по 1530 год. Имеющиеся данные говорят о его преданности капитулу Вармии и участии в ассамблеях Королевской Пруссии. В это же время он занимался медициной и боролся с сильной эпидемией, поразившей крестьян и угрожавшей уничтожить большую часть населения Вармии.

В 1519 году Николай вернулся во Фромборк. В этом же году умер его брат Андрей и началась новая война между польской Пруссией и Тевтонским орденом, которая продолжалась до 1521 года. Епископство Вармии понесло тяжелые потери и было частично оккупировано. Фромборк спасся, но большая часть капитула, включая Коперника, должны были оставить город и искать убежища в Олыптыне. В этих сложных обстоятельствах на ученого была возложена обязанность подготовить город к сопротивлению и улучшить оборону замка. За наступлением последовало перемирие, которое продолжалось три года. В июне 1521 года Коперник оставил должность администратора Вармийского капитула и окончательно вернулся во Фромборк.

Это были не все административные задачи Коперника: обеспокоенный сложной финансовой ситуацией в Пруссии, которая начала чеканить монету из серебра низкого качества, Николай занялся экономическими вопросами.

КОПЕРНИК-ЭКОНОМИСТ

По поручению епископа Лузяньского Коперник начал изучать денежную реформу, которая облегчила бы экономическую интеграцию Королевства Пруссии в Польшу. Проблема представляла большую сложность, так как важные в экономическом отношении города начали чеканить собственные монеты с небольшим содержанием серебра. Тевтонский орден, со своей стороны, усложнил проблему, используя монеты меньшего достоинства, чем номинальное, словно пытаясь специально дестабилизировать ситуацию. В 1516 году даже рассматривалась возможность чеканки новых монет. В это время в Королевстве Пруссия было уже четыре монетных двора: в Торуне, Гданьске, Эльблонге и Крулевце.

Коперник изучал теоретические основы, которые позволили бы определить ценность монет. Он подготовил первый трактат на латыни, который назвал *Meditata* (по другим источникам, *De aestimatione monetae*, «О стоимости монет»), датированный 15 августа 1517 года. В этом коротком очерке на семи страницах он обозначил разницу между ценностью и номиналом монеты. Ученый сформулировал очень интересный закон: когда в стране находятся в обращении два типа монет, один из них считается населением «хорошим», а другой «плохим», и первый вытесняется вторым из обращения. Это связано с тем, что граждане предпочитают хранить сбережения в «хорошей» монете и не использовать ее в качестве средства платежа. Этот закон, высоко оцененный современными экономистами, впоследствии был приписан английскому финансовому эксперту Томасу Грешему (1519–1579) и сегодня известен как закон Коперника – Грешема.

Трактат не оказал влияния на обстановку из-за политических изменений в Пруссии, в особенности из-за введения прусского дуката (вместе с герцогством Пруссия, по инициативе великого магистра Тевтонского ордена) и смерти епископа, которого сменил Мавриций Фербер. Новый епископ настаивал на том, чтобы Николай разработал второй трактат, который описывал бы отношения обеих Пруссий и польской короны. Эта новая работа была опубликована в первой половине 1527 года в форме книги на латыни под названием *Monetae cudendae ratio* («О чеканке монет»). Она содержала общую денежную теорию и размышления о девальвации денег как одной из основных причин разорения страны.

Коперник добавил часть, в которой утверждал, что соотношение между номинальной ценностью монет из золота и серебра должно быть пропорционально ценам на чистое золото и серебро. В конце труда он привел принципы

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org монетарной реформы, которая, по его мнению, должна быть проведена в королевстве и герцогстве Пруссия. В качестве решения проблемы он предлагал заменить все монетные дворы единственным, который чеканил бы деньги для обеих стран, на этих монетах должны быть символы Пруссии и польской короны. Этот монетный двор должен быть учрежден королем, и его монеты должны приниматься во всей Польше, что было бы очень удобным для торговли в обоих регионах. Коперник был убежден, что старые монеты следовало изъять из обращения. Также он предлагал адаптировать стоимость новой прусской монеты к польским деньгам и вычислил обменный курс.

Интересно отметить высокую оценку, которую современные исследователи-экономисты дали идеям ученого из Торуня, чей подход к проблеме был безусловно научным. Мы можем видеть широту интересов этого великого ученого, его единообразный подход ко всем задачам, поставленным перед ним, независимо от их природы, и его понимание сути и функционирования денег. С другой стороны, отметим и его склонность к политике, наверняка унаследованную от дяди, который понимал необходимость сближения обеих Пруссий и Польского королевства.

Усилия Коперника частично оказались напрасны из-за политического давления герцогства и больших городов, особенно Гданьска и Торуня. И все же он достиг важной цели: прусская денежная система корректировалась внутри польских границ, таким образом был создан монетный союз.

АСТРОНОМ... или ЭКОНОМИСТ?

Мы часто считаем астрономов кабинетными учеными, которые занимаются небесными светилами и забывают о земных проблемах. Но так ли иррациональны были великие астрономы? Конечно же, нет. Чтобы доказать это, приведем несколько ярких примеров.

Фалес Милетский

«Отец философии» и один из семи мудрецов Древней Греции был также великим астрономом, способным предсказывать затмения. Рассказывают, что однажды ночью, после долгого изучения неба, Фалес забыл о необходимости посмотреть под ноги и упал в колодезь, чем рассмешил свою фракийскую рабыню. Именно постоянное наблюдение за небом позволило ему предсказать, что в тот год будет огромный урожай оливок. Он арендовал все прессы в округе, и для сбора урожая крестьяне вынуждены были использовать свои прессы для оливок по цене, которую назначил им Фалес! Это была первая в истории монополия.

Коперник

Коперник, как и Фалес, занимался экономическими вопросами. Он предложил денежную реформу, которая способствовала бы экономическому объединению его страны. Ученый изучал стоимость денег и понимал разницу между ценностью и номиналом. Он написал несколько трактатов на эту тему и предвосхитил закон Грешема, который сегодня носит имя Коперника – Грешема.

НЬЮТОН

Британская энциклопедия называет Ньютона финансовым гением: именно он создал несколько ключевых элементов английской финансовой системы. Он был назначен директором, а затем, в 1699 году, управляющим знаменитого Royal Mint, королевского монетного двора, с удивительной зарплатой в 100 фунтов стерлингов в год... и, что еще более важно, получая процент с каждой отчеканенной монеты! К концу почти 30-летней работы во главе Royal Mint ученый ежегодно зарабатывал больше 2000 фунтов стерлингов.

НЕУТОМИМЫЙ АСТРОНОМ

Существуют доказательства того, что Коперник без устали трудился на экономическом поприще, сочетая эту работу с многочисленными поручениями. Также это был самый интенсивный период его научной жизни: он закончил и уточнил свою гелиоцентрическую модель. Все источники, упомянутые в этой

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org главе, а также книга «О вращении небесных сфер», указывают, что ученый наблюдал частичное лунное затмение в Кракове в июне 1509 года (том IV, глава XIII), полное лунное затмение во Фромборке ночью 6 октября того же года (том IV, глава V) и соединение Марса с самой яркой звездой созвездия Весов в январе 1512 года (том V, глава XIX). К этому следует добавить, что после переезда во Фромборк Коперник оборудовал помещения для астрономических изысканий.

Все сферы планет вращаются вокруг Солнца, так как это есть центр мира [...]. Все замечаемые нами у Солнца движения не свойственны ему, но принадлежат Земле и нашей сфере, вместе с которой мы вращаемся вокруг Солнца, как и всякая другая планета; таким образом, Земля имеет несколько движений.

Коперник, «О вращении небесных сфер»

С 1518 по 1521 год, во время пребывания в замке Ольштын, ученый заказал астрономические инструменты: трикветрум (параллактический инструмент) и астролябию. Впоследствии на стене рядом с клуатром, в северной галерее, у входа в свои комнаты, Коперник построил квадрант, чтобы измерить период равноденствий. Даже сегодня посетители замка могут увидеть шкалу этого инструмента. Изобретение квадранта приписывается ученому из Торуня.

Во Фромборке до сих пор существует башня, смежная со старым зданием канонической курии, известная как башня Коперника, хотя он выбрал для своей обсерватории другое место. Считается, что ученый построил ее под навесом в саду, где разместил деревянный квадрант, с помощью которого проводил измерения.

Схема квадранта, который Коперник построил в замке Ольштын для астрономических наблюдений, с надписью на латыни: 24 января 1544 года.

Стена замка Ольштын рядом с комнатами Коперника. Видны остатки шкалы, нарисованной Коперником.

В период осады города тевтонскими рыцарями квадрант был разрушен и больше не восстанавливался. Во время первых визитов во Фромборк Коперника пригласили участвовать в реформе юлианского календаря. Этот проект продолжался уже более 100 лет и обсуждался на Констанцском (1414–1418), Базельском (1431–1445) и Пятом Латеранском (1512–1517) соборах. Реформа календаря была завершена лишь спустя десятилетия, после смерти Коперника.

В 1513 году Павел Миддельбургский, епископ Фоссом-бронне, написал Копернику по этому поводу, сообщая, что требуется срочно изучить возможность изменений. Павел Миддельбургский получил от Пятого Латеранского собора поручение председательствовать в комиссии по сбору информации о календарной реформе и собирал сведения об этом по всей Европе.

В центре всего находится Солнце. Ибо кто поместил бы этот светильник в этом чудесном храме в иное или более лучшее место, чем то, откуда оно может освещать сразу все целое?

Коперник, «О вращении небесных сфер»

Коперник высказал свое мнение, основываясь на собственных измерениях длительности солнечного года, и отправил его в Рим, отказавшись явиться лично. Павел Миддельбургский включил мнение астронома в свой трактат *Paulina*, забыв упомянуть имя автора. И все же в 1516 году в его *Secundum compendium correctionis calendariii* представленном папе Льву X, польский ученый упоминается как один из исследователей, участвовавших в разработке реформы. Деталей проекта не сохранилось, но, судя по некоторым комментариям в предисловии к «О вращении небесных сфер», Коперник считал реформу календаря преждевременной, так как еще не мог с достаточной точностью определить длительность солнечного года.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ГОДА

Существует несколько разных способов измерить продолжительность года. Сидерическим, или звездным, годом называется период времени между двумя последовательными прохождениями нашей планеты через одну и ту же точку своей орбиты по отношению к звездам. Он равен 365 дням, 6 часам, 9 минутам и 9,7632 секунды. Тропическим годом называется период времени, в течение которого Земля делает полный оборот вокруг своего светила. Его длительность, измеренная в тех же единицах – средних солнечных днях, или гражданских днях, – равна 365 дням, 5 часам, 48 минутам и 45,19 секунды, то есть она несколько короче сидерического года. В «Альмагесте» Птолемей приводит длительность года согласно Гиппарху, устанавливая ее равной 365 дням, 5 часам, 53 минутам и 20 секундам. По собственным измерениям Птолемея год равен 365 дням, 5 часам, 53 минутам и 12 секундам. Коперник в своей книге «О вращении небесных сфер» устанавливает длительность года равной 365 дням, 5 часам, 46 минутам и 23 секундам. Впоследствии при реформе календаря длительность года была наконец зафиксирована и составила 365 дней, 5 часов, 49 минут и 12 секунд.

Представляет интерес дата контактов между епископом Фоссомброне и Коперником, так как она является косвенным подтверждением того, что копии «Малого комментария...» уже были известны в европейских научных кругах, – это и подтолкнуло курию к тому, чтобы включить имя польского астронома в список консультантов. В своем небольшом произведении Коперник указывает, что проблема точного измерения длительности года связана с тем, что тропический и сидерический годы принимались равными, без учета предварения равноденствий. В 1515 году Коперник провел во Фромборке серию наблюдений как раз с целью определить эту разницу. Результаты измерений вошли в III том «О вращении небесных сфер», где говорится о равноденствиях и видимом движении Солнца.

В книге «О вращении небесных сфер» Коперник описывает некоторые из инструментов, имевшихся во Фромборке: армиллярную сферу (книга II, глава XIV), использовавшуюся для наблюдения за звездами, квадрант (книга II, глава II) для определения максимальной дневной высоты Солнца и трикветрум с подробным описанием устройства (книга IV, глава XV), применявшийся в измерениях параллакса. Кроме того, в главе X книги I ученый намекает на секстант, использовавшийся для измерения параметров Марса вблизи его соединения. В том же 1515 году во Фромборке Коперник начал писать свой фундаментальный труд. Перебравшись в Олынтын, несмотря на многочисленные поручения, он продолжал неустанно работать над рукописью. Именно там в 1519 году он закончил работу над первой книгой.

Начиная с этого момента Николай Коперник том за томом писал свой основной труд, «О вращении небесных сфер». Это было нелегкой задачей, учитывая обязанности каноника, которые он выполнял с 1520 по 1530 год. Для ученого были очень важны поддержка и ободрение Тидемана Гизе, каноника Вармии, который после смерти Коперника стал епископом этой епархии. Считается, что между ними возникли дружеские отношения во время пребывания Коперника в Риме в 1500 году.

Чтобы понять энтузиазм Коперника по поводу работы и науки, которая так его увлекала, достаточно прочитать его слова об астрономии во вступлении:

«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 [...] 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!»

При таком энтузиазме Копернику, кажется, вовсе не нужна была внешняя поддержка при исследовании проблемы, которая так его волновала, даже при необходимости выполнять другую церковную и административную работу.

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
В книге «О вращении небесных сфер» подробно описаны видимое и истинное движение Солнца, Луны, Земли и планет, проанализированы орбиты планет и смоделированы аномалии, наблюдающиеся в их движении. Для Коперника эта работа должна была представлять серьезную задачу, поэтому он часто пересматривал свои записи с эмпирическими данными, чтобы перепроверить собственные вычисления. Лучше всего этот факт отражен в таком фрагменте:

«Я долго колебался, должен я напечатать мои исследования [...] или же последовать примеру пифагорейцев и других ученых, имевших обыкновение передавать тайны своей науки не на письме, а устно, ближайшим своим друзьям и сподвижникам».

Несмотря на эти колебания, говорящие о внутреннем конфликте ученого, работа была завершена в 1530 году. Сначала она состояла из семи книг, но потом первая и вторая были объединены, и их количество сократилось до шести.

ПОСЛАНИЕ ПРОТИВ ВЕРНЕРА

Другим отвлекающим моментом, хоть и связанным с научной работой, стало письмо Копернику от Бернарда Ваповского, его коллеги по Краковской академии и друга. В 1524 году Ваповский прислал Копернику трактат «О движении восьмой сферы», написанный нюрнбергским астрономом Иоганном Вернером (1468–1522). Он содержал методы вычисления и другую информацию некоторых классических астрономов.

Несмотря на то что Вернер умер в 1522 году, ученый ответил Ваповскому знаменитым «Посланием Коперника против Вернера» – небольшим трактатом, в котором ученый опровергал идеи немецкого астронома. Это было частное письмо, довольно жесткое, но Ваповский считал, что оно содержит важный материал и должно быть распространено в научных кругах.

Письмо состояло из десяти страниц и разъясняло представление Коперника об астрономии. Вступление было очень показательным:

«Досточтимому господину Бернарду Ваповскому, кантору и канонику Краковской церкви и секретарю Его Величества короля Польши от Николая Коперника.

Не так давно ты, дражайший Бернард, послал мне изданное Иоганном Вернером... сочиненьице о движении восьмой сферы [...]. Твоя милость просила меня дать суждение по этому вопросу».

В этом первом абзаце Коперник четко излагает свои намерения:

«Я попробую возможно яснее выявить, в чем он погрешил в вопросе о движении сферы неподвижных звезд».

Ученый объясняет, что Вернер неправильно измеряет время. Затем он углубляется в тему, указывая, насколько ошибочно основное утверждение Вернера, а именно: что за 400 лет до Птолемея неподвижные звезды двигались неравномерно. Ученый из Торуня, таким образом, отрицает право Вернера критиковать методы таких астрономов, как Аристилл, Тимоха-рис, Агриппа и тот же Птолемей. Он задается вопросом, не путает ли Вернер понятия «равномерное» и «среднее».

Первая страница знаменитого «Послания Коперника против Вернера», которое астроном адресовал Бернарду Ваповскому в 1524 году.

Кардинал фон Шёнберг писал Копернику:

«Я понял, что вы создали свое толкование всей астрономической системы, которое всех удивило. Убедительно прошу вас сообщить свои открытия вашим коллегам и отправить мне копию вашей работы как можно скорее».

Страница 18 оригинальной рукописи «О вращении небесных сфер», хранящаяся в Ягеллонском университете в Кракове. Можно заметить, что Солнце находится в центре системы, а Земля – на третьей орбите, за Меркурием и Венерой.

На латыни Земля называется Tellus (родительный падеж – Telluris). Больше всего критики в абзаце, который начинается так:

«Нигде наш автор не является более неразумным, как в своем двадцать втором предложении и особенно в следствии к нему».

Коперник имеет в виду предположительную ошибку округления, которую Вернер приписывает измерениям Тимохариса, касающимся двух звезд. Ученый завершает текст, извиняясь за то, что не может глубже рассмотреть тему:

«Наконец, что же я сам думаю о движении сферы неподвижных звезд? Так как все это предназначено для другого места, то я счел излишним и неподходящим останавливаться здесь дольше; достаточно ведь будет, если я только удовлетворю твое желание и ты будешь иметь требуемое тобой мое мнение об этом произведении. Да будет в счастливейшем здравии твоя досточтимость».

В этом послании есть два интересных момента. Первый – то, что Коперник собирался опубликовать свое мнение о космологии «в другом месте». Второй – агрессивность, которую он, в отличие от обычной сдержанной манеры, проявляет к Вернеру. Возможно, это связано с тем, что астронома раздражал крайне поверхностный подход Вернера к предмету, который Коперник тщательно изучал в течение десятилетий.

В отличие от других текстов, это письмо содержит много цитат из Аристотеля. Особенно интересна фраза, которая отражает всю важность этого письма для работы Коперника:

«Благодарными следует быть не только тем философам, которые говорили правильно, но также и тем, которые допустили некоторые ошибки, ибо людям, желающим идти правильным путем, важно также знать и об отклонениях».

ТЕНЬ НА ЛИЧНОЙ ЖИЗНИ

О личной жизни Коперника нам известно очень мало. Нет свидетельств, говорящих, что он достиг высоких чинов в Церкви. Один из щекотливых вопросов, касающихся его личной жизни, связан с экономкой ученого, Анной Шиллинг. Существует несколько версий относительно связи этой женщины с астрономом. Согласно одной из них, Анна поселилась в доме ученого и каноника во Фромборке в 1537 году. Епископ Дантышек направил канонику два «отеческих предупреждения», требуя, чтобы женщина покинула жилище Коперника. Коперник отвечал:

Письмо с ответом Коперника епископу Дантышеку по поводу своей экономки.

«Получил от вашей достопочтенной милости это предупреждение, которое в глубине души даже считаю выговором [...]. И хотя поступлю так, как вы того просите, не так легко найти хорошую хозяйку, и поэтому намереваюсь окончательно решить этот вопрос во время пасхальных каникул».

Анна была примерно на 15 лет моложе Николая, но она уже не была молодой девушкой: когда она поселилась в его доме, ей было около 47 лет. По всей видимости, Дантышек излагал мнение коллег, завидовавших Копернику, которые могли неправильно интерпретировать присутствие экономки в доме астронома.

ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ

В последние годы жизни Коперник все меньше участвовал в политических событиях Королевства Пруссии – возможно, вследствие возраста. Он не удалился от общественной жизни, но ограничил свою деятельность Вармией и даже в ней выполнял все менее сложные административные задачи, обычно выступая в качестве наблюдателя.

Начиная с 1530 года активность Коперника постоянно уменьшалась, хотя он не оставлял свои функции каноника. Тем временем слухи о его пока не изданной книге распространялись в научной среде. Иоганн Альбрехт Видманштеттер, немецкий профессор, исполнявший функции секретаря папы Климента VII, в 1533 году в Риме провел серию докладов, в которых изложил основы теории Коперника. Находясь под впечатлением от этих докладов, архиепископ Капуи, кардинал Николаус фон Шёнберг в 1536 году написал Копернику. В своем первом послании он выражал восхищение знанием классических астрономов и сформулированной Коперником новой космологией, а также просил детально описать свои открытия для других ученых в этой области и переслать ему тексты. С подобной просьбой обратился и Тидеман Гизе, епископ Хелмно, который, как известно, был личным другом Коперника.

С тех пор как в 1523 году епископом Вармии был назначен старый знакомый ученого, Мавриций Фербер, его положение считалось в некоторой степени привилегированным как доверенного лица князя-епископа. После смерти Фербера в 1537 году Коперник был одним из кандидатов, представленных капитулом королю. Выбор, тем не менее, пал на королевского фаворита Яна Дантышека, более известного как Дантискус. Новый епископ давно предпринимал попытки вести научную деятельность и несколько раз пробовал завязать дружбу с Коперником. Однако, как мы можем видеть в сохранившейся корреспонденции, Коперник отвечал на эти послания довольно холодно. Когда Дантискус пришел к власти, создававшаяся дистанция тяготила Николая и, возможно, стала причиной неприятного случая, который нарушил спокойствие последних дней каноника.

КНИГА ПОВИСЛА В ВОЗДУХЕ

Главный труд все еще не был завершен, о нем ходили только туманные слухи. Чего ждал Коперник? Почему не отдавал книгу в печать? С чем были связаны его сомнения или страхи?

Мы можем предположить, что его останавливало несколько соображений. В первую очередь, конечно, это были сомнения научного характера: как могло случиться, что теория, принятая всеми астрономами, оказалась опровергнута каноником из Фромборка, с окраины Европы?

Другие моменты, возможно, имели философскую или даже теологическую природу. Так как геоцентрическая теория вытекала из хорошо структурированных представлений и была связана с принципами, на первый взгляд нерушимыми, сомнения Коперника лежали в области морали. К тому же широко известной была суровость, с которой Церковь наказывала отклонения от того, что считалось основой доктрины. Даже вне Католической церкви, среди протестантов, звучали рассерженные голоса, возражающие Копернику, еще до публикации книги. Публично критиковал работу и Лютер.

Человек, превзошедший Птолея, Гиппарха, Евдокса и всех остальных, следовавших по их стопам.

Джордано Бруно о Копернике в «Пире на пепле»

К счастью, в 1539 году во Фромборк прибыл восторженный молодой человек, привлеченный достижениями Коперника, которого он хотел видеть своим учителем. Речь идет о Георге Йоахиме Ретике, который в возрасте 25 лет поставил задачу добиться издания скрываемой от публики книги.

Ретик прибыл из Университета Виттенберга и, что любопытно, был протеже Меланхтона, преемника Лютера. Он проехал через всю Германию, чтобы познакомиться с самыми известными астрономами того времени, и в Нюрнберге встретился с Иоганном Шенером, который занимался публикацией Лотредактированных рукописей Иоганна Мюллера из Кенигсберга (Региомонтана), одного из самых уважаемых астрономов и астрологов тех лет. С помощью Шенера

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
Ретик познакомился с Иоганном Петреусом, знаменитым издателем. Возможно, вдвоем они уговорили Ретика нанести визит Копернику и попытаться убедить его наконец опубликовать свои труды.

Когда польский ученый, которому было уже 66 лет, познакомился с Ретиком, он признал, что держал свой труд «в тайне, глубоко сокрытым». Между ними быстро установились дружеские отношения. Астронома впечатляли молодость и энтузиазм новоприбывшего ученика, и он позволил ему ознакомиться с рукописью. Новая гелиоцентрическая теория и ее тщательное обоснование покорили Ретика, и в 1540 году в Гданьске он напечатал свое «Первое повествование» – первое систематическое изложение идей учителя. Уже через год в Базеле появилось второе издание.

Все, в том числе Луна и центр Земли, движется по большой орбите между другими блуждающими звездами в годовом вращении вокруг Солнца, которое и есть центр мира.

Коперник, «О вращении небесных сфер»

Осознавая возможную реакцию, Ретик написал в начале своего «Повествования», что «желающий понять должен обладать независимым мышлением». Разумеется, последствия, как положительные, так и отрицательные, не заставили себя ждать. Например, известно похвальное письмо Геммы Фризиуса, астронома и профессора медицины из Левена, направленное епископу Дантискусу.

Но вместе с хвалебными – что вполне логично – появились голоса, отрицающие систему Коперника. Помимо Лютера, негативно высказывались о ней и другие известные мыслители того времени. Филипп Меланхтон, учитель и покровитель Ретика, писал в 1541 году: «Есть люди, которые считают огромной заслугой создание чего-то настолько абсурдного, как то, что сделал этот астроном, зафиксировав Солнце и заставив двигаться Землю». Затем в 1549 году в своей *Initia doctrinae physicae* он еще раз атаковал новую теорию, утверждая, что это «пагубный пример». Даже Кальвин не удержался от критики Коперника и заявлял: «Кто осмелится поставить авторитет Коперника выше авторитета Святого Писания?»

РЕТИК И ЕГО «ПЕРВОЕ ПОВЕСТВОВАНИЕ». ПЕРВЫЙ КОПЕРНИКАНЕЦ

«Первое повествование» отражает глубокое уважение, которое его автор, молодой Ретик, питал к своему учителю. В своей попытке обнародовать теорию Коперника ученик за небольшое время создал более понятную версию труда «О вращении небесных сфер». Этот небольшой трактат состоит из 74 страниц, из которых на первых 59 изложены идеи Коперника. «Первое повествование» является удачным синтезом теорий Коперника. Особый интерес представляет глава, посвященная «Основным причинам, по которым гипотезы античных астрономов должны быть отвергнуты». Среди пяти причин, указанных Ретиком, стоит подчеркнуть четвертую:

Обложка «Первого повествования», написанного Ретиком, учеником и большим поклонником Коперника. Как видно из текста на обложке, это было первым изложением книги «О вращении небесных сфер» «образованнейшего и глубокоуважаемого математика, достопочтенного доктора Николая Коперника из Торуня».

«Мой учитель понимает, что только в согласии с этой [гелиоцентрической] теорией все небесные тела могут равномерно вращаться по своим орбитам».

Непропорциональная реакция, вызванная этим первым сообщением о гелиоцентрической модели, заставила Ретика перенести чисто тригонометрические аспекты книги «О вращении небесных сфер» в отдельную публикацию под названием «О сторонах и углах треугольников» (*De lateribus et angulis triangulorum*). Текст был опубликован в Виттенберге в 1542 году с эпиграммой епископа Дантискуса в качестве предисловия.

Получить поддержку Дантискуса для этого геометрического трактата было непростой задачей. В это время епископ издал порицание против обладателей

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org лютеранских книг; казалось, что терпимость между католиками и реформистами истощалась, и тут главный соратник Коперника, Ретик, сам оказывался еретиком. Молодой ученик хорошо понимал, что на горизонте вырисовываются сложности с публикацией книги. Судя по всему, Ретик, чтобы избежать возможных теологических проблем, воспользовался контактами в Виттенберге и Нюрнберге.

Коперник же был очень болен и продолжал решать проблемы, возникшие в связи с грозящим ему статусом еретика. В 1542 году, за год до публикации «О вращении небесных сфер», он написал письмо папе Павлу III, большому поклоннику астрономии, в котором просил дать охранную грамоту для себя самого и книги. Он писал, что папа «сможет своим авторитетом и здравым смыслом сдержать нападки клеветников».

Ретик поручил публикацию Андреасу Озиандеру, протестантскому издателю и теологу, который, судя по всему, тоже ощущал угрозу, связанную с изданием и распространением книги. Поэтому без согласия Коперника он добавил анонимное предисловие под заголовком «О предположениях, лежащих в основе этой книги» (*Ad lectorem de hypothesis huius operis*), с помощью которого надеялся снять с себя ответственность. В предисловии Озиандер заявлял, что новая теория – лишь математическая схема. Он писал буквально следующее: «Нет необходимости, чтобы эти гипотезы были верными или даже вероятными, достаточно только одного, чтобы они давали сходящийся с наблюдениями способ расчета». Таким образом, снова был использован трюк с разделением математических предсказаний и наблюдаемой реальности.

Памятник Копернику перед собором Фромборка.

В этом городе великий астроном прожил последние 33 года (с 1510 по 1543). Именно в этом соборе он и будет погребен после смерти.

Эпитафия Копернику, написанная в 1581 году Мартином Кромером, князем-епископом Вармии. Здесь указана дата смерти Коперника: 24 мая 1543. В тексте об астрономе говорится так: «Из Торуня, доктор искусств и медицины, каноник Вармии, знаменитый астролог и учредитель этой дисциплины».

Кроме того, Озиандер изменил название книги, добавив к нему слова «небесных сфер» (*orbium coelestium*), чтобы создать ощущение, что Земля не входит в новую модель, так как она не считалась небесным телом. Впрочем, достаточно было прочитать первые главы, чтобы понять: Коперник говорит о том, что сам считает реальностью, хотя и не интуитивно понятной. Воспринимаемое нами движение Солнца является кажущимся. Двигается Земля, хотя чувства говорят нам об обратном. Судя по всему, ни Ретик, ни Гизе не знали об этом анонимном предисловии и изменении названия до тех пор, пока не увидели книгу напечатанной. Епископ Гизе даже написал письмо к городскому совету Нюрнберга, требуя исправить ошибку, то есть перепечатать начальные страницы, а также добавить к еще не проданным копиям небольшой текст Ретика, в котором объяснялось, почему движение Земли не противоречит Святому Писанию. Этот текст, долгое время считавшийся утраченным, был опубликован в 1984 году. Издатель оправдал себя тем, что мог опубликовать только ту рукопись, которую ему прислали. Спустя много лет Кеплер обвинил Озиандера и, насколько смог, попытался исправить ошибку.

С большим трепетом ожидаю математический труд выдающегося человека [...]. Этот труд появился в нужный момент, чтобы озарить закат этого великого человека светом бессмертия.

Гемма Фризиус в письме

Книга была напечатана в Нюрнберге издателем Иоганном Петреусом под заголовком «Николая Коперника Торуньского О вращении небесных сфер, в 6 томах». Это было издание *in folio*, состоявшее из вводной главы с уже упомянутым предисловием Озиандера, письмом Копернику от кардинала Капуи, датированным 1 ноября 1536 года, и запиской «Предисловие автора» – посланием к папе Павлу III, в котором Коперник просил защиты от

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
предполагаемых нападок. Было издано чуть меньше 500 копий. Интерес к этой книге мы можем оценить по количеству дошедших до наших дней копий – 267, многие из них содержат на полях пометки, сделанные рукой видных астрономов, математиков и теологов, заинтересовавшихся этим первым изданием.

Первые экземпляры были отпечатаны 21 марта 1543 года, и неизвестно, удалось ли Копернику увидеть свое детище, так как, заболев в 1542 году, он умер 24 мая 1543 года. Существует легенда, что лежа на смертном одре, ученый смог взять в руки экземпляр труда всей своей жизни, но она не подкреплена документальными свидетельствами. Возможно, именно этого и хотел астроном: бросить камень своей теории и укрыться в смерти, чтобы не подвергаться иррациональной критике и не слышать проклятий.

КОПЕРНИКАНСКАЯ МОДЕЛЬ

Оригинал рукописи состоит из немногим менее 200 страниц, в том числе таблиц и рисунков. К этому добавлены посвящение и предисловие, причем сохранился только текст предисловия, написанный Озиандером взамен авторского. Хотя после смерти Коперника его хороший друг епископ Гизе сделал все, что было в его власти, чтобы восстановить оригинальное предисловие, документ не дошел до наших дней, в отличие от остальных страниц рукописи, сохранившейся без переплета у Ретика. Эта рукопись, передававшаяся из рук в руки, сегодня хранится в Ягеллонском университете. Текст разделен на шесть книг и включает 131 главу, все довольно короткие. Вкратце содержание рукописи следующее.

Книга I. Первые 11 глав дают представление о новой гелиоцентрической теории и содержат резюме новой космологии. Последние четыре главы, которые сначала были частью отдельной книги, представляют собой введение в тригонометрию (см. рисунок 1).

Книга II состоит из 14 глав. Описывает принципы сферической тригонометрии и ее приложение к вычислению параметров небесных тел. В заключении приводится каталог неподвижных звезд, где они сгруппированы по видимости в северных, южных и средних регионах.

Книга III описывает видимое движение Солнца и связанные с этим явления. Разделена на 27 глав, из которых первые 12 посвящены изучению солнцестояний и равноденствий. Оставшиеся главы посвящены вычислению длительности солнечного года и анализу равномерности движения Солнца (см. рисунок 2).

Книга IV описывает орбитальное движение Луны. Состоит из 32 глав. Здесь рассматривается движение Луны, ее фазы, проблемы параллакса, соотношение лунного, земного и солнечного диаметров, расстояний между ними, соединения и противостояния Солнца и Луны, а в последних главах – продолжительность затмений (см. рисунок 3).

Книги V и VI содержат изложение новой системы и разъясняют способы вычисления позиций астрономических тел с использованием гелиоцентрической модели. Коперник посвящает первую главу книги V анализу движения пяти других планет; вторая глава резюмирует теорию Птолемея, а в третьей вводится движение Земли для объяснения неравномерности наблюдаемых движений. Главы с четвертой по девятую посвящены Сатурну; главы с 10 по 14 – Юпитеру, с 15 по 19 – Марсу, с 20 по 24 – Венере и с 25 по 31 – Меркурию. В оставшихся главах рассматривается вычисление траекторий этих пяти планет. Книга VI целиком посвящена анализу широт этих пяти планет и объяснению их склонений.

В рукопись включено большое количество астрономических таблиц (многие из них получены благодаря наблюдениям других астрономов), а также обсуждаются вопросы, связанные с длительностью года, периодами обращения других планет и временем, прошедшим с момента исторических событий античности. Коперник ориентируется на читателя-специалиста и приводит таблицы для вычисления координат различных светил. Эти таблицы широко использовались в тот период,

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org пока не вышли из употребления в связи с распространением логарифмов. Несмотря на большое количество подробностей, содержащихся в этих шести книгах, новая теория вкратце излагается примерно на 20 первых страницах. Это первые 11 глав первой книги, в которых объясняется, что Солнце неподвижно и находится в центре сферы неподвижных звезд. Вокруг него в одной плоскости по круговым траекториям вращаются планеты (здесь подразумевается комбинация круговых траекторий). Планеты располагаются в известном сегодня порядке, с Землей на третьем месте, между Венерой и Марсом.

Луна вращается вокруг Земли и, следовательно, движется вместе с ней по орбите вокруг Солнца. Наконец, Земля вращается вокруг своей оси, благодаря чему происходит чередование ночи и дня. В этой модели наблюдаемые несоответствия связаны с колебаниями земной оси.

Согласно структуре первых глав, Коперник начинает рассуждать, что Вселенная (гл. 1) и Земля (гл. 2) являются сферами, что суша и моря образуют шар, опираясь на общий центр тяжести (гл. 3). Затем он устанавливает принцип, которым пытается не отбрасывать полностью все аристотелевские представления: «Движение небесных тел является равномерным и круговым, оно бесконечно и состоит из отдельных повторяющихся кругов» (гл. 4).

РИС.1

РИСУНОК 1: Иллюстрация из книги I, главы 11 «О вращении небесных сфер», в которой показывается тройное движение Земли: вращение вокруг своей оси, перемещение вокруг Солнца и изменение склонения.

РИСУНОК 2: иллюстрация из книги III, главы 20 «О вращении небесных сфер», о нерегулярностях движения Солнца.

РИСУНОК 3: Иллюстрация из книги IV, главы 1 «О вращении небесных сфер», в которой показываются лунные циклы.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ДВУХ СИСТЕМ

Самое известное и, без сомнения, самое красивое изображение двух основных астрономических систем в истории сделано голландским космографом немецкого происхождения Андреасом Целлариусом (ок. 1596–1665) в его блестящем труде «Гармония макрокосмоса» (*Harmonia macrocosmica*, 1660) с иллюстрациями Гендрика Гондиуса, Йоханнеса ван Лона и других известных голландских картографов того времени. Эта работа была опубликована Яном Янсоном (1588–1664) как седьмой том амбициозного проекта картографа Меркатора (1512–1594): большой атлас всего известного к тому времени космоса. В ней были размещены эти потрясающие иллюстрации (в оригинале цветные), которые изображают два основных представления о космосе в то время.

Система Птолемея

На первой иллюстрации изображена птолемея планисфера, то есть механизм движений мировых орбит согласно гипотезе Птолемея, в виде плоскости. В центре находится Земля (с первоэлементами – водой, воздухом и огнем), а вокруг нее – «семь орбит планет»: Луна, Меркурий, Венера (*Veneris*), Солнце (*Solis*), Марс, Юпитер (*Iovis*) и Сатурн. Снаружи – эклиптика, или зодиак, с созвездиями, образованными неподвижными звездами.

Система Коперника

На второй иллюстрации изображена новая планисфера (и ее автор в правом нижнем углу), то есть вся Вселенная, согласно гипотезе Коперника, на плоскости. Солнце занимает центральную позицию, вокруг него движутся известные планеты: Меркурий, Венера, Земля (со своим спутником Луной), Марс, Юпитер (с четырьмя спутниками, открытыми Галилеем в 1610 году) и Сатурн, а затем созвездия неподвижных звезд. Солнце и Земля (в

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
сопровождении Луны) поменялись местами. Переход от одной системы к другой
очень зрелищный, это настоящая революция.

Главы с пятой по восьмую книги I описывают движение и положение Земли, а также ее относительные размеры по отношению ко Вселенной. Коперник перечисляет причины, по которым классики считали нашу планету неподвижной и находящейся в центре мира (гл. 7), и опровергает их, давая свое объяснение силе тяжести и ее влиянию на наше восприятие – мы не замечаем движение земного шара (гл. 8). Его понятие гравитации, впрочем, имеет мало общего с всемирным тяготением Ньютона: гравитация локальна и связана только с Землей.

В схеме Коперника Земля подвержена трем движениям (гл. 9), которые подробно разъясняются во взаимосвязи с Солнцем (гл. 11): вращение вокруг своей оси, перемещение вокруг Солнца и прецессия оси вращения. Ученый называет это третье движение склонением и предполагает, что оно противоположно годовому движению и имеет тот же период. Таким образом, его понимание отличается от современного, но именно с ним Коперник связывает то, что ось вращения Земли образует постоянный угол с плоскостью эклиптики в течение года, и с Солнца земная ось выглядит по-разному в зависимости от сезона. Ключевая десятая глава утверждает, что Солнце находится в центре космоса, вопреки нашему представлению, затем эта идея обосновывается, и снова приводится порядок орбит, уже описанный в «Малом комментарии...». Луна считается связанной с Землей.

На первых страницах своей книги Коперник порывает с гео- статическим представлением, а также с геоцентризмом. Но он не окончательно отвергает классические идеи и поддерживает некоторые предубеждения, не вытекающие из его наблюдений. Сфера и окружность продолжают иметь абсолютное значение. Кроме того, в соответствии с философской традицией ученый считал, что скорость движения светил постоянна. Наконец, для Коперника все еще существовали кристаллические сферы Аристотеля, и он полагал, что земная ось жестко связана со сферой, в центре которой находится Солнце. Если бы это было так, земная ось имела бы постоянный угол наклона по отношению к Солнцу и нельзя было бы объяснить смену сезонов.

Именно поэтому ученый вводит третье движение, основываясь на идее колебания Ибн Курры. Поэтому некоторые современные авторы считают, что Коперник работал на грани между классической и современной наукой. Его вклад способствовал появлению современной мысли, но сам по себе был скорее выбором, а не открытием. Коперник решил поверить в то, что его предположения верны, и подтвердил их большим количеством данных с помощью вычислений и технических новинок. Всему этому посвящены оставшиеся примерно 200 страниц его книги. Он пишет следующее:

«Я принял на себя труд перечитать книги всех философов, которые только мог достать [...], я тоже начал размышлять относительно подвижности Земли. И хотя это мнение казалось нелепым, однако, зная, что и до меня другим была предоставлена свобода изобретать какие угодно круги для наглядного показа явлений звездного мира, я полагал, что и мне можно попробовать найти (в предположении какого-нибудь движения Земли) для вращения небесных сфер более надежные демонстрации, чем те, которыми пользуются другие математики».

В этом смысле, без сомнения, Коперник является современным ученым: он собирает доступную библиографию, анализирует и критикует ее. Он выбирает рабочую гипотезу, отталкиваясь от того, что уже известно. Затем, с эмпирическими данными в руках, убеждается, что эта гипотеза, хотя и кажется абсурдной с точки зрения ощущений, более правильна, чем общепринятая модель.

Любопытно, что среди античных астрономов, труды которых прочитал Коперник, ссылки на Аристарха Самосского (книга III, главы 2,6 и 13) касались только предварения равноденствий или длительности года, но не гелиоцентрической модели. Случайность? Намеренная забывчивость? В единственном дошедшем до нас труде этого астронома, «О величинах и расстояниях Солнца и Луны», он рассуждает в рамках геоцентрической модели; известно, что и позднейшие авторы цитировали гелиоцентрические идеи Аристарха.

Хотя наблюдения ученого, о которых мы имеем свидетельства, процитированы в соответствующих местах, большая часть эмпирических данных, приведенных в «О вращении небесных сфер», принадлежит другим авторам. Его основными источниками были «Извлечения из Альмагеста Птолемея» Региомонтана и Пурбаха, опубликованные в 1496 году, латинский перевод «Альмагеста» Герарда Кремонского, напечатанный в Венеции в 1515 году, и Альфонсовы таблицы, которыми Коперник научился пользоваться в Краковской академии.

На самом деле разница между моделями Птолемея и Коперника сводится к ролям Земли и Солнца и различиям в земной динамике: от геостатической и практически геоцентрической модели делается переход к геодинамической и гелиоцентрической. Коперник незначительно уменьшил количество окружностей, необходимых для объяснения траекторий небесных тел, но сохранил внутреннюю сложность, присущую модели Птолемея. Если мы рассмотрим обе модели с точки зрения необходимых вычислений, то выясним, что Коперник отказался от эквантов и привязал движение планет не к Солнцу, а к центру земной орбиты, внося значительные ошибки в широты планет, особенно в случае Марса. В отношении Меркурия, который для Птолемея представлял особый случай, Коперник применил тот же принцип, хотя и внес тем самым дополнительную сложность.

Важным фактом является то, что внутренние планеты, нижние по терминологии Птолемея, в соответствии с имеющимися у Коперника данными должны достигать большой угловой дистанции по отношению к Солнцу, когда система Солнце – планета – Земля образует определенный угол, то есть в точках максимальной элонгации, о которых мы уже говорили.

Следует также отметить отличия, которые можно заметить между версией модели, описанной в «Малом комментарии...», и окончательной версией, вошедшей в «О вращении небесных сфер». Оказывается, что хотя оба текста описывают гелиоцентрическую модель, в «Малом комментарии...» планетарная механика гораздо более сложная: планета движется по первому эпициклу, центр которого движется по второму эпициклу, центр которого, в свою очередь, движется по окружности деферента, в центре которой находится Солнце. В «О вращении небесных сфер», напротив, динамика напоминает птолемею, хотя Солнце и Земля в ней меняются местами.

ПРЕДВАРЕНИЕ РАВНОДЕНСТВИ

Ось вращения Земли наклонена к плоскости эклиптики, то есть плоскости, по которой наша планета движется вокруг Солнца.

Вследствие этого наклона появляется третье движение, которое Коперник предложил в своем труде «О вращении небесных сфер». Из-за деформации Земли гравитационная сила Солнца вызывает движение, которое изменяет направление земной оси. Таким образом, ось совершает вращательное движение, описывая конус, наподобие прецессии волчка. На рисунке изображено движение оси по окружности; период этого вращения составляет около 25 776 лет и называется Платоновым годом. На прецессию накладывается еще одно движение – нутация, – вследствие которого скорость прецессии изменяется. Это приводит к тому, что земная ось совершает колебания и траектория становится более сложной, как показано на рисунке. Для нутации пока нет удовлетворительной модели, так как она является следствием множества эффектов. Считается, что Гиппарх первым изучил этот тип движения; также о нем говорил Теон Александрийский (ок. 335–405). В IX веке Ибн Курра развил свою теорию колебаний, которая была предшественницей рассуждений Коперника о третьем земном движении.

Комбинация прецессионного и нутационного движения земной оси.

С другой стороны, в «Малом комментарии...» утверждается, что эксцентриситет земной орбиты имеет постоянное значение и положение солнечного апогея не меняется по отношению к неподвижным звездам; в «О вращении небесных сфер», напротив, все не так: из текста следует, что наблюдения, проведенные в 1515 году, заставили Коперника отбросить эту идею.

Наблюдаемые отличия показывают, что с течением времени польский астроном

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org скорректировал свои теории согласно эмпирическим данным. Точно известно, что его представление о космосе не было полным в момент написания первой книги, хотя некоторые утверждают обратное. В качестве вывода мы можем разделить вклад Коперника на четыре основные части.

- Земля установлена на правильное место в Солнечной системе и создана гелиоцентрическая модель.
- Разъяснена связь между экспериментальными наблюдениями и параметрами модели.
- Определен критерий для определения относительных расстояний для каждой планеты.
- Предложено эффективное решение проблемы определения широты каждой из планет.

С другой стороны, Коперник сохранял излишнюю сложность, которая не приводила к увеличению точности. В частности, в случае Марса его модель выдавала значительные ошибки. Наилучшее обоснование модели Коперника – возможно, то, которое использовал он сам и которое мы находим в поиске более элегантной альтернативы. В конце концов, в основе его работы лежит глубокий и убежденный неоплатонизм.

Глава 4 Модель, проверенная временем

Работа Коперника не была хорошо принята современниками. Пройдут еще 50 лет с момента публикации, и гении современной науки, Галилей и Кеплер, доведут смену парадигмы до логического завершения. А пока реакция Христианской церкви будет направлена против теории, в которой она увидит только угрозу своим догмам.

С философской точки зрения система, предложенная Коперником, противоречила общепринятой традиции, поэтому было необходимо найти объяснение новым движениям Земли, которые в ней постулировались. Мог ли перводвижитель Аристотеля участвовать и в небесной динамике? Кроме того, круговое и равномерное, то есть идеальное движение было закреплено за небом, и приписывать его нашему миру казалось бессмысленным. Другая трудность проистекала из элементарного наблюдения: почему камень падает на землю, если Земля не является центром Вселенной? В таком случае он должен был падать на Солнце. Коперник пытался решить эту проблему, утверждая, что вещи подчиняются «естественной тенденции частей целого, отделенных от этого целого, возвращаться к нему»; в этом смысле «земные» тела стремятся вернуться к своему «целому», Земле, а не к «центру мира», который для них чужой. Объяснение слабое, но приемлемое.

Другим поводом для сомнений был состав звездного вещества. До этого момента, так как другие небесные тела были отделены от нашей планеты, их состав мог считаться другим. Но если Земля – лишь одно из тел, вращающихся вокруг Солнца, то возникает вопрос: состоят ли другие планеты из того же самого вещества, что и наша? А Солнце? А звезды? Коперник разрушил неприкосновенное различие между подлунным и надлунным пространством. Следовательно, существование эфира ставилось под сомнение. Даже Луна вызывала концептуальный парадокс: почему это светило вращается вокруг нашего? Почему только оно? И, вдобавок, почему Земля не оставляет его позади в ходе своего движения?

Сюда следует добавить и проблему параллакса звезд. Большая часть экспериментальных обоснований коперниканской модели состоит из наблюдений, в частности из измерений параллакса планет. Этот феномен, однако, не наблюдался у звезд. На самом деле звездный параллакс существует, но так как звезды чрезвычайно далеки, то его невозможно было обнаружить с помощью методов и инструментов, доступных в XVI веке. Пройдут еще 300 лет, прежде чем будут предприняты первые попытки измерения параллакса. Коперник был прав, считая, что проблема может быть связана с большой удаленностью звезд от нашей планеты.

Не следует забывать, что новая модель использовала те же математические трюки, что и предшествующая. Деференты и эпициклы все еще были необходимы, и Копернику даже потребовался скрытый эквант: он предполагал, что в центре

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
планетарных орбит находится некое среднее Солнце. Но несмотря на все эти вопросы, его система открыла двери в невиданную Вселенную. Новое представление о космосе было прямым следствием постоянного научного прогресса. Как и многие другие открытия, решение, представленное астрономом из Торуня, не было идеальным. Ответы были получены не на все вопросы, но это был по-настоящему гигантский шаг.

КОПЕРНИК И НАУЧНЫЙ МЕТОД

Астроном из Торуня заслуживает нашего уважения не только из-за полученных им результатов, но и из-за своего метода. Чтобы понять тщательность его труда, приведем слова Ретика о Копернике из его «Первого повествования»:

«У моего учителя всегда перед глазами наблюдения всех эпох и его собственные, упорядоченные как в каталоге; поэтому, когда ему нужно сделать выводы или что-то изменить в науке или своих принципах, он начинает с самых древних наблюдений и заканчивает своими в поисках взаимосвязей, которые бы все их согласовывали; полученный результат [...] он сравнивает с гипотезами Птолемея и античных авторов; проверив тщательнейшим образом эти гипотезы, он находит, что астрономические доказательства их опровергают; выдвигает новые гипотезы не без божественного вдохновения и во славу богов; применяя математику, устанавливает геометрически следствия, которые вытекают из правильного рассуждения; затем согласует древние и собственные наблюдения с выбранной гипотезой и после всех этих операций создает, наконец, свои астрономические законы».

Вдобавок к своему открытию гелиоцентризма, Коперник является первым примером современного ученого. Его влияние на последующую науку было огромно, однако распространение его идей и методов происходило с большим трудом.

ГОДЫ ПРЕСЛЕДОВАНИЙ

Протестантские теологи не прошли мимо труда Коперника. И хотя без помощи некоторых членов реформированной Церкви его работу было бы невозможно опубликовать, Лютер, Меланхтон и Кальвин открыто высказывались против новой системы, которую они считали противоречащей Святому Писанию. Лютеране и кальвинисты объединились в своем противостоянии новой системе мира, но, к счастью, разрозненность протестантских церквей не позволяла запустить механизм преследования ученых, придерживавшихся гелиоцентрической модели.

Первыми последователями новой теории были члены лютеранской школы Виттенберга. Кроме Ретика, коперниканскую космологию защищали немецкие астрономы Эразм Рейнгольд (1511-1553), Каспар Пойкер (1525-1602) и Иоганн Преториус (1537-1616). К ним следует добавить и Тихо Браге, который активно продвигал учение Коперника.

В то время когда была опубликована работа «О вращении небесных сфер», Католическая церковь была занята двумя проблемами. С одной стороны, шла подготовка к Тридентскому собору (1545-1563), на котором произошел переход от терпимого отношения к Реформации к абсолютной нетерпимости. Конгрегация Святой инквизиции, созданная в 1542 году, и Индекс запрещенных книг дотягивались до всего, что можно было назвать ересью, до свободной мысли в любой форме.

С другой стороны, Рим был занят реформой календаря, которая обсуждалась в первой половине XVI века и была окончательно утверждена в 1580 году. Как уже было сказано, Коперник в 1513 году был убежден в необходимости дождаться более точных измерений длительности года. В книге «О вращении небесных сфер» он установил длительность года, оказав прямое влияние на реформу.

Между 1530 и 1543 годом, когда была издана книга Коперника, Рим придерживался благожелательной позиции по отношению к его астрономическим теориям, и астроном даже получал поддержку известных членов курии. Кардинал Николаус фон Шёнберг, его друг, епископ Тидеман Гизе, папы Климент VII (1523-1534) и Павел III (1534-1549) разными способами побуждали ученого опубликовать свои теории. Между 1543 и 1546 годами ситуация изменилась:

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
цензором книг был назначен доминиканец Бартоломео Спино (ок. 1475–1546). Он тут же потребовал осуждения «О вращении небесных сфер» на тех же основаниях, что и протестанты: распространение идей, противоречащих Святому Писанию и аристотелевской мысли. Смерть Спино в 1546 году приостановила процесс, но идея постепенно укрепилась.

И хотя книга была хорошо принята в естественнонаучных кругах, ее не переиздавали до 1566 года, и в течение всего XVI века количество копий было очень небольшим. Poleмика вокруг гелиоцентризма совсем прекратилась бы, если бы не личный вклад некоторых католиков и протестантов.

РЕФОРМАЦИЯ

На протяжении XVI века различные священнослужители и мыслители предлагали радикальные изменения в жизни Католической церкви, прежде всего в моментах, которые они считали существенными. Это движение, в основе своей религиозное (хотя оно и имело политические следствия), получило общее название Реформации. Оно стремилось дать новую жизнь христианству, возвращаясь к обычаям и традициям ранних времен, и пыталось преобразовать Церковь таким образом, чтобы клерикальная структура больше соответствовала учению Иисуса Христа. Второе поколение гуманистов быстро восприняло эти тезисы, впервые провозглашенные августинцем Мартином Лютером (на иллюстрации), который пересмотрел официальную доктрину Церкви в отношении ее соответствия Священному Писанию. Лютер опровергал католическую систему таинств и особенно был против продажи индульгенций, заявляя, что Евангелие должно проповедоваться, а не продаваться. В соответствии со своей интерпретацией Библии Лютер также утверждал, что христиане не должны быть рукоположенными священниками, отрицал авторитет папы и сократил число таинств до двух, описанных в тексте Писания. Он подчинил Церковь светской власти и, в сущности, проповедовал спасение посредством веры. Поначалу Католическая церковь не придавала большого значения идеям Лютера и его нападкам на доктрину спасения через поступки. Впрочем, довольно быстро она была вынуждена отреагировать на эти заявления, далекие от официальной позиции Рима, отлучив Лютера и его последователей.

Немец Иоганн Кеплер, испанец Диего де Суньига, англичанин Томас Диггес и итальянцы Паоло Антонио Фоскарини, Галилео Галилей и Джордано Бруно становились, тем или иным образом, защитниками новой космологии и открыто поддерживали небуквальную интерпретацию Библии в отношении тем, связанных с природой, в духе Аврелия Августина, Оккама, Буридана, Орема и Николая Кузанского. Курия отреагировала немедленно. Джордано Бруно был приговорен к сожжению на костре в 1600 году, труды Коперника и Суньиги были включены в Индекс запрещенных книг, а Галилея судили и публично приговорили в 1633 году. Книга Коперника оставалась в индексе до 1758 года, но ее публикация была запрещена вплоть до 1835-го. Для Католической церкви, стоявшей перед угрозой Реформации, свобода мысли представляла большой риск.

Книга Коперника на самом деле не была запрещена, а лишь задержана – до тех пор, пока в нее не внесли изменения, соответствующие доктрине Церкви. Было подготовлено новое издание, в котором отсутствовали или были изменены девять абзацев, связанных с гелиоцентризмом.

КОНТРЕФОРМАЦИЯ

Лютеранская реформация застала врасплох Католическую церковь, которая на протяжении двух столетий пыталась реагировать мирно. По всей Европе распространялся дух перемен, связанный с предшествовавшим расцветом гуманизма. Князи и кардиналы отклонялись от официальной доктрины, сомневались в непогрешимости папы и даже отрицали его авторитет. С другой стороны, внутри самой католической церкви родилась идея о том, что Церковь должна исправить ошибки, приведшие к этой ситуации, устранить привычки и пороки, которые иерархи до сих пор терпели. Эта реакция, родившаяся в самой католической церкви, была названа контрреформацией.

Тридентский собор

Чтобы установить принципы и основные направления этого обновления, было

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org решено созвать собор, который открылся в городе Тренте в 1545 году. Его сессии продолжались вплоть до 1563 года и прерывались последовательными смертями пап Павла III, Юлия III, Марцелла II и Павла IV. Собор был окончательно закрыт Пием IV. Протестанты по собственному решению участие в Тридентском соборе не принимали. На соборе была принята серия решений, которые должны были вернуть Церкви исходную чистоту, а также была утверждена необходимость разработки Индекса запрещенных книг.

Католическая Контрреформация поощряла возрождение папского Рима и усилила подъем ордена иезуитов, основанного в 1534 году Игнатием Лойолой (1491-1556), который активно участвовал в соборе и стоял в авангарде реакции католиков.

Сессия Тридентского собора в церкви Санта-Мария-Маджоре в Тренте. Во время сессий этого собора были выработаны руководящие линии Контрреформации.

Этот вариант книги был утвержден в 1620 году, но так и не был издан и оставался доступен только по запросу признанных ученых.

Интересно отметить, что во второй половине XVI века были опубликованы два издания «О вращении небесных сфер» и 17 переизданий *Initia doctrinae physicae* (1549) Меланхтона – книги, в которой отвергались идеи Коперника.

Враждебное отношение христианских церквей оказало огромное влияние на развитие западной культуры и науки. Противостояние науки, наряду со слаборазвитой культурной средой, привело к разделению научно подтвержденных фактов и представлений, происходящих из христианской теологии. Медленно, но неизменно в течение десятилетий предпринимались попытки сблизить эти позиции. Тем временем научный мир научился существовать без одобрения церковных иерархов, которые не принимают эмпирического знания. Однако некоторые религиозные и общественные движения, такие как креационизм, даже сегодня пытаются поддерживать доктрины, открыто противоречащие тому, что доподлинно установила наука.

ПОСЛЕДОВАТЕЛИ И КЛЕВЕТНИКИ

Мы уже говорили о драме, сопровождавшей принятие доктрины Коперника. Несмотря на преследования, дух Возрождения и жажда знаний нашли плодотворную почву в умах людей, которые не боялись и принимали доктрину Коперника так же, как когда-то соглашались с моделью Птолемея.

Кроме Ретика, другие астрономы из Виттенбергской школы откликнулись на идеи польского астронома. Хотя новая модель была принята благосклонно, только Ретика можно считать преданным последователем Коперника. В Виттенберге была создана скорее интерпретация коперниканской доктрины: принимались его математические модели, но космология отвергалась. Среди тех, кто пошел по этому пути, был Эразм Рейнгольд, который стал деканом и ректором университета.

Этот протестантский астроном использовал работу польского ученого в своих «Прусских таблицах», которыми пользовались для подготовки календарной реформы. Они не повторяют Альфонсовы таблицы, а основываются на работах Коперника. Несмотря на то что Рейнгольд не был последователем гелиоцентрической теории, как многие другие астрономы второй половины XVI века, он проявил большой интерес к устранению экванта, которое она допускала.

ИНКВИЗИЦИЯ: ИНДЕКС ЗАПРЕЩЕННЫХ КНИГ

В 1616 году инквизиция решила включить «О вращении небесных сфер» Николая Коперника в Индекс запрещенных книг. Это было официальным осуждением коперниканской революции. В том же самом тексте, в котором осуждался Коперник, упоминалась и работа «Комментарии к Иову» (*In Job commentaria*), написанная утонченным философом из Саламанки Диего де Суньига (1536 – ок. 1598). Текст инквизиторов выглядел следующим образом:

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
Обложка Индекса запрещенных книг, издание 1564 года. Через 52 года сюда
будет включена книга Коперника «О вращении небесных сфер».

«Этой Конгрегации стало известно о распространении и широком принятии ложной пифагорейской доктрины, полностью противоречащей Святому Писанию, заключающейся в том, что Земля движется, а Солнце неподвижно, которая попала в книги «О вращении небесных сфер» (...) Николая Коперника и «Комментарии к Иову» Диего де Суньиги [...]. В связи с этим, чтобы не допустить дальнейшего вреда католической вере, Конгрегация решила задержать эти книги Николая Коперника и Диего де Суньиги до тех пор, пока они не будут исправлены.

Конгрегация Святой инквизиции, Индекс запрещенных книг 5 марта 1616 года»

Великий датский астроном Тихо Браге (1546–1601), которого можно считать величайшим исследователем космоса до изобретения телескопа, считал важным, помимо устранения экванта, введение гомогенной планетарной системы. Из-за религиозных мотивов даже Браге не полностью принял коперниканскую модель, остановившись на гео-гелиостатическом компромиссе: две внутренние планеты вращаются вокруг Солнца, и эта группа с другими планетами вращается вокруг Земли.

ГРИГОРИАНСКИЙ КАЛЕНДАРЬ

Церковь поняла, что использование юлианского календаря, продолжавшееся в течение всего Средневековья, вызвало все увеличивающийся сдвиг дат религиозных праздников, не зафиксированных в литургическом году.

В 1582-м накопленный сдвиг составлял почти десять дней. Выравнивание календаря обсуждалось с начала XVI века, но только на Тридентском соборе было высказано явное требование Церкви завершить проект. Наконец, во время понтификата Григория XIII для решения проблемы была создана комиссия во главе с немецким иезуитом Христофором Клавием (1538–1612). Этот знаменитый астроном довел до конца работу комиссии, в которой принимал активное участие итальянец Алоизий Лилий (1510–1574). В качестве значения длительности тропического года решено было принять данные из Альфонсовых таблиц, а именно 365 дней, 5 часов, 49 минут и 16 секунд. Педро Чакон (1526–1581), испанский математик и теолог, изложил в «Компендиуме» окончательное мнение, утвержденное 14 сентября 1580 года. Принятое решение вводило исключение для юлианского правила високосных годов (из 366 дней) каждые четыре года: с этого момента и впредь не должны быть високосными годы, делящиеся на 100 (1700, 1800, 1900, ...), за исключением тех, которые делятся на 400 (то есть високосными будут 1600, 2000, 2400, ...). Календарь был сразу же принят в странах с большим влиянием Католической церкви. В других странах он вводился постепенно, в некоторых случаях спустя годы и столетия.

Портрет папы Григория XIII кисти художницы Лавинии Фонтана.

Среди католиков Христофор Клавий (1538–1612), великий немецкий астроном того времени и основной сторонник григорианского календаря, последовал примеру коллег из Виттенберга: принять новую модель, но остаться в птолемеевой космологии. В Испании коллега монаха Луиса де Леона, августинец Диего де Суньига (1536 – ок. 1598), был одним из первых публичных защитников новой теории. Он имел сомнительную честь увидеть одну из своих книг осужденной в том же самом акте, который запрещал «О вращении небесных сфер» Коперника.

Более тяжким оказалось наказание Джордано Бруно (1548–1600), высказывавшегося в поддержку новой теории. До сих пор неясно, из-за чего он был приговорен к сожжению – из-за того, что защищал новую космологию, или же (более вероятно) из-за других своих рассуждений, которые Церковь считала еретическими.

После Ретика другим уверенным последователем гелиоцентризма был немецкий астроном Михаэль Мёстлин (1550–1631), профессор университета Тюбингена. Он

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org преподавал своим студентам систему Птолемея, но рассказывал и о системе Коперника и был против предисловия Озиандера. Важность работы Мёстлина заключается прежде всего в том, что он оказал влияние на своего самого знаменитого ученика, Иоганна Кеплера (1571-1630). Его книга «Тайна мироздания» содержала первое печатное заявление в пользу идей польского астронома. Благодаря Копернику он разработал более точную модель Солнечной системы, заменив круговые орбиты эллиптическими. Таким образом он довел до логического финала гелиоцентрическую систему и покончил со старой геоцентрической моделью Птолемея.

Мёстлину приписывается важное влияние на Галилео Галилея (1564-1642), который тоже принял новые идеи. Даже этот гигант зарождающейся современной науки преследовался за то, что был сторонником гелиоцентризма. За свой «Диалог о двух главнейших системах мира – птолемеевой и коперниковой», в котором Галилей позволил себе опровергнуть систему Птолемея, он подвергся осуждению Инквизиции. Она заставила Галилея отречься от своего мнения: для такого ученого это было даже более жестоким, чем приговор Бруно. Галилея вызвали в Святую палату, чтобы он защищал точку зрения Коперника, что было частью кампании против пизанского астронома. Результат нам известен: в 1616 году книга «О вращении небесных тел» Коперника была включена в индекс запрещенных книг. Спустя 17 лет, после череды обвинений, «Диалог...» стал причиной того, что Церковь осудила почти 70-летнего ученого. Даже расположение папы Урбана VIII не помогло Галилею, и он был вынужден отречься от коперниканских принципов. Отречение превратило смертный приговор в пожизненное заключение в Арчетри, где ученый и умер.

Галилей внес огромный вклад в развитие идей Коперника, предоставив ясные экспериментальные доказательства движения Земли и ее положения среди других небесных тел.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ГАЛИЛЕЯ

Галилей привел различные доказательства, позволившие упрочить важные аспекты гелиоцентрической модели. Большинство доказательств было связано с движением Земли. В ходе своих наблюдений ученый пользовался недавно изобретенным телескопом. Мы можем вкратце изложить его эмпирические находки следующим образом.

– Орोगрафия Луны, открытая с помощью телескопа, опубликована в его «Звездном вестнике» в 1610 году. Этот факт опровергал аристотелевский тезис о совершенстве небес, доказывая, что Луна не является гладкой неизменной сферой.

– Телескоп позволил открыть до тех пор неизвестные звезды. Все они сохраняли свои размеры при наблюдении через этот инструмент, в отличие от планет, Солнца и Луны. Это являлось доказательством верности гипотезы Коперника о чрезвычайно большом расстоянии между Сатурном и неподвижными звездами.

Секстант Тихо Браге, великого исследователя космоса до изобретения телескопа.

Рисунки лунной поверхности, сделанные Галилеем. Его приверженность гелиоцентрической модели привела к осуждению и приговору Святой палаты.

Обложка Рудольфовых таблиц Кеплера, которые открыли путь модифицированной гелиоцентрической модели.

– Другим важным открытием Галилея были четыре спутника Юпитера, которые он обнаружил 7 января 1610 года. Это было ключевым доказательством того, что не все небесные тела вращаются вокруг Земли, так как появились четыре планеты (в исходном смысле слова «планета», то есть «блуждающее тело»), которые, в отличие от Луны, этого не делали.

– Наблюдение солнечных пятен было другим открытием, опровергавшим совершенство небес. Это произошло в Риме в 1610 году, но Галилей не

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org публиковал его до 1612 года. Немецкий иезуит Кристоф Шайнер (1573– 1650) приписал это открытие себе и затеял жаркий спор с Галилеем, утверждая, что речь идет о планетоидах, находящихся между Солнцем и Землей. Галилей продемонстрировал, что пятна действительно находятся на поверхности Солнца. Годы спустя в своем «Диалоге...» Галилей вернулся к солнечным пятнам как аргументу против системы Тихо Браге, последнего убежища геоцентристов.

– Еще одним фундаментальным открытием стали фазы Венеры. Наблюдение было сделано в 1610 году, но оставалось неопубликованным вплоть до 1623 года. Чтобы закрепить авторство, Галилей распространил криптограмму, сделав заявление в зашифрованном виде. Он наблюдал фазы и изменения размера и пришел к выводу, что это может объясняться только тем, что Венера вращается вокруг Солнца, так как имеет меньший размер в полной фазе и больший в противоположной фазе, то есть когда находится между Солнцем и Землей. Это доказательство окончательно опровергло модель Птолемея.

– Существование приливов. Это доказательство было изложено в четвертой части «Диалога...». И хотя это был блестящий аргумент, в данном случае модель была неверна. Согласно Галилею, вращение Земли в сочетании с ее движением вокруг Солнца заставляет точки на ее поверхности ускоряться и замедляться каждые 12 часов, что приводит к появлению приливов. Этот аргумент по сути верен, потому что такая сила действительно существует, но ее величина значительно меньше, чем вычисленная Галилеем, и она не является основной причиной приливов. Его ошибка была связана с тем, что он не принял во внимание такие данные, как расстояние до Солнца и скорость Земли. Проблема была решена только в работах Ньютона.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ТЕЛЕСКОПА

Изобретение телескопа приписывают немцам Хансу Липперсгею (1570– 1619) и Захарию Янсену (1588–1638), а также голландскому оптику Якобу Метиусу (1571–1631). Именно последний в 1608 году построил первый известный телескоп-рефрактор. Галилей узнал об этом изобретении и сразу же изготовил телескоп улучшенной конструкции, в котором в качестве окуляра использовалась вогнутая линза, а в качестве объектива – выпуклая. Благодаря этому прибор создавал неперевернутые изображения. С помощью телескопа Галилей описал фазы Венеры, наблюдал кратеры на Луне и открыл четыре основных спутника Юпитера. И все это несмотря на то, что его телескоп имел всего 30-кратное увеличение. Вскоре после этого, в 1611 году, Кеплер улучшил инструмент, расположив в окуляре выпуклую линзу. В середине XVII века голландец Кристиан Гюйгенс (1629– 1695) сконструировал кеплеровский телескоп со сложными линзами. Чтобы уменьшить абберации, Джованни Франческо Сагредо (1571–1620) предложил использовать в объективе искривленные зеркала вместо линзы. Ньютон в 1688 году впервые сконструировал телескоп с использованием диагонального зеркала, отражающего пучок света в направлении окуляра, открыв тем самым эру телескопов-рефлекторов. В 1672 году Лоран Кассегрен (ок. 1629–1693) описал проект телескопа-рефлектора со вторичным зеркалом, которое отражало свет, проходящий через отверстие в центре первичного зеркала.

Галилей представляет свой телескоп Леонардо Донато, дожу Венеции.

ПОСЛЕДУЮЩИЕ ИЗДАНИЯ

Второе издание работы «О вращении небесных сфер» увидело свет в Базеле в 1566 году. Оно было напечатано издателем Генриком Петрусом и представляло собой точную копию первого нюрнбергского издания по формату и типографике. Это была просто перепечатка, поскольку ни одна из многочисленных ошибок первого издания не была исправлена. Однако в качестве приложения к книге было добавлено «Первое повествование» и вводное письмо Ахиллеса Гассера (1505–1577), в котором немецкий математик рекомендует «Повествование» своему другу, философу и физику Георгу Фегелину из Констанца.

Почти одновременно с включением в индекс в 1617 году в Амстердаме было подготовлено третье издание книги под редакцией Николауса Мулериуса, профессора медицины и математики в университете Гронингена. Оно было напечатано Вильгельмом Янсонисом (1571–1638), учеником Тихо Браге. Заглавие было изменено и стало выглядеть как *Nicolaï Soreticī Torinensis*

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
Astronomia Instaaurata libri sex comprehensa, qui de Revolutionibus orbium coelestium inseribuntur. В этом издании были исправлены ошибки, найденные в первых двух, и содержалась хвалебная биография автора, а также расширенные комментарии, помогавшие пониманию текста.

Книга увидела свет почти одновременно с работами Кеплера и Галилея, которые на экспериментальном уровне обосновывали новую теорию. Это вызвало тревогу в Римско- католической церкви и привело к повторному включению «О вращении небесных сфер» в Индекс (1620). Таким образом, анализировать идеи Коперника теперь могли только специалисты и ученые.

Без сомнения, включение главного труда Коперника в индекс было большим препятствием на пути распространения гелиоцентрической теории. Когда запрет был частично снят и, начиная с 1758 года, разрешена публикация работ, опирающихся на новую космологическую модель, эта теория быстро распространилась по просвещенной Европе.

На этот процесс повлияла и переоценка ученого его соотечественниками: Ян Снядецкий (1756–1830) написал диссертацию «Похвальное слово Копернику» и книгу «О Николае Копернике, польском астрономе». В 1840 году в библиотеке семьи Ностиц в Праге была найдена рукопись «О вращении небесных сфер». Это возродило интерес к астроному на его родине. Ян Барановский (1800–1879), директор Варшавской астрономической обсерватории, опубликовал на латинском и польском работы ученого под заголовком *Nicolai Copernici Turonensis De Revolutionibus Orbium Coelestium libri sex. Accedit G. Joachimi Rhetici Narratio prima, cum Copernici nonnullis scriptis minoribus nunc primum collectis, eiusque vita.* В издание вошло большинство сохранившихся трудов Коперника, даже те, которые не касались астрономии, а также его переписка с Ретиком и две работы последнего, «Первое повествование» и «Новые эфемериды». Также Барановский добавил предисловие, приписываемое Копернику и найденное вместе с рукописью в Праге.

Стоит упомянуть и пятое издание – результат работы Коперниканского общества Торуня, родного города ученого. Оно увидело свет в 1873 году, в год 400-летия со дня рождения Коперника. Эта книга была точным воспроизведением рукописи, найденной в Праге. Специалисты высоко оценили публикацию, в которой видны отличия от оригинального текста.

Начиная с этого момента книга стала переиздаваться гораздо чаще и была переведена на множество языков: она выходила на немецком языке (Торунь, 1879), французском (1927, Париж), английском (первое полное издание 1939 года, США), русском (1964, Москва), испанском (1969, Мексика; 1982, Мадрид) и итальянском (1979, Турин).

ПОСЛЕДУЮЩИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ

До сих пор мы больше говорили о теологических и философских откликах на гелиоцентрическую модель, а не о позиции других астрономов. Однако очевидно, что в научной среде тоже происходили активные споры. Дело в том, что теория Коперника пришла на смену общепринятым взглядам, существовавшим более тысячи лет, поэтому сопротивление было настолько сильным, что сохранилось практически до наших дней. В этом долгом споре наряду с вопросами математического и космологического характера рассматривались методологические и онтологические аспекты.

В первой фазе, которая продолжалась от момента появления рукописи вплоть до конца XVI века, отмечается благоприятный прием новых теорий в их математической части, но отчетливое сопротивление с космологической точки зрения. Протестанты, в том числе Виттенбергская школа, занялись поиском геоцентрических или геостатических моделей, которые были бы эквивалентны коперниканской, достигнув кульминации в работах Тихо Браге – усилие, безоговорочно одобряемое католической церковью. Браге пошел даже дальше и предложил гео-гелиоцентрическую модель, соответствующую птолемеевой традиции. Астрономы рубежа XVI-XVII веков, такие как Пауль Виттих (ок. 1546–1586), Хелисеус Реслин (1548–1616), Николаус Раймерс Бэр (Урсус) (1551–1600), Дункан Лиддел (1561–1613) и Симон Марий (1573–1624), обсуждали важность открытия Коперника.

Работы ученого из Торуня стимулировали большой интерес к наблюдению небесных явлений, особенно с помощью грандиозных возможностей,

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org предоставляемых недавно изобретенным телескопом, который помог быстро найти многочисленные доказательства несостоятельности традиционных парадигм о неподвижности и совершенстве небесных тел. Кроме уже упомянутых открытий Галилея, было продемонстрировано, что кометы движутся по ту сторону Луны (Михаэль Мёстлин). Галилей и Кристоф Шейнер обнаружили также фазы Венеры и солнечные пятна.

Англичанин Томас Диггес (1546–1595) был первым, кто сообщил идеи Коперника англосаксонскому миру. Он отказался от понятия фиксированной сферы с неподвижными звездами и рассматривал существование бесконечного количества звезд разной удаленности. Также считается, что Диггес впервые постулировал то, что сегодня известно как парадокс Ольберса.

С точки зрения эмпирического подтверждения аксиом, содержащихся в работе «О вращении небесных сфер», самым важным, без сомнения, является изменение коперниканской модели Кеплером. Находясь под влиянием экспериментальных данных, собранных Браге, он опубликовал четыре трактата, которые оказались важнейшими в развитии и подтверждении гелиоцентризма. Его труды «Новая астрономия» (1609), «Ко-перниканская астрономия» (1618–1621), «Гармония мира» (1619) и Рудольфовы таблицы (1627) позволили сформулировать новую модель, которая подтверждала работы Коперника. Основываясь на фундаментальных гипотезах польского ученого (ежедневное вращение Земли, годовое движение вокруг Солнца, звезд на неподвижной сфере), на наблюдениях Браге и идеях магнетизма, высказанных Гильбертом, Кеплер наконец нашел простой способ объяснить движение планет: их орбиты являются эллиптическими. Наконец были отброшены сложные комбинации эпициклов и деферентов. Сюда следует добавить три его закона, необходимых для описания траекторий и совершенствующих представления Коперника.

Новая астрономия Кеплера медленно завоевывала признание в научном мире. Публикация его Рудольфовых таблиц в 1627 году, которые оказались гораздо более точными, чем те, что были основаны на работах Птолемея и Коперника, оказалась важным импульсом к принятию измененной гелиоцентрической модели. Седьмого ноября 1631 года, наблюдая в Париже прохождение Меркурия по солнечному диску, предсказанное Кеплером за несколько месяцев до события, Пьер Гассенди (1592–1655) установил, что ошибка предсказаний, основанных на Рудольфовых таблицах, составляет лишь 14', в то время как Альфонсовы таблицы дают ошибку в 4'25', а прусские таблицы – в 5°. Это открытие ускорило принятие модели Кеплера в Европе.

Вокруг теории Коперника развивалась и современная физика. Для объяснения и предсказания небесных взаимодействий и движений Земли возникли понятия кинематики, динамики и гравитации. Следует упомянуть здесь многочисленных ученых, работы которых открыли путь современной физике: Джамбаттиста Бенедетти (1530–1590), Уильям Гильберт (1544–1603), Галилей, Декарт (1596–1650), Джованни А. Бо-релли (1608–1679), Христиан Гюйгенс, Роберт Гук (1635–1703) и Исаак Ньютон (1642–1727).

Именно Ньютон, следуя за Кеплером и Галилеем, подвел окончательный общий итог небесной и земной механики в работе «Математические начала натуральной философии» (*Philosophiæ naturalis principia mathematica*, 1687). Его работа может считаться обобщением идей Аристарха, Коперника, Галилея и Кеплера, так как единообразно объясняет механические явления, которые наблюдаются во Вселенной.

С XVII по XIX век изыскания были обращены на поиск доказательств существования этих небесных движений. Следует упомянуть Жана Рише (1630–1696), Джеймса Брэдли (1693–1762), Джованни Гульельмини (1763–1817), Фридриха В. Бесселя (1784–1846), Фридриха фон Струве (1793–1864), Томаса Хендерсона (1798–1844) и Жана Фуко (1819–1868). Современная физика усовершенствовала некоторые детали коперниканской модели, не подвергая сомнению ее саму. Релятивистское исследование движения Меркурия, например, разрешило проблемы, связанные с ним.

500 ЛЕТ СПУСТЯ

Трудно оценить вклад Николая Коперника в современную науку даже спустя столько времени, потому что его работа затронула все сферы научной и общественной жизни. Обычному человеку сегодня сложно представить Солнечную систему с Землей в центре. Коперниканская модель заменила все предыдущие представления. Изучая произведения ученого, мы видим, что по своему весу его теория превосходит птолемею. Потребовалось полтора века, чтобы были окончательно разрешены связанные с ней трудности. В строгом смысле,

По кругу с Землей. Коперник. Гелиоцентризм filosoff.org
Коперник все же не был первым ученым, придумавшим гелиоцентрическую систему.

Рассматривая значимость его работы, мы видим, что он был одним из немногих ученых, которые смогли положить конец предшествующим представлениям и полностью изменить научную парадигму. Его тщательный подход, анализ всех известных данных, точность и внимание к экспериментальным данным, беспристрастное рассмотрение возможных решений проблемы и честность в поиске истины определяют то, что сегодня мы можем назвать профессионализмом в области науки. Поэтому многие считают его первым настоящим современным ученым.

Возможно, он не осознавал, что завершает одну эпоху и открывает другую. Сила его интеллекта привела к последствиям, которые он сам не мог предсказать. Термин «коперниканская революция» используется для обозначения радикальных изменений любой научной парадигмы: это отказ от рассмотрения эмпирических данных в пользу собственных убеждений – даже проистекающих из представлений, которые дают наши органы чувств. Отсюда следует труднорешаемая проблема: передача такого знания обществу.

Влияние Коперника, впрочем, не ограничилось астрономией, а обусловило также будущее натуральной философии и других областей философии. Земля стала одним из блуждающих небесных тел; одним из миров во Вселенной, настолько обширной, что человеческий ум не в силах ее охватить, хотя и в состоянии объяснить. Коперник поместил человека в контекст, более соответствующий реальности: он больше не центр Вселенной, а лишь простой путешественник на блуждающей планете.

Отрицание кажущегося опыта повлекло за собой недоверие науки по отношению к очевидным явлениям и открыло двери для мысли, связанной с тщательными экспериментами и более свободными рассуждениями. Корни рационализма лежат в подходе, использованном Коперником при изучении Вселенной, и в этом – ключ любой научной структуры. И наконец, Копернику удалось изменить основы всех наших представлений о космосе, тем самым его учение стало краеугольным камнем современности.

Спасибо, что скачали книгу в бесплатной электронной библиотеке

<http://filosoff.org/> Приятного чтения!

<http://buckshee.petimer.ru/> Форум Бакши buckshee. Спорт, авто, финансы, недвижимость. Здоровый образ жизни.

<http://petimer.ru/> Интернет магазин, сайт Интернет магазин одежды Интернет магазин обуви Интернет магазин

<http://worksites.ru/> Разработка интернет магазинов. Создание корпоративных сайтов. Интеграция, Хостинг.

<http://dostoevskiyfyodor.ru/> Приятного чтения!