

**А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р**

РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ  
ЛИТЕРАТУРА»  
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ  
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ  
АН СССР  
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ  
ДЕЯТЕЛЕЙ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

доктор биол. наук *Л. Я. Бляхер*,  
доктор физ.-мат. наук *А. Т. Григорьян*,  
доктор физ.-мат. наук *Я. Г. Дорфман*, академик *Б. М. Кедров*,  
доктор экон. наук *Б. Г. Кузнецов*, доктор хим. наук *В. И. Кузнецов*,  
доктор биол. наук *А. И. Купцов*, канд. истор. наук *Б. В. Левшин*,  
чл.-корр. АН СССР *С. Р. Микулинский*,  
доктор истор. наук *Д. В. Ознобишин*,  
доктор физ.-мат. наук *И. Б. Погребынский*,  
канд. техн. наук *З. К. Соколовская* (ученый секретарь),  
канд. техн. наук *В. Н. Сокольский*, доктор хим. наук *Ю. И. Соловьев*,  
канд. техн. наук *А. С. Федоров* (зам. председателя),  
канд. техн. наук *И. А. Федосеев*,  
доктор хим. наук *Н. А. Фигуровский* (зам. председателя),  
доктор техн. наук *А. А. Чеканов*, доктор техн. наук *С. В. Шугардин*,  
доктор физ.-мат. наук *А. П. Юшкевич*,  
академик *А. Л. Яншин* (председатель),  
доктор пед. наук *М. Г. Ярошевский*

*Ю. А. БЕЛЫЙ*

**Иоганн  
КЕПЛЕР**

1571—1630



**ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»**

**Москва 1971**

Книга посвящена жизни и научной деятельности выдающегося ученого конца XVI — первой трети XVII в. Иоганна Кеплера, 400 лет со дня рождения которого исполняется в 1971 г.

Кеплер прожил сложную и трудную жизнь. Почти постоянно ему сопутствовали гонения на религиозной почве и материальные лишения, порой граничащие с нищетой, но тем ярче представляются его научные подвиги: будучи активным приверженцем и популяризатором учения Коперника о строении Солнечной системы, он в результате длительной и упорной работы открыл законы движения планет (носящие его имя), заложив тем самым фундамент науки нового времени, на котором основана ньютонова механика.

Велики заслуги Кеплера и в других отраслях знаний — в оптике, например, или в математике, где ему принадлежат первые в новое время важные результаты в математике переменных величин, в разработке средств вычислений.

В книге рассказывается также о борьбе Кеплера за жизнь его матери, которая была обвинена в колдовстве и ей грозило сожжение на костре, о его интересной работе по лунной астрономии с фантастическим описанием полета человека на Луну, о драматической судьбе его научного наследия, хранящегося ныне в Архиве АН СССР.

Ответственный редактор

академик *А. А. Михайлов*

## От редактора

Во всей истории науки трудно найти человека, который, подобно Кеплеру, преодолевая все превратности судьбы, с необычайной настойчивостью и трудолюбием шел бы к поставленной цели и после долгих блужданий открыл дотоле неизвестные законы природы. Формулировка трех знаменитых законов движения планет Солнечной системы укладывается в шесть строчек, но для вывода их из астрономических наблюдений Кеплеру понадобилось восемнадцать лет напряженнейшей работы.

Его трудами был заложен фундамент теоретической астрономии и проложен путь к открытию гравитационного притяжения между всеми материальными телами, без знания которого не было бы возможно развитие таких наук, как физика и механика, а также возникновение современной нам космической эпохи.

Законы движения планет, открытые Кеплером, являются главным плодом его кипучей деятельности, но и в других областях точных наук его трудами вписаны новые страницы.

Так, в связи с измерением объемов некоторых тел вращения он предвосхитил интегральное исчисление, в оптике он ввел понятие светового луча, исследовал преломление света и придумал зрительной трубе поныне применяемую в рефракторах конструкцию, заметный след оставлен им в кристаллографии.

Кеплер прожил трудную жизнь, полную тревог, религиозных гонений, невзгод и лишений, и только благодаря железной воле и необычайной настойчивости его талант и природные дарования принесли человечеству столь богатые плоды.

В 1971 г. мир отмечает 400-летие со дня рождения Иоганна Кеплера. Издание книги, содержащей биографию и описание деятельности Кеплера, послужит более широкому знакомству с жизнью и творчеством этого замечательного человека, вызывающего чувства глубокой симпатии и восхищения его мужеством, целеустремленностью и достижениями.

*А. А. Михайлов*

«Когда историю жизни Кеплера сопоставляешь с тем, кем он стал и что он сделал, радостно изумляешься и при этом убеждаешься, что истинный гений преодолевает любые препятствия».

И.-В. Гётте

«Ваш любимый герой?.. Спартак, Кеплер...»

Карл Маркс

---

## Введение

Мы являемся свидетелями и участниками научно-технической революции. Непрерывный и все усиливающийся поток информации о новых достижениях науки и техники как бы притупляет ее восприятие, и сообщение о сооружении сверхмощного радиотелескопа, позволяющего взглянуть на сверхудаленные от нас миры, или электронного микроскопа, раскрывающего нам строение молекулы, весть о создании сверхзвукового пассажирского самолета или электронно-вычислительной машины с быстродействием несколько миллионов операций в секунду уже не производит должного впечатления.

А ведь совсем недавно люди, мнившие себя привилегированными обитателями центра мира, с нашей точки зрения были невероятно технически отсталыми: они имели в качестве основного источника механической энергии собственные мышцы, не умели измерить ни температуры, ни давления, не имели ни одного прибора для усиления чувств, а на освещенном свечой столе вычислителя, кроме абака и гусяного пера, не было других средств вычисления.

Однако периоды бурного развития науки и ее приложений к практической деятельности человека можно обнаружить и в прошлом.

Один из таких периодов, которому предшествовал перелом в мировоззрении, вызванный гениальными работами

Коперника о строении Солнечной системы, хронологически довольно точно вписывается в XVII век. В течение жизни двух-трех поколений появились телескоп, с помощью которого удалось заглянуть дальше в космос, и микроскоп, открывший человеку удивительный мир мельчайших существ, были изобретены термометр, барометр, маятниковые часы; человечество получило воздушный насос, первые паровые и вычислительные машины.

В науке этот период ознаменовался циклом работ по небесной механике, основам динамики, теории всемирного тяготения; было открыто атмосферное давление, разработаны законы геометрической оптики, теория цвета, открыты явления дифракции и интерференции света, определена его скорость в пустоте, началось интенсивное изучение явлений электричества и магнетизма.

Этим завоеваниям в области механики и физики сопутствовали и огромные достижения математики, созданием аналитической геометрии, основ дифференциального и интегрального исчисления начавшей новый период своего развития — период переменных величин. Существенные изменения — от появления и широкого внедрения логарифмических таблиц до разработки довольно сложных приборов для механического выполнения арифметических действий — произошли и в вычислительной технике.

Кардинальные изменения в науке произошли и в организационном плане: были созданы первые объединения ученых в государственном масштабе — типа академий наук, появилась научная периодика.

Характеризуя общественно-политические предпосылки этого периода развития науки, Энгельс писал: «Современное естествознание, — единственное, о котором может идти речь как о науке, в противоположность гениальным догадкам греков и спорадическим, не имеющим между собой связи исследованиям арабов, — начинается с той грандиозной эпохи, когда бюргерство сломило мощь феодализма, когда на заднем плане борьбы между горожанами и феодальным дворянством показалось мятежное крестьянство, а за ним революционные предшественники современного пролетариата, уже с красным знаменем в руках и с коммунизмом на устах, — с той эпохи, которая создала в Европе крупные монархии, сломила духовную диктатуру папы, воскресила греческую древность и вместе с ней вызвала к жизни высочайшее развитие искусства в новое время, ко-





*Прижизненный портрет Иоганна Кеплера (около 1619 г.).  
Масло, мастер неизвестен. Сохраняется в Страсбурге*

торая разбила границы старого orbis и впервые, собственно говоря, открыла Землю.

Это была величайшая из революций, какие до тех пор пережила Земля. И естествознание, развивавшееся в атмосфере этой революции, было насквозь революционным...»<sup>1</sup>

Итак, особенности естествознания того времени заключались в том, что оно было революционным. И если мы говорим, что в наше время совершается научно-техническая революция, то в то время, можно сказать, человечество переживало естественно научную революцию.

Это была «эпоха, которая нуждалась в титанах и которая породила титанов по силе мысли, страсти и характеру, по многосторонности и учености»<sup>2</sup>.

И среди этих титанов одно из первых мест как хронологически, так и по размаху борьбы со старым мировоззрением за новый подход к исследованию законов природы, и по своему вкладу в науку занимает великий немецкий ученый Иоганн Кеплер, 400 лет со дня рождения которого исполняется 27 декабря 1971 г.

Имя Кеплера известно каждому образованному человеку. Однако сведения о нем обычно ограничиваются открытием им фундаментальных закономерностей в движении планет, так называемых законов Кеплера, его вкладом в борьбу за торжество идей Коперника.

Действительно, одной этой заслуги, явившейся результатом соединения его гения с многолетней математической обработкой результатов точнейших для того времени астрономических наблюдений Тихо Браге, было бы вполне достаточно, чтобы увековечить имя Кеплера в истории науки как творца научной астрономии, проложившего дорогу к открытию закона всемирного тяготения.

Но одним этим не исчерпывается значение Кеплера в истории науки. Его работы в оптике, в частности исследование законов преломления света и на этой основе разработка теории видения, теории оптических систем (включая схему астрономического рефрактора), были важным этапом на пути превращения оптики в истинную науку.

Математик по званию, Кеплер был не только потребителем математических знаний при решении астрономических и оптических задач. Его имя значителен первым среди тех, чей вклад в развитие этой науки в новое время ознаменовал собой начало нового периода — математики переменных величин. Его знаменитая «Новая стереометрия»,

посвященная новым методам вычисления объемов тел вращения, как и отдельные задачи, решенные им раньше при выводе планетных законов, стали важными вехами в развитии анализа бесконечно малых, особенно в той его части, которая сейчас называется интегральным исчислением. Его работы в области теории правильных многоугольников и многогранников и в некоторых других разделах математики дополняют его важный вклад в эту науку.

Кеплер, безусловно, был крупнейшим вычислителем своего века. Однако и здесь он не остался потребителем разработанных другими методов: вычисление им логарифмических таблиц, разработка теории логарифмов, наконец недавно установленная роль Кеплера в создании первых механических вычислительных средств позволяют вписать его имя среди имен тех, чьи работы оказали существеннейшее влияние на развитие этой области прикладной математики.

В трудах Кеплера в изобилии рассеяны глубокие соображения и блестящие догадки, содержащие в более или менее оформленном состоянии научные истины, позже вошедшие в актив механики, физики и других наук.

Кеплер, наконец, был первым ученым естествоиспытателем, установившим понятие закона природы в его современном понимании. Для этого ему пришлось порвать с господствовавшей в то время точкой зрения, которая сводилась к тому, что закономерности не искали в природе, в материальном мире, а выдумывали их априорно, и уже под эти искусственные схемы пытались подгонять явления природы.

Пройдя сам через этот неправильный, идеалистический метод исследования природы, Кеплер сумел очень скоро освободиться от него, осознав, что познание реальных законов природы требовало более глубокого, в определенной степени диалектического, понимания закономерности и гармонии в природе. Разработка Кеплером новых методологических принципов научного исследования природы была чрезвычайно важной для развития науки.

«Он жил в эпоху, когда еще не было уверенности в существовании некоторой общей закономерности для всех явлений природы. Какой глубокой была у него вера в такую закономерность, если, работая в одиночестве, никем не поддерживаемый и непонятый, он на протяжении многих десятков лет черпал в ней силы для трудного и кропот-

ливого эмпирического исследования движения планет и математических законов этого движения!», — писал о Кеплере Эйнштейн в 1930 г., когда отмечалось 300-летие со дня смерти великого ученого<sup>3</sup>.

Мы не можем забыть и роль Кеплера — борца за утверждение коперниканского учения. Всю свою сознательную жизнь он сражался с открытым забралом за торжество идеи, в справедливости которой он был убежден, и от своего первого произведения «Космографической тайны» и до последней, посмертно изданной «Лунной астрономии» Кеплер бесстрашно пропагандировал гелиоцентризм — то, что в конечном счете стоило жизни его предшественнику на тернистом пути борца за новое, Джордано Бруно, заставляло хранить молчание его учителя Мёстлина в протестантском Вюртемберге, а в католической Италии привело к осуждению и фактически лишило свободы Галилея, решившего после долгих раздумий выступить в поддержку этого учения перед широкой общественностью.

И при этом нужно помнить, что жизнь Кеплера прошла в католических странах на положении преследуемого протестанта — полуеретика!

Кеплер прожил трудную жизнь. Крайне слабое здоровье, болезненность и дефекты зрения, семейные несчастья, постоянные материальные лишения, религиозные преследования как со стороны католических правителей, на службе которых он состоял, так и со стороны его единоверцев-лютеран, не все взгляды которых позволяли разделять ему совесть, наконец ужасные события Тридцатилетней войны, воздействие которых давало себя знать на протяжении 12 последних лет его жизни, создавали серьезнейшие препятствия для его научной деятельности. Но, представляется, неиссякаемые силы таились в хилом теле этого титана мысли и духа, который, по словам А. Эйнштейна, «всецело и страстно увлеченный поиском пути к более глубокому проникновению в сущность явлений природы... несмотря на внутренние и внешние трудности, сумел достичь поставленной перед собой возвышенной цели»<sup>4</sup>.

В философских взглядах Кеплера можно найти много противоречивого, в них еще многое от объективного идеализма Платона и даже от числовой мистики Пифагора. Подчас элементы причинного исследования и правильные выводы из них густо завуалированы априорными предположениями и фантастическими вымыслами в духе того

времни. Деятельность Кеплера, ровно половина жизни которого принадлежала XVI, а вторая — XVII в., является ярчайшим примером борьбы передового с отсталым, старого и нового подхода к научным исследованиям. Но, как бы ни было, «исторические заслуги, — говорил В. И. Ленин, — судятся не по тому, чего *не дали* исторические деятели сравнительно с современными требованиями, а по тому, что они *дали нового* сравнительно со своими предшественниками»<sup>5</sup>.

И цель настоящей книги, ознакомив читателей с волнующей историей печальной жизни Кеплера, показать, что он *дал нового* по сравнению со своими предшественниками.



Автор выражает глубокую благодарность академику А. А. Михайлову, научному редактору настоящей книги, давшему ценные указания по совершенствованию рукописи и предоставившему отдельные материалы, необходимые для ее оформления, профессору А. П. Юшкевичу, по инициативе и при помощи которого написана эта книга, профессору Б. А. Розенфельду и кандидату технических наук Э. К. Соколовской за ценные указания, полученные автором в ходе работы над рукописью.

## Глава первая

---

### Детство и юность

В двух десятках километров на запад от Штутгарта — главного города земли Баден-Вюртемберг (ФРГ), среди живописных холмов недалеко от лесистого Шварцвальда расположился небольшой провинциальный городок Вейль дер Штадт всего с шестью тысячами жителей. Многие напоминают здесь о давно минувших днях — древние городские стены, средневековые дома, старинная ратуша и церковь с тремя шпилями. На центральной площади памятник — на высоком постаменте застыл с циркулем в руке молодой человек в старинной одежде.

Рассказывают, что когда в начале 1945 г. к городку подошли французские войска, командование решило подвергнуть Вейль дер Штадт мощному артиллерийскому обстрелу, опасаясь, что за крепкими стенами нашли убежище недобитые гитлеровцы. Однако огонь так и не был открыт: командир отменил артиллерийский налет, узнав, что перед ним родной город Кеплера. Это обстоятельство спасло городок от значительных разрушений и сохранило его древний облик.



В этом городе (носившем тогда более краткое название Вейль) 400 лет тому назад, в четверг, 27 декабря 1571 г. в 2 часа 30 минут пополудни в доме деда-бургомистра родился Иоганн Кеплер — знаменитый астроном, физик и математик конца XVI — первой трети XVII в.

В те далекие времена в городке проживало всего около двухсот семейств бюргеров, в большинстве ремесленников: ткачей и кожевников. Некоторые из них, кроме ремесла, занимались хлебопашеством на принадлежавших городу

землях. Окруженный со всех сторон землями лютеранского Вюртемберга, в основном католический, Вейль до 1803 г. сохранял статус «вольного имперского города»\*.

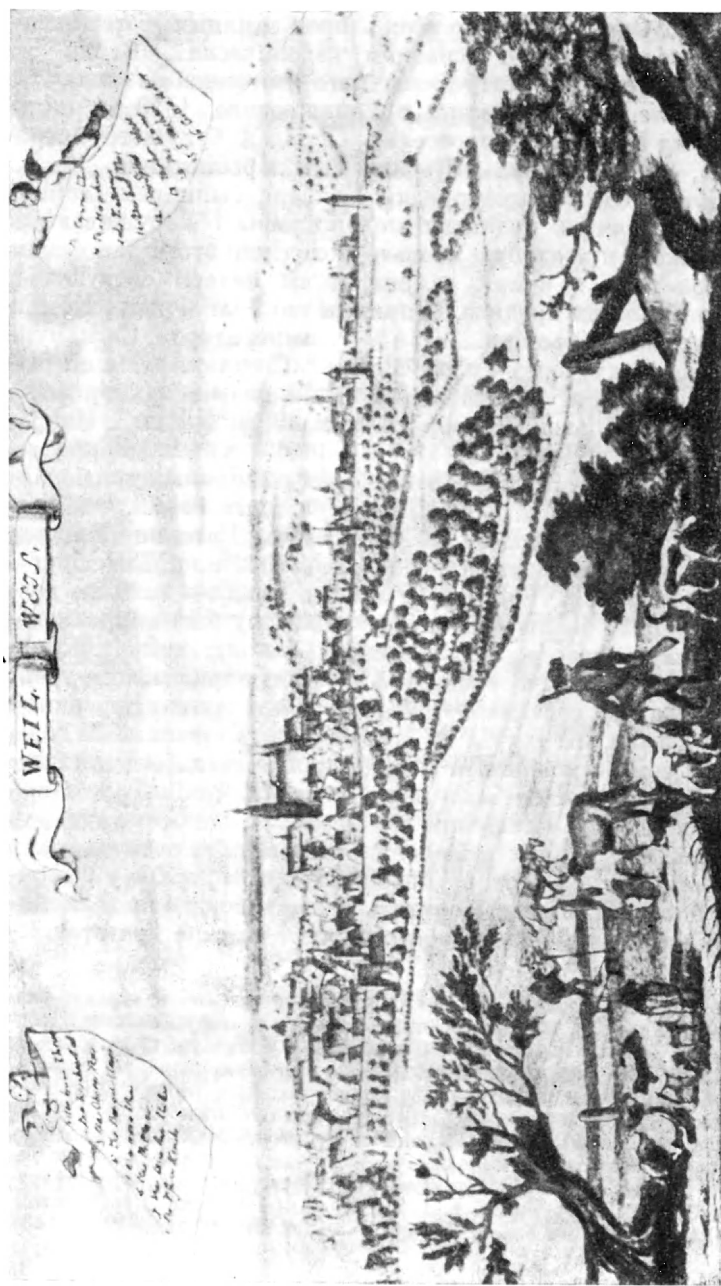
Кеплеры обосновались в Вейле около 1520 г., когда сюда из Нюрнберга переселился прадед будущего астронома, скорняк Себальд Кеплер, сын переплетчика.

Итак, ближайшие предки Кеплера были ремесленниками. Не очень педантичные биографы обнаруживают в его жилах и «голубую кровь». Повод для этого дан самим астрономом: в одном из его писем читаем следующее: «Один из моих предков, Генрих, и его брат Фридрих были посвящены в рыцари... в 1430 г. императором Сигизмундом на мосту через Тибр в Риме»<sup>1</sup>. Соответствующий рыцарский патент сохранился в одном из венских архивов, но в нем братья Кеплеры названы Фридрихом и Конрадом...

У Себальда Кеплера, одно время выполнявшего обязанности городского казначея, была большая семья. Один из его сыновей, тоже Себальд, женатый на Катерине Мюллер из ближнего городка Марбах, был с 1569 по 1578 г. бургомистром Вейля. И его бог не обидел детьми — их было ровно дюжина. Четвертым по старшинству был неуравновешенный «искатель приключений» Генрих, отпраздновавший 16 мая 1571 г. свадьбу с дочерью деревенского трактирщика из соседнего селения Эльтингена Катериной Гульденман. Жениху и невесте было в то время по 24 года. Через семь с половиной месяцев после свадьбы у них появился первенец — маленький и очень слабый ребенок, названный при крещении Иоганном.

Так как Генрих с женой после свадьбы остался жить в доме отца, дом этот, расположенный в переулке у рыночной площади, принято считать местом рождения знаменитого астронома. Здание пострадало от пожара при вторже-

\* Во времена Кеплера Германия представляла собой страну, раздробленную на множество независимых и полунезависимых княжеств, духовных и светских сенборий и вольных городов, номинально объединенных в Священную Римскую империю германской нации с императором во главе. Вольные города (Die freie Reichsstädte) подчинялись непосредственно императору. Кроме множества небольших населенных пунктов, среди которых Вейль был в числе самых мелких, статус вольного города имели и такие крупные пункты, как Гамбург, Бремен, Любек, Франкфурт-на-Майне. До захвата в 1442 г. франкфуртским курфюрстом, вольным городом был и Берлин — нынешняя столица ГДР.



Город Вейль. Старинная гравюра



ции шведов в самом конце Тридцатилетней войны (1648 г.), но позже было восстановлено в прежнем виде. Сейчас здесь Дом-музей Кеплера.

О неблагоприятной обстановке, в которой прошло детство ученого, можно судить по характеристикам, которые Кеплер дал своим ближайшим родственникам в фамильном гороскопе, составленном им уже в зрелом возрасте, в 1597 г. Вот что пишет он здесь о своем деде:

«Мой дед Себальд, бургомистр имперского города Вейля, родился в 1521 г. ... Сейчас ему 75 лет. Он очень высокомерен, отлично одет, вспыльчив и упрям, его лицо выдает не отличавшееся умеренностью прошлое. Внушительность этого красного мясистого лица подчеркивается бородой. Он красноречив, насколько может быть таким невежа... Начиная с 1578 г. его репутация вместе с его состоянием приходит в упадок»<sup>2</sup>.

Тем не менее следует признать, что Себальд, лидер лютеранского меньшинства в городе, пользовался авторитетом и уважением не только среди единоверцев, но и среди католического большинства, что и позволило ему удерживаться на посту бургомистра в течение довольно длительного времени.

Бабка Кеплера, Катерина, по его словам, «беспокойна, умна, и лжива, но предана вере, стройна и вспыльчива, подвижна, закоренелая нарушительница спокойствия, завистлива, неудержима в ненависти, бурная, вечно недовольная... И у всех ее детей было что-то от этого»<sup>3</sup>.

А вот характеристика отца: «Генрих, мой отец, родился 19 января 1547 г. ... Человек злобный, непреклонный, сварливый, он обречен на худой конец..., скиталец... в 1574 г. мой отец уже в Бельгии. 1575. Мать отправилась в Бельгию и вместе с отцом возвратилась. 1576. Отец опять оказался в Бельгии. 1577... едва избежал опасности быть повешенным. Он продал свой дом и открыл харчевню. 1578... воспламенилась банка ружейного пороха и изуродовала лицо отца... 1589... оставив мать тяжело больной, он исчез из дому окончательно...»<sup>4</sup>.

Таков был отец. Маленькому Гансу не исполнилось и трех лет, когда Генрих Кеплер, протестант по вероисповеданию, оставив семью (вскоре после рождения второго ребенка), стал ландскнехтом в наемных католических войсках испанского короля Филиппа II, сражавшихся против протестантских инсургентов в Нидерландах. На следующий

год его жена Катерина, не ладившая со свекровью, оставив детей, отправилась за мужем. Через год супруги вернулись и вскоре переселились в соседний городок Леонберг, где купили дом. Но не проходит и года, как Генрих снова среди наемников в Нидерландах. На этот раз за какое-то преступление ему едва удалось избежать виселицы.

Возвратившись из этого «похода» на родину, Генрих теряет почти все свое имущество, оставляет Леонберг и переезжает в местечко Эльмендинген, где в 1580 г. становится владельцем харчевни с претенциозным названием «Zur Sonne» («К солнцу»). Здесь десятилетнему Гансу приходится, оставив школу, прислуживать посетителям. В 1583 г. Генрих снова перевозит семью в Леонберг, а в 1589 г. оставляет ее навсегда. По слухам, он завербовался позже в венецианский флот, принимал участие в морских сражениях с турками и, возвращаясь домой, заболел и умер в окрестностях Аугсбурга.

Его жена Катерина, мать астронома, была «низкого роста, смугла, болтлива и сварлива, с тяжелым характером». Ее неуживчивость была причиной частых ссор с родственниками и соседями. Катерина, несмотря на свою неграмотность, знала толк в целебных кореньях и травах, собирала их и охотно бралась за лечение ближних настоями и отварами из трав. Позже Кеплеру придется затратить много времени, сил, средств и нервов, чтобы спасти ее от страшной участи «ведьмы», которая постигла воспитавшую Катерину тетку, — та закончила свою жизнь на костре.

В таком окружении грубых необразованных людей, в обстановке частых ссор и скандалов между неуравновешенными и, выражаясь современным языком, психологически несовместимыми людьми прошли первые годы жизни маленького Ганса. Его детство и юность были омрачены и другими обстоятельствами — отсутствием надлежащего ухода и очень слабым здоровьем, предрасполагавшим к частым и длительным заболеваниям. В 1575 г., когда мать отправилась на розыски мужа, пятилетний Кеплер тяжело заболел оспой, которая чуть не свела его в могилу. Его почти постоянно преследовали кожные заболевания: сыпи, нарывы, незаживающие язвы; болезни печени и желудка вынуждали его соблюдать строгую диету, его часто терзала лихорадка, мучили сильные приступы головной боли. «Хилый, вялый, тощий», — пишет он о себе.

Слабое здоровье было серьезным препятствием для



*Дом в Вейле, в котором родился И. Кеплер*

астрономических наблюдений в холодные ночи, но еще большим приятствием был врожденный недостаток зрения — сильная близорукость и монокулярная полиопсия (множественное зрение) — состояние глаза, обычно неисправимое, при котором фиксируемый одиночный объект кажется множественным. Глядя на луну, он видел одним глазом несколько лун! Нельзя не удивляться поразительной силе духа, таившегося в этом слабом теле, которая наперекор физическим страданиям и, как увидим дальше, крайне неблагоприятным условиям жизни и творческой деятельности позволила Кеплеру выполнить совершенно необычную по размаху работу и добиться столь выдающихся научных достижений!

Два ярких воспоминания, имевших, кстати, отношение к будущей профессии Кеплера, озаряют мрак его детства: в возрасте 6 лет он впервые увидел комету: «Я много слышал о комете этого, 1577 года, и мать вывела меня на воз-

вышенность, чтобы я поглядел на нее» \*. И в 9 лет: «Родители позвали меня на улицу, чтобы показать затмение Луны. Она казалась совсем красной» <sup>5</sup>.

Из шести братьев и сестер Иоганна трое умерли в детстве. Его младший брат Генрих напоминал отца: не учившись ни одному из ремесел, он стал солдатом-наемником в Венгрии, был уличным певцом, пекарем, лакеем; бродяжничал, прошел через Страсбург, Майнц, Бельгию, был полковым барабанщиком, затем стал стражником в Праге, где завел семью; возвратился к матери в Леонберг и жил у нее, ничего не делая, а впоследствии косвенно способствовал обвинению ее в колдовстве. Умер он 42 лет.

Самый младший брат, Кристоф, стал оловянщиком в родном Леонберге, взаимоотношения его со старшим братом не отличались близостью и теплотой. Сестра Маргарита, вышедшая позже замуж за священника, была единственной, с которой и в детстве и в зрелом возрасте Иоганн был в тесных родственных отношениях.



Известной компенсацией за невзгоды детства была для Кеплера относительная доступность образования в тогдашнем Вюртемберге.

Герцог Вюртембергский, приняв лютеранство, нуждался в эрудированных служителях церкви, способных успешно вести религиозную полемику с католическими ортодоксами, и в грамотных чиновниках для административной службы. Интеллектуальным арсеналом новой веры в герцогстве был Тюбингенский университет, кадры для которого готовила довольно развитая сеть начальных и средних школ — от трехлетней латинской школы до низших и высших семинарий.

Хотя родителей Кеплера, видимо, мало заботило образование Иоганна, в семилетнем возрасте (в 1578 г.) они поместили его в начальную немецкую школу, где обучали

\* Эта комета сыграла в истории астрономии весьма важную роль. Ее наблюдал датский астроном Тихо Браге и по измерениям параллакса вычислил ее удаление от Земли, примерно равное расстоянию Венера — Земля. Отсюда он сделал верный вывод, что кометы движутся не по твердым сферам, как это было принято думать, и находятся вне пределов подлунной области, т. е. земной атмосферы.

чтению и письму на родном языке и элементарным навыкам в вычислениях. Посещением такой школы в те времена заканчивалось образование большинства детей. Однако, заметив прилежного и способного ученика, учитель настойчиво советовал родителям перевести Кеплера в латинскую школу.

Такие школы, функционировавшие в Вюртемберге даже в небольших городках, каким был Леонберг, взяли на себя задачи прежних монастырских католических школ в первоначальной подготовке будущих служителей церкви и государственных учреждений. Поскольку латинский язык в те времена был официальным языком высшей школы и науки, воспитанники латинской школы должны были овладеть беглой латинской речью, навыками свободного чтения и письма. Первый год учебы отводился на обучение чтению и письму, второй — на заучивание грамматических правил, а на третьем году изучались классические тексты, среди которых предпочитались комедии Теренция и Плавта. Ученикам строжайше вменялось в обязанность говорить между собой только по-латыни. После трехлетнего курса воспитанники школы в самом деле неплохо овладевали языковыми и речевыми навыками на латинском языке, но плохо справлялись с родным — немецким.

Перейдя еще в семилетнем возрасте из немецкой школы в латинскую, Кеплер смог закончить ее трехлетний курс только через пять лет: в 1580 г. семья переехала в Эльмендинген, где Иоганн работал в харчевне, помогал в поле и на огороде, и учебу пришлось прервать. Лишь после возвращения родителей в Леонберг Кеплеру удалось возобновить занятия в школе.

Еще перед окончанием школы родители стали думать, что делать дальше с мальчиком. Малосильность и плохое здоровье не позволяли использовать его на тяжелых полевых работах — в этом они убедились еще в Эльмендингене. Советы учителей, денежные соображения и в меньшей мере религиозные побуждения привели их к решению выбрать для ребенка духовную карьеру. Путь к высоким духовным постам давало окончание теологического факультета университета, для поступления на который нужно было окончить низшую и высшую семинарии.

Несколько таких семинарий было открыто и в Вюртемберге в помещениях упраздненных католических монастырей.

Еще до окончания латинской школы, 17 мая 1583 г., мальчик успешно выдерживает конкурсный экзамен в Штутгарте — главном городе герцогства, открывающий ему дорогу к среднему духовному образованию. Он начинает его 16 октября следующего года в грамматической школе (низшей семинарии) в Адельсберге, а через два года, с 26 ноября 1586 г., продолжает учебу в высшей семинарии в Маульбронне. Программа обучения была весьма обширной: кроме богословия, изучались римские и греческие классики, риторика и диалектика, математика и музыка. Режим был жесток и строг: занятия в классах начинались зимой в 5 часов утра, а летом — в 4. Семинаристы носили «форму» — бесформенные балахоны без рукавов. Кеплер и здесь был очень прилежен, тщательно изучал заданное, многое учил наизусть, натренированная память впоследствии очень помогала ему в течение всей жизни. Кроме обычных занятий, Кеплера интересовало стихосложение, уже здесь его занимали и беспокоили разногласия в вопросах веры между кальвинистами и лютеранами. Позже эти сомнения сыграли в его жизни весьма значительную роль.

25 сентября 1588 г. Кеплер выдерживает в Тюбингене экзамен на степень бакалавра, после чего еще год продолжает учебу в Маульбронне.

Наконец, 17 сентября 1589 г. начинается его учеба в Тюбингенском университете. Перед этим ему удалось устроиться в тюбингенском «штифте» — бесплатном интернате для учащих из бедных семейств. Это, а также небольшая денежная помощь из дому, а позже стипендия города Вейля обеспечивали более менее сносное существование в Тюбингене.

Образование в тогдашних университетах начиналось на факультете искусств. Здесь читались лекции по математике и астрономии, греческому и древнееврейскому языкам, риторике, поэзии, этике и по философии Аристотеля. После двух лет учебы проводился магистерский экзамен, затем для студентов-богословов наступал трехлетний период обучения на теологическом факультете.

Как у преподавателей университета, так и у сверстников Кеплер продолжал сохранять репутацию прилежного, способного и знающего юноши. Как он сам позже писал, жизнь его в этот период не была богата событиями. Лишь изредка припадки гнева или необдуманные шутки, как и

прежде, в семинарии, были причиной ссор с товарищами. В этот период Кеплер продолжает пробовать свои силы в стихосложении. Некоторые его стихотворения публикуются уже в студенческие годы. Первое из них «Элегия на бракосочетание Иоганна Гульденрица» опубликовано в Тюбингене в 1590 г., когда Кеплеру не было еще и 19 лет. Два других увидели свет в 1592 г. Молодой богослов не чуждался участия и в театрализованных представлениях. Как он сам вспоминает, в феврале 1591 г. он выступил в одном из таких представлений в канун великого поста в женской роли. В том, что студентам-теологам приходилось исполнять женские роли, ничего удивительного нет. Характерно, однако, что эта роль выпала именно молодому Иоганну, как самому хрупкому телосложением. Это представление, состоявшееся, несмотря на плохую погоду, под открытым небом, на рыночной площади, имело для Кеплера весьма неприятные последствия: от волнения, а скорее от переохлаждения, он в который уже раз тяжело заболел лихорадкой.

В период учебы в университете Кеплер продолжал жадно впитывать знания, черпая их не только из лекций профессоров, но и из книг. Большое впечатление произвела на него книга Юлия Цезаря Скалигера из Лейдена «Экзотерические упражнения в 15 книгах» (*Exercitationes Exotericæ Libri XV*), изданная в Париже в 1557 г. и купленная Кеплером по случаю в 1589 г. «Эта книга пробудила во мне размышления о всевозможных вопросах: о небе, о душах и духах, о стихиях, о природе огня, о происхождении источников, о морских отливах и приливах, о виде материков и окружающих их морей...»<sup>6</sup> Многие из этих мыслей он развивает позже в «Мировой гармонии».

Среди тогдашних преподавателей Тюбингенского университета, имевших влияние на молодого Кеплера, следует отметить профессора классической филологии Мартина Крузиуса (1526—1607), богослова Маттиаса Гафенреффера (1561—1619), позже ректора университета, и особенно Михаила Мёстлина (1550—1630).

Крузиусу, назвавшему молодого Иоганна в своем дневнике «pulcher juvenis» (прекрасный юноша), Кеплер был обязан хорошим латинским языком своих научных работ.

С Гафенреффером, который был всего на десять лет старше Кеплера, мягким, внимательным и обходительным, Кеплер поддерживал хорошие отношения как в годы уче-



*Михаил Мёстлин, учитель Кеплера*

бы, так и позже. Их пути не раз пересекались. Именно Гафенреффер настойчиво посоветовал, скорее потребовал от Кеплера при издании его первой книги «Космографическая тайна» опустить места, в которых тот пытался обосновать совместимость коперниканского учения с библией. Позже Гафенреффер вынужден был публично высказаться за несовместимость гелиоцентрической системы со священным писанием, хотя, как считал Кеплер, он был согласен с Коперником, Гафенреффер же при конфликте Кеплера с лютеранской церковью объявил своему бывшему ученику осуждающий вердикт вюртембергской консистории.

Далеко идущие последствия имело на Кеплера влияние Михаила Мёстлина. Мёстлин был на 20 лет старше своего знаменитого ученика и впоследствии верного друга. Начав



деятельность дьяконом в швабском городке Бакнанге, он два года занимал кафедру математики в Гейдельберге, а с 1583 г. стал профессором математики и астрономии в Тюбингенском университете. (Обучение математике в тогдашних университетах, и в том числе в Тюбингенском, ограничивалось в лучшем случае изучением «Начал» Евклида, знакомством с работами Архимеда и Аполлония и с основами тригонометрии.) Мёстлин пользовался большим авторитетом в ученом мире как астроном. В качестве пособия к своим лекциям он в 1582 г. выпустил книгу «Извлечения из астрономии» «*Epitome Astronomiae*», впоследствии неоднократно переиздававшуюся. Как и в своих официальных лекциях, Мёстлин придерживается здесь, следуя требованиям теологов, геоцентрической системы строения Вселенной по Птолемею, хотя уже тогда был убежденным коперниканцем.

Мёстлин очень скоро заметил необычайные способности Кеплера к математике и астрономии, проявившиеся, в частности, в том, что тот выводил новые теоремы (как их тогда называли — предложения) и делал построения, лишь потом убеждаясь, что они уже известны.

Мёстлин ввел молодого Кеплера в круг немногих своих воспитанников, пользовавшихся его особым доверием, среди которых он пропагандировал коперниканское учение. Именно Мёстлин зажег ту искру в своем ученике, которая, разгоревшись вскоре в пламя, побудила его без колебаний и оглядок учителя, открыто и храбро вступить в борьбу за новое астрономическое учение.

Позже сам Кеплер писал: «Уже к тому времени, когда я внимательно следовал в Тюбингене преподаванию знаменитого Мёстлина, я ощутил, насколько несовершенно со многих точек зрения употребительное до сих пор представление о строении мира. Поэтому я был так сильно восхищен Коперником, о котором мой учитель очень часто упоминал на своих лекциях, что не только часто защищал его взгляды в студенческих диспутах, но и сам тщательно подготовил диспут на тему, что первое движение (вращение небесной сферы неподвижных звезд) проистекает от вращения Земли. При этом я исходил из приписывания Земле также и движений Солнца из физических или, если хотите, метафизических причин, как это делает Коперник, исходя из математических оснований. С этой целью я постепенно, отчасти из лекций Мёстлина, отчасти из собст-

венных соображений, собирал все достоинства, которыми Коперник превосходит Птолемея с математической точки зрения»<sup>7</sup>.

Тесные связи Кеплера с Мёстлиным сохранились и после того, как Кеплер уехал из Тюбингена. Длительное время учитель выполнял роль советчика и даже помощника своего ученика, поощряя и облегчая его научные занятия. Кеплер на всю жизнь сохранил почтение и верность своему учителю, пережившему его на две недели.

Еще в стенах университета Кеплер написал небольшое сочинение о небесных явлениях, как они представлялись бы наблюдателю, находящемуся на Луне. Позже он не раз обращался к этой теме, его рассказ о полете на Луну и лунной астрономии едва не оказался роковым для его матери, обвинявшейся в колдовстве. Этот же рассказ, дополненный многочисленными комментариями, оказался и последним, подготовленным Кеплером к печати. Мы еще остановимся на характеристике этой очень интересной работы.

Наряду с астрономией Кеплер уже в те годы интересовался астрологией, что для него было не только данью времени, но и соответствовало его тогдашним представлениям о причинности и взаимосвязях между явлениями. Среди студентов он слыл большим мастером в составлении гороскопов.

11 августа 1591 г. Кеплер, окончив факультет искусств, первую ступень обучения в университете, сдает магистерский экзамен. На экзамене он занял второе место из 14 (первое досталось сыну местного профессора и внуку видного деятеля реформации Ипполиту Бренцу, ничем не проявившему себя впоследствии). Чтобы обеспечить себе материальные условия для заключительного этапа учебы, Кеплер обратился через сенат университета к властям города Вейля с просьбой о возобновлении выплаты ему стипендии, выделенной годом ранее. Сенат поддержал его просьбу в весьма примечательных выражениях: «...Так как указанный Кеплер обладает настолько замечательными дарованиями, что с его стороны можно ожидать чего-то особенного, то мы со своей стороны охотно поддерживаем его просьбу...»<sup>8</sup>

Начиная учебу на теологическом факультете, Кеплер все еще считает, что его удел — духовная карьера, и с тем же упорством, с каким на факультете искусств изучал в числе других наук математику и астрономию, он принима-

ется за постижение религиозных догм (на факультете читались также лекции по этике, риторике, физике, философии и музыке). Хотя и тогда и позже Кеплер оставался глубоко религиозным человеком, он стремился к построению системы взглядов, в которых доводы рассудка не отвергались бы простым «credo, quia absurdum est» (верю, потому что это нелепо), а так как лютеранство, возникшее под лозунгом борьбы с католическим догматизмом и излишествами, по логике развития всякой религии пришло к созданию собственных догм и к не менее жестокой и фанатической борьбе за их незабываемость, у него не могло не зародиться сомнений в непогрешимости религиозного учения Лютера и его последователей.

Но в то время до открытого конфликта с церковью было далеко, Кеплер все еще готовил себя в священнослужители и не помышлял о том, чтобы занятия математикой и астрономией сделать своей специальностью.

«Как только я в соответствии с моим возрастом смог вкусить сладость философии, я с жаром стал заниматься всеми ее отраслями, без того, чтобы обращать особое внимание на астрономию. Правда, склонности к ней имелись налицо, и я без затруднений усваивал предусмотренный учебным планом материал по геометрии и астрономии, опирающийся на фигуры, числа и отношения. Но это было в порядке обязательного обучения, некое совершенно особое влечение к астрономии ничем не проявлялось», — писал он позже<sup>9</sup>.

Во второй половине 1594 г. теологическое образование Кеплера должно было завершиться. Но в первые месяцы этого года, прежде чем он смог получить документы об окончании университета, открывавшие ему формально путь к блестящей духовной карьере, неожиданно произошли события, в результате которых наметился решающий поворот в его жизни и деятельности. В протестантской средней школе в Граце, главном городе австрийской провинции Штирии, скончался преподаватель математики, воспитанник Тюбингена Георг Стадиус. Штирийская протестантская община обратилась в сенат Тюбингенского университета с просьбой подыскать достойного преемника среди университетских воспитанников. С такими просьбами в Тюбингенский университет, один из двух основных «научных» центров лютеранской реформации (второй — университет в Виттенберге), из далекого Граца обраца-

лись и раньше. Из Тюбингена вышел и тогдашний суперинтендант лютеранской общины \* Граца, один из инспекторов грацской школы, Вильгельм Циммерман, Преподавателей математики в Тюбингене, как, видимо, и в других тогдашних университетах, специально не готовили, и выбор сената, не без участия Мёстлина, пал на 22-летнего магистра искусств Иоганна Кеплера, лучше других подготовленного к этой деятельности.

В некоторых жизнеописаниях Кеплера высказываются по этому поводу два разных, хотя и не взаимоисключающих друг друга, но скорее всего несостоятельных, мнения: или сам Кеплер воспользовался случаем, чтобы отказаться от духовной карьеры, так как уже тогда испытывал серьезные сомнения в справедливости некоторых лютеранских догм, или же университетские власти поторопились избавиться от опасного своим свободомыслием, увлеченного наукой воспитанника, недостойного и неспособного служить во славу церкви.

Против первого мнения можно было бы привести множество фактов, свидетельствующих о том, что Кеплер крайне мучительно расставался с мыслью о духовной карьере, неохотно и не без колебаний принял решение сената. В одном из писем Мёстлину из Граца он пишет: «Я хотел стать теологом и долго пребывал в мучительном беспokoйстве. Теперь я, однако, вижу, что при усердии могу прославить бога и в астрономии».

Нет оснований и подозревать университетские власти в стремлении не допустить его к духовной деятельности. Своими сомнениями в лютеранстве (в пользу кальвинизма) он пока не торопился делиться со своими духовными пастырями, а приверженность коперниканству большим грехом еще не считалась \*\*. Так что в этом выборе трудно заподозрить что-либо кроме того, что имело место на самом деле, — было отдано должное его математическим склонностям и познаниям, и решение сената, хотя

\* В лютеранской церкви суперинтендант — административное лицо, управитель церковного округа (или духовного учреждения).

\*\* Терпели ведь там убежденного коперниканца Мёстлина (его взгляды не были большим секретом для университетских властей) и издали через несколько лет там же кеплеру «Космографическую тайну», к тому же со знаменитым изложением учения Коперника — «Первым рассказом» Ретика в приложении — эту неприкрытую проповедь гелиоцентризма.

и ущемляло, несомненно, Кеплера с точки зрения материального благополучия и общественного положения, было вызвано желанием наилучшим образом выполнить просьбу грацской протестантской общины.

Хоть и не хотелось Кеплеру оставлять учебу, а вместе с ней и мечту о духовной карьере, а деваться было некуда — как казеннокоштный воспитанник он был обязан подчиниться постановлению сената и отправиться по назначению. «Я воспитывался на счет герцога Вюртембергского и... решился принять первую предложенную мне должность, хотя и с не особенной охотой», — писал он позже.

После некоторых оттяжек и проволочек, посоветовавшись с матерью и дедом (те тоже были огорчены крушением своих надежд увидеть сына и внука на церковной кафедре, но советовали подчиниться) и выговорив для себя право возвратиться в университет для завершения курса на теологическом факультете, права, которым он никогда не сможет воспользоваться, Кеплер стал собираться в дорогу. Не без труда раздобыв средства на проезд (они составляли 50 гульденов, треть его будущего годового жалования), он 14 марта 1594 г. покинул Тюбинген и отправился в довольно длинный и тяжелый по тем временам путь — предстояло покрыть на лошадях свыше 650 километров.

## Глава вторая

---

### Кеплер в Граце. «Космографическая тайна»

Утомительное путешествие в Грац длилось без малого три недели и закончилось 11 апреля 1594 г. Еще десять суток «пропало» при въезде в католические земли: в то время, когда лютеранский Вюртемберг придерживался старого календаря, в австрийских землях уже десять лет — с 7 (17) января 1584 г. — жили по новому, введенному декретом римского папы Григория XIII от 1 марта 1582 г.

Проект нового календаря был разработан в 1576 г. итальянским ученым, профессором математики и медицины Алоизио Лилио (1520—1576). Необходимость в реформе вызывалась тем, что старый календарь, впервые введенный римским императором Юлием Цезарем в 46 г. до н. э., не был достаточно точен. Хотя и в его основу было положено годовое перемещение Солнца между звездами, юлианский календарный год был длиннее истинного на 11 минут 14 секунд. Эта, казалось бы, небольшая разница вела к тому, что за 400 лет накопилась ошибка в 3 суток, а за 1000 лет — 7,8 суток.

Непосредственным поводом к исправлению календаря послужили затруднения в назначении праздника христианской пасхи, связанного с наступлением весны, оживлением природы и началом весенних полевых работ. Этот праздник по решению Никейского вселенского собора (325 г. н. э.) должен был отмечаться в первое воскресенье после полнолуния, следующего за днем весеннего равноденствия.

К 1582 г. накопившаяся за многие сотни лет погрешность достигла 10 суток, вследствие чего празднование пасхи приходилось передвигать на все более раннее время

года. По григорианской реформе было предложено счет дней передвинуть на 10 суток вперед и день после четверга 4 октября 1572 г. считать пятницей, но не 5-м, а 15-м октября. Во избежание накопления новых ошибок было предусмотрено через каждые 400 лет исключать из счета 3 дня.

5 (15) октября 1582 г. на новый календарь перешли Италия, Испания, Португалия и Польша, 10 (20) декабря того же года его ввели во Франции. Позже новый календарь был введен и во многих других странах. За введение нового календаря в протестантских странах неоднократно, но безуспешно поднимал голос Кеплер. И только через 150 лет после папского декрета приняли новый календарь и в протестантских странах\*.

Конфессиональная атмосфера в Граце отличалась от тюрингенской. В то время, как в Вюртемберге не только большинство населения, но и аристократия с герцогом во главе исповедовала лютеранство, в Штирии, центром которой был Грац, часть бюргерства и дворянства также приняла новую веру, однако правители страны не только оставались ярыми приверженцами католицизма, но считали своим «священным долгом» подавление протестантизма и возвращение своих подданных в лоно старой веры. При этом они хорошо помнили статьи Аугсбургского договора 1555 г. о мире между католическими и протестантскими князьями, по которому объявленный незыблемым княжеский суверенитет распространялся и на вероисповедание: каждый князь определяет религию своих подданных («*Cuius regio, eius religio*» — «Чья страна, того и вера»). Здесь, в Граце, религиозные распри не ограничивались распространением боевых памфлетов и проведением мирных диспутов, а подчас выливались в события, серьезно угрожавшие не только благосостоянию, но даже жизни обывателей.

После смерти императора Фердинанда I в 1564 г. Штирия, Каринтия и Крайна оказались под властью его сына — эрцгерцога Карла. В так называемой пацифика-

\* В нашей стране новый календарь был принят только после установления Советской власти по декрету СНК РСФСР, подписанному В. И. Лениным 26 января 1918 г. Согласно этому декрету, счет сразу передвинулся на 13 суток вперед: следующий после 31 января день стал считаться не 1-м, а 14-м февраля.

ции 1578 г. последний разрешил лютеранским общинам в замках и городах свободное отправление их религиозных обрядов, однако вскоре сам же начал одну за другой предпринимать попытки упразднить эту уступку. Борьба с протестантизмом усилилась, когда после смерти Карла в 1590 г. страной стала править еще более ревностная католичка, его жена, эрцгерцогиня Мария. Как раз в год прибытия Кеплера в Грац номинальным властителем Штирин стал их малолетний сын Фердинанд, в то время воспитывавшийся в общегерманском центре иезуитов в Ингольштадте (Бавария). Позже Фердинанд продолжил дело своих родителей, предприняв весьма крупные меры для рекализации своих заблудших подданных.

Еще Карл в борьбе против протестантизма решил усилить свои позиции, улучшив подготовку католического духовенства. Для этого приглашенными им иезуитами в 1573 г. в Граце было открыто католическое духовное училище, в 1576 г. — духовная семинария, а в 1586 г. — католический университет с теологическим и философским факультетами. Этим рассадникам католицизма в Граце противостояла протестантская средняя школа, «штифтшуле». Она открылась 1 июня 1574 г. и со временем стала центром протестантской общины в городе и провинции. Сначала предполагалось, что в школе будут учиться лишь отпрыски дворянской знати, однако позже доступ в школу был открыт и бюргерским детям.

Школа просуществовала недолго: в 1602 г. в ходе контрреформации она была закрыта и в ее помещениях расположился католический женский монастырь. До сих пор на окраине старого города сохранился большой четырехугольный двор, известный под названием «Paradaisen Hof» («Райский двор»), окруженный аркадами и галереями, в котором помещались тогда не только сама школа и интернат для учащихся, но и квартиры учителей, одна из них послужила Кеплеру первым его жилищем в Граце.

Учительская коллегия состояла из 4 священников и 12—14 преподавателей. Управлял школой ректор, в первое время после приезда туда Кеплера — Иоганн Папиус, вскоре, к сожалению для молодого учителя, уехавший в Тюбинген, чтобы занять там кафедру медицины.

Школа состояла из двух отделений — младшего, разделавшегося на три класса, «декурия», и старшего, четырехклассного, в котором осуществлялась специализация —



«Фуркация» по трем профилям: теологии, юриспруденции с историей и философией. У «философов» преподавалась логика, метафизика, риторика, классическая литература, а также математика с астрономией. Именно здесь и должен был приступить к выполнению своих обязанностей новый преподаватель, молодой магистр из Тюбингена. Для начала ему был установлен испытательный срок от одного до двух месяцев («Сможет ли он достойно заменить покойного магистра Стадиуса?»), положено жалованье в 150 гульденов в год (предшественник получал 200), кроме того, было выплачено 60 гульденов подъемных.

Вместе с должностью преподавателя по существовавшей традиции он приобретал также звание и должность «Landschaftsmathematikus» (т. е. математика провинции [Штирии]), ему вменялось также в обязанность ежегодно составлять календари.

Обстановка, окружавшая Кеплера в Граце, мало благоприятствовала его научной деятельности. Ибо, как заметил его друг Коломан Цегантмайр, секретарь барона Герберштейна, штирийская знать проявляла поразительное невежество во всем, обладала варварской точкой зрения в своих суждениях, ненавидела науку и ничем меньше не интересовалась, чем учеными.

Предмет, преподавать который предстояло Кеплеру, не вызывал у дворянских и бюргерских отпрысков энтузиазма. Изучение математики не было, видимо, обязательным, и если в первый год его уроки еще посещало несколько учащихся, то на следующий не осталось ни одного. Однако контролировавшие работу преподавателей инспекторы оказались достаточно великодушными, не ставя это в вину учителю, так как, по их мнению, на «изучение математики не всяк способен». Взамен математики Кеплеру пришлось преподавать арифметику, классическую литературу (Вергилия), риторику и другие предметы.

Прибыв в Грац, Кеплер немедленно принимается за выполнение той части своих обязанностей, которая была связана с составлением календарей — и уже через четыре месяца, 1 сентября 1594 г., его первый календарь «Calendarium und Prognosticum auf das Jahr 1595» выходит из печати. В последующие годы пребывания в Граце к нему добавилось еще пять, но лишь три из них сохранились до нашего времени.

В изданном в две краски первом календаре Кеплера содержались различные астрономические сведения, в том числе данные о фазах Луны, о положении планет и Солнца среди звезд, краткие статьи об астрономических и физических явлениях. Следуя давно установившейся традиции, а также заботясь о «сохранении жалования, должности и крова», пришлось «для удовлетворения безрассудно-глупого любопытства» приложить к календарю «Прогнозы» («Prognostika») — виды на погоду и на урожай, политические и иные предсказания астрологического характера. Кеплер неоднократно весьма скептически и довольно самокритично оценивал свои занятия составлением календарей и астрологией для заработка. В одном из писем он высказывается так: «Чтобы ищущий истину мог свободно предаваться этому занятию, ему необходимы по меньшей мере пища и кров. У кого нет ничего, тот раб всего, а кому охота идти в рабы? Если я сочиняю календари и альманахи, то это, без сомнения,— прости мне, господа,— великое рабство, но оно в настоящее время необходимо. Избави я себя хоть на короткое время от этого — мне пришлось бы идти в рабство еще более унижительное. Лучше издавать альманахи с предсказаниями, чем просить милостыню. Астрология — дочь астрономии, хоть и незаконная, и разве не естественно, чтобы дочь кормила свою мать, которая иначе могла бы умереть с голоду»<sup>1</sup>.

Эти слова звучат горьким укором тогдашнему обществу, в котором не умели и не хотели позаботиться о мало-мальски пристойном существовании немногочисленных тогда ученых, что вынуждало их непроизводительно расточать свои знания, ум и время.

До конца дней своих приходилось Кеплеру добывать себе значительную часть средств к существованию с помощью «незаконной дочери астрономии».

Неправильно было бы, однако, на основании приведенного выше и других подобных заявлений Кеплера считать, что он совершенно не верил в астрологию и занимался ею вопреки своей совести исключительно для заработка. Напомним прежде всего, что астрологией (ἄστρον — греч. звезда, λόγος — учение) называлась ложная наука, занимавшаяся предсказанием судьбы человека по расположению небесных светил — Солнца, Луны и планет. Астрология в течение многих веков

сопутствовала астрономии и в определенной степени стимулировала ее развитие. Она обеспечивала также материальную сторону существования астрономов, так как вера во влияние расположения звезд на небе на земные события и надежда узнать будущее побуждали имеющих власть и богатство воздвигать и содержать обсерватории и оплачивать работу астрономов.

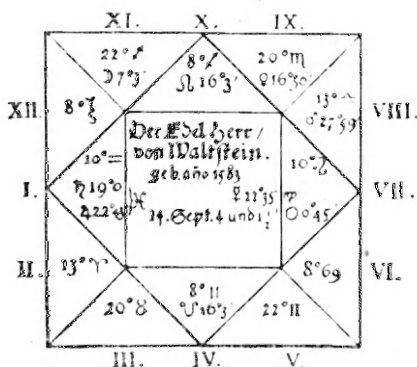
В те времена искренне верили в астрологию подавляющее большинство астрономов. «Астрология, подобно религии, представляет собою направление мыслей, обусловленное самим ходом общественного развития, вызванное всей совокупностью господствовавших в течение тысячелетий социально-экономических причин, порожденных классовыми противоречиями, неразрывной связью с эксплуататорской идеологией»<sup>2</sup>.

Вера в астрологию вытекала из учения об абсолютной необходимости, исключавшей из Вселенной всякую случайность. Давно была подмечена связь между расположением Солнца и Луны и сменой дня и ночи, времен года и т. д. Это давало повод считать, что и «блуждающие звезды», т. е. планеты, могут иметь определенное влияние на жизнь на Земле.

«То, что мы можем измерять при помощи неба годы, месяцы и дни, как по вечным и неустанным часам, не объясняет в достаточной мере пользы и цели небесной машины, — ведь это измерение зависит только от сильных светил — Солнца и Луны и от суточного обращения неба. Для какой же цели служат пять остающихся вращающихся по различным орбитам планет? Можем ли мы предположить, что бог создал такое удивительное произведение без всякого назначения и пользы? Если, например, небесные тела были расположены богом таким образом, как они стоят в своих знаках, они обязательно должны иметь значение, особенно для человечества, для которого главным образом все и было создано»<sup>3</sup>, — эти рассуждения из публичной лекции Тихо Браге, произнесенной в 1574 г., были весьма характерными для того времени.

Одним из основных видов «деятельности» астрологов было составление гороскопов, предсказывавших будущие события в жизни какого-либо человека по расположению небесных светил в момент его рождения или в другие значимые моменты его жизни. Само слово «гороскоп»

*Horoscopium gestellet durch  
Ioannem Kepllerum  
1608.*



*Гороскоп,  
составленный  
Кеплером для  
Валленштейна,  
1608 г.*

означало у древнегреческих астрологов точку эклиптики\*, восходящую во время рождения данного лица. Отсюда ясно, что первая часть составления гороскопа — установление общей картины неба в определенное время в прошлом или будущем — предполагала основательное знание небесных явлений и астрономических вычислений. Вторая же часть — чтение и толкование гороскопа — была уже совершенно лженаучным вымыслом и производилась на основании весьма сложных и запутанных правил, которые у разных школ астрологов часто не совпадали.

Кеплер, как уже упоминалось, постиг «искусство» составления гороскопов еще в студенческие годы. Его вера в астрологию покоилась «на точке зрения абсолютной необходимости, исключавшей из Вселенной всякую случайность, как нечто объективное. В его представлении мир является единым целым, очень тесно связанным в своих частях: это — огромный часовой механизм, который бог устроил и поддерживает на основании не-

\* Эклиптика — путь, который проходит Солнце на небосводе при его видимом годовом движении.

изменных, незыблемых законов природы. При этом Кеплер полагал, что «волю бога» лучше всего наблюдать по наружным частям этого сложного механизма, по небесным светилам. Таким образом, астрологическая концепция Кеплера была в сущности не чем иным, как аналогом метафизическому, механическому материализму, который, как показал Энгельс, окончательно еще не выходит за пределы теологического понимания мира»<sup>4</sup>.

Воздействие небесных светил на обитателей Земли Кеплер пытался объяснить в связи с появлением кометы 1607 г. следующим образом:

«Если действительно верно, что согласно порядку природы появление кометы вызывает, а значит и предвещает такие явления, как ветер, наводнения, засуху, землетрясения или чуму, то это должно происходить следующим образом: когда на небе появляется какой-нибудь исключительный феномен, то жизненные силы всех естественных вещей должны испытывать это. Эта симпатия, связывающая все с небом, простирается в особенности на силу, скрытую в Земле и господствующую над ее внутренним состоянием. Вследствие этого из Земли выделяются влажные испарения, влекущие за собой дожди, наводнения, а под конец и чуму»<sup>5</sup>.

Однако ограниченный характер астрологических предсказаний не раз подчеркивался Кеплером: «Тот астролог, который предсказывает некоторые вещи по небу, не учитывая характера, души, разума, силы и телосложения того, кому он должен предсказать, поступает неправильно», — писал он<sup>6</sup>.

В то же время вера Кеплера в астрологию подтверждается многими фактами, и среди них следующим: в январе 1598 г. у него родился сын Генрих, а у Мёстлина — сын Август. Составляя им гороскопы, Кеплер пришел к выводу, что обоих ждет скорая смерть. Не искажая этот страшный прогноз, он сообщает его Мёстлину. Дети и в самом деле вскоре умерли, но не в предсказанное время...

\*

Первый календарь Кеплера был составлен применительно к новому стилю, уже 10 лет как принятому в Австрии. Хотя специальной заметкой в своем календаре Кеплер и пытался поубедительнее обосновать необхо-

димось и своевременность календарной реформы, он вызвал недовольство в среде единоверцев — протестантов, предпочитавших «оставаться в разногласии с Солнцем, чем в согласии с папой». «Мы считаем папу рыкающим львом, — говорили они, — и если примем его календарь, то должны будем ходить и в церковь по его звону». Поэтому вопрос о календарных реформах в протестантских странах был надолго отложен, не был он решен и после того, как Кеплер в 1613 г. по поручению императора Матвея написал специальное сочинение в форме беседы между двумя католиками, двумя протестантами и математиком, просвещающим своих собеседников по календарным вопросам и убеждающим их в необходимости реформы.

Несмотря на недовольство единоверцев, первый кеплеров календарь имел успех и принес автору славу искусного астролога. По воле случая по меньшей мере три из помещенных там прорицаний оправдались: чрезвычайно суровая зима 1594/95 г., вторжение в австрийские земли турок (впрочем, военные действия против турок начались еще в 1593 г.) и крестьянские волнения. «Мой календарь пока верен: в нашей стране стоят неслыханные холода», — пишет Кеплер в январе 1595 г. своему учителю и другу Мёстлину<sup>7</sup>.

Летом 1595 г. Кеплер, как ему показалось, подошел к большому открытию: он решил, что им обнаружены важнейшие закономерности в строении мира, установлена первопричина взаимного расположения планет Солнечной системы.

Как уже упоминалось, еще в студенческие годы, познакомившись через Мёстлина с учением Коперника, Кеплер стал убежденным его приверженцем. При этом, однако, новое астрономическое учение укладывалось у него в рамки религиозного сознания, откуда и черпались им источники новых построений. Стремясь глубоко проникнуть в тайны строения Вселенной, он хочет достичь этого познанием божественных планов творения мира. Будучи уверенным в существовании мудрого промысла божьего, он думает, что при сотворении мира бог должен был исходить из простых числовых свойств и соотношений, использовать совершенные геометрические формы. Этот пифагорейско-платоновский подход к изучению вопросов мироздания лег в основу его первого большого астрономическо-

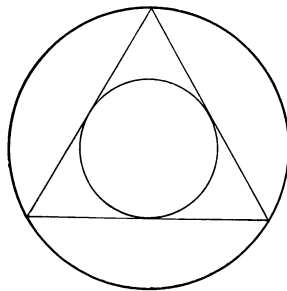
го исследования, интенсивная работа над которым развернулась примерно через год после приезда в Грац.

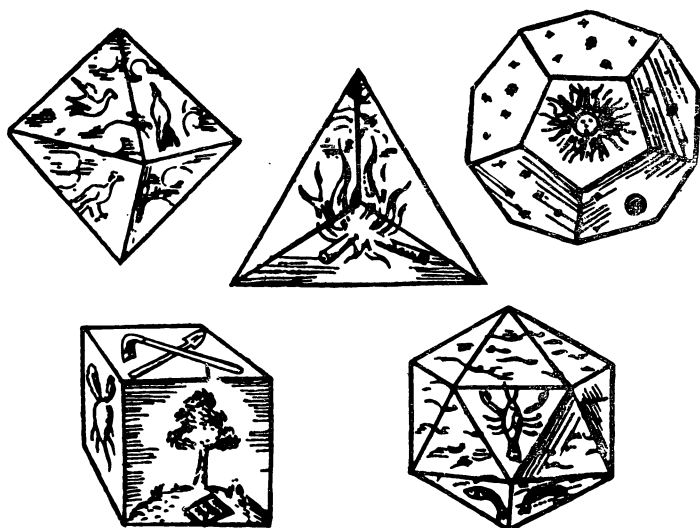
В числе первых вопросов, возникших перед Кеплером, был следующий: почему существует только шесть планет, а не двадцать, или, скажем, сто? Этот вопрос предстояло решить вместе с объяснением относительной величины расстояний между траекториями движения планет. Попыткой ответить на вопросы такого рода начались многолетние исследования, которые в конце концов привели к открытию законов движения планет. Но путь, по которому пошел Кеплер, был длинен, извилист и тернист.

Сначала он предположил, что между параметрами планетных орбит должны быть простые соотношения, выражающиеся целыми числами. «Я затратил много времени на эту задачу, на эту игру с числами, но не смог найти никакого порядка ни в численных соотношениях, ни в отклонениях от них»<sup>8</sup>, — пишет он в предисловии к «Космографической тайне».

Затем он попытался решить эту задачу, предположив существование дополнительных, еще не открытых по причине малых размеров, планет: одну из них он поместил между Меркурием и Венерой, а другую — между Марсом и Юпитером, рассчитывая, что теперь удастся обнаружить желанные соотношения, но и этот прием не привел его к ожидаемым результатам.

«Я потратил почти все лето на эту тяжелую работу, и в конце концов совершенно случайно подошел к истине». 9 июля 1595 г. — Кеплер скрупулезно зафиксировал эту дату, — решая с учениками какую-то геометрическую задачу, он начертил на классной доске равносторонний треугольник со вписанной в него и описанной около него окружностями (см. рисунок). Внезапно его озарила мысль,





Правильные многогранники (из книги Кеплера  
«Космографическая тайна»)

которая явилась, по его мнению, ключом к разгадке тайны Вселенной. Прикинув отношение между радиусами окружностей, он заметил, что оно близко к отношению радиусов круговых орбит Сатурна и Юпитера, как они были вычислены Коперником (здесь отношение  $R:r=2:1$ , а отношение  $R_c:R_{Ю}=8,2:5,2$ , по Копернику). В дальнейшем ход рассуждений был таким: Сатурн и Юпитер — «первые» планеты (считая по направлению к Солнцу) и «треугольник — первая фигура в геометрии. Немедленно я попытался вписать в следующий интервал между Юпитером и Марсом квадрат, между Марсом и Землей — пятиугольник, между Землей и Венерой — шестиугольник...»<sup>3</sup>

Но дело не ладилось, хотя, казалось, цель была совсем близкой. «И вот я снова устремился вперед. Зачем рассматривать фигуры двух измерений для пригонки орбит в пространстве? Следует рассмотреть формы трех измерений, и вот, дорогой читатель, теперь мое открытие в Ваших руках!»<sup>10</sup>

Дело в том, что можно построить любое число правильных многоугольников на плоскости, но можно построить



лишь ограниченное число правильных многогранников в пространстве трех измерений. Такими правильными многогранниками, все грани которых являются правильными и равными между собой многоугольниками и все двугранные углы которых равны между собой, являются: 1) тетраэдр (4 треугольные грани), 2) куб, или гексаэдр (6 граней-квадратов), 3) октаэдр (8 треугольных граней), 4) додекаэдр (12 пятиугольных граней) и 5) икосаэдр (20 треугольных граней).

Важным свойством правильных многогранников является существование для каждого из них вписанного и описанного шаров (сфер) таких, что поверхность вписанного шара касается центра каждой грани правильного многогранника, а поверхность описанного шара проходит через все его вершины. Центры этих шаров совпадают между собой и с центром соответствующего многогранника.

Еще древним грекам было известно, что число видов правильных многогранников ограничивается пятью. Но ведь и промежутков между планетами, подумал Кеплер, тоже пять\*. Как трудно было допустить, что это простая случайность (к тому же умозаключение опиралось на неверное представление о числе планет) и как заманчиво было видеть в этом совпадении мудрость творца! Ответ на вопрос, почему планет шесть, не меньше и не больше, казалось найден. Одновременно назревает и решение вопроса об относительных расстояниях между орбитами планет: в сферу, на которой расположена орбита Сатурна, вписан куб, в него вписана следующая сфера — с орбитой Юпитера, далее последовательно вписаны тетраэдр, сфера Марса, додекаэдр, сфера Земли, икосаэдр, сфера Венеры, октаэдр, сфера Меркурия, в центре всей системы у коперниканца Кеплера, разумеется, Солнце, и — эврика! — тайна Вселенной раскрыта, раскрыта молодым учителем протестантской школы в Граце и математиком провинции Штирии!

\* Во времена Кеплера было известно только шесть планет Солнечной системы, наблюдаемых невооруженным глазом: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер и Сатурн. Планета Уран была открыта В. Гершелем много позже — в 1781 г., Нептун открыт астрономом Галле и математиком Леверье в 1846 г., Плутон был обнаружен только в 1930 г.

«Это поразительно!— сообщает Кеплер читателям своего первого астрономического труда.— Хотя я еще и не имел ясной идеи о порядке, в котором следует расположить правильные тела, я, несмотря на это, так преуспел... в их расположении, что когда я позже это проверил, ничего изменять не понадобилось. Теперь я больше не сожалел о потерянном времени; больше не уставал от своей работы, не боялся вычислений, хотя и трудных. День и ночь я проводил за расчетами, которые или подтвердят совпадение моих предположений с коперниковыми орбитами, или же моя радость будет развеяна по ветру... Через несколько дней все стало на свои места. Я видел одно симметричное тело за другим так точно подогнанными между соответствующими орбитами, что если бы какой-то крестьянин спросил, на каком крюке подвешены небеса так, что они не падают, было бы легко ему ответить»<sup>11</sup>.

Что же показала Кеплеру проверка его гипотезы вычислениями? Математический аппарат, применяемый в этом случае, достаточно элементарен, дело сводится к вычислениям зависимостей между радиусами сфер, описанных вокруг соответственных правильных многогранников и вписанных в них. Пусть, например, радиус орбиты Земли, а значит, по Кеплеру, и соответствующей сферы, равен 1. Эта сфера, по его гипотезе, описана вокруг икосаэдра, в который вписана сфера Венеры. Решая элементарную геометрическую задачу на определение радиуса сферы, вписанной в икосаэдр, и сравнивая полученную величину с радиусом описанной вокруг икосаэдра сферы, приходим к соотношению  $0,762 : 1$ .

Значит, радиус сферы, вписанной в икосаэдр, равен  $0,762$  условной единицы, а это, по Кеплеру, и будет относительное расстояние от Венеры до центра Солнечной системы. Вычисленное Коперником на основании наблюдений и простых геометрических соображений это расстояние было принято им равным  $0,72$  (более точное его значение  $0,723$ ).

Относительные расстояния до Солнца для шести планет Солнечной системы, полученные Коперником и Кеплером, и современные усредненные значения приводятся в таблице на стр. 43.

Как видим, данные Кеплера весьма значительно отличались от вычисленных еще Коперником, и притом во всех случаях — в сторону ухудшения точности. Кеплер про-

	Меркурий	Венера	Земля	Марс	Юпитер	Сатурн
По Копернику . . .	0,379	0,719	1,000	1,520	5,219	9,174
По Кеплеру . . .	0,419	0,762	1,000	1,440	5,261	9,163
Современные усред- ненные значения . .	0,387	0,723	1,000	1,524	5,203	9,539

ти мимо этого обстоятельства не мог, но не мог он уже и отбросить навязчивую мысль о зависимости между межпланетными расстояниями и правильными многогранниками. Предположив, что каждая из планетных сфер, не будучи материальной, тем не менее имеет некоторую толщину, Кеплер, как ему показалось, достаточно убедительно объяснил видимые расхождения.

Цитированные выше высказывания Кеплера, которые позволили нам проследить за ходом его мыслей при первой попытке проникнуть в тайны мироздания, взяты из предисловия к книге, над которой Кеплер лихорадочно работал с июля 1595 г. по январь следующего года. В течение всего этого времени он подробно информировал своего учителя Мёстлина о ходе своей работы, забрасывал его вопросами, далеко не на каждый из которых тот мог ответить.

Закончив рукопись, он озаглавил ее так: «*Prodromos dissertationem cosmographicum continens Mysterium cosmographicum*» — «Предвестник космографических исследований, содержащий космографическую тайну».

Книга, вышедшая из печати в 1596 г. в Тюбингене, состояла из введения, 23 коротких глав и двух приложений. Не останавливаясь подробно на ее содержании, отметим, что если отбросить неправильную «рабочую гипотезу», мистические и теологические наслоения, в ней можно выявить много ценных мыслей и зародыши его будущих открытий. Уже во введении и первой главе Кеплер проявляет себя как восторженный сторонник учения Коперника. Можно сказать, что «Космографическая тайна» была первым недвусмысленным публичным выступлением профессионального астронома в защиту коперниканства, началом его триумфального распространения.

Очень важным представляется то, что Кеплер поместил в качестве приложения к своему сочинению знаменитый

# Prodromus

DISSERTATIONVM COSMOGRA-  
PHICARVM, CONTINENS MISTE-  
RIVM COSMOGRAPHI-  
CVM.

## DE ADMIRABILI

PROPORTIONE ORBIVM

COELESTIVM, DE QVE CAVESS

scolorum numeri, magnitudinis, motuumque pe-

riodicorum generis & pro-

ptiis,

DEMONSTRATVM. PER QVINQVE

regulas corpora Geometrica,

A<sup>o</sup>

M. IOANNE KEPLERO, VVIRTEM-

bergico, Illustrium Styriae provincia-  
lium Mathematico.

Quotidè morior, fateorque fed inter Olympi

Dum sciret assiduas me me cura vias.

Non perditus terram consergo, sed ante Tonantem

Mellare, diuina pascor & ambrosia.

Adiecta est praedictae NARRATIO M. GEORGII IOACHIMI  
RHETICI, de Libris Rudolphi secundo, aegy, aemser, nulla de numero, or-  
dine, & distantia Sphaerarum mundi hypotesibus, excellentissimi Ma-  
thematici, ceteroque Astronomiae Reformeris D. NICOLAE  
COPERNICI.

✠

T V B I N G A

Excudebat Georgius Gruppenbachius,

ANNO M. D. LCVI.

*Титульный лист «Космографической тайны» (издание 1596 г.)*

«Первый рассказ о книгах вращений Николая Коперника», написанный и изданный впервые еще в 1540 г. восторженным поклонником учения польского астронома Георгом Иоахимом Ретиком. Это первое изложение системы Коперника, как и основное произведение самого Коперника «О вращении небесных сфер», вышедшее первым изданием в 1543 г., были полвека спустя настолько редкими, что и сам Кеплер в университетские годы не мог познакомиться с ними в оригинале. Приложение «Первого рассказа» делало книгу Кеплера весьма эффективным средством распространения нового учения о строении Солнечной системы.

В процессе подготовки книги к изданию Кеплеру пришлось встретиться с некоторыми существенными препятствиями. Маттиас Гафенреффер, главный теолог и ректор Тюбингенского университета, сделал ему в весьма настойчивой форме «братское предостережение»: не помещать главу о совместимости коперниканской системы с библией: математик может лишь выдвинуть гипотезы, хорошо согласующиеся с наблюдаемыми явлениями, но не должен рассуждать «о неопровержимых библейских аргументах». Это было отражением той же точки зрения, с которой в 1543 г. протестантский теолог Осиадер выступил со своим непрошеным предисловием к великому творению Коперника, а позже представители католической инквизиции выступили в процессе Галилея. Вот что писал Гафенреффер Кеплеру: «Мой братский совет, которому, я твердо надеюсь, ты последуешь,— выступать при изложении подобных гипотез лишь в качестве чистого математика, который не должен беспокоиться, соответствуют ли эти учения сотворенным вещам, или нет. Ибо я того мнения, что математик достиг своей цели, если он сконструировал гипотезы, соответствующие, насколько возможно точно, явлениям; ты сам, я полагаю, откажешься от своих гипотез, если кто-то предложит лучшие. Ни с чем, однако, не сообразно, чтобы действительность незамедлительно приспособлялась к придуманным каждым магистром гипотезам».

После выхода в свет «Космографической тайны» Кеплер послал книгу некоторым выдающимся ученым, в частности датскому астроному Тихо Браге, построившему на острове Вен лучшую в мире обсерваторию — знаменитый «Ураниборг», и уже известному в то время молодому итальянскому ученому Галилео Галилею, открытия которого в физике, механике и астрономии в скором времени принесут ему мировую известность и бессмертие. Оба ученых откликнулись — Галилей немедленно, Тихо Браге значительно позже.

Ответ Галилея был написан буквально в день получения книги, после знакомства с введением. Галилей приветствовал появление нового сторонника коперниканской теории, жаловался, что находит слишком мало ее приверженцев, что удерживает его, Галилея, от публичных выступлений в ее защиту. Кеплер с большой радостью получил письмо Галилея, немедленно сообщив об этом Мёстлину.

Отвечая Галилею, Кеплер желал ему уверенно выступать в защиту коперниканства, полагая, что в Германии это будет свободнее и удобнее, чем в Италии.

Задержка с ответом Браге была вызвана, по-видимому, прежде всего тем, что в силу сложившихся обстоятельств Браге в это время вынужден был оставить Ураниборг, и письмо Кеплера с его книгой разыскало Браге в Вандбеке близ Гамбурга.

Знаменитый астроном весьма скептически отнесся к априорной теории Кеплера, хотя и выразил свое отрицательное отношение к ней в весьма умеренных выражениях, но в письме к Мёстлину Браге опровергает ее более откровенно. Даже то рациональное зерно, которое было заложено в «Тайне», связанное с популяризацией коперниковой гелиоцентрической системы строения мира, не произвело на Браге впечатления — тот не воспринял учения Коперника. Однако в то же время Браге не мог не заметить, что в своем произведении Кеплер проявил несомненную самостоятельность мышления, знание астрономии, а также искусность и упорство в вычислениях — качества, которые Браге высоко ценил и хотел бы видеть в своих сотрудниках. Желая ближе познакомиться с подающим надежды молодым ученым, Браге в своем письме приглашает Кеплера посетить его в Вандбеке.

Понимая, что за этим весьма лестным приглашением кроется возможность принять участие в астрономических работах крупнейшего наблюдателя века, Кеплер, тем не менее, не спешил принять приглашение: во-первых, занимаемая им в Граце должность пока обеспечивала, хоть и скупо, его существование и занятия научной работой. К тому времени Кеплер женился, и связанные с этим обстоятельства еще крепче привязывали его к Грацу. Во-вторых, Кеплер не без оснований полагал, что у Браге ему будет трудно сохранить независимость и самостоятельность в научной работе. Однако пройдет немного времени, и встреча, за которой последует сотрудничество с Браге, станет для Кеплера не только единственным выходом из тяжелейшего положения, в котором он окажется, но и обеспечит ему основу для последующих великих открытий.



Протестантская община в Граце и руководство школы, в которой Кеплер преподавал, были заинтересованы в том, чтобы удержать в школе эрудированного преподавателя, привязать его к городу. Одним из средств, позволявших достичь этой цели, была бы женитьба на местной уроженке. И вот в то время, когда Кеплер напряженно работал над оформлением рукописи «Космографической тайны», добровольные сваты, коллеги Кеплера по школе, настойчиво обращают его внимание на дочь зажиточного мельника Иоста Мюллера, у которого в двух часах ходу к югу от Граца было небольшое имение Мюлег. Барбаре было в то время 22 года, но она успела уже дважды овдоветь. От первого мужа, за которого она была выдана против своей воли в шестнадцатилетнем возрасте, у нее была дочь Регина.

Кеплеру Барбара понравилась, но Мюллер отказал сватам. Причиной тому были скорее всего материальная необеспеченность и незавидное общественное положение жениха. Возможная научная карьера высоко не котировалась, да мельник и не имел о ней никакого представления.

Некоторые биографы Кеплера придерживаются версии, что одним из поводов для отказа было неблагородное, недворянское происхождение Кеплера, и состоявшаяся вскоре после сватовства, в 1596 г., поездка Кеплера в родные места имела целью обзаведение дворянским патентом. Однако ни сам Мюллер, ни двое предыдущих мужей его дочери не были дворянами (приставка «фон» перед девичьей фамилией Барбары во многих биографиях Кеплера является чистейшим вымыслом, основанным на недоразумении: уже после смерти Барбары и ее отца ее брату было в самом деле пожаловано дворянство) и это не давало ему оснований для претензий такого рода. И сам Кеплер не оставил оснований для такого предположения. Ошибочная версия исходит из одной фразы в рукописи сына Кеплера Людвиг, который уже после смерти отца пытался написать его биографию, — от этого замысла сохранились только отдельные наброски, в которых Людвиг неоднократно, начиная с даты рождения отца, допускает ошибки и произвольные толкования.

Знакомство Кеплера с Барбарой состоялось в декабре

1595 г. («декабря 17 — Вулкан в первый раз шепнул мне о том, что меня следует связать с Венерой», «декабря 22 — Он вторично напомнил мне о том же, и сердце мое дрогнуло»<sup>12</sup>), а уже в феврале 1596 г. Кеплер отправляется на родину и в Тюбинген, выхлопотав двухмесячный отпуск.

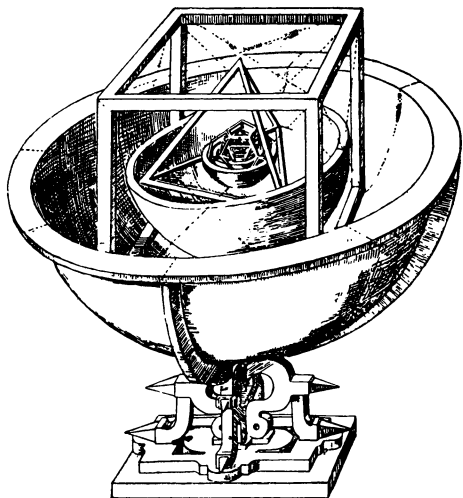
Однако его поездка затянулась на много месяцев. Формально поводом для задержки, как он это объясняет, было устройство дел престарелых деда и бабушки в Вейле, но фактически причина была в другом: решив в Тюбингене вопросы, связанные с изданием «Космографической тайны», Кеплер направляется в Штутгарт, ко двору вюртембергского герцога Фридриха и пытается уговорить его выделить средства на изготовление серебряного кубка, представляющего модель Вселенной в соответствии с изложенной им в «Космографической тайне» гипотезой. Герцог написал на полях кеплерова прошения: «Пусть сначала сделает модель из меди, и тогда мы, посмотрев на нее, решим, стоит ли ее сделать из серебра, в средствах недостатка не будет». Но у Кеплера не было денег и на медную модель, поэтому он принимается за весьма кропотливую работу: изготовление модели планетных орбит с размещенными между ними правильными многогранниками из бумаги. День и ночь в течение недели возится он с моделью.

Получив бумажную модель, герцог приказывает запросить мнение профессора Мёстлина. Последний сообщает, что кеплеров кубок представляет собой «славное произведение эрудиции». Однако после этого Фридрих приходит к мнению, что модель лучше выполнить в форме небесного глобуса. Кеплер изготавливает новую модель из бумаги... но до завершения дело так и не доходит.

Между тем сваты Кеплера в Граце продолжают попытки довести до успешного завершения добровольно принятое на себя деликатное поручение и вскоре после отъезда его из города получают, наконец, у мельника согласие на брак дочери с Кеплером.

О достигнутом успехе Кеплеру незамедлительно сообщают через тюбингенского профессора Папиуса (бывшего ректора школы в Граце). Однако увлеченный новой идеей с космическим кубком Кеплер не торопится в Грац, и только через три месяца после получения этого сообщения, в сентябре 1596 г., он возвращается в штирийскую





*«Космический кубок» Кеплера*

столицу. Однако три месяца — срок большой в таком тонком деле, как неравный брак, и по прибытии в Грац Кеплер узнает, что родители невесты от своего слова отказались, а ее руки упорно добивается его земляк Стефан Шпейдель, провинциальный секретарь, преимуществом которого было то, что он располагал кое-какими средствами. Несколько месяцев Кеплер оставался в довольно неопределенном положении, наконец, в январе 1597 г., когда в переговорах принял участие даже ректор школы, авторитет церкви и боязнь насмешек заставили родителей Барбары подтвердить данное ранее согласие. 9 февраля 1597 г. состоялась помолвка, а 27 апреля того же года в квартире невесты по Штемпергассе была отпразднована свадьба. Здесь же молодожены остались жить после свадьбы. В связи с тем, что Кеплер освободил школьную квартиру, жалование его несколько повысилось (со 150 до 200 гульденов в год).

В истории с женитьбой Кеплер проявил нерешительность и пассивность. Его, видимо, беспокоили какие-то сомнения, свадьба, как он замечает, состоялась при «неблагоприятном небе». В большом письме на шести страницах *in folio*, отправленном Мёстлину за две недели до свадьбы,

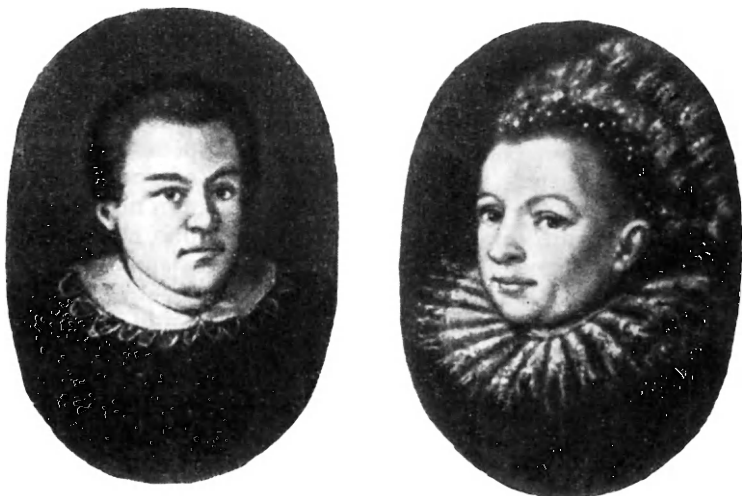
лишь в конце он упоминает о предстоящих событиях в таких выражениях:

«Я прошу Вас только об одной любезности — будьте ближе ко мне в Ваших молитвах в день моей свадьбы. Мое финансовое положение таково, что если бы я умер в следующем году, едва ли кто-нибудь оставил бы после себя худшее положение. Я должен оплатить большие суммы из собственных средств, так как по здешним обычаям свадьбы празднуются очень пышно. Если же бог продлит мою жизнь, я буду привязан и прикован к этому месту... Я не смогу покинуть эту страну, если только не произойдет общественное или личное несчастье.

Общественное — если страна перестанет быть безопасной для лютеран, или если вторгнутся турки, которых уже собралось до 600 000 человек...»<sup>13</sup>

Некоторые биографы считают, что в семейной жизни с Барбарой Кеплер был счастлив, что уют и домашняя обстановка помогали ему преодолевать столь многочисленные жизненные затруднения. Однако имеются достаточно веские основания для того, чтобы брак Кеплера с Барбарой признать неудачным и несчастливым. Об этом он время от времени дает понять в письмах к своим друзьям. Штрихи с описанием Барбары, которые там можно обнаружить, обрисовывают ее как женщину, которая умела произвести благоприятное впечатление на гостей, но в домашнем кругу держала себя по-иному. Ее шокировало низкое положение мужа-«звездочета», она ничего не понимала и не хотела понимать в его делах, ничего не читала, кроме собственного молитвенника, с которым не расставалась ни днем, ни ночью. Свойственные ей мрачность, чувство одиночества, постоянная меланхолия дают повод считать, что она страдала хронической неврастенией. Разговоры в доме часто велись в весьма раздраженном тоне. Она могла прервать напряженную работу мужа, чтобы завести разговор о пустяковых домашних делах, она изводила служанок, которых приходилось постоянно менять, так как ни одна не могла долго вынести ее придирок. Из-за скупости она недостаточно следила за своей внешностью, но, правда, ничего не жалела для своих детей.

Кеплер очень нежно и заботливо относился к своей падчерице Регине и пользовался ответной любовью и неизменным уважением в течение всей ее жизни. Она вышла замуж в 1608 г. за представителя пфальцского курфюрста



*Кеплер и его жена Барбара (около 1600 г.)*  
Миниатюры маслом, сохраняются в Архиве АН СССР

при пражском дворе Филиппа Эгема, а впоследствии жила с мужем под Регенсбургом.

Через несколько месяцев после свадьбы Кеплера положение штирийских протестантов резко ухудшилось: началась прелюдия той драмы, которая позже получила название контрреформации. 16 декабря 1597 г., закончив образование у иезуитов в Ингольштадте, верховную власть в Штирии принял у себя 18-летний эрцгерцог Фердинанд. Отношения между католиками и протестантами особенно обострились во время и после поездки Фердинанда в Италию, где тот был принят папой и, как говорилось, дал ему обет вернуть страну в лоно католицизма. «Все дрожат, — пишет Кеплер, — перед возвращением князя. Говорят, что он приведет с собой итальянские войска. Городской магистрат нашего вероисповедания распущен. Охрана городских ворот и цейхгауза передана сторонникам папы. Везде слышны угрозы»<sup>14</sup>.

После возвращения Фердинанда из поездки гонения на протестантов еще более усилились. Среди них начались аресты. Их дискриминировали в общественном госпитале, за погребение умерших протестантов на общинном клад-

бище был установлен повышенный сбор. Когда лютеранские пасторы призвали с церковных кафедр начать сбор средств на учреждение собственных госпиталя и кладбища, сверху немедленно последовал запрет. Вскоре протестантским проповедникам были вообще запрещены религиозные отправления, а 23 сентября 1597 г. объявлено категорическое предписание: в течение шести дней под страхом смертной казни покинуть город и провинцию всем протестантским проповедникам и учителям штифтшколе — школы, преподавателем которой был и Кеплер. 28 сентября ультиматум был решительно подтвержден: для выезда из города было установлено время до захода солнца.

Реальная опасность повторения Варфоломеевской ночи вынудила многих жителей Граца, и Кеплера в том числе, кто в чем был, оставить семьи и имущество, срочно покинуть город и провинцию. Часть изгнанников направилась в Венгрию, другая — в Хорватию, надеясь, что жестокий и бессмысленный приказ вскоре будет отменен.

Однако их надежды были тщетны. Только Кеплер персонально получил разрешение вернуться в страну, чем он и воспользовался в конце октября того же года после месячного вынужденного отсутствия. Сам Кеплер пишет, что он получил не разрешение, а приглашение. Его друг Цегентмаир утверждает, что Кеплер вообще мог не покидать город, так как для него с самого начала было сделано исключение.

Чем же было вызвано столь «терпимое» отношение католических властей к ученому-протестанту? Во-первых, от других преподавателей протестантской школы его отличал занимаемый им «двойной» пост — его должность «математика провинции» была в конфессиональном отношении нейтральной. Во-вторых, среди католиков он имел скрытых и явных доброжелателей; одни, зная его сомнения в лютеранстве, надеялись, что его удастся обратить в католицизм, другие отдавали дань его учености. Не последнюю роль сыграли и личные контакты Кеплера с баварским канцлером Гансом Георгом-Гервартом фон Гогенбургом, влиятельным в католическом мире любителем философии и покровителем наук. Герварт подчеркивал свое покровительственное отношение к ученому-протестанту различными способами и прежде всего тем, что переписка между ними велась через баварского посланника при дворе императора в Праге и приближенных Фердинанда при

его дворе в Граце. В своем первом письме к Герварту Кеплер писал: «Ваше письмо произвело такое впечатление на некоторых членов нашего правительства, что не могло случиться ничего более благоприятного для моей репутации»<sup>15</sup>.

Возвратившись в Грац, Кеплер невольно получил возможность заняться исключительно научной работой — занятия в школе, в связи с отсутствием почти всех преподавателей с ректором во главе, не возобновились.

Он начинает работу сразу в нескольких направлениях, главным из которых остается поиск математических законов гармонии сфер — развитие его *idée fixe* из «Космографической тайны». Его все-таки смущало расхождение его «теории» с фактами, и он безуспешно пытается найти связь между законами, определяющими расстояния между планетными орбитами, и законами музыкальной гармонии пифагорейцев. Длительные поиски закономерностей природы через двадцать лет привели его к книге «Гармония мира», содержащей знаменитый третий закон движения планет, но основы этой книги были заложены здесь, в последний период жизни в Граце.

Безуспешны были попытки дать ответ и на другой вопрос — как убедиться в движении Земли вокруг Солнца? Для этого Кеплер хотел установить существование звездного параллакса, т. е. изменения видимого положения неподвижных звезд в связи с годичным перемещением Земли. Он обращался ко всем известным ему астрономам за данными наблюдений, сам пытался их организовать, но все было впустую — обнаружить параллакс не удалось. Отсюда можно было сделать два вывода: или Земля неподвижна, или же радиус сферы неподвижных звезд очень большой, намного больший, чем предполагалось до сих пор. Первый вывод противоречил теории Коперника, второй — представлениям Кеплера и его современников о божественном происхождении Вселенной. Вопрос оставался открытым.

Кроме того, Кеплер в это время начал первые исследования по оптике, пытался определить орбиту Луны, дать объяснение природе магнетизма, метеорологическим явлениям. Он завел дневник наблюдений за погодой, который вел затем в течение тридцати лет.

Для решения интересовавших Кеплера задач нужны были по возможности точные данные многолетних астро-

номических наблюдений. Такими данными располагал тогда только один человек в мире. Это был датский астроном Тихо Браге, который собрал их за многие годы наблюдений в своей обсерватории в Ураниборге. Все надежды Кеплера сосредоточиваются теперь на нем. «Пусть все хранят тишину и прислушиваются к Тихо, который посвятил 35 лет жизни своей обсерватории... Я жду только Тихо. Он растолкует мне порядок и размещение орбит. Тогда надеюсь, если бог продлит мне жизнь, что однажды я сооружу чудесное здание», — пишет Кеплер Мёстлину<sup>16</sup>.

Но Браге не торопился с публикацией данных своих наблюдений и ревниво охранял свои богатства. Кеплер понимал это и реагировал так: «Один-единственный его инструмент стоит больше, чем состояние мое и моей семьи вместе взятое... Мое мнение о Тихо таково: он обладает несметными сокровищами, но он не знает, как их следует употреблять, как это бывает у очень богатых людей. Следовательно, кто-то должен попытаться силой вырвать эти богатства у него»<sup>17</sup>.

Трудно отказать Кеплеру в проницательности — он хорошо понимал, чего не хватает ему для решения интересующих его вопросов. Но он не мог предвидеть, когда писал это, что жить Браге осталось совсем немного, и что лишь стечение обстоятельств сведет их с Браге незадолго до его кончины, и Кеплер станет непосредственным обладателем этих огромных богатств.

Между тем обстановка в Граце продолжала ухудшаться. Кеплер понимал, что скоро придется покинуть город, нервничал, не раз впадал в состояние депрессии. Тяжелая обстановка усугублялась следующими одно за другим несчастьями в семье: 2 февраля 1598 г. родился его первенец Генрих, но всего через два месяца менингит унес его в могилу, дочь Сусанна, родившаяся в июне 1599 г., прожила всего месяц и умерла от той же болезни. Кеплер тяжело переживал смерть детей, трагические события сильно отразились на здоровье Барбары, и без того нервной и очень болезненной.

В поисках выхода Кеплер пытается найти новое место работы. В августе 1599 г. в отчаянном письме он умоляет Мёстлина подыскать ему работу на родине, в протестантском Вюртемберге. Но Мёстлин, зная, что университетский сенат вряд ли станет связываться с Кеплером, религиозные сомнения которого и открытая защита копер-

никанства к тому времени стали уже достаточно известными, не торопился с ответом и лишь через пять месяцев прислал уклончивое письмо. Зато случилось другое: Браге, который еще несколько лет назад выразил желание встретиться с Кеплером, приняв приглашение императора Рудольфа II, стал его придворным математиком и переселился в Прагу. Прага ближе к Штирии, а жизнь в Граце становится все более невыносимой, дальше колебаться с отъездом нельзя, а тут еще подвернулся удобный случай: некий барон Гоффман, советник императора, покровительствовавший Кеплеру, согласился, возвращаясь из Граца в Прагу, предоставить ему место в коляске. Отъезд для встречи и переговоров с Браге совпал с началом нового века— это случилось 1 января 1600 г.— и ознаменовал не только хронологически, но и по существу начало новой главы в жизни Кеплера.

## Глава третья

---

### Кеплер и Тихо Браге

Будущий патрон Кеплера, математик императорского двора в Праге Тихо (точнее, Тюге) Браге был ровно на четверть века старше своего помощника. Он родился в стране Гамлета, в старинной датской дворянской семье 14 декабря 1546 г. Его отец Отто занимал тогда пост коменданта королевского замка в Гельсинборге, а брат отца, Йерген, был вице-адмиралом датского флота и владел крупными поместьями.

Будучи бездетным, адмирал заручился обещанием брата — если у того родится сын, он, Йерген, усыновит и воспитает его. Жена коменданта родила двойню, но один из близнецов тут же умер, а отдать второго комендант не пожелал.

Йерген дождался, пока у Отто родился еще один сын, после чего, по всем правилам плохого детектива, он выкрадывает первенца — Тихо — и прячет его. Отто в ярости угрожает убить похитителя, но понемногу остывает, примирившись со случившимся и благоразумно рассудив, что, кроме воспитания, сын получит со временем и солидное состояние. Последнее случилось быстрее, чем можно было ожидать: вернувшись из успешного морского сражения со шведами, приемный отец верхом следовал в торжественной процессии за королем. Переезжая мост, соединяющий Копенгаген с королевским дворцом, король неожиданно свалился в воду, адмирал бросился за ним, спас его, но не перенес последовавшего за холодной купелью воспаления легких... Тихо в это время был уже студентом.

Браге стал студентом Копенгагенского университета в тринадцать лет, чтобы, следуя семейной традиции, под-





*Тихо Браге*

готовиться к государственной деятельности. О двух событиях тех же лет, которые давали о себе знать в течение всей его жизни, стоит здесь упомянуть. Сражаясь на дуэли со своим сокурсником (по причине, как говорили, спора о том, кто из них лучше знает математику), Тихо лишился части носа. В течение всей жизни потерю приходилось замещать особым протезом из сплава золота с серебром. Впоследствии у Браге всегда было при себе подобие табакерки с клеящим составом для прикрепления искусственного носа...

Второе событие, которое произвело на него неизгладимое впечатление и повлияло на ход всей его дальнейшей жизни, произошло в конце первого года пребывания в университетских стенах. Это было частное затмение Солнца, о котором, разумеется, было заблаговременно объявлено. Тихо показалось, что есть «что-то божественное в том, что люди знают движение небесных светил так точно, что могут заблаговременно предсказывать их

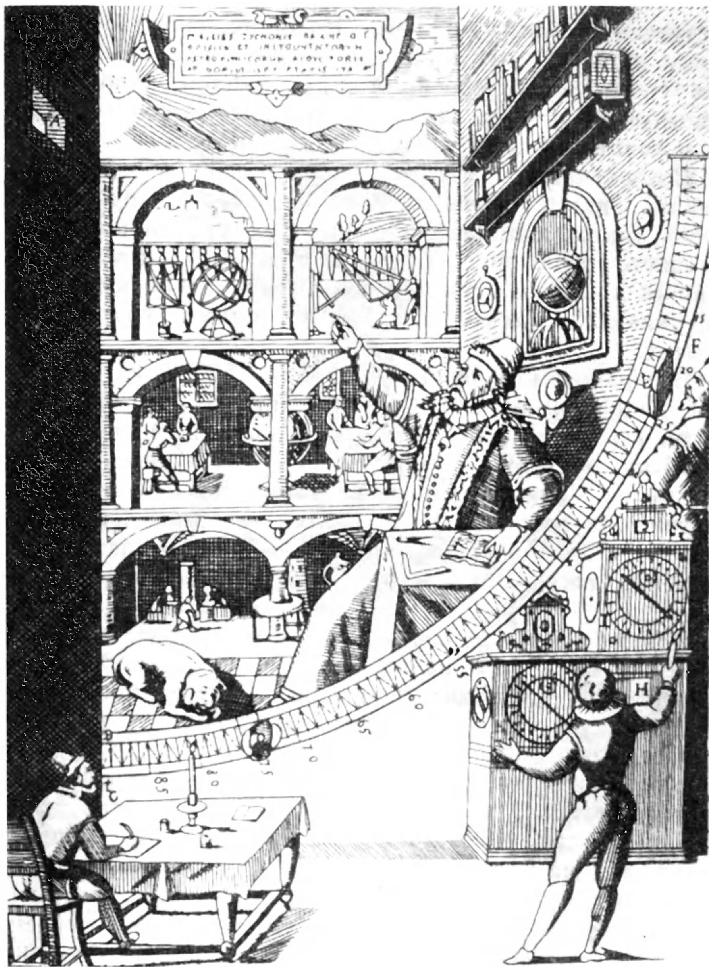
места и взаимные положения». Начиная с этого момента, он страстно увлекается астрономией, скупает и изучает астрономические трактаты, начиная с птолемеевого «Альмагеста». Так, в возрасте 14 лет Тихо приобщается к делу, которому останется верен до конца своих дней.

После трехлетнего курса обучения в Копенгагенском университете Тихо послали для продолжения учебы за границу, в Лейпциг, где, как считалось, было хорошо поставлено преподавание юриспруденции. К нему был приставлен в качестве ментора известный в будущем датский историк Андерс Соренсен Ведель, задачей которого было отвлечь Тихо от недостойных дворянина занятий астрономией. Ведель не выполнил поручения — страсть Браге к астрономии нашла и здесь выход в тайных ночных занятиях и наблюдениях.

После Лейпцига Браге пополнял свои знания в университетах Виттенберга, Ростока, Базеля и Аугсбурга до 26-летнего возраста. И все это время он приобретал, а позже сам проектировал и создавал инструменты для астрономических наблюдений. Среди них был гигантский квадрант, изготовленный из дерева и меди, 38 футов в диаметре, первый из серии невиданных до того по размерам и точности инструментов, которыми позже Тихо оборудовал свою обсерваторию.

17 августа 1563 г. семнадцатилетний Тихо сделал запись о том, что Юпитер и Сатурн настолько сблизились между собой, что почти полностью соединились. Он с удивлением заметил, что имевшиеся в его распоряжении альфонсинские планетные таблицы на целый месяц ошибаются в указании этого события, а неточность прусских таблиц \* была хотя и значительно меньшей, но все же

\* Альфонсинские, или альфонсовы, таблицы для определения положений планет на небесной сфере были составлены еще в 1252 г. большой группой астрономов по поручению и при участии будущего короля Кастилии и Леона Альфонса X (были окончены в день его коронации). После начала книгопечатания они неоднократно издавались (последний раз в 1553 г.). Использовались астрономами в течение трех веков. Прусские таблицы были составлены на основе теории Коперника немецким математиком Эразмом Рейнгольдом, другом и коллегой Ретика по Виттенбергскому университету, в 1551 г. и вскоре вытеснили альфонсинские, но через три четверти века им пришлось уступить место кеплеровым «Рудольфинским таблицам».



*Гигантский квадрант Тихо Браге  
Старинная гравюра*

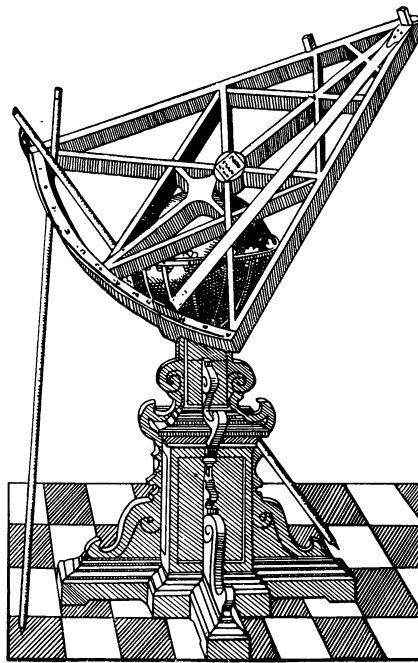
достигала нескольких дней. Это обстоятельство привело Браге к выводу, что точность наблюдений, необходимых для составления астрономических таблиц, должна быть значительно повышена, т. е. астрономия крайне нуждается в точных и длительных наблюдениях.

Возвратившись после окончания образования в Данию, Тихо жил некоторое время у своего другого дяди, Стена Билле, единственного из всех родственников одобрявшего увлечение Браге астрономией. Билле, основавший в Дании первые бумажную и стекольную фабрики, увлекался алхимией, и Браге принимал участие в его опытах.

Возвращаясь вечером 11 ноября 1572 г. из лаборатории дяди домой, Тихо заметил яркую звезду на том месте, где раньше он ничего подобного не видел. Место это было недалеко от зенита, северо-западнее созвездия Кассиопеи. Тихо не поверил своим глазам, но звезда продолжала сверкать и в следующие дни, через месяц она почти сравнялась по яркости с Венерой, затем стала медленно гаснуть и в марте 1574 г. перестала быть видимой.

Новую звезду наблюдали по всей Европе, некоторые заметили ее еще в начале ноября, на несколько дней раньше Браге. Удивительное явление взволновало весь мир, каждый, от ученого до простолюдина, задавался вопросом, что должно означать ее появление. Одни принимали ее за новую Вифлеемскую звезду, извещавшую о начале второго пришествия Христа на Землю, другие считали ее предвестницей войн, голода и эпидемий, третьи видели в ней реакцию небес на ужасы недавней Варфоломеевской ночи\*. Некоторые всерьез обсуждали предположение, что новый объект — некое небесное тело, воспламененное Юпитером, и т. п. Более серьезные наблюдатели пытались ответить на более конкретный вопрос: относится ли наблюдаемый феномен к подлунному миру, т. е. к ближайшему окружению Земли (тогда было еще распространено мнение, что кометы кон-

\* К тому времени прошло менее трех месяцев после ужасной Варфоломеевской ночи, когда в ночь под праздник св. Варфоломея, 24 августа 1572 г., в Париже было вырезано около 30 тысяч гугенотов — французских протестантов.



*Азимутальный квадрант Тихо Браге*

денсируются из горячих паров в земной атмосфере и движутся в непосредственной близости от Земли), или же он расположен среди неподвижных звезд. Но последнее допущение противоречило учению Аристотеля о том, что в мире звезд все вечно и неизменно, а ведь это совпало с библейскими догмами! Предстояло проверить, изменяется ли положение появившейся звезды относительно других звезд. Молодой тогда Мёстлин, не располагавший астрономическими инструментами, использовал отвес, располагая его на вытянутой руке так, чтобы он проходил через Новую и две другие звезды. Несмотря на столь грубые средства наблюдения, он пришел к заключению, что Новая не меняет своего положения относительно других звезд.

У Браге к этому времени уже был бронзовый азимутальный квадрант, обеспечивавший измерение углов с неслыханной по тем временам точностью до  $1'$ .

Тихо измерял расстояние Новой от Полярной звезды и от соседних звезд Кассиопеи в тот момент, когда это созвездие находилось вблизи зенита, и спустя 12 часов, когда оно было на севере, над Полярной. Если бы Новая звезда находилась на таком же расстоянии от Земли, как и Луна, и таким образом имела бы параллакс \* в  $1^\circ$ , то во втором положении она должна была бы оказаться на  $1^\circ$  ниже других звезд Кассиопеи, но оказалось, что в обоих положениях разница в расстояниях практически отсутствовала. Отсюда следовал вывод, что Новая звезда находится значительно дальше, чем Луна. Дальнейшие наблюдения показали, что Новая звезда находится вне планетных орбит, по тогдашним представлениям в сфере неподвижных звезд, так как ее положение относительно других звезд сохранялось в течение всего периода наблюдения.

Случилось так, что на протяжении короткого промежутка времени между 1572 и 1604 гг. появление новых звезд наблюдалось неоднократно. Это еще раз обратило внимание астрономов на важность составления точных звездных каталогов.

В 1573 г. после некоторых колебаний — подобает ли дворянину заниматься книжесочинительством? — Браге опубликовал свое первое произведение «De Stella Nova» («О новой звезде»). Здесь в смеси разнородных материалов — стихотворений, метеонаблюдений, астрологических прогнозов — на 27 страницах излагаются данные наблюдений над Новой звездой, а также описывается инструмент, с помощью которого эти наблюдения были выполнены. В выводах Браге высказал предположение, что звезда образовалась в результате конденсации тонкой светлой небесной материи, которую видно в Млечном Пути, и даже указал на темное пятно вблизи Млечного Пути, как на углубление, возникшее при этой конденсации.

В том же году Браге женился на простой крестьянке, восстановив против себя родственников и знакомых аристократов.

В 1575 г., путешествуя по Европе, Браге встретился

\* Параллакс звезды — угол, под которым с нее виден диаметр земной орбиты (в данном случае диаметр самой Земли).

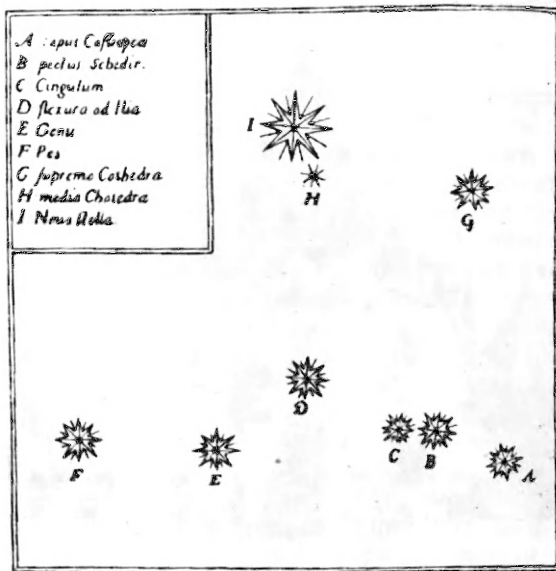
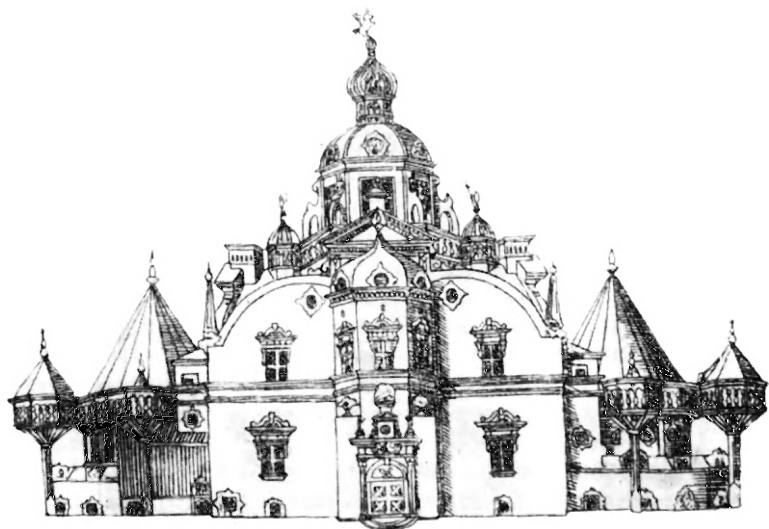


Рисунок из книги Тихо Браге «О новой звезде»

с ландграфом Вильгельмом IV Гессенским, большим любителем астрономии, имевшим в Касселе собственную обсерваторию, и сумел настолько очаровать Вильгельма своими астрономическими познаниями, что тот обратился с настойчивым советом к датскому королю Фредерику II оказать Браге помощь в сооружении обсерватории (иначе чести и славе Датского королевства угрожает потеря одного из знаменитых подданных). Фредерик, тот самый, жизнь которого была спасена приемным отцом Тихо, слыл покровителем наук и искусств. Откликнувшись на совет ландграфа, он предложил сначала Браге несколько замков на выбор для устройства обсерватории. Однако Тихо отказался — он устроился вообще покинуть Данию и переселиться в Базель. Тогда король предложил ему целый остров Вен, около 10 километров в окружности, расположенный в проливе Зунд, километрах в 20 от Копенгагена и представлявший собой скалу со срезанной вершиной. Это очень удобное для сооружения обсерватории место предлагалось Тихо в качестве ленного владения с правом



*Ураниборг — обсерватория Тихо Браге на острове Вен  
(старинный рисунок)*

сбора всех налогов, кроме того, выделялись доходы из королевских источников для устройства, оснащения и поддержания обсерватории. После некоторых колебаний Браге принял заманчивое предложение. Королевский указ о передаче острова был подписан 23 мая 1576 г., осенью состоялась закладка основного здания, а в 1580 г. строительство обсерватории, названной Ураниборгом (Небесным замком), было окончено. На ее строительство и оснащение королевская казна истратила огромную по тем временам сумму в 100 000 талеров, примерно столько же было истрачено Тихо из собственных средств.

Позже (в 1584 г.) было построено еще одно здание обсерватории, названное Стърнеборг (Звездный замок). Инструменты здесь были размещены под землей, чтобы уменьшить влияние ветра и температуры.

Знаменитая и, безусловно, лучшая в то время в Европе и во всем мире обсерватория Тихо Браге была оснащена самыми современными инструментами, изготовленными по его проектам и под его руководством. Благодаря этим



инструментам произошло настоящее обновление практической астрономии. Часто использовался огромный квадрат радиусом 2 метра, который известен по старинной гравюре, на которой Тихо Браге с помощниками изображены за определением склонений. Точность отсчетов доходила до  $\frac{1}{6}'$ . Известен и большой секстант, который служил Браге для измерения угловых расстояний между двумя звездами. Кроме этих больших инструментов, предназначенных для измерений с высшей степенью точности, употреблялись и многие другие, разных размеров и назначений. Некоторые были установлены неподвижно, в меридиане, другие можно было направлять на любые азимуты\*.

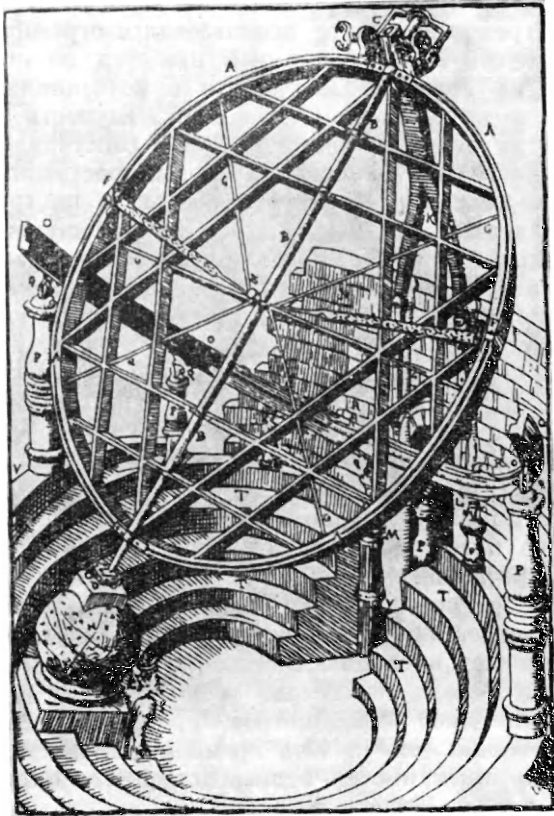
Для отсчета делений с точностью до минут Браге использовал метод трансверселей, т. е. идущих вверх и вниз рядов точек, одинаково удаленных от края круга.

Браге изобрел также особые визиры для точного наведения инструментов на звезду. На большом квадрате в центре помещался цилиндрический стержень. Визир состоял из пластинки с двумя узкими горизонтальными щелями, расположенными друг над другом на расстоянии, точно равном диаметру стержня. Если, визируя поочередно через обе щели, наблюдатель видел, что стержень рассекает проекцию звезды ровно пополам, это означало, что звезда визирована точно.

Браге, не имея хронометров, придумал остроумные приспособления для отсчета времени с точностью до секунд, в которых вместо непосредственного определения времени использовалось взвешивание вытекавшей через тонкое отверстие ртути или просыпавшегося тончайшего свинцового порошка. «Лукавый Меркурий (ртуть) смеется над астрономами и над химиками: Сатурн (свинец) тоже обманывает, хотя и служит несколько лучше Меркурия», — писал он об этом.

В библиотеке обсерватории был установлен большой небесный глобус из меди, около полутора метров в диаметре. Дуги на глобусе были разделены на минуты. В течение многих лет на глобусе одно за другим выгравировывались изображения звезд, уточненные положения ко-

\* Азимут — в горизонтальной системе астрономических координат дуга горизонта от точки юга до точки пересечения круга высоты с горизонтом.



*Армилла. Рисунок из книги Тихо Браге «Механика обновленной астрономии»*

торых заново определялись Браге в процессе его наблюдений.

Всего было нанесено около 1000 позиций звезд. Изготовление глобуса стоило около 8 тыс. талеров.

Подробное описание и рисунки своих приборов Тихо Браге дал в книге «*Astronomiae instauratae mechanica*» («Механика обновленной астрономии»), вышедшей в 1598 г.

Более двух десятков лет провел Браге в Ураниборге, определяя положение небесных объектов с удивитель-

ной точностью, если помнить, что он не знал еще телескопа и других оптических инструментов.

Еще в период строительства обсерватории Тихо провел наблюдения и измерения яркой кометы 1577 г., той самой, которую мать показывала шестилетнему Кеплеру. При наблюдении он пытался определить ее параллакс, измеряя ее положение среди звезд, когда она была низко на небе, и сравнивая его с положением на большой высоте. Если бы комета находилась хотя бы на таком же расстоянии от Земли, как Луна, то в ее положениях из-за параллакса должны были бы наблюдаться большие различия, достигающие  $1^\circ$ . Но Браге не обнаружил и следа параллакса, и по его весьма осторожному заключению комета должна была быть по крайней мере в шесть раз дальше от Земли, чем Луна.

Этот его вывод был новым ударом по космологическому учению Аристотеля, согласно которому кометы — огненные феномены в подлунных областях, т. е. в верхних слоях атмосферы.

В своих наблюдениях Тихо Браге учитывал атмосферную рефракцию. Это позволило ему уточнить наклон эклиптики и высот экватора.

Многолетние наблюдения за движением Луны дали ему исходные данные для уточнения наклона лунной орбиты и обнаружения ее колебания, им же были обнаружены вариация и годичное неравенство в движении Луны\*. Интересно, что независимо от Браге это отклонение было отмечено и Кеплером, так как он заметил, что предсказанное им в очередном календаре лунное затмение 1598 г. наступило на полтора часа позже, чем предполагалось.

Кеплер объяснил это замедляющим воздействием Солнца на Луну, которая двигалась медленнее зимой потому, что Солнце тогда ближе к Земле.

Браге составил каталог звезд, в который было занесено 788 единиц. С особой точностью были определены прямые восхождения и склонения 21 опорной звезды.

\* Вариация — одно из неравенств (т. е. неправильностей), имеющих место в движении Луны в результате деформации лунной орбиты под действием притяжения Луны Солнцем.

При сравнении с современными данными оказалось, что ошибка при их определении не превышала у него  $40''$ , средние ошибки при определении положений других звезд оказались около  $1'$ . Эта работа Браге стала по существу первым современным звездным каталогом, занявшим место каталогов Гиппарха (II в. до н. э.) и Птолемея (II в. н. э.). Его составление представляло собой весьма важный шаг в развитии астрономии.

Сравнивая найденные им долготы звезд с данными, полученными в древности и в прошлом веке, Браге нашел точное значение прецессии\*.

Очень важными были его многолетние наблюдения за движением планет. Обработка и изучение этих материалов для уточнения формы планетных орбит и особенностей движения по ним планет дали впоследствии возможность раскрыть многие тайны строения Солнечной системы.

Однако использовать накопленные богатства в полной мере Браге не мог, как об этом писал Кеплер в уже цитированном выше письме. В значительной мере это было связано с тем, что он не смог подняться до восприятия коперниканской гелиоцентрической системы. Исходя из предположения о существовании сферы неподвижных звезд некоторого конечного радиуса, Браге думал, что поскольку за полгода положение Земли в результате ее вращения вокруг Солнца должно было бы измениться на двойное ее расстояние от Солнца, то при этом стало бы заметным изменение положения неподвижных звезд. В 1589 г. Браге писал астроному Ротману, что если принять систему Коперника, то «годовое движение Земли должно было бы отодвинуть сферу неподвижных звезд в такую даль, что путь Земли вокруг Солнца стал бы исчезающе мал по сравнению с этим расстоянием. Считаешь ли ты возможным, чтобы расстояние между Солнцем, этим предполагаемым центром мира, и Сатурном не составило бы даже  $1/700$  расстояния от сферы неподвиж-

\* Прецессия (или предварение равноденствия) — медленное перемещение (на  $50'',3$  в год) точек весеннего и осеннего равноденствия навстречу видимому годичному движению Солнца, в результате чего тропический год, т. е. промежуток времени между двумя последовательными прохождением Солнца через точку весеннего равноденствия, оказывается короче звездного.

ных звезд? К тому же это пространство должно быть пустым, лишенным звезд. А между тем так должно быть непременно, если годичный путь Земли, рассматриваемый с неподвижных звезд, должен составлять по величине только одну минуту. Но ведь тогда и неподвижные звезды третьей величины, видимый диаметр которых также равен минуте, должны были бы иметь размеры земной орбиты»<sup>1</sup>.

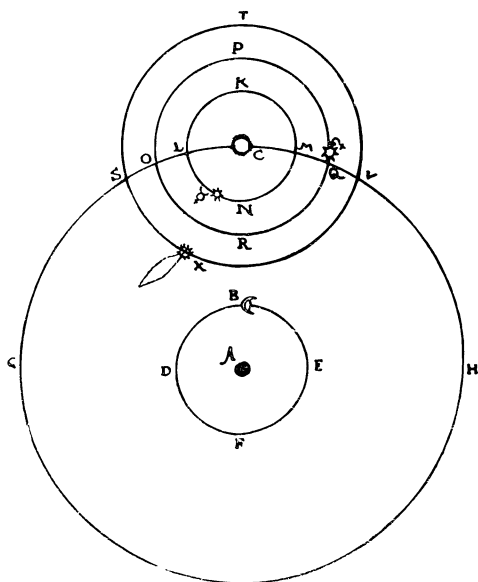
Последнее возражение Браге устраняется тем, что (как убедились после изобретения телескопа) неподвижные звезды вообще не имеют видимого диаметра и представляются наблюдателю как светящиеся точки. Этот факт как раз и соответствовал предположениям последователей Коперника, что неподвижные звезды находятся на огромных расстояниях от Солнечной системы. Инструменты Браге не смогли помочь ему установить параллакс звезд для проверки правильности учения Коперника. Его удалось обнаружить лишь в XIX в.

Воспринять учение Коперника Браге мешало и характерное для того времени отсутствие у него правильных механических представлений. Если Земля движется, как же может падать на нее отвесно некоторое тело?

Однако Браге достаточно явно ощущал и недостатки птолемеевой геоцентрической системы. Поэтому им была разработана система, занимавшая промежуточное место между геоцентрической и гелиоцентрической: по этой системе Солнце движется по эксцентрической окружности вокруг неподвижной Земли, а в это же время планеты обращаются вокруг Солнца. Разработанная Браге система почти не нашла сторонников.

Число сотрудников и помощников у Браге доходило до 20 человек. Кроме того, он имел постоянно нескольких учеников. Обсерваторию посещало множество гостей, среди которых немало было титулованных особ.

Будучи независимым, своенравным и весьма резким в обращении человеком, Браге восстановил против себя многих придворных и нового датского короля Кристиана IV (Фредерик II умер в 1588 г.) Это привело к серьезным неприятностям. Браге лишили средств на содержание обсерватории, что вынудило его в конце концов покинуть Ураниборг. Весной 1597 г. Браге с семьей, сотрудниками и учениками, захватив с собой журналы на-



*Система мира по Тихо Браге*

блюдений и основные инструменты, навсегда покинул остров Вен, а затем и датскую землю.

Судьба оставшегося без присмотра «Небесного замка» была печальной: здания разрушались, постепенно их растащили камень по камню. Когда в 1652 г. сюда для точного определения широты обсерватории прибыла экспедиция Парижской Академии наук, от зданий не осталось и следа, пришлось провести раскопки, чтобы найти остатки фундамента.

Около двух лет провел Браге в поисках нового места работы. Некоторое время он прожил в замке Вандбек близ Гамбурга, затем в Дрездене, Виттенберге и, наконец, в июне 1599 г. он прибыл в Прагу — тогдашнюю резиденцию императора Священной Римской империи германской нации Рудольфа II, приняв его предложение стать придворным императорским математиком. Ему было установлено довольно высокое по тем временам жалованье

в 3000 талеров в год, в пятнадцать раз превышавшее жалованье Кеплера в Граце.

Прибыв на службу к императору, Браге обосновался сначала в замке Бенатек, в 35 километрах северо-восточнее Праги. Здесь он намеревался на средства императора построить новый «Небесный замок», однако вскоре обнаружилось, что не только на сооружение обсерватории, но и на содержание самого императорского математика средств нет — императорская казна была пуста для таких статей расходов.

Полгода спустя в Прагу прибыл Кеплер — это было в середине января 1600 г. Он сообщил о своем прибытии Браге в Бенатек и вскоре получил от него сообщение, в котором тот извинялся, что не мог встретить Кеплера лично, так как был занят неотложными наблюдениями, и приглашал его в Бенатек «не столько как гостя, сколько как очень желанного друга и коллегу по наблюдениям неба». Письмо было доставлено старшим сыном Браге Георгом и одним из его ближайших сотрудников, будущим зятем, Тенгнагелем. Оба должны были сопровождать Кеплера в его поездке в Бенатек, но так как они не торопились с возвращением домой, Кеплер попал к Тихо только через 9 дней.

Их первая встреча состоялась 4 февраля 1600 г. Умудренный опытом и годами Браге и молодой Кеплер в расцвете творческих сил. Аристократ и плебей. Богач и бедняк. Один из них привык повелевать, работая всегда с большим штатом сотрудников, помощников, учеников и слуг; другой, хотя и был зависим материально от сильных мира сего, привык к относительной свободе своих действий и выбора тем для работы. Крупнейший практик-наблюдатель и в меньшей мере теоретик, Браге собрал богатейшие данные многолетних астрономических наблюдений, но не мог их полностью использовать, Кеплер же был намного больше теоретиком, чем практиком, но для теоретических выводов и обобщений нуждался в данных астрономических наблюдений.

Вскоре после прибытия в Бенатек Кеплер писал: «Тихо владеет лучшими данными наблюдений, а значит, как будто и материалом для возведения нового здания, он имеет также рабочих и вообще все, чего можно пожелать для этого. Не хватает ему только архитектора, который использовал бы все это для собственного замысла. Потому что,

хотя он имеет счастливое предрасположение и обладает истинным архитектурным мастерством, его продвижению препятствует многообразие явлений и фактов, глубокого в которых скрыта истина»<sup>2</sup>.

В самом деле, в накопленном за долгие годы наблюдений обильном материале — длинных колонках чисел в журналах наблюдений — было все необходимое для построения новой модели Вселенной. Но найти в этих цифрах законы Вселенной, расшифровать скрытые в них тайны ни Браге, у которого не хватало богатства мысли и смелости воображения, ни его ближайшим сотрудникам, включая известного Лонгомонтана, у которых не хватало эрудиции, было не под силу. И у Кеплера были основания полагать, что именно он мог стать бы тем архитектором, который превратил бы этот строительный материал в стройное здание новой модели.

Первые дни пребывания Кеплера у Браге, казалось, благоприятствовали осуществлению его желаний. Так как до его прибытия систематическим наблюдением Марса занимался Лонгомонтан, Тихо хотел сначала поручить Кеплеру другую планету для изучения, но затем он решил, учитывая рвение молодого новичка и затруднения Лонгомонтана, который никак не мог свести концы с концами в своих наблюдениях, поручить Кеплеру самую «сложную» планету — Марс, а за Лонгомонтаном закрепить Луну. Гордясь трудным поручением, Кеплер взялся решить проблему Марса за восемь дней. Восемь дней превратились в восемь лет напряженного труда, восемь лет борьбы с непокорной планетой. Такой была цена открытия, прославившего Кеплера в веках, — вывода знаменитых первого и второго законов движения планет, носящих его имя. Кеплер изложил их в книге, название которой довольно точно отражает ее содержание: «*Astronomia Nova seu Physica Coelestis*» — «Новая астрономия или физика небес». Но это еще далеко впереди.

Пока что у Кеплера настроение с каждым днем начинает ухудшаться вместе с ухудшением его взаимоотношений с Браге.

Уважая в Кеплере глубокий ум, богатое и смелое воображение, настойчивость в работе, Тихо тем не менее не собирался ставить его рядом с собой. А со своими помощниками Браге, привыкший чувствовать себя полновластным хозяином, держал себя высокомерно, установил для



них довольно жесткий распорядок дня. И в рабочих помещениях, и за общими длительными трапезами, во время которых собирались многочисленные члены семейства Браге (в Прагу с ним прибыло шесть его взрослых детей), его сотрудники и помощники, было шумно и неудобно. То, о чем так мечтал Кеплер, — завладеть журналами астрономических наблюдений Браге, откладывалось на неопределенный срок. Тихо ревниво охранял свои богатства от посторонних взоров и признаков желания поделиться ими с кем бы то ни было, и с Кеплером в том числе, не проявлял.

Многие другие вопросы мучили Кеплера в эти дни: должно ли перевезти сюда семью, если да, то что делать с недвижимым приданым жены в Штирии, где из-за притеснений властями протестантов продать его было чрезвычайно трудно, бросать же его на произвол судьбы Кеплеру, семья которого постоянно нуждалась в средствах, естественно, не хотелось, кстати не было свободных средств, необходимых на переезд из Граца в Прагу. Неясно было и где поселится Кеплер с семьей после переезда, каково будет его новое положение, на какие средства к существованию он сможет рассчитывать.

Весь этот клубок взаимосвязанных и трудноразрешимых проблем не мог не привести болезненного и измученного семейными несчастьями и религиозными притеснениями Кеплера в состояние крайнего нервного напряжения, которое выливалось в раздраженные препирательства с Браге и его сотрудниками, вспышки гнева по разным поводам. Уже через месяц после прибытия Кеплера в Бенатек он в одном из писем сообщает о натянутых отношениях с Браге, а 5 апреля все это вылилось в открытую бурную ссору, последствия которой вели к полному разрыву и могли оказать весьма неприятные последствия на судьбы астрономической науки.

Инициатором ссоры был Кеплер. Перед этим, готовясь к переговорам с Браге об условиях их сотрудничества, он просил быть в них посредником гостившего тогда в замке известного чешского ученого Иоанна Йессениуса (Яна Есенского), в то время профессора медицины в Виттенберге, для чего подготовил ему обширную записку, в которой не очень тактично по форме изложил свои требования: предоставление отдельной квартиры, так как шум и гам в доме Тихо раздражает Кеплера; Тихо должен вы-

плачивать Кеплеру по 50 талеров до того времени, пока не выхлопочет у императора постоянного жалованья для него; он должен обеспечить семью Кеплера хорошим топливом, мясом, рыбой, хлебом, пивом и вином; Кеплер должен иметь право сам устанавливать себе время и тему своих занятий и т. д.

По недоразумению или вследствие интриг этот документ попал в руки Браге. Тот отнесся к нему довольно снисходительно, но эта снисходительность сильного к слабому привела Кеплера в еще большее раздражение. Выказав Браге в весьма грубой форме причины своего недовольства, на другой день он уехал вместе с Йессениусом в Прагу, несмотря на увещевания и просьбы Браге отсрочить отъезд на несколько дней — до получения ответа от императора на письмо Браге о принятии Кеплера на службу. Приехав в Прагу, совершенно потерявший самообладание Кеплер отправил еще одно оскорбительное письмо Браге.

В событиях этих дней трудно оправдать следовавшие один за другим некорректные, грубые и оскорбительные по отношению к Браге поступки Кеплера, но их можно понять, если учесть ту депрессию, то истерическое, граничащее с отчаянием состояние, в котором в силу обстоятельств оказался ученый.

Видимо, только последнее письмо Кеплера вывело, наконец, и Браге из себя. 8 апреля он сообщает Йессениусу о получении письма Кеплера, в резкой форме выражает свое возмущение по этому поводу и заявляет, что впредь не желает иметь с ним ничего общего.

Однако, успокоившись, сам Кеплер сознает свою вину перед старым астрономом. Его терзают стыд, раскаяние и чувство вины перед протянувшим ему в трудную минуту руку помощи Браге. Забыв о самолюбии, Кеплер снова обращается к нему с покаянным письмом, в котором признает, что совершенно незаслуженно и несправедливо оскорбил его, умоляет о милосердии и прощении, обещая впредь никогда ничего подобного не допускать и оказывать Браге помощь в обработке результатов его наблюдений.

Через три недели после того, как Кеплер покинул Бенатек, Браге лично приехал за ним в Прагу, и сотрудничество было восстановлено. В спокойной обстановке договорились об условиях дальнейшей совместной работы:

Браге ходатайствует перед императором, чтобы тот распорядился перевести Кеплера на два года в Прагу для помощи в обработке результатов наблюдений. Предполагается, что штирийские власти сохраняют на это время место работы и, главное, жалованье. Кроме того, Кеплер будет получать в Праге еще доплату в 100 гульденов в год. Работа должна быть поставлена так, чтобы в первую очередь восславить господу бога, во вторую — соответствовать интересам и потребностям Браге, и только затем — интересам самого Кеплера.

Предварительные переговоры Браге с вице-канцлером императорского двора позволяли надеяться, что соглашение со стороны Браге сможет выполняться. Вопрос о местожительстве семьи Кеплера оставался пока открытым.

Кеплер заторопился домой, в Грац. Скорому отъезду благоприятствовало то, что родственник Браге, некий Фридрих Розенкранц, как раз отправлялся из Праги в Венгрию и согласился довести Кеплера до Вены. 1 июня 1600 г. Кеплер покинул Прагу.

Возвратившись в Грац, он продолжал колебаться в выборе дальнейшего места жительства и работы — остаться ли в Штирии, где его удерживало главным образом имущество жены, переехать к Браге или же попытаться осуществить заветную мечту — устроиться в своей alma mater, Тюбингенском университете. С просьбами о совете и помощи он обратился к Герварту и Мёстлину; первый высказался за Прагу, второй молчал. Пытаясь задобрить эрцгерцога Фердинанда, Кеплер послал ему трактат о предстоящем 10 июля солнечном затмении, в котором высказал интересные соображения о наличии некоей «силы Земли», влияющей на движение Луны, силы, которая убывает обратно пропорционально расстоянию. Еще до этого он усматривал причину движения планет в физической силе, исходящей из Солнца, и высказанные им в новом трактате мысли были следующим важным шагом к концепции о всемирном тяготении. Сочинение не произвело должного впечатления на правителя Штирии.

10 июля Кеплер с помощью камеры-обскуры собственной конструкции, сооруженной посреди рыночной площади в Граце, наблюдал солнечное затмение. Пока он раздумывал о причинах уменьшенного изображения диска Луны, наблюдаемого в камере-обскуре (что через несколько дней привело его к открытию важного зако-

на прохождения световых лучей, позже, в 1604 г., изложенного в известной работе, посвященной оптическим вопросам «Ad Vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur» — «Дополнения к Вителлию, в которых излагается оптическая часть астрономии»), у него украли кошелек с 30 талерами — почти двухмесячное его жалование.

Несколько раньше жизнь поставила перед Кеплером еще одну проблему. Общинные власти, содержавшие Кеплера в качестве преподавателя школы, не прореагировали на рекомендательное письмо императорского математика Тихо Браге, в котором подчеркивались исключительные способности и астрономические познания их работника, более того, было объявлено о том, что Кеплер должен оставить бесполезные и бесплодные занятия астрономией, и заняться медициной, для чего его собирались отправить в Италию. Пока Кеплер обдумывал ситуацию, не зная, как поступить, она еще более усложнилась. Эрцгерцог распорядился, чтобы все протестанты, граждане Граца, 31 июля и в последующие дни предстали перед церковной комиссией с эрцгерцогом во главе и либо объявили публично о переходе в католичество, либо же в короткий срок покинули страну. При этом для упорствовавших протестантов устанавливался весьма ограниченный срок для ликвидации их недвижимости, после окончания которого католикам запрещалось арендовать его у протестантов; для движимого имущества, которое изгнанники хотели бы захватить с собой, устанавливалась дополнительная десятипроцентная пошлина.

По Линцу поползли слухи, что Кеплер согласился перейти в католичество, но 2 августа его имя оказалось в списках изгоняемых из страны — здесь как и позже при суровых жизненных испытаниях он проявил стойкость и принципиальность в конфессиональных вопросах.

Через несколько дней прекратилась выплата жалования. Это лишило его основного источника существования и затрудняло выполнение достигнутого с Браге соглашения, по которому Кеплер должен был рассчитывать на материальную поддержку штирийских властей. Снова обращаться за советом к Герварту не имело смысла — тот уже твердо высказался за переезд в Прагу. Мёстлин медлил с ответом на тревожное до отчаяния письмо с

просьбой похлопотать об устройстве в Тюбингене. Кеплер сообщает о своих бедствиях Браге. Тот быстро откликается. «Не медлите, спешите и будьте уверены», — пишет он, сообщая, что во время аудиенции у императора удалось добиться согласия на привлечение к его работам Кеплера. Однако ответ Браге не застал Кеплера — уже 30 сентября тот вынужден был покинуть Грац, решившись направиться с женой и падчерицей в Прагу. За их повозкой следовали две подводы с домашним скарбом. Впрочем, вещи в Линце пришлось оставить — не хватило средств на оплату их провоза (переезд обошелся в 120 талеров при жалованье 200 талеров в год!). По пути Кеплер заболел лихорадкой, которая не оставляла его в течение последующих девяти месяцев. По прибытии 19 октября в Прагу здоровье Кеплера еще ухудшилось, добавился мучительный кашель, подозревали чахотку... Денег не было, а жизнь в Праге была намного дороже, чем в Линце. Жена плохо переносила лишения и разлуку с оставшимися в Граце родными (они перешли в католичество) и вскоре тоже заболела. В декабре пришло, наконец, письмо от Мёстлина, лишившее Кеплера последних надежд на профессию в Тюбингене и страшно его расстроившее. «Я не могу описать словами, какой припадок меланхолии вызвало у меня Ваше письмо, так как оно лишило меня всех надежд на Вашу высшую школу. А здесь, в Праге, я нашёл положение ненадежным также и в отношении моего существования. Итак, я должен остаться здесь пока либо выздоровлю, либо умру», — писал он Мёстлину в ответном письме<sup>3</sup>, которым их переписка прерывается на четыре года.

Браге, к тому моменту переселившийся в Прагу и установивший часть своих инструментов в Бельведерском дворце, обрадовался прибытию Кеплера. Однако, несмотря на его, Тихо, хлопоты, уладить материальное положение Кеплера хотя бы формальным назначением жалования (ведь и свой высокий оклад Браге получал очень нерегулярно) в течение многих недель не удавалось — дело не шло дальше туманных обещаний со стороны императорского двора, в которых вопрос о звонкой монете упорно замалчивался.

В конце февраля 1601 г. Тихо Браге переселился в дом умершего вице-канцлера Курциуса, примерно в это же время здесь разместилась и семья Кеплера. Весной Кеплер

снова в длительной поездке — в Линце умер его тесть, и с конца апреля до начала сентября 1601 г. Кеплер безуспешно пытался решить вопросы, связанные с оставшимся после тестя имуществом. Но возвратился он в Прагу во всяком случае отдохнувшим, выздоровевшим и окрепшим. Вскоре после его приезда Браге представляет Кеплера императору. Тот желает астрономам успехов в подготовке новых планетных таблиц, которые Браге тут же предлагает назвать «Рудольфинскими» в честь своего патрона. Однако прошло всего несколько недель, совместная работа астрономов только-только начала по-настоящему разворачиваться, как вдруг Браге 13 октября тяжело заболел. Болезнь быстро прогрессирует, состояние его резко ухудшается, он теряет сознание и, изредка приходя в себя, шепчет: «*Ne frustra vixisse videar*» («Не напрасно прожита жизнь»)... Перед самой смертью (он умер 24 октября 1601 г.), как сообщает Кеплер в одном из писем Мёстлину, «он просил меня, хотя и знал мою приверженность к мнениям Коперника, проработать все согласно его собственной гипотезе»<sup>4</sup>.

Таким образом, на смертном одре Тихо Браге завещал Кеплеру доказать справедливость его, Браге, гипотезы о строении планетной системы. Сразу же заметим, что это завещание Кеплером выполнено не было, но тем выше поднял он своими открытиями славу своего учителя и старшего коллеги.

Торжественные похороны Тихо Браге состоялись 4 ноября. Погребальную речь произнес Йессениус, в то время уже профессор Карлова университета. Кеплер воздал должное памяти выдающегося астронома, написав печальную элегию на его смерть, которая вскоре вместе с речью Йессениуса была опубликована.

Могила Браге до сих пор сохранилась в Тынской церкви в Праге.

Через два дня после похорон через советника Барвица Кеплер узнал о решении императора поручить Кеплеру заботу об инструментах и рукописях Браге и о присвоении ему придворного звания императорского математика.

Было назначено и жалованье — 500 гульденов в год (Браге оно было определено в 3000), но лишь 9 марта следующего года ему удалось получить его в первый и едва ли не в последний раз.

И хотя приходилось по-прежнему испытывать мате-

риальные лишения, для Кеплера наступало наиболее благоприятное во всей его жизни десятилетие, в течение которого он выполнит важнейшие исследования в астрономии и оптике.

Относительно благополучно будет и в семье: за это время появятся у него трое детей, из которых двое — дочь Сусанна (родилась в июле 1602 г.) и сын Людвиг, позже доктор медицины (родился в декабре 1607 г.), — переживут отца. Сын Фридрих погибнет от оспы в 1611 г. в возрасте 8 лет.

## Глава четвертая

---

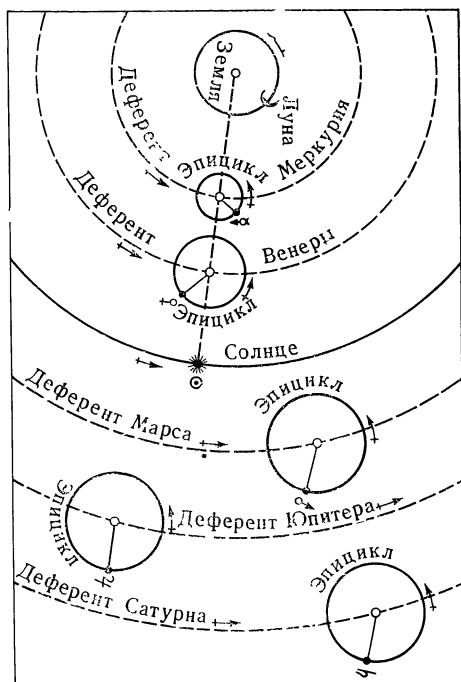
### Главный поиск. «Новая астрономия»

Кеплер прожил в Праге с 1600 по 1612 г. (с небольшими перерывами). Это был наиболее плодотворный период в его жизни, в течение которого им были заложены основы инструментальной оптики и теоретической астрономии. Среди опубликованных им за это время научных работ особенно выделяются два исследования по оптике: «Дополнения к Вителлию» (1604) и «Диоптрика» (1611) и выдающееся сочинение по теоретической астрономии «Новая астрономия» (1609). Кроме этих основополагающих работ, Кеплер в течение этого же периода опубликовал и многие другие, в частности известное сочинение «О новой звезде» (1604—1606), «Разговор со звездным вестником» (1610), «О шестиугольной форме снежинок» (1611) и др.

На оптических работах Кеплера мы остановимся особо в следующей главе. У нас будет возможность ближе познакомиться и с небольшими работами этого периода. Но прежде чем остановиться на основном его произведении по физике неба, занимающем в истории науки исключительно важное место, на книге под названием «*Astronomia Nova, Aitiologia, seu Physica Coelestis, tradita in commentaria de Motibus Stellae Martis, Ex observationibus G. V. Tychoonis Brahe*», т. е. «Новая астрономия, причинно обоснованная, или физика неба, изложенная в исследованиях движения планеты Марс по наблюдениям благороднейшего мужа Тихо Браге», нам нужно познакомиться с основными астрономическими воззрениями предшествовавшего времени.

Во второй половине XVI в. нарастала борьба между двумя теориями строения Вселенной — геоцентрической





*Система мира по Птолемею*

системой Птолемея и гелиоцентрической системой Коперника.

Геоцентрическая система ( $\gamma\eta$  — греч. Земля, *centrum* — лат. центр) была изложена александрийским астрономом Клавдием Птолемеем во второй половине II века н. э. в книге под названием «Большой трактат астрономии». Это название при переводе с греческого на арабский, а потом с арабского на латинский было искажено, и произведение Птолемея впоследствии получило известность под не имеющим смысла названием «Альмагест». Из богатейшего материала этого знаменитого произведения нас интересует в данном случае только птолемеяевая теория мироздания. Следуя древнегреческому философу Аристотелю и астроному Гиппарху, Птолемей принимает в качестве исходного положение о полной неподвижности

Земли, расположенной в центре мира или недалеко от него. Все другие небесные тела: Луна, Меркурий, Венера, Солнце, Марс, Юпитер и Сатурн, а также сфера неподвижных звезд обращаются вокруг Земли. Для объяснения запутанного петлеобразного движения планет по небесному своду (планеты как бы блуждают по небосводу то в одну, то в другую сторону) Птолемей предположил, что каждая из планет совершает движение по особой малой окружности — эпицикле со скоростью один оборот за год, а центры эпициклов в то же время движутся с постоянной скоростью по окружностям других, больших кругов — деферентов. Так как наблюдались некоторые расхождения такой гипотезы с данными практических наблюдений, пришлось центры деферентов несколько сместить относительно Земли, таким образом, деференты оказались эксцентричными по отношению к Земле. Дальнейшие расхождения привели к введению добавочных эпициклов, весьма усложнявших расчеты.

Построения Птолемея позволяли предсказывать с определенной точностью положения планет на небосводе, их противостояния и соединения, солнечные и лунные затмения и т. д., и в то же время сохраняли Земле, населенной венцами божественного творения — людьми, привилегированное центральное положение во Вселенной. Этим не замедлила воспользоваться церковная реакция, и творение Птолемея стало одной из опор религиозного мракобесия.

Первый сокрушительный удар мировоззрению, основанному на птолемеевой геоцентрической системе строения Вселенной, был нанесен знаменитым польским астрономом Николаем Коперником.

Коперник родился 19 февраля 1473 г. в городе Торуни на берегах Вислы. Отец его был кушцом, воспитывал же его дядя, брат матери, Лукаш Ваченроде (Ватцельроде), впоследствии епископ Вармийский.

В 1491 г. Коперник поступил в Краковский университет, где незадолго перед этим лекции по астрономии блестяще читал профессор Войцех (Альберт) Брудzewский. Правда, к тому времени Брудzewский ограничивался чтением лекций по философии, но Коперник мог встречаться с ним на беседах со студентами, а также на частных уроках, так что он был, по-видимому, для Коперника тем, чем был Мёстлин для Кеплера. В Краковском уни-



*Николай Коперник*

верситете Коперник проучился до 1494 г. С января 1497 г. он продолжает образование в университетах Болоньи и Падуи, а 31 мая 1503 г. получает докторскую степень по каноническому праву в Ферраре.

Вернувшись на родину, Коперник семь лет работал в должности секретаря Вармийского епископства, а с 1512 г. он поселился в Фромборке, где занял должность каноника (духовного чиновника) Фромборкского капитула, т. е. церковно-административного управления. Здесь Коперник в течение многих лет работал над утверждением гелиоцентрической (ἥλιος — греч. Солнце; centrum — лат. центр) теории строения нашей планетной системы.

Пользуясь указаниями Птолемея в «Альмагесте», Коперник построил из дерева инструменты для астрономических наблюдений, с помощью которых он производил многочисленные измерения положений Солнца, Луны и планет.

Уже около 1515 г. он сформулировал основные положения своего учения в небольшой рукописи, известной под названием «*Commentariolus*» («Малый комментарий»). В этой рукописи, два списка которой были обнаружены лишь в 1878 и 1881 гг., Коперник исходит из следующих аксиом:

«1. Не существует одного центра для всех небесных орбит, или сфер;

2. Центр Земли не является центром мира, а только центром тяготения и центром лунной орбиты;

3. Все сферы движутся вокруг Солнца, расположенного как бы в середине 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;

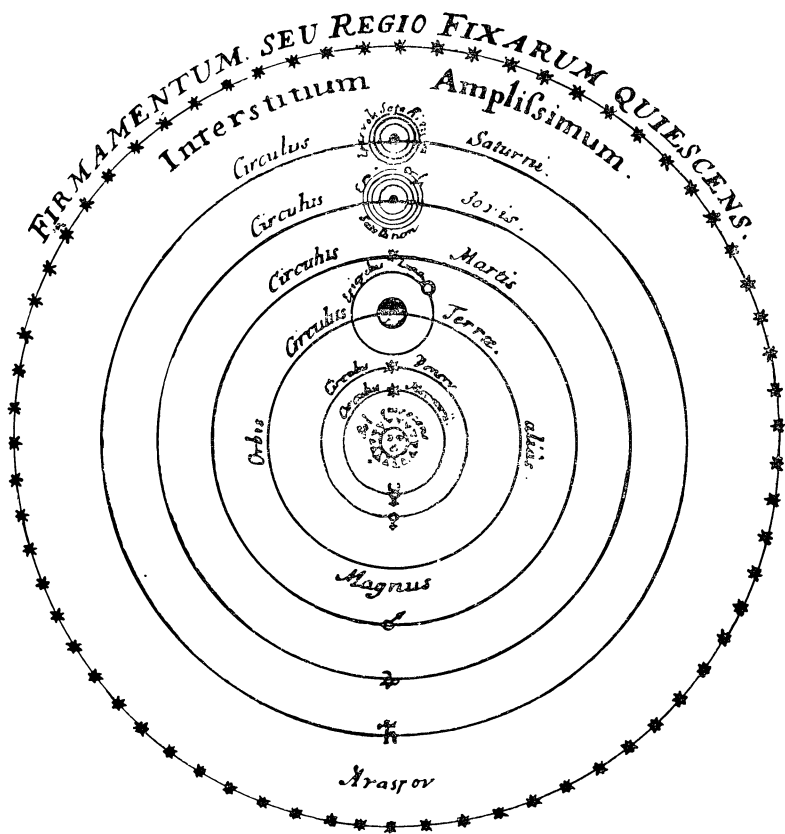
5. Все движения, замечающиеся у небесной тверди, принадлежат не ей самой, а Земле. Именно Земля с ближайшими к ней стихиями вся вращается в суточном движении вокруг неизменных своих полюсов, причем твердь и самое высшее небо остаются все время неподвижными;

6. Все замеченные нами у Солнца движения не свойственны ему, а 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 прямые и попятные движения планет принадлежат не им, а Земле. Таким образом, одно это ее движение достаточно для объяснения большого числа видимых в небе неравномерностей»<sup>1</sup>.

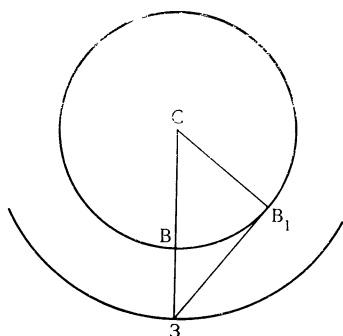
Коперник был глубоко убежден в том, что развиваемая им теория отображает действительность. Однако, хотя им и проводились многочисленные астрономические наблюдения, неточность применявшихся им инструментов вынуждала его ограничиться логическим доказательством верности выдвигаемых им положений без строгой его проверки вычислениями на основе фактических наблюдений.

В результате многих лет упорной работы Коперником была подготовлена рукопись большого сочинения, в котором он развивает свои тезисы о справедливости гелиоцентрической системы мира, сформулированные еще в «Малом комментарии». Солнце в этой системе неподвижно,



*Система мира по Копернику  
(рисунок из старинного учебника астрономии)*

оно находится в центре шарообразной Вселенной, вокруг него по круговым орбитам равномерно обращаются Земля и остальные известные в то время планеты, причем Меркурий и Венера расположены ближе к Солнцу, чем Земля, а Марс, Юпитер и Сатурн — дальше. Он вычислил и относительные расстояния различных планет от Солнца (приняв расстояние от орбиты Земли до Солнца за единицу), причем его данные оказались довольно точными. Правда, доверившись сведениям древнегреческих астрономов Аристарха и Гишпарха, он грубо неточно оценил само расстоя-



*Определение относительного расстояния от Венеры до Солнца по Копернику. Наибольшее видимое удаление (элонгация) Венеры около 48°. Принимая орбиты Венеры и Земли за круги, получим отношение расстояний Венеры (В) и Земли (З) от Солнца (С)  $\frac{CB_1}{CB} = \sin 48^\circ = 0,73$*

ние Земля — Солнце, в связи с чем размеры Солнечной системы оказались у него раз в двадцать меньше истинных. По его мнению, ось Земли наклонена к плоскости ее орбиты и сохраняет постоянное направление в пространстве, отчего на Земле происходит смена времен года. Смена дня и ночи объяснялась им вращением Земли вокруг собственной оси. Мир у Коперника замыкала твердая сфера неподвижных звезд, находящихся на очень большом (но конечном) расстоянии от Солнца.

Основное философское значение разработанной им системы заключалось в том, что центром планетных орбит он решительно объявил Солнце, а Земля низводилась им на положение рядовой планеты. Чрезвычайно важной была идея о том, что «Небо» и «Земля» подчиняются одним и тем же законам. Однако, посягнув на библейское представление о привилегированном, особом положении неподвижной Земли среди небесных тел, Коперник не смог отрешиться от аристотелевских принципов круговых орбит и равномерного движения планет. Это заставило его для представления их движения с помощью математических вычислений сохранить эпициклы Птолемея. В силу этого практическое использование его положений усложнялось, например при вычислениях эфемерид, т. е. положений планет для отдельных моментов, и система Коперника в ее первоначальном виде не имела существенных преимуществ перед системой Птолемея. Уже Тихо Браге заметил, что круговые орбиты не соответствуют истинному положению вещей, хотя сам он не мог удовлетворительно решить вопрос об истинных путях движения планет.

Коперник в течение длительного времени воздерживался от опубликования своего основного труда. Но сведения о том, что каноник из Фромборка разработал новую теорию, с помощью которой легко объясняются многие небесные явления, но Земля при этом лишается своей особой роли, подчиняясь Солнцу, распространились в ученом мире друзьями Коперника, знакомыми с его учением по переписке и в результате личных встреч. Весной 1539 г. во Фромборк, страстно желая познакомиться с учением Коперника, приехал молодой профессор математики Виттенбергского университета Ганс Иоахим Ретик. После нескольких месяцев тщательного изучения рукописи Коперника Ретик написал небольшую книгу, в которой сжато, но все же достаточно подробно изложил теорию Коперника. Эта книга в форме письма Ретика к своему бывшему учителю, математику и астроному Иоанну Шонеру была напечатана зимой 1539/40 г. в Данциге под названием «*De libris revolutionibus Nicolai Copernici Torunnaei narratio prima*», т. е. «Первый рассказ о книгах обращений (планет) Николая Коперника Торуньского». Мы уже упоминали выше о том, что именно этот сжатый очерк теории Коперника в целях популяризации его учения переиздал Кеплер в приложении к своему первому большому произведению «*Космографическая тайна*» (1596).

Ретик же вместе с другом Коперника Гидеманом Гизе убедил Коперника дать согласие на публикацию его главного произведения и организовал печатание книги в Нюрнберге. Авторские экземпляры этой книги, вышедшей под названием «*Nicolai Copernici Torinensis De Revolutionibus Orbium coelestium, Libri VI*» («Об обращении небесных сфер шесть книг Николая Коперника Торуньского»), были доставлены нарочным в Фромборк буквально за несколько часов до кончины Коперника 24 мая 1543 г.

За печатанием книги наблюдал сначала сам Ретик, но вскоре в связи с его переездом в Лейпциг забота о выпуске книги перешла к местному лютеранскому богослову, любителю астрономии Андреасу Осиадеру. Осиадер без согласия Коперника и без его ведома заменил предисловие Коперника анонимным своим, в котором писал: «... поскольку никакой разум не в состоянии исследовать истинные причины или гипотезы этих небесных движений, астроном должен изобрести и разработать хоть какие-нибудь гипотезы, при помощи которых можно было бы

на основании принципов геометрии правильно вычислять эти движения как для будущего, так и для прошедшего времени. И то и другое искусный автор этой книги выполнил в совершенстве. Ведь нет необходимости, чтобы эти гипотезы были верными или даже вероятными, достаточно только одного, чтобы они давали сходящийся с наблюдениями способ расчета...»<sup>2</sup>

В глазах читателя выходило, таким образом, что сам Коперник (ведь в предисловии не была упомянута фамилия Осиаандера) трактует гелиоцентрическую систему только как математическое допущение, между тем для Коперника движение Земли и центральное положение Солнца, как уже отмечалось выше, было безусловной объективной реальностью, что вытекает из всего содержания книги.

Только около 1605 г. Кеплер заметил подлог и установил, что автором предисловия был Осиаандер. Кеплер также высказал мысль, что рукопись должна была называться просто «Об обращениях»<sup>3</sup>. Но не только во втором издании книги Коперника (Базель, 1566), но и в третьем (Амстердам, 1617) помещалась эта подделка. Только в середине XIX в. в одной из библиотек Праги была обнаружена рукопись, содержащая настоящий текст предисловия, который был впервые опубликован в 1854 г. в польском издании сочинения Коперника.

Интересно, что первыми заметили опасность, которую представляет для религиозных догм книга Коперника, не католические, а лютеранские богословы. Лидер немецких протестантов Мартин Лютер еще до выхода в свет книги Коперника заметил: «Рассказывают о новом астрологе, который хочет доказать, будто Земля движется и оборачивается вокруг себя, а не небо, Солнце и Луна; все равно как если кто-нибудь сидит в телеге или на корабле и движется и думает, что он остается на месте, а земля и деревья идут и движутся. Но тут дело вот в чем: если кто хочет быть умным, то должен выдумать что-нибудь свое собственное и считать самым лучшим то, что он выдумал. Дурак хочет перевернуть все искусство астрономии. Но, как указывает священное писание, Иисус Навин велел остановиться Солнцу, а не Земле». Второй апостол протестантизма, Филипп Меланхтон, также, по крайней мере вначале, отнесся к учению Коперника отрицательно и в своем учебнике физики пытался его опровергнуть при помощи принципов Аристотеля и священного писания.



Однако, по-видимому, Меланхтон ценил Коперника как астронома, способствовал публикации его произведения тем, что дал Ретику рекомендательные письма к нюрнбергским друзьям, убедил Рейнгольда составить «Прусские таблицы», основанные на теории Коперника. Во всех критических высказываниях Меланхтон избегал упоминать имя Коперника, а после 1550 г. вообще прекратил нападки на гелиоцентрическое учение. Таким образом, с одной стороны, Меланхтон не мог игнорировать ту опасность, какую учение Коперника несло устоям церкви, а с другой — логические доводы Коперника в пользу своей системы оказали определенное влияние и на виднейшего руководителя Реформации.

Что касается католиков, то вначале они не заметили в книге Коперника подкопа под устои церкви. Папа Павел III, которому Коперник посвятил свой труд, принял посвящение, а его преемник Григорий XIII надеялся на основания нового учения внести, наконец, в календарь необходимые поправки\*.

Только в начале XVII в., особенно после осуждения Джордано Бруно, наступает перелом в отношении католических богословов к учению Коперника, вскоре переходящий в ожесточенную борьбу против него. Решительный шаг был сделан 24 февраля 1616 г., когда собранные по приказанию папы Павла V и кардиналов инквизиции консультанты инквизиционной конгрегации вынесли решение: «Положение, что Солнце является центром мира и вовсе неподвижно в отношении перемещения, глупо и абсурдно в философском отношении и еретично в формальном отношении, так как оно явно противоречит изречениям священного писания во многих его местах как по смыслу слов писания, так и по общему истолкованию святых отцов и ученых богословов. Положение, что Земля не является центром мира и не неподвижна, но в себе самой целиком движется также суточным движением, глупо и абсурдно в философском отношении; рассматриваемое же

\* Еще около 1517 г. совет высших духовных лиц в Риме — Латеранский собор — по инициативе папы Льва X обсуждал одну из самых сложных проблем того времени — необходимость реформы календаря. Свои соображения по этому вопросу представил тогда и Коперник: он указал на преждевременность такой реформы, поскольку еще не были достаточно изучены движения Солнца и Луны.



*Джордано Бруно*

с богословской точки зрения является по меньшей мере заблуждением в вопросах веры»<sup>4</sup>.

На основании этого решения книга Коперника была внесена инквизицией в пресловутый *Index Librorum prohibitorum* (Список запрещенных книг), куда вслед за ней вскоре попали и пропагандирующие идеи Коперника книги Кеплера. А через некоторое время мракобесы устроили позорное судилище над знаменитым Галилеем.

Но еще за 17 лет до внесения книги Коперника в список запрещенных книг инквизиция жестоко расправилась с другим горячим сторонником его учения, великим итальянским мыслителем, материалистом и атеистом Джордано Бруно.

Джордано Бруно родился близ Неаполя через пять лет после смерти Коперника, в 1548 г. С пятнадцати лет Бруно — монах в монастыре св. Доминика в Неаполе. Там он познакомился с учением Коперника и вскоре стал его

убежденным последователем. Уже в 1575 г. обвиненный в ереси, Бруно бежит сначала в Рим, затем в Северную Италию и Швейцарию, где за критику кальвинизма попадает в тюрьму. После освобождения из тюрьмы Бруно читает некоторое время лекции по астрономии и философии во Франции (сначала в Тулузе, а затем в Сорбонне — Парижском университете).

В 1583 г. Бруно переселяется в Англию, где издает в 1584 г. на итальянском языке несколько своих книг, в том числе основные философские произведения — диалоги «О причине, начале и едином» и «О бесконечности, вселенных и мирах».

Дальнейшие скитания приводят его через Париж, Марбург, Виттенберг, Гельмштедт и Прагу в центр книжной торговли того времени — город Франкфурт-на-Майне. Здесь он пишет и издает ряд произведений на латинском языке, в том числе «О монаде, числе и фигурах» (1591), «О неизмеримом и неисчислимых» (1591) и др.

Слава Бруно — философа и ученого, гремевшая во всей Европе, дошла и до Италии. Приняв приглашение богатого венецианца Мочениго обучить его мнемонике и философии, истосковавшийся по родине Бруно в конце 1591 г. приезжает в Венецию, но вскоре Мочениго выдает его инквизиции и после восьмилетнего тюремного заключения инквизиция, так и не добившись от Бруно отречения от своих убеждений, приговаривает его к смертной казни «без пролития крови». 17 февраля 1600 г. в дни, когда Кеплер встретился с Тихо Браге в Праге, в Риме на площади Цветов свершилась позорная расправа — Бруно был сожжен на костре.

Среди многочисленных обвинений, предъявленных Бруно, выделялось одно: ревностная пропаганда учения о движении Земли, о бесконечности Вселенной и бесчисленности обитаемых миров в ней.

В этом плане Бруно пошел значительно дальше Коперника, считавшего, что наша Солнечная система уникальна и окружена сферой неподвижных звезд. По мнению Бруно, «небо — единое безмерное пространство, лоно которого содержит все, эфирная область, в которой все пробегает и движется. В нем — бесчисленные звезды, созвездия, шары, солнца и земли, чувственно воспринимаемые; разумом мы заключаем о бесконечном количестве других»<sup>5</sup>.

«Все они, — пишет он о небесных телах, — имеют свои

собственные движения, независимые от того мирового движения, видимость которого вызывается движением Земли», причем «одни кружатся вокруг других»<sup>6</sup>.

Не останавливаясь здесь на прогрессивных для своего времени философских взглядах Джордано Бруно о единстве и общности элементов, составляющих Землю и все другие небесные тела, о существовании неизменной, вечной первичной материальной субстанции, лежащей в основе всех вещей, отметим, что учение Бруно с такой силой вскрывало убожество священного писания, что заставило церковников решиться на этот гнусный акт физического уничтожения выдающегося мыслителя, ставший особенно ярким примером проявления религиозного мракобесия, жестокой борьбы церкви против прогрессивного развития человечества.



Над «Новой астрономией» Кеплер работал с небольшими перерывами с 1600 по 1606 г. Значение этой книги состоит прежде всего в том, что в ней дан вывод двух из трех знаменитых законов движения планет, названных его именем. В современной формулировке эти законы обычно звучат так:

I. Все планеты движутся по эллипсам, в одном из фокусов которых (общем для всех планет) находится Солнце.

II. Площади, описываемые радиусами-векторами планет, пропорциональны времени.

Третий закон был опубликован Кеплером позже, в 1619 г., в книге «*Harmonices Mundi*» («Гармония мира»).

Открытые Кеплером законы были едва ли не первыми в современном понимании законами природы, как точные, подтверждаемые опытом положения об общих зависимостях частных явлений, поддающиеся выражению в математической форме.

Кеплерово сочинение и по форме и по содержанию значительно отличается от многих научных трактатов того времени. Если Коперник, Галилей и Ньютон знакомят нас только с конечными результатами своих научных достижений, и нам остается только предполагать, что делалось на их творческой кухне, какими путями шли они к своим открытиям, то Кеплер совершенно сознательно описывает ход своей работы во всех деталях, включая все неудачи и

успехи, ошибки и гениальные догадки, ловушки и их обходы. Почему он так поступает, он объясняет в предисловии.

«Для меня важно не просто сообщить читателю, что я должен сказать, но прежде всего ознакомить его с доводами, оговорками, счастливо преодоленными опасностями, которые привели меня к моим открытиям. Когда Христофор Колумб, Магеллан и португальцы, из которых первый открыл Америку, второй Китайский океан, а последние — морской путь вокруг Америки, повествуют, как они сбивались с пути и блуждали в своих путешествиях, мы не только прощаем им это, но, более того, мы не желаем пропуска этих рассказов, так как тогда при чтении было бы потеряно впечатление о всем значительном в их предприятых. Пусть же поэтому и мне не поставят в вину, когда я, вызывая у читателя интерес, пойду подобным путем в своем изложении. Конечно, при чтении, например походов аргонавтов, мы сами не принимаем участия в их злоключениях, а трудности и тернии на моем мысленном пути могут задеть и самого читателя, но таков уж жребий всех математических сочинений»<sup>7</sup>.

Итак, Кеплер идет на раскрытие своих исканий совершенно сознательно, он рассчитывает этим самым облегчить читателю усвоение столь трудного и сложного материала, который им излагается. Хотя усвоить смысл уже совершившегося открытия куда легче, чем до него дойти самому, Кеплер не собирается создавать у читателя иллюзию, что его книга предназначена для легкого чтения, и в другом месте пишет:

«Если кто подумает, что предложенное здесь исследование трудно понимаемо по причине запутанности моего мышления, я приму, пожалуй, такой упрек, но лишь постольку, поскольку я не желал оставить незатронутым пункты, затруднительные для понимания, хотя и не являющиеся необходимым для астрологии, в которой многие видят единственную цель изучения небесных явлений (1). Впрочем, в отношении предполагаемого здесь материала я прошу читателя посмотреть сочинения Аполлония о конических сечениях, тогда он поймет, что бывают такие темы, которые никаким способом не могут быть изложены в форме, доступной поверхностному ознакомлению. Приходится при чтении их многое продумать и даже не один раз повторить уже прочитанное»<sup>8</sup>.

Как мы помним, еще в первые дни пребывания Кеплера в Бенатеке Браге пришлось перераспределить темы работы своих сотрудников. Лонгомонтану, у которого не ладилось с объяснением движения Марса, была передана Луна, а Марс «перешел» к Кеплеру.

«Я думаю,— писал Кеплер уже тогда,— что было актом божественного провидения то, что я прибыл как раз в то время, когда Лонгомонтан был занят Марсом. Только Марс предоставляет нам возможность проникнуть в тайны астрономии, которые иначе оставались бы навсегда скрытыми от нас»<sup>9</sup>.

В самом деле, для решения вопроса о форме планетных орбит и о законах, по которым осуществляется их движение, Марс занимал ключевую позицию, так как его орбита более других вытянута, резче отличается от круговой, и в то же время Марс удобен для наблюдений.

Но так как Браге с Лонгомонтаном, как и их предшественники, исходили из предположения о том, что планеты движутся по круговым орбитам, было невозможно согласовать их теорию с данными наблюдений. «Тщетно астрономы обдумывали план битвы, тщетно пускали в ход свои военные средства и выводили на бой свои лучшие войска... Марс смеялся над их ухищрениями, расстраивал их замыслы и безжалостно разрушал их надежды. Он продолжал спокойно сидеть в укреплениях своих таинственных владений, мудро скрывая все пути к ним от разведок неприятеля. Древние жаловались на это не один раз, а неутомимый исследователь тайн природы, знаменитейший из латинян Плиний объявил борьбу с Марсом непопулярной для смертных»<sup>10</sup>.

В посвящении книги императору Рудольфу II, придворным математиком которого он состоял, Кеплер с тонким юмором изображает свое исследование в аллегорической форме, как сражение против грозного и коварного бога войны. Здесь он подчеркивает заслуги в достижении победы Тихо Браге, который «непрерывно на протяжении целых 20 лет каждую ночь неустанно подсматривал все привычки неприятеля... Собранные им сведения, перешедшие в мое распоряжение, дали мне возможность освободиться от того безотчетного и смутного страха, который обыкновенно испытываешь перед неизвестным врагом»<sup>11</sup>.

Далее Кеплер подчеркивает огромные трудности, встретившиеся на пути к покорению Марса, и, упомянув, что

впереди другие планеты, ожидающие покорения, заканчивает свое посвящение весьма недвусмысленно: «Поэтому я прошу Ваше величество обратить внимание на то, что деньги — нерв войны, и благоволить приказать своему казначею выдать Вашему полководцу необходимые средства для снаряжения новой экспедиции»<sup>12</sup>. Хотя положение Кеплера в Праге формально и улучшилось в силу его придворного звания, материальное состояние оставалось напряженным, так как жалованье выплачивалось крайне нерегулярно, и уже к моменту выхода «Новой астрономии» императорская казна задолжала придворному математику несколько тысяч талеров.

Кеплер начал свое исследование составлением на основании наблюдений Тихо Браге полного списка моментов, долгот и широт для всех противостояний планеты Марс с 1580 г. (Браге наблюдал противостояния Марса десять раз с 1580 по 1600 г., два раза — в 1602 и 1604 гг. их наблюдал Кеплер). Для достижения успеха в своих исследованиях Кеплеру необходимо было отрешиться от некоторых догм, принципиальное следование которым было причиной неудач многих его предшественников. К чести Кеплера надо заметить, что, терпя неудачу в попытке дать ответ на поставленные вопросы традиционными средствами, он смело, но не торопясь, сбрасывал балласт, препятствующий достижению цели, до тех пор, пока не освободился от всего груза древних верований и не заменил его обоснованными положениями нарождавшейся физики неба.

Еще Коперник, следуя Птолемею, считал центр земной орбиты истинным центром орбит всех планет. Браге также определял противостояние планеты как положение, противоположное этой точке, т. е. так называемому «среднему Солнцу». Кеплер уже в «Космографической тайне» указывал, что Солнце само является естественным центром планетной системы, и считал, что противостояние следует брать по отношению к реальному, а не к среднему Солнцу. Это было первым существенным нововведением в методы исследования.

Каковы же были у Кеплера основания поместить центр планетной системы в центр Солнца? До него нужда в физическом объяснении небесных явлений вообще не ощущалась, движение планет пытались объяснить работой воображаемых механизмов, которые по неведомым причи-

нам заставляли планеты двигаться по основным кругам, эциклам, эцицентрам и т. д. Кеплер впервые предположил, что движение планет происходит вследствие воздействия на них некоей силы, исходящей от Солнца. Естественно, что на начальном этапе своего исследования Кеплер еще не знал истинной формы планетных орбит, что и вело его к мыслям о том, что вся планетная система должна центрироваться в Солнце как источнике силы. Но этого предположения было недостаточно для объяснения видимых неравномерностей в движении планет. Поэтому Кеплер наделяет некоей силой и каждую планету, считая, что при этом, являясь объектом воздействия двух противоположающихся сил, своеобразного перетягивания на канате, планета то приближается к Солнцу, то уходит от него.

Таким образом, у Кеплера Солнце становится не только источником света и тепла для всей планетной системы, но также и источником движущей планеты силы.

Отвечая на вопрос о природе этой силы, Кеплер указывал на вращение Солнца вокруг собственной оси и полагал, что эта сила подобна магнетизму. Солнце не притягивает планеты, а направляет их движение посредством боковой силы, действующей в плоскости его экватора, так, как будто она состоит из кольцевых магнитных полей.

Второе нововведение Кеплера заключалось в следующем. Орбиты всех планет лежат не совсем в одной плоскости — их плоскости образуют одна с другой небольшие углы (например, плоскости орбит Земли и Юпитера составляют угол в  $1^{\circ}18,5'$ ). Естественно, что плоскости всех планетных орбит проходят через центр Солнца, — факт, совершенно очевидный для нас, но не для докепplerовой астрономии. Но если не учесть этот факт, приходится встречаться с большими затруднениями при объяснении некоторых особенностей в наблюдаемых с Земли положениях Марса. Коперник, например, считал, что плоскость орбиты Марса колеблется в пространстве, не интересуясь физической причиной такого странного явления. Предположив, что дело здесь в наличии некоторого постоянного угла между плоскостями планетных орбит, Кеплер без особого труда, по данным наблюдений Браге, убеждается в правильности своей гипотезы и находит угол между плоскостями орбит Земли и Марса равным  $1^{\circ}50'$ .



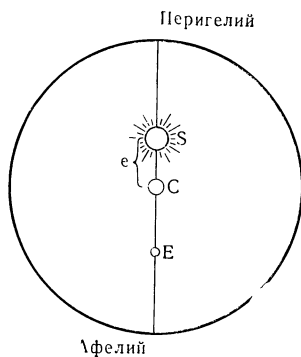
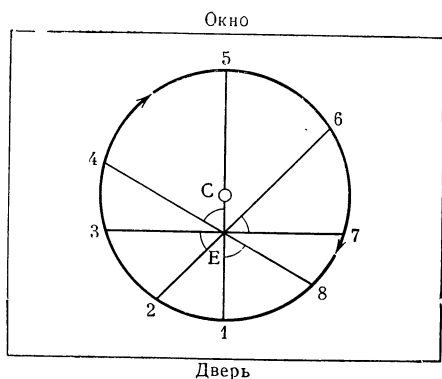
Третье нововведение Кеплера более радикально. От Платона и Птолемея до Коперника и Браге астрономы были уверены в том, что планеты совершают свои круговые движения с равномерной скоростью. Кеплер, сохраняя на первых порах движение круговым, отбрасывает аксиому равномерного движения. И при этом он руководствуется прежде всего физическими соображениями: если Солнце управляет движением, является его источником, то его сила должна действовать на планету более интенсивно, когда она находится ближе к источнику, и менее интенсивно, когда планета от него удалится, следовательно, планета будет двигаться с большей или меньшей скоростью в зависимости от ее расстояния до Солнца.

Эта идея была не только отрицанием античной традиции, она отвергала и предположение Коперника, по которому не могло быть, «... чтобы простое небесное тело неравномерно двигалось одной сферой... следует согласиться, что равномерные движения этих светил представляются нам неравномерными или в результате того, что полюсы этих кругов различны, или в результате того, что Земля не находится в центре кругов, по которым они вращаются. Для нас, наблюдавших с Земли прохождение этих светил, вследствие неравенства расстояний получается, что более близкое представляется нам большим, чем более удаленное (как доказано в оптике); так из-за различия расстояний от глаза на одинаковых круговых дугах движения в равные промежутки времени будут представляться неодинаковыми»<sup>13</sup>.

Коперник был в свою очередь решительно не согласен с учением Птолемея о том, что планеты движутся равномерно не вокруг центров своих орбит, а вокруг воображаемой точки на некотором расстоянии от центра. Эта точка называлась *punctum aequans* или *aequant* (уравнивающей точкой, или эквантом). Коперник, отказавшись от птолемеевых эквантов, ввел вместо них добавочные эпициклы.

Кеплер, отбрасывая догму равномерного движения, возвратился к понятию экванта, рассматривая его как важное вычислительное средство.

Для того чтобы разобраться глубже в этих понятиях, следуя Кестнеру<sup>14</sup>, рассмотрим такой пример (см. рисунок).



Пусть в комнате установлена игрушечная круговая железная дорога, по которой мчится поезд, при этом, проходя мимо окна, он движется несколько быстрее, а возле двери, наоборот, несколько медленнее. Если предположить, что эти изменения скорости периодически повторяются, можно найти эквант — точку  $E$ , из которой поезд будет *казаться* движущимся с равномерной скоростью. В наших условиях эта точка должна быть ближе к двери, тогда поезд, *быстрее* движущийся у окна, будет расположен дальше от точки  $E$ , чем и будет скрадываться его скорость. В такой интерпретации неравномерного движения заключалось третье нововведение Кеплера.

Этими нововведениями Кеплер несколько облегчил предстоящее решение своей задачи. Приступая к «решительной атаке», Кеплер писал: «Ох, сколько я должен был пролить слез над трогательным старанием Апиана, который, следуя Птолемею, зря тратил свое драгоценное время и изобретательность на построение спиралей, петель, винтовых линий, завитков и целого лабиринта инволюций, чтобы изобразить то, что существует только в воображении и которое природа отказывается принять как свое подобие»<sup>15</sup>.

Первая попытка решить задачу описывается Кеплером в XVI главе «Новой астрономии». Его задача состояла прежде всего в определении некоторых параметров орбиты Марса, которую, напомним, Кеплер пока еще полагал круговой. Нужно было определить радиус орбиты (см.

рисунок), направление по отношению к неподвижным звездам линии апсид, т. е. оси, соединяющей точку, в которой планета бывает ближе всего к Солнцу (перигелий), и противоположную ей точку (афелий), а также положение Солнца ( $S$ ), центра орбиты ( $C$ ) и экванта ( $E$ ), которые лежат на этой оси.

Птолемей считал, что расстояние между центром  $C$  и эквантом  $E$  такое же, как и расстояние между центром орбиты  $C$  и Солнцем. Кеплер решил проверить, имело ли основание такое предположение Птолемея. Для вычисления элементов орбиты Птолемею потребовались в свое время наблюдения трех противостояний. Но так как Кеплеру необходимо было определить дополнительное неизвестное, а именно, отношение частей деления полного эксцентриситета центром круга, ему понадобилось четыре уравнения. Из журналов наблюдений Тихо Браге, которыми он теперь располагал, он выбрал запись о четырех наблюдавшихся противостояниях Марса — в 1587, 1591, 1593 и 1595 гг. Геометрически задача, подлежащая решению, заключалась, как уже отмечалось, в определении по этим данным радиуса орбиты Марса, направления линии апсид (долготы афелия) и двух расстояний — от центра круга до экванта и до Солнца. Решить эту задачу непосредственно, прямым методом, было невозможно, и Кеплеру пришлось решать ее, проверяя различные расположения, методом последовательных приближений. Чтобы представить себе огромный объем выполненной при этом Кеплером вычислительной работы, отметим, что сохранившиеся до нашего времени черновики его расчетов занимают 900 (!) листов, исписанных мелким почерком.

В ходе этой длительной и исключительно напряженной работы он неоднократно, но безуспешно обращался за советами и помощью к Мёстлину, итальянскому астроному Маджини и даже к французскому математику Виете. Но в конце концов ему удалось самому справиться с этой задачей. Рассказывая читателю о ходе своей работы, Кеплер замечает: «Если этот обременительный способ работы Вам не нравится, Вы можете справедливо пожалеть меня, поскольку я вынужден был проделать это по меньшей мере 70 раз с большой затратой времени. Поэтому Вы не удивитесь тому, что прошло уже пять лет с тех пор, как я начал заниматься Марсом... Остроумные геометры, вроде Виеты, могут показать, что мой метод еще далек от

искусства. Мне же достаточно... найти выход из этого лабиринта. Вместо факела геометрии я располагаю лишь простой нитью, которая ведет меня к выходу»<sup>16</sup>.

В самом начале своих головокружительных вычислений Кеплер по рассеянности допускает несколько ошибок, которые должны были бы существенно повлиять на правильность вычислений. Кеплер так и не заметил их до конца своей работы, но их обнаружил французский историк астрономии Делабр, повторивший заново все кеплеровы вычисления. Тем не менее исправленные Делабром вычисления в результате дали почти те же значения — оказалось, что в самом конце вычислений Кеплер при делении снова допустил ошибки, перекрывшие первые!

Позже, при открытии второго закона, Кеплер снова допустил вычислительные ошибки, которые, взаимоналожившись, чудом привели к правильному ответу.

В результате своих 70-кратных вычислений Кеплер получил полный эксцентриситет, равный 0,18564 долям радиуса, причем Солнце отстоит от центра на 0,11332, а эквант — на 0,07232 доли радиуса (современная теория показывает, что оба расстояния должны быть приблизительно равны  $\frac{9}{16}$  и  $\frac{7}{16}$  полного эксцентриситета). Долгота афелия для 1587 г. составляла  $148^{\circ}48'55''$ . Полученные им значения при подстановке в данные десяти наблюдений Браге расходились менее чем на  $2'$ , что было вполне допустимым. «Ты видишь теперь, о прилежный читатель, что гипотеза, основанная на этом методе, не только удовлетворяет четырем исходным положениям, но с точностью до  $2'$  согласуется со всеми другими наблюдениями...»<sup>17</sup>.

Кеплер заканчивает XVIII главу своей книги словами: «Так я установил, что положения противостояния были получены в результате этого вычисления с той же самой точностью, что и наблюдения на тиховом секстанте, который благодаря значительному диаметру Марса и неудовлетворительному знанию рефракции и параллакса действовал с некоторой ошибкой, конечно, не превосходящей двух [первых] минут».

Однако уже следующая глава начинается удивленным возгласом: «Как же это могло быть? Гипотеза, которая хорошо согласуется с наблюдениями противостояний, все же ошибочна»<sup>18</sup>. И в двух последующих главах Кеплер

обстоятельно объясняет, как он установил, что гипотеза ложна и почему ее нужно отвергнуть.

Пытаясь применить свою модель к вычислению промежуточных положений Марса по данным наблюдений Браге, Кеплер обнаруживает расхождение теории с практикой, достигающей в численном выражении 8'.

Это была катастрофа! Птолемей и даже Коперник могли пренебречь такой разницей, так как погрешность точности их наблюдений достигала 10'. Но, заключает Кеплер XIX главу, «нам же, благодаря милосердию божию, дан в лице Тихо Браге такой добросовестный наблюдатель, что в его наблюдениях ошибка в 8', характерная для птолемеева вычисления, попадаетея лишь для того, чтобы мы с благодарностью оценили эту милость и воспользовались ею. Наконец, это затруднение дает нам возможность найти истинный вид небесных движений... Таким образом, эти 8' указали путь к обновлению всей астрономии, они явились материалом для большей части данной работы»<sup>19</sup>.

Поворотный пункт в развитии наук о природе становится заметен при анализе двух сочинений Кеплера — «Космографической тайны» и «Новой астрономии». В первом развивается умозрительная теория, существенное расхождение которой с данными практических наблюдений обнаруживается при самом поверхностном рассмотрении, и это мало смущает Кеплера. В «Новой астрономии» еще недавно неуловимое мизерное расхождение между теорией, создававшейся в течение нескольких лет изнурительной работы, и данными практических наблюдений ведет к отказу от таких, казалось, обнадеживающих первоначальных выводов. Но камень преткновения новыми настойчивыми атаками все еще неприступной твердыни в конце концов превращается в краеугольный камень новой науки!

Вторая книга «Новой астрономии» завершается словами: «И таким образом здание, которое мы возвели на фундаменте наблюдений Тихо, мы снова разрушили... Это было нам наказанием за следование таким правдоподобным, но в действительности ложным аксиомам великих авторитетов прошлого»<sup>20</sup>.

Следующий этап исследований Кеплер описывает в книге третьей. Аксиома о равномерном движении уже за бортом. На очереди — аксиома о круговых движениях. Многократные вычисления говорят Кеплеру о том, что

невозможно построить круговую орбиту планеты, полностью соответствующую данным наблюдений.

Окружность полностью определяется заданием трех точек на ней, любая другая кривая линия требует знания положения большего количества точек на ней. Для определения формы орбиты Марса, коль скоро она не была окружностью, требовалось прежде всего уточнить орбиту небесного тела, на котором размещен наблюдатель, т. е. самой Земли. Ведь из неправильного представления о движении наблюдателя выводы о движении наблюдаемых объектов будут тоже неверны. Задача определения истинного пути Земли вокруг Солнца, таким образом, была очень важной. Но как определить этот истинный путь? Если бы было возможно в каждый момент времени находить непосредственно величину отрезка Земля — Солнце. Но такой возможности нет. Другой принципиально возможный случай заключается в выборе в пространстве некоторого неподвижного ориентира, по выражению Эйнштейна, «фонаря», о котором известно, что он в течение длительного времени сохраняет свое положение неизменным. Такой фонарь, пишет Эйнштейн в статье о Кеплере<sup>21</sup>, мог выполнять роль своеобразного триангуляционного пункта, так как земные наблюдатели могли бы при необходимости визировать направление на него.

Допустим, что в определенный момент времени Земля ( $Z$ ) находится на прямой, соединяющей Солнце ( $C$ ) с нашим ориентиром ( $M$ ) (см. рисунок). Если в это время визировать с Земли направление на ориентир ( $M$ ), то получим направление  $CM$  (Солнце — ориентир). Пусть это направление зафиксировано на небесном своде. Представим себе теперь полсжение Земли в другой момент ( $Z_1$ ). Если и Солнце  $C$  и ориентир  $M$  видны с Земли  $Z_1$ , то в треугольнике  $CZ_1M$  известен угол  $\alpha = CZ_1M$ . Направление прямой  $CM$  относительно неподвижных звезд определено раз и навсегда. Но ведь теперь, установив направление на Солнце  $Z_1C$  прямым наблюдением, определим и угол  $\beta = Z_1CM$ . Следовательно, треугольник  $CZ_1M$  с точностью до подобия может быть теперь построен по стороне  $CM$  и двум углам  $\alpha$  и  $\beta$  для каждого положения  $Z_1$ , и при этом определится это самое положение  $Z_1$  относительно заданного базиса  $CM$ . Таким образом можно получить необходимое число точек, принадлежащих орбите Земли.

Но где же взять ориентир  $M$ ? Вот здесь-то Кеплер и

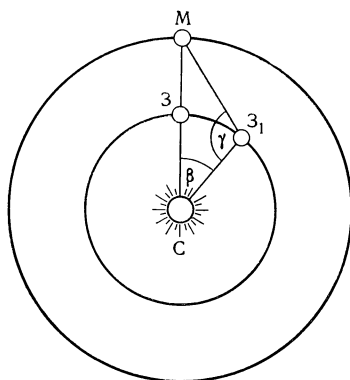
применил собственный в высшей степени оригинальный метод, который, будучи гениально простым, тем более возвышает Кеплера, что никто, включая Браге, не пришел к нему раньше. Изобретательный ум великого астронома использовал ориентир, хоть и не строго неподвижный, но периодически, через известные заранее интервалы времени, занимающий одно и то же положение в пространстве.

Дело в том, что уже и тогда была довольно точно известна продолжительность марсианского года, т. е. период обращения Марса вокруг Солнца, — 687 дней.

Используя эту величину в качестве исходной, теперь достаточно было учесть, что любое зафиксированное положение Марса (и длина отрезка  $MC$ ) через целое число марсианских лет будет повторяться, в то время как положение Земли на ее орбите каждый раз будет, вообще говоря, иным. Таким образом можно установить такое количество точек орбиты Земли, которое достаточно для определения истинной формы орбиты и характера движения Земли по ней. Естественно, что, не располагая Кеплер данными многолетних наблюдений Браге за Марсом, быстрое решение этой задачи оказалось бы невозможным.

Результаты произведенных Кеплером вычислений совпали с его предположениями: Земля, как и другие планеты, вопреки мнению Коперника и его предшественников, не движется равномерно, а быстрее, когда она ближе к Солнцу, и медленнее, когда дальше от него. Так впервые в истории астрономии была показана ошибочность аристотелевского представления о равномерных движениях планет.

Установив, что движение Земли по ее орбите неравномерно, Кеплер пытается дать этому явлению физическое истолкование и найти математическое выражение зависимости между скоростью движения Земли и ее расстоянием до Солнца в различных точках орбиты, а также занимается вычислением расстояния Марс — Солнце. Он нашел,



что наибольшее расстояние, в афелии (в частях радиуса земной орбиты), составляет 1,6678, а наименьшее, в перигелии, 1,3850. Тогда радиус орбиты Марса будет равен:

$$\frac{1,6678 + 1,3850}{2} = 1,5264,$$

а расстояние Солнца от центра орбиты Марса:

$$\frac{1,6678 - 1,3850}{2} : 1,5264 = 0,1414 : 1,5264 = 0,0926,$$

т. е. половине ранее выведенного из движения Марса полного эксцентриситета его орбиты (равного 0,1856).

Таким образом Кеплером было установлено, что полный эксцентриситет планет делится центром орбиты на две равные части между Солнцем и эквантом. Однако Кеплер, пытаясь найти физический смысл небесных явлений, не мог примириться с мыслью, что движением планет управляет точка, в которой нет никакого тела. Шесть глав книги Кеплера заняты физическими рассуждениями. «Вы, физики, наострите Ваши уши, — предупреждает он, — теперь мы идем, чтобы вторгнуться на Вашу территорию»<sup>22</sup>.

Здесь уместно подробнее остановиться на кеплеровской концепции тяготения.

В течение многих веков в естествознании господствовала аристотелевская точка зрения на природу тяготения: «Земля и Вселенная имеют общий центр; тяжелое тело движется к центру Земли, и происходит это вследствие того, что центр Земли совпадает с центром Вселенной»<sup>23</sup>.

Аристотелевской концепции был нанесен сокрушительный удар учением Коперника, удалившим Землю из центра Вселенной. Как же решает проблему тяготения великий реформатор? Он пишет: «Что касается меня, то я полагаю, что тяготение есть не что иное, как некоторое природное стремление, сообщенное частям божественным провидением творца Вселенной, чтобы они стремились к целостности и единству, сходясь в форму шара. Вполне вероятно, что это свойство присуще также Солнцу, Луне и остальным блуждающим планетам, чтобы при его действии они продолжали пребывать в своей шарообразной форме, совершая, тем не менее, различные круговые движения»<sup>24</sup>.

В «Новой астрономии» Кеплер идет дальше. По его мнению, тяготение — это «взаимное телесное стремление сходных (родственных) тел к единству или соединению»<sup>25</sup>.



По мысли Коперника, соединяются части целого, у Кеплера — сходные тела. «Луна есть тело, родственное Земле»<sup>26</sup>, отсюда, «если бы Луна и Земля не удерживались каждая на своих орбитах, Земля двигалась бы по направлению Луны... и Луна опускалась бы на Землю и они соединились бы»<sup>27</sup>.

В примечаниях к своему более позднему сочинению о лунной астрономии Кеплер не упоминает этого ограничения: «Гравитацию я определяю как силу, подобную магнетизму — взаимному притяжению. Сила притяжения тем больше, чем оба тела ближе одно к другому, иначе, чем в случае тел далеко удаленных [друг от друга]. Поэтому тела сильнее сопротивляются отделению их друг от друга, если они еще близки одно к другому»<sup>28</sup>. Этим самым Кеплер существенно продвигается в направлении, которое позже приводит Ньютона к открытию его знаменитого закона всемирного тяготения. Здесь же Кеплер добавляет: «Причины океанских приливов и отливов видим в том, что тела Солнца и Луны притягивают воды океана с помощью некоторых сил, подобных магнетизму»<sup>29</sup>. Пытаясь установить количественную зависимость между силой притяжения и расстоянием, Кеплер предположил, что сила притяжения прямо пропорциональна весу, но обратно пропорциональна расстоянию.

Внимание Кеплера было привлечено и к такому свойству материальных тел, как инерция. Кстати, сам термин «инерция» был введен в физику Кеплером. Он обозначил им явление сопротивления движению покоящихся тел. Инерция движения, по крайней мере до 1620 г., им не рассматривается.

Важно отметить, что понятие инерции было распространено Кеплером (в его понимании) на взвешенные тела и явления. В «Новой астрономии» он пишет: «Планетные шары должны быть по природе материальны... , они обладают склонностью к покою, или отсутствию движения»<sup>30</sup>. Подобное толкование инерции небесных тел мы встречаем и в более позднем сочинении Кеплера, в так называемой «Коперниканской астрономии» (1618—1621) — первом учебнике новой астрономии<sup>31</sup>.

Но в уже упоминавшейся «Лунной астрономии» или «Сне» можно обнаружить рассуждения, в которых трактовка понятия инерции развивается дальше. Рассматривая в примечании 75 к тексту «Сна» случай, когда внешние

силы, действующие на движущееся тело, взаимно уравновешиваются («погашаются»), он пишет, что при этом «тело само в целом движет свои части»<sup>32</sup>. Движение для этого случая рассматривается происходящим беспричинно, спонтанно. И хотя термин «инерция» в этом тексте непосредственно не упоминается, следует считать, что здесь Кеплер, пусть недостаточно четко, но определенно, рассматривает инерцию движения. Таким образом, будучи в этих вопросах предшественником Ньютона, Кеплер во многом предвосхитил его выдающиеся открытия.



По докеплеровым представлениям планета движется медленнее в афелии и быстрее в перигелии потому, что в первом случае она ближе, а во втором дальше от экванта.

Но в первом случае планета дальше от Солнца, а во втором — ближе к нему. Солнце излучает свет и тепло, интенсивность которых тем меньше, чем больше расстояние до Солнца. Но если Солнце обладает силой, регулирующей скорость планеты, то эта сила будет тоже убывать при увеличении расстояния. Подобно тому, как груз труднее поднимать, если он находится на более длинном плече рычага, так и планету исходящей из Солнца силой труднее перемещать на большем расстоянии от него, чем на меньшем.

Сила эта, по мнению Кеплера, происходит от вращения Солнца вокруг своей собственной оси (это предположение было подкреплено экспериментально значительно позже), она-то и приводит, подобно спицам некоего гигантского колеса, планеты в движение.

Но если бы существовала только одна сила, действующая на планеты, то все планеты имели бы одинаковую угловую скорость и совершали бы полный оборот вокруг Солнца за одно и то же время. Но на самом деле это ведь не так!

Причиной этому, полагал Кеплер, может быть «лень», или инерция планет, которые стремятся сохранять неизменным свое положение и сопротивляются увлекающей силе. При этом действующие на планету силы позволяют планетам как бы проскальзывать в их движении, получается картина, сходная с вихрем водоворота. Действующая сила уменьшается с расстоянием, поэтому, чем даль-

ше планета от Солнца, тем слабее преодолевается инерция, тем медленнее движение планеты.

Для объяснения эксцентричности орбит он предположил, что планеты представляют собой «огромные круглые магниты», магнитные оси которых сохраняют постоянное направление, подобно оси волчка. Следовательно, планеты будут периодически то притягиваться ближе к Солнцу, то отталкиваться от него, в соответствии с расположением их магнитных полюсов.

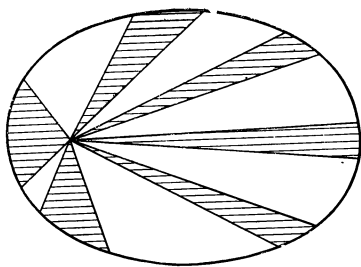
Считая, что сила Солнца уменьшается прямо пропорционально увеличению расстояния, Кеплер чувствовал, что здесь что-то не так, тем более, он знал, что сила света уменьшается пропорционально квадрату расстояния. Он придерживался, однако, этого мнения, чтобы спасти гипотезу о зависимости скорости от расстояния, которая также была неверной.

Продолжая исследование орбиты Земли, Кеплер заметил, что в двух крайних точках своей орбиты, в афелии и в перигелии, скорость Земли оказывается обратно пропорциональной расстоянию до Солнца. Далее Кеплер допускает, что такое же соотношение имеет место и для любой промежуточной точки орбиты Земли, и составляет формулы, по которым можно рассчитывать расположение Земли на ее орбите в различные моменты времени. Сравнение этих вычисленных положений достаточно хорошо согласовывалось с данными наблюдений.

Далее Кеплер делит всю орбиту на 360 частей, отметив на орбите положение Земли  $Z_1, Z_2, \dots, Z_i, Z_k, \dots, Z_{360}$  в соответствующие моменты времени  $t_1, t_2, \dots, t_i, t_k, \dots, t_{360}$ .

Время, необходимое для того, чтобы планета описала некоторую небольшую часть орбиты, обратно пропорционально скорости и прямо пропорционально расстоянию планеты от Солнца. Следовательно, чтобы получить время, в течение которого планета опишет большую дугу, необходимо сложить, просуммировать, все промежуточные расстояния планета — Солнце. Таким образом, с промежутком времени, необходимым планете, чтобы перейти из положения  $Z_i$  в положение  $Z_k$ , Кеплер сопоставлял сумму расстояний между Землей и Солнцем в моменты времени  $t_i$  и  $t_k$  и во все промежуточные моменты.

При сложении оказалось, что эта сумма отрезков не зависит от выбранного участка орбиты, а только от величины промежутка времени. Кеплер приходит к выводу: для



*К выводу Кеплером  
закона площадей*

описанных в равные промежутки времени участков орбиты указанная сумма постоянна. Вспомнив затем, как Архимед для нахождения площади круга разлагал его на бесконечно большое число треугольников, Кеплер заменяет сумму расстояний площадью сектора, описанного радиусом-вектором точки орбиты, считая эти величины пропорциональными, хотя и не говоря об этом прямо.

Кеплер пишет в XL главе: «Когда я осознал, что существует бесконечное число точек орбиты и соответственно бесконечное число расстояний [ее от Солнца], у меня возникла мысль, что сумма этих расстояний содержится в площади орбиты. Я вспомнил, что таким же образом Архимед тоже делил площадь круга на бесконечное число треугольников»<sup>33</sup>. Следовательно, заключает он, площадь, описываемая отрезком Солнце — планета (т. е. радиусом-вектором орбиты), является мерой времени, необходимого для прохождения планетой соответственной дуги орбиты. В этом и заключается смысл открытого раньше, чем первый, второго закона Кеплера, так называемого закона площадей.

Чудесная простота этого закона становится особенно яркой, если учесть длинный путь, пройденный к нему по страшно запутанному лабиринту.

Необходимо заметить, что при выводе закона площадей (в конце 1601 — начале 1602 г.) Кеплер встретился и по своему справился впервые в новое время с задачей, имеющей прямое отношение к тому разделу математики, бурное развитие которого вскоре ознаменовало наступление нового этапа в истории математики, связанного с исчислением бесконечно малых. Его попытка бесконечного суммирования по существу была первым шагом в численном интегрировании. На роли Кеплера в развитии математики мы остановимся отдельно.

Второй закон определял изменение скорости движения планет по их орбите, однако сама форма орбиты оставалась еще неизвестной. Но, завершив изучение истинного движения Земли вокруг Солнца, Кеплер создал базу для

изучения истинных движений других планет, в частности Марса. На каждый момент времени ему теперь были известны положения двух точек в пространстве — Солнца и Земли. К этим точкам можно было теперь привязывать положение Марса для различных моментов времени. И тут оказалось, что в точках, промежуточных между афелием и перигелием, расстояние от Марса до Солнца оказывалось меньше, чем это следовало из предположения о его круговой орбите, получалось, что между этими точками планета двигалась внутри соответственной окружности. Таким образом, Кеплер снова первым среди астрономов всех времен приходит к выводу, который опровергает аристотелевскую идею о движениях небесных тел по окружностям, как наиболее совершенным кривым, — орбита Марса не окружность, а плавная замкнутая кривая, вытянутая вдоль линии абсид. Это было установлено по наблюдениям Браге и явилось первым успехом эмпирического метода в естествознании в начале современного периода исследования природы.

Теперь предстояло дать математическое описание той кривой, по которой движется планета, и эта задача оказалась самой сложной и трудоемкой. Пришлось проверять одну за другой многие гипотезы, рождавшиеся изобретательным умом и живым воображением Кеплера. При этом, правда, в распоряжении Кеплера уже было мощное средство исследования — его закон площадей, который в данном случае связывал изменение расстояния Марса от Солнца, т. е. форму его орбиты, со скоростью перемещения на этой орбите. Это давало возможность, задавая гипотезу о кривой той или иной формы, вычислять положения, которые должен был бы занимать Марс на этой предполагаемой орбите в различные моменты времени, и сравнивать их с наблюдаемыми положениями. Задавая же закон изменения скорости по орбите, Кеплер мог вывести уравнение орбиты, устанавливая предполагаемые положения Марса в пространстве и опять сравнивать с наблюдаемыми положениями.

Успешно используя (пожалуй, впервые с такой последовательностью) метод индукции, Кеплер с редким терпением неутомимо проверял одну гипотезу за другой, и как только его вычисления показывали такое расхождение с наблюдениями, которые нельзя было объяснить ошибками наблюдений, гипотеза беспощадно отвергалась,

какой бы привлекательной с точки зрения теории и логики она ни казалась, и Кеплер переходил к новой гипотезе. «Ему пришлось ясно осознать,— писал Эйнштейн,— что само по себе ложноматематическое теоретизирование, каким бы ярким оно ни было, не гарантирует истины и что в естественных науках самая изящная логическая теория ничего не стоит без сравнения с наиболее точными экспериментами и наблюдениями. Без подобного философского подхода его труд был бы невозможен»<sup>34</sup>.

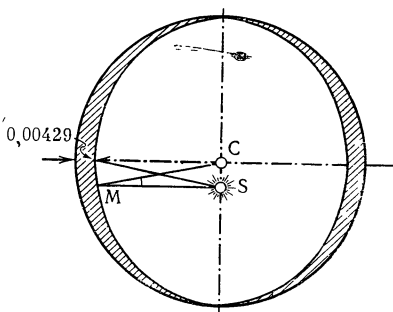
Нужно напомнить, что при проверке каждой из гипотез Кеплеру приходилось проводить колоссальную вычислительную работу, не имея в своем распоряжении даже логарифмических таблиц (первые логарифмические таблицы Непера были напечатаны в 1614 г.).

Главы с ХLI по ХLIV «Новой астрономии» освещают ход проверки Кеплером гипотез круга. Они заканчиваются уже известным нам выводом: «Вывод очень прост — путь планеты не окружность, он то выгибается внутрь по обе стороны, то выгибается наружу на противоположных концах. Такая кривая называется овалом. Итак, орбита не окружность, а овальная фигура»<sup>35</sup>.

Однако гипотеза овала не подтвердилась: она привела к слишком малым расстояниям между Солнцем и Марсом — в средних положениях получалось большое расхождение с кругом. Не подтвердилась и гипотеза овоидной (яйцеобразной) орбиты. «Правда лежит между кругом и овалом, как будто орбита Марса есть точный эллипс»<sup>36</sup>. Но, поместив Солнце в его центр, Кеплер снова не пришел к ожидаемому и согласующемуся с данными наблюдений результату. За каждой из строчек этого описания исследований Кеплера скрываются многие месяцы изнурительного, доводящего до изнеможения труда — только гипотеза овоидной орбиты забрала почти год его жизни!

В начале 1605 г. Кеплеру удалось найти истинную связь между расстоянием Солнце — Марс и так называемой эксцентрической аномалией. Он нашел тогда уравнение, которое сейчас называется его именем и широко используется в теоретической астрономии. Это уравнение имеет вид  $x = e \cdot \sin x + M$ ;  $e$ ,  $M$  — const и является одним из первых трансцендентных уравнений, которые нашли практическое приложение.

Наконец Кеплер заметил, что боковое сжатие орбиты составляет 0,00429 доли радиуса, что точно равно половине квадрата определенного им ранее эксцентриситета ( $0,0926^2 = 0,00857$ ). И здесь его озарила истина: орбита Марса — все-таки эллипс, но Солнце располагается не в его центре, а в одном из фокусов! Так, говоря словами Кеплера, не переставая ощущать все в окружающем мраке, он вышел, наконец, на яркий свет истины.



Проверка гипотезы эллипса теперь быстро привела его к успешному завершению работы, ознаменовавшемуся выводом первого закона: Марс движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце. Кеплер не сомневался, что этому же закону повинуются движения и остальных планет, что вскоре им было проверено. Он был уверен также, что и орбита Земли — эллипс, но из-за малого эксцентриситета ( $e = 0,01673$ ) и недостаточной точности наблюдений этот эллипс тогда еще невозможно было отличить от окружности.

Так, решительным ударом Кеплера дряхлое здание древней астрономии было снова основательно поколеблено, а учение Коперника получило блестящее подтверждение. Открытые Кеплером законы подготовили почву Ньютону для открытия закона всемирного тяготения.

Законы Кеплера сохраняют свое значение и в наше время. Правда, будучи абсолютно строгими математическими законами для движения двух материальных тел (точнее — материальных точек), они не учитывают воздействия на каждую планету других планет, которые хотя и очень слабы, но все же приводят к небольшим отклонениям их движения от эллиптической кеплеровой орбиты. Но математики и астрономы научились учитывать эти воздействия (благодаря чему, между прочим, были открыты планеты Нептун и Плутон) и по настоящее время широко и искусно используют выведенные Кеплером соотношения, применяя их не только к естественным небесным телам, но и при расчетах траекторий движения искусст-

венных спутников Земли, искусственных планет и космических кораблей, свидетелями появления и фантастических успехов которых является наше поколение.

Работа над «Новой астрономией» продолжалась Кеплером с начала его деятельности у Браге до лета 1605 г. Уже к концу 1601 г. Кеплер закончил изучение орбиты Земли и подошел к закону площадей, затем темпы его работы над «Новой астрономией» замедлились, так как его внимание переключилось на оптические исследования, которые увенчались в 1604 г. выходом «Дополнений к Вителлию» (о них речь будет впереди); затем больше года продолжались безуспешные попытки подтвердить гипотезу о яйцеобразной (овоидной) и овальной форме орбиты, безуспешно проверялся и эллипс с положением Солнца в его центре, и только весной 1605 г. подтвердилось предположение Кеплера об эллиптической орбите с Солнцем в одном из фокусов. Открытие при этом первого закона и позволило закончить многолетний труд над «Новой астрономией». Летом 1605 г. книгу можно было бы издавать.

Однако предстояло преодолеть еще препятствия другого рода. Первое из них — это взаимоотношения с наследниками Тихо, с которыми у Кеплера уже давно существовали трения. После смерти Браге его инструменты и рукописи должны были перейти к императору, который обещал за них наследникам Тихо 20 000 талеров, но такого расхода императорская казна вынести не могла. На этом основании наследники Браге препятствовали доступу Кеплера к бумагам. Одно время за обработку рукописей Тихо и подготовку их к изданию обещал взяться его зять и сотрудник Тенгнагель, в связи с чем и ту небольшую часть журналов наблюдений Тихо, которой сначала располагал Кеплер, пришлось ему вернуть.

Тенгнагель не обладал научной подготовкой, необходимой для такой сложной работы, но зная, что Кеплер использует эти данные для работы, которая не будет способствовать утверждению геогелиоцентрической \* системы Браге, старался не допустить его к журналам наблюдений, ведя себя, по буквальному выражению Кеплера, «как собака на сене, которая хотя и сама не ест, но и никого другого не подпускает»<sup>37</sup>.

\* Так можно условно назвать предложенную Браге систему, в которой все планеты, кроме Земли, обращаются вокруг Солнца, а Солнце — вокруг Земли.



Однако позже, летом 1604 г., когда Тенгнагель уже не мог тянуть больше с выполнением своего обещания, Кеплеру удалось заключить с ним соглашение, по которому Тенгнагель передал ему часть журналов наблюдений, а Кеплер со своей стороны вынужден был дать обещание не публиковать из них ничего до окончания планетных таблиц, составление которых было обещано императору. На использование материалов Тихо для собственных работ Кеплер в каждом отдельном случае должен был заручиться разрешением Тенгнагеля. Заметим, что для составления уточненных планетных таблиц необходимо было создать новую теорию движения планет, и после ее разработки еще потребовалось по крайней мере 15 лет напряженной работы. Обстановка еще ухудшилась тем, что Тенгнагель упрочил свое положение при дворе, перейдя в католичество и получив звание придворного советника.

Наконец, после длительных оттяжек, Тенгнагель дал согласие на публикацию «Новой астрономии», заручившись правом написать к ней свое предисловие.

Следующим препятствием были материальные затруднения. Правда, еще в конце 1606 г. император Рудольф II велел выдать на печатание книги 400 гульденов, но Кеплер, не получавший жалованья и в связи с этим весьма стесненный в средствах, вынужден был израсходовать значительную часть этих денег на нужды семьи. Только в 1608 г. удалось раздобыть необходимые средства и начать печатание книги в Гейдельберге. Печатание осуществлялось под личным наблюдением Кеплера и закончилось только весной 1609 г. Так как Рудольф решил, что тираж книги является его собственностью по той причине, что она издана на его счет и написана Кеплером в порядке выполнения обязанностей придворного математика, он пожелал лично руководить распространением этого сочинения. Однако вскоре события, развитие которых позже привело Рудольфа к потере престола, отвлекли его от этого намерения, и Кеплер поручил продажу книги владельцу типографии, в которой книга была напечатана.

«Новая астрономия» была хорошо оформлена и представляла собой том большого формата в 337 страниц. Она была издана небольшим тиражом и из всех прижизненно изданных сочинений Кеплера является наиболее редким.

ASTRONOMIA NOVA  
ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΤΟΣ,  
SEU  
PHYSICA COELESTIS,  
tradita commentariis  
DE MOTIBVS STELLÆ  
MARTIS,  
Ex observationibus G. V.  
TYCHONIS BRAHE:

Jussu & sumptibus  
RVDOLPHI II.  
ROMANORVM  
IMPERATORIS &c:

Plurium annorum pertinaci studio  
elaborata Præge,

et S. C. M. S. Mathematico  
JOANNE KEPLERO.

*Sumptibus S. M. S. privilegio specialis*  
Anno MDCXII Dionysianæ celsæ 1200 12.

*Титульный лист «Новой астрономии»*

Выход этой книги, вместе с изданием в следующем году Галилеем «Звездного вестника» — описания произведенных им впервые в истории человечества наблюдений небесных светил с помощью телескопа, был со времен Коперника крупнейшим и важнейшим событием в истории астрономии. Кеплер затратил на исследования, подготовку и издание книги почти десять лет напряженного труда, зато уже одно это произведение выдвигало его в число крупнейших ученых своего, да и не только своего времени, и делало его имя бессмертным.

В эти же годы Кеплером были получены фундаментальные результаты в геометрической и физиологической оптике, рассмотрению которых будет посвящена следующая глава.

В 1604 г. в созвездии Змееносца вспыхнула исключительно яркая новая звезда. Это довольно редкое явление (как и новая звезда 1572 г., наблюдавшаяся Тихо Браге) не могло не привлечь внимания астрономов, и Кеплера в том числе. Положение придворного математика обязывает его высказать свои суждения. И Кеплер пишет большой трактат «De stella nova» («О новой звезде»), выдержавший несколько изданий на латинском и немецком (в популярном изложении) языках, в 30 главах которого он пытается, разобрав это явление с различных точек зрения, выяснить его причины. Причины того, что у некоторых звезд блеск в течение короткого времени усиливается в десятки тысяч раз (а для так называемых сверхновых звезд, к которым, по-видимому, относилась и звезда 1604 г., даже в сотни тысяч и миллионы раз), а затем постепенно ослабевает, и в настоящее время полностью не выяснены, естественно, что и Кеплеру не удалось решить этот вопрос. Что касается астрологического значения этого явления, Кеплер говорит прямо: «Если кто спросит — что же случится? что предвещает эта звезда? — тому я отвечу без всяких колебаний: предвещает целую кучу разных сочинений, которые напишут о ней различные ученые, и множество работы для типографий»<sup>38</sup>. Упомянув немецкую поговорку «Новая звезда — новый король», Кеплер иронически добавляет: «Удивительно, что ни один честолюбец не воспользовался этим новым поверьем».

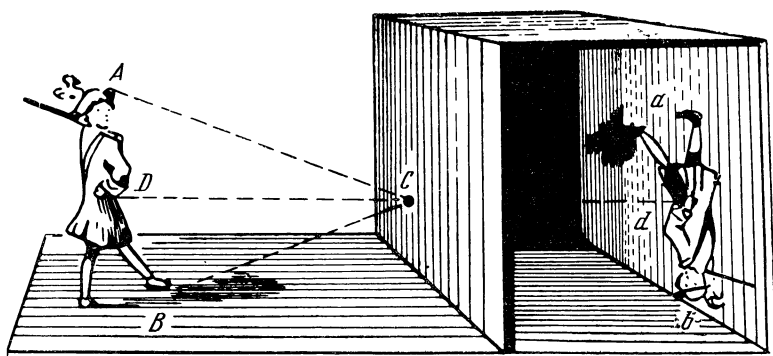
В эти же годы Кеплер пишет еще несколько мелких работ. В 1605 г. — о солнечном затмении, в 1607 г. появляется небольшое сочинение о комете, наблюдавшейся в том же году\*, в 1609 г. он публикует работу о прохождении диска Меркурия перед Солнцем, в 1611 г. — трактат о шестиугольной форме снежинок, представляющий определенный интерес в связи с рассматриваемыми там математическими проблемами. Выдвинутые здесь идеи о геометрии плотнейших шаровых упаковок сыграли чрезвычайно важную роль в структурной кристаллографии. Здесь же развиваются оригинальные, близкие к современным, взгляды на природу зарождения кристаллов, на симметрию в живых организмах.

\* Эта комета позже была идентифицирована с кометой Галлея, приближающейся к Земле каждые 76 лет.

### Кеплер и развитие оптики

Из предыдущей главы можно достаточно ясно представить себе, насколько интенсивной и изнурительной, изобретательской и новаторской была работа Кеплера над тем, что справедливо считается основным делом его жизни — созданием одного из важнейших разделов современной астрономии — небесной механики (по терминологии самого Кеплера — небесной физики), открытием первого и второго законов движения планет. Эта работа, завершившаяся на первом этапе изданием «Новой астрономии», усложнялась постоянными материальными лишениями — в казне императора почти никогда не было денег для выплаты установленного придворному математику жалованья. Это вынуждало Кеплера постоянно изыскивать источники средств (в основном составлением календарей с астрологическими прогнозами и гороскопов), которые обеспечили бы более менее сносное существование его семье и возможность продолжать научные исследования ему самому.

Казалось бы, все это должно было занимать его помыслы, поглотить без остатка его время, внимание и способность размышлять и творить. Но дарование ученого было так велико, а научные интересы так широки и многообразны, что пражский период его деятельности ознаменовался фундаментальными достижениями и в другой области науки, хотя и имеющей прямую и непосредственную связь с астрономическими наблюдениями, но представляющей собой самостоятельный раздел физики, развитие которого в предкеплерово время резко отставало от потребностей практики. Речь идет об оптике — учении о свете.



*Камера-обскура*

Мы помним, что незадолго до второго изгнания Кеплера из Линца он соорудил там для наблюдения солнечного затмения 10 июля 1600 г. большую камеру-обскуру.

Этот нехитрый прибор, представлявший собой темное помещение с маленьким отверстием, был известен еще Леонардо да Винчи, который считал, что глаз тоже является такой камерой; в 1589 г. ее описал итальянец Джамбаптиста делла Порта. Если в стенке темной комнаты проделать маленькое отверстие, то на противоположной стенке можно наблюдать изображение внешних предметов, освещенных солнцем, причем с сохранением естественных красок, но в перевернутом виде. Описав известное и до него явление, Порта продолжает: «Теперь сообщу Вам то, о чем доселе молчал и думал, что должен молчать. Если поместить у отверстия чечевицеобразное стекло, то все изображение будет отчетливее; увидишь и лица проходящих людей, платья, цвета, движение, все как будто было вблизи. Зрелище так приятно, что видевшие не могли вдоволь насмотреться»<sup>1</sup>.

Во время наблюдения Кеплером солнечного затмения с помощью камеры-обскуры ему пришлось задуматься над следующим обстоятельством: почему форма изображения в камере-обскуре зависит от формы самого предмета, а не от формы отверстия? Например, если наблюдать солнце в обычных условиях, оно будет на экране камеры-об-

скуры круглым, а при частном его затмении — серпообразным при любой форме входного отверстия — круглой, треугольной, квадратной. По-видимому, это был один из первых вопросов, относящихся к оптике, который заинтересовал Кеплера. Он смог тогда же дать геометрическое обоснование этому явлению, но опубликовал его немного позже. Правда, почти так же это явление объяснялось в книге мессинца Франческо Мавролика, вышедшей в 1575 г. и, по-видимому, Кеплеру неизвестной.

Многие вопросы, относящиеся к оптике, возникли у Кеплера в связи с рефракцией — атмосферно-оптическим явлением, которое вызывается преломлением лучей в атмосфере и проявляется в кажущемся смещении наблюдаемых сквозь толщу глаза объектов. С этим явлением пришлось считаться еще Тихо Браге в связи с резко усиленными им требованиями к точности наблюдений. Браге даже подготовил таблицы рефракции, но при их составлении он исходил из неверных представлений и выводов, считая, в частности, рефракцию зависящей от расстояния небесных светил от Земли и их яркости, а поэтому различной для Солнца, Луны, планет и неподвижных звезд. Кроме того, Браге предполагал, что явление прекращается на высоте  $45^\circ$  над горизонтом. Кеплера очень заинтересовало это явление, он много экспериментировал и думал над его физическим истолкованием. Попутно он пытался также объяснить причины особого красноватого цвета Луны во время полных лунных затмений, кажущееся уменьшение диска Луны во время солнечных затмений и некоторые другие явления.

Но особенно ценные результаты были получены, когда Кеплер заинтересовался теорией зрения. Во времена, предшествовавшие Кеплеру, господствовали две точки зрения на этот вопрос. По одной из них, восходившей к грекам Эмпедоклу и Эпикуру, глаз испускает прямолинейные пучки лучей, которые как бы ощупывают встречающиеся на их пути предметы и, отражаясь от них, возвращаются в глаз, неся с собой соответственную информацию (принцип действия радиолокатора!). По другой теории, восходившей к Демокриту и Аристотелю, каждый предмет распространяет по всем направлениям особые пленки, «эйдолы», которые и воспринимаются глазом как изображения соответствующих предметов. На протяжении многих веков было предпринято совсем немного попыток

AD VITELLIONEM  
PARALIPOMENA,  
*Quibus*  
ASTRONOMIÆ  
PARS OPTICA  
TRADITVR;

*Potissimum*  
DE ARTIFICIOSA OBSERVATIO-  
NE ET ÆSTIMATIONE DIAMETRO-  
RVM  
deliquorumq; Solis & Lunæ.  
CVM EXEMPLIS IN SIGNIVM ECLIPSIVM.

Habet hoc libro, lector, inter alia multa noua,  
*Tractatum luculentum de modo visionis, & humorum oculi  
usu, contra Opticos & Anatomicos,*

AUTHORE  
IOANNE KEPLERO, S. C. M.  
Mathematico.



FRANCOVRTI,  
Apud Claudium Marnium & Heredes Ioannis Aubrii  
Anno M. DCIV.  
*Sub Præiilegio S. C. Maximiliani.*

*Титульный лист «Дополнений к Вителлию»*

создать более совершенные теории видения, в числе которых следует отметить работы арабского ученого Альхазена\*, его комментатора — польского ученого Вителло (Вителлия) и мессинца Франческо Мавролика. Однако и эти работы не давали полного объяснения явлений, происшедших при прохождении света в глаз, а также через про-

\* Так в латинизированной форме писалось имя арабского ученого Ибн ал-Хайсама (965—1039).

зрачные стекла с кривыми поверхностями, «чечевицы», или линзы, как мы их теперь называем. Хотя линзы почти в течение трех веков до Кеплера применялись для коррекции дефектов зрения, тогдашние ученые старались уклониться от рассмотрения теории оптических стекол, свойства которых явно не укладывались в общепринятые концепции видения, и даже избегали применять линзы для «серьезных» целей вследствие «искажения» ими наблюдаемых предметов. Так, отсутствие ключа к механизму зрения стало серьезнейшим препятствием для развития оптики.

За решение этих сложных и трудных вопросов и принимался Кеплер параллельно с исследованиями по небесной механике и еще в пражский период опубликовал два фундаментальных исследования по оптике: «*Ad Vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars Optica traditur*» (1604), т. е. «Дополнения к Вителлию, в которых излагается оптическая часть астрономии» и «*Dioptrice seu Demonstratio eorum quae visui et visibilibus propter Conspicilla non ita pridem inventa accidunt*» (1611) («Диоптрика, или доказательство того, как становится видимым изображение с помощью недавно изобретенной зрительной трубы»).

Все, что сделано было в области оптики в предкеплеровое время, далеко уступает фундаментальным результатам, содержащимся в этих трудах.

Как видно из заглавия, первое из этих сочинений написано в форме дополнения к трактату польского ученого XII в. Вителло, пользовавшегося большим авторитетом в тогдашнем научном мире. Весьма скромно озаглавленный труд Кеплера был крупным вкладом в исследование законов геометрической и физиологической оптики, что поставило это произведение в ряд наиболее значительных, классических произведений в истории развития этой науки.

Правда, пять глав, из которых состоит эта объемная книга (в первом издании свыше 450 страниц текста), неравноценны. Первая глава с изложением природы света в настоящее время представляет собой лишь исторический интерес. И это понятно: во времена Кеплера, когда еще не были известны такие оптические явления, как интерференция, дифракция, поляризация, двойное преломление, не была определена скорость света в различных



средах, не могло еще быть речи о построении строго научной теории света, и Кеплеру пришлось здесь довольствоваться некоторым подновлением положений Аристотеля — единственного мыслителя древности (и, пожалуй, всего докеплерового времени), пытавшегося построить общую теорию света и цвета.

Свет, по Кеплеру, представляет собой непрерывное истечение вещества из светящихся тел, причем распространяется он мгновенно и до бесконечности. Тела более плотные он проходит труднее, чем пустоту. Непрозрачность тел зависит от неправильного расположения промежутков между частицами вещества. Тепло есть свойство света, а не особое вещество.

К объяснению цвета Кеплер подходит так: «Цвет — это известная степень света, свет, скрытый в прозрачной материи, если его рассматривать с точки зрения видимости; различные ступени расположения материи, в зависимости от большей или меньшей плотности или отношения прозрачности к непрозрачности, а также различие в световой испускательной способности, присущей веществу, влияют на различие цветов»<sup>2</sup>.

Легко заметить, что здесь Кеплер находится на очень близких к Аристотелю позициях. По Аристотелю, полная степень света в материи — это прозрачность и белизна, а отсутствие света — непрозрачность, тьма. Известная степень света, т. е. сочетание черного с белым в той или иной пропорции, дает цвет.

Ошибочность предположения Кеплера, что более плотная среда обладает и большим сопротивлением и соответственно большей способностью преломления, была очень скоро обнаружена англичанином Гарриотом, который указал в письме к Кеплеру, что менее плотное растительное масло преломляет свет значительно сильнее, чем вода<sup>3</sup>.

Среди других положений, высказанных Кеплером в этой главе, следует отметить доказательство основного фотометрического закона: интенсивность света обратно пропорциональна величине воспринимающей поверхности, т. е. обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника (у Кеплера: даны две концентрические шаровые поверхности, в центре которых находится источник света; сила или плотность световых лучей на меньшей шаровой поверхности относится к силе лучей на большей

шаровой поверхности обратно пропорционально площадям этих поверхностей).

Во второй главе Кеплером доказано важное положение, что световые лучи распространяются от каждой светящейся точки по всем направлениям. Доказательство получено им при изучении вопроса о причине круглой формы пятен от солнечного света, проникающего через малое отверстие произвольной формы в темное помещение, — явление, которое он заметил еще во время солнечного затмения 1600 г. Доказательство дано в форме описания эксперимента. Интересен путь, которым он пришел к своему объяснению наблюдаемого явления: «Я взял книгу и поместил ее на возвышении, она должна была заменять мне светящееся тело. Между этой книгой и стеной я поместил доску с многоугольным отверстием. Затем я прикрепил к одному углу книги нить, протянул ее через отверстие и, обводя ее вдоль контуров отверстия, начертил другим концом при помощи мела фигуру на стене. Она оказалась вполне сходной с фигурой самого отверстия. Я повторил эту операцию, прикрепляя нить по очереди ко всем углам книги и многим другим ее местам. Из всех этих фигур образовалась наконец одна, имевшая тем большее сходство с очертаниями книги, чем дальше находилась стена от отверстия»<sup>4</sup>.

Третью главу Кеплер посвящает основам катоптрики — так в то время назывался раздел оптики, излагавший законы отражения света и их применение к устройству оптических инструментов. Излагая здесь в общем известный и ранее материал, Кеплер опровергает взгляды Евклида, Альхазена и Вителло на характер отражения от сферических зеркал, доказывая, что изображение предмета не всегда лежит на перпендикуляре, опущенном из предмета на зеркало.

Представляет интерес произведенный здесь Кеплером анализ обстоятельств, от которых зависит определение с помощью глаз расстояния до видимых предметов. Кеплер дает следующее решение этого вопроса: так как оба глаза направлены в одну точку, то при определении расстояния до предмета наблюдатель произвольно пользуется методом триангуляции, определяя боковую сторону равнобедренного треугольника, основанием которого является расстояние между зрачками, а вершиной — соответственная точка предмета.

Признавая, однако, что и один глаз видит светящуюся точку на известном расстоянии перед собой, Кеплер заключает, что и с одним глазом наблюдатель может произвести надлежащую триангуляцию, причем в этом случае основанием треугольника является диаметр зрачка. Этот треугольник Кеплер назвал «дистанциометрическим треугольником» и сформулировал правило: глаз видит светящуюся точку в вершине конуса лучей, достигающих зрачка.

Наибольшее значение в истории развития оптики имеют четвертая и пятая главы «Дополнений», в которых Кеплер разрабатывает математическую теорию рефракции и физико-физиолого-психологическую теорию механизма зрения.

До Кеплера господствовало мнение Птолемея, что при преломлении световых лучей угол преломления пропорционален углу падения. При помощи остроумного опыта Кеплер доказал, что закон Птолемея в общем случае неверен, и приблизительно выполняется лишь при малых (до  $30^\circ$ ) углах падения. Кеплер предложил следующую формулу (в современных обозначениях):

$$\alpha = n \beta + n_1 \cdot \sec \beta,$$

где  $\alpha$  — угол падения,  $\beta$  — угол преломления, а  $n$  и  $n_1$  — константы. Под углом преломления Кеплер подразумевал угол отклонения преломленного луча от падающего. Кеплерово выражение закона рефракции оказалось неточным, но оно сыграло важную роль в развитии теории оптических инструментов.

Красноватый цвет Луны Кеплер правильно объяснил явлением рефракции. Явление солнечной короны во время полного солнечного затмения Кеплер объяснял существованием или атмосферы Солнца или атмосферы Луны. Здесь же Кеплер рассматривает способ определения географических долгот с помощью солнечных затмений, обеспечивающий довольно высокую точность.

Исследуя явление рефракции, Кеплер открыл явление полного внутреннего отражения.

Перед тем как перейти к теории зрения, Кеплер описывает анатомическое строение глаза (по Иесениусу). До Кеплера не было даже единого мнения и четкого представления о роли основных частей органа зрения. Так, Порта считал, что изображение получается на хру-

сталике, а Мавролик, ближе других подошедший к правильному пониманию природы видения, полагал, что образ в глазу не может быть обращенным. Отсюда, по Мавролику, совокупность лучей, соединяющих точки наблюдаемого объекта с соответственными точками изображения в глазу, имеет вид усеченного конуса с большим основанием на объекте и меньшим — на сетчатке («на разветвлении зрительных нервов»).

Точка зрения Кеплера в основном очень близка к современной, если не совпадает с ней полностью. Зрение обусловливается проекцией внешних предметов на сетчатку, но «то, что снаружи лежит справа, внутри [т. е. на сетчатке] изображается слева, то, что снаружи находится наверху, внутри изображается снизу». Таким образом, Кеплер считает, что лучевые конусы, исходящие из точек предмета и имеющие общим основанием зрачок, преломляются хрусталиком так, что позади него снова образуются конусы, вершины которых лежат на сетчатке и здесь дают обратное изображение светящегося предмета.

Кеплер считает также, что полученное на сетчатке изображение предмета переносится в зрительные центры («седалище зрительной способности» в буквальном переводе) мозга, где и воспринимается сознанием как прямое. Кеплер выражает уверенность, что если отпрепарировать соответственные оболочки на задней поверхности глазного яблока, то изображение на сетчатке можно наблюдать непосредственно (сам он такого опыта не ставил). Аккомодацию глаза, т. е. его приспособление к ясному видению предметов на разных расстояниях, Кеплер объясняет сжатием либо расширением хрусталика, или приближением сетчатки к нему, или же обеими причинами вместе. Близорукость и дальнозоркость он (как, впрочем, и Мавролик до него) относит за счет неправильной кривизны хрусталика. Иррадиацию, явление, состоящее в том, что светлые предметы на темном фоне кажутся больше своих настоящих размеров, он тоже пытается объяснить с помощью своей теории.

Здесь же Кеплер впервые кратко, но верно объясняет действие собирающих очковых линз, применяемых для исправления дальнозоркости, и рассеивающих линз — для исправления близорукости. Кеплер ввел термины «сходимость» и «расходимость» и показал, что линзы исправляют дефекты зрения, изменяя сходимость лучей пучка

deatur. Nisi enim perspicilla adhibeant, fiet illis, quod prop. 27 dictum est: conus nempe tam remoti puncti terminabitur, antequam retinam attingat, & progressus se rursus dilatabit, itaque cum latitudine incidet in retinam, & conus se mutuo turbabunt & confundent. Egregiè confirmat me experientia. Duos novi non humilis fortis viros, quorum alter minutissimas legit literulas,



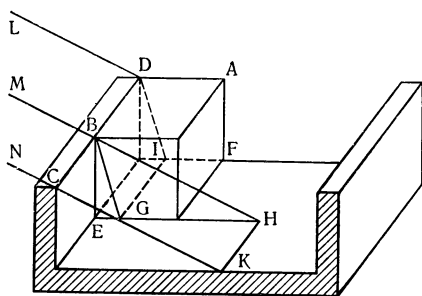
sed ita propè admouet oculis, vt non possit vtroque simul oculo vti. Idem intra decem passus discreto visu non pertingit, sed meras nebulas aspicit. Eum tamen perspicilla profundæ cavitatis adiuuant, ad remotiora percipienda: quibus quidem perspicillis meus visus planè confunditur, quamuis ipse quoque vtat cauis, sed æquabilioribus. Alteria pridem fato functus, ad propinqua penè cæcus, ad remota lynceus erat; adeò vt in domo aliquot stadiis distante, recentes tegulas, veteribus immixtas, se numerare gloriaretur. Specillis convexis adhibitis, & charta, quantum brachio poterat, eminus explicatâ, legebat non malè. Audiat Aristotelem, si quis meis experimentis minus adhibet fidei. Sectione 31. Problem. 8. 15. 16. 25. planè hoc querit, qui fiat quod  $\mu\omega\pi\tau\tau\epsilon$  &  $\pi\tau\tau\beta\epsilon\tau\lambda\alpha$ , contraria patiantur, illi propè admoecant, hi remoueant ea, quæ sunt lustraturi, & illi quidem visu hebeti, minuscultas tamen scribant literulas.

Addo & schemata, ne quid desideretur. Sit  $\alpha\beta\gamma\delta$  specillum cauum, punctum lucidum adeò remotum sit, vt radiationes propemodum paralleli sint, veniant inquam  $\theta\alpha$ ,  $\theta\beta$  radiationes ab eodem lucente puncto, quia ergò  $\alpha\beta$  densioris superficies caua est, cuius centrum  $\lambda$  inter  $\theta$ . Ergò  $\theta\alpha$  refringetur ad perpendicularem  $\lambda\alpha$  continuatam, quare in  $\alpha\gamma$  versus exteriora, &  $\theta\beta$  versus  $\lambda\beta$  continuatam, iterumq; in exteriora in  $\beta\delta$ . sicque  $\theta\alpha$ ,  $\theta\beta$  paralleliprius, iam diuariantur. Et quia  $\gamma\delta$  caua superficies est densio-

Страница из книги «Дополнения к Вителлию» с изображением системы линз, позже использованных в телескопе голландского типа

света, прежде чем тот попадет в глаз. Термины «оптическая ось» и «мениск» тоже введены в научное обращение Кеплером.

Уже в «Дополнениях» Кеплер очень близко подходит к разработке теории оптических инструментов. Здесь им,



*К исследованию Кеплером  
закономерностей преломления  
света*

в частности, рассмотрен ход лучей в оптической системе, состоящей из двояковыпуклой и двояковогнутой линз.

Это малоизвестное обстоятельство говорит нам о том, что Кеплер за несколько лет до появления «голландской» или «галилеевой» астрономической трубы дал ее теоретическое обоснование (которое осталось, видимо, тогда незамеченным). Но более основательно он занялся теорией оптических инструментов, услышав об изобретении к 1609 г. в Голландии подзорной трубы и первых результатах наблюдений Галилея.

В результате этих новых исследований в 1611 г. выходит его второе сочинение по оптике «Диоптрика». Кеплер сам вводит этот термин, указывая им, что рассматривает преломление лучей света, в отличие от евклидовой катоптрики, занимавшейся законами отражения. В предисловии он говорит, что именно изобретение телескопа вызвало в нем желание свести принципы этого изобретения к геометрическим законам.

Однако и здесь Кеплеру не удается дать точного выражения для коэффициента преломления, несмотря на многочисленные опыты, в результате которых он обнаружил, что проходящий сквозь стекло луч света, угол падения которого на границе между стеклом и воздухом более  $42^\circ$ , полностью отражается от поверхности раздела. Так было открыто явление полного внутреннего отражения.

Кеплер подчеркивает лишь, что если для углов падения от  $0^\circ$  до  $30^\circ$  их отношение к углам преломления оказывается приблизительно постоянным, то для больших углов признававшаяся прежде всеми исследователями пропорциональность явно не имеет места. «При угле па-

дения  $30^\circ$ , — пишет он, — угол преломления равен  $10^\circ$ . Если бы закон пропорциональности сохранял свою силу, то при угле падения в  $90^\circ$  угол преломления должен был бы равняться  $30^\circ$ , в действительности же, как показывает опыт, он равен  $48^\circ$ . Выражение закона преломления через тригонометрические функции было найдено для частного случая Снеллиусом в 1617 г., а для общего — Декартом в 1637 г.

Однако то, что Кеплеру так и не удалось установить количественного выражения закона преломления, как и то, что ему не был известен закон сопряженных фокусных расстояний, открытый Галлеем лишь в 1693 г., не помешало ему развить в общем правильную теорию действия линз и их систем. Он наблюдает сначала параллельные лучи, падающие на плоско-выпуклую стеклянную линзу, и, принимая за коэффициент преломления отношение  $3:2$ , находит, что лучи пересекаются между собой на расстоянии, приблизительно равном утроенному радиусу кривизны. Для двояковыпуклой симметричной стеклянной линзы фокус, по Кеплеру, приблизительно совпадает с центром кривизны. Кеплер заметил при этом, что идущие от края линзы преломленные лучи не пересекаются в точности с лучами, проходящими через ее центр, — то, что мы называем сферической абберацией. Чтобы освободиться от сферической абберации, он предложил придавать линзам вместо сферической гиперболическую (точнее, гиперболоидную) форму. Кстати, он же считал, что задняя стенка хрусталика глаза также имеет гиперболоидную форму.

До появления «Диоптрики» была известна лишь «голландская», или «галилеева», комбинация линз в зрительной трубе, предсказанная Кеплером в «Дополнениях». Кеплер в «Диоптрике» на основании своих исследований линз не только развил теорию этой трубы, но предложил и другие комбинации, особенно важной из которых была комбинация двух двояковыпуклых линз — основа астрономической трубы Кеплера.

Задача ставится Кеплером так: «С помощью двух двояковыпуклых стекол получить отчетливые, большие, но обратные изображения»<sup>5</sup>. Пусть линза, служащая объективом, находится на таком расстоянии от предмета, что его обратное изображение получается неотчетливым. Если теперь между глазом и этим неотчетливым изображением,

недалеко от последнего, поставить второе собирающее стекло (окуляр), то оно сделает исходящие от предмета лучи сходящимися и даст благодаря этому отчетливое изображение.

Кеплером предусмотрена и возможность получения прямого изображения включением в данную систему третьей линзы.

Преимущество системы, предложенной Кеплером, заключалось прежде всего в большем поле зрения. Лучи света, идущие от звезды, на которую телескоп точно не направлен, проходят через него наклонно и не попадают в центр окуляра. Но в вогнутом окуляре голландской трубы они еще дальше отклонятся от центра и не будут видны, а в выпуклом окуляре системы Кеплера они соберутся к центру и попадут в зрачок глаза. Благодаря этому значительному увеличению поля зрения, на котором все наблюдаемые объекты видны ясно и четко, а также в связи с тем, что здесь в плоскости изображения можно поместить между объективом и окуляром прозрачную пластинку с соответственно отградуированной на ней шкалой или сеткой, обеспечивающей не только наблюдения, но и необходимые измерения, кеплерова труба к 1640 г. вытеснила все прежние системы телескопов. Сам Кеплер не имел ни средств, ни специалистов по шлифовке стекол, чтобы попытаться изготовить свой телескоп, но по его описанию в «Диоптрике» Шейнер уже в 1613 г. построил такой телескоп, применив его сразу же для наблю-



*Один из первых телескопов системы Кеплера*



Et quia imago res visibilis est eversa per unam lentem: Lens vero propior non evertit denuo, quod accipit à Remotiori, sed sic ut accipit, ad oculum transmittit, ex supposito. Accipit autem respectu res visibilis, imaginẽ eversam: Eversam igitur respectu res visibilis ad oculum mittit.

Et quia imago ipsa eversa, prope punctum concursus, major apparet re ipsa, remotius aequalis; & adhuc remotius, minor, per XXXIV. imago igitur hæc sic eversa, ubi fuerit ampliata per lentem propiorem, duobus primis casibus major omninò evadet re ipsa, ultimo casu vel major vel aequalis vel minor, prout fuerit lentis ut inter se proportio, quæ est in arbitrio artificis: certe tamen major, quàm quantam lens, oculo proxima, eam acciperat à lente remotiori, per XXX.

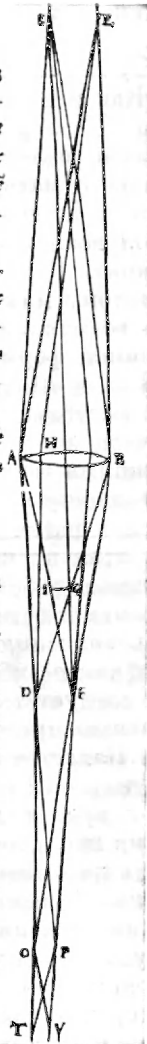
### XXXVII. PROBLEMA.

Duobus convexis distincta præstare visibilia & erecta, sed minora.

Hæc duo convexa oportet in sufficiente discrimine esse convexitatum. Collocetur igitur oculus extra utriusq; puncta concursuum, alterius puncto distinctiõni propior à reliqui puncto distinctiõni remotior, ut ita neutro solitario eversa distinctè cernantur. Si enim fuerint lentes hoc situ cum oculo in eandem lineam compositæ, contraria vitia se mutuo tollent, & distinctio sequetur.

Ut autem & erecta sit imago, oportet eam bis everti. Et ut hoc fiat lentem propiorem oportet ipsam etiam esse remotam à remotiore ultra illius puncta concursus.

F 2      Sit



Страница из «Диоптрики». Чертеж оптической системы

дения солнечных пятен и изучения вращения Солнца вокруг собственной оси. Позже им же была изготовлена и труба с прямым изображением (из трех линз).

Как и в «Новой астрономии», в своих оптических работах Кеплер стремится опираться на тщательное исследование явлений и эксперименты с тем, чтобы на базе опытного материала построить математическую теорию данного процесса или явления природы. Там, где Кеплер такой возможности не видел, он терял интерес к исследованию. И справедливо замечает Гете, что Кеплер именно потому мало занимался теорией цвета, что не видел еще возможности выразить цветовые явления в количественной форме.

Как в «Дополнениях», так и в «Диоптрике» был изложен настолько новый и революционный материал, что он сначала не был понят и не скоро одержал победу над прежними взглядами. Вклад Кеплера в оптику не был по-настоящему оценен и в последующие времена. Сравнивая вклад в развитие оптики Кеплера и Ньютона, современный итальянский ученый В. Ронки пишет: «Гениальный комплекс работ Кеплера содержит все основные понятия современной геометрической оптики: ничто не утратило здесь значения за минувшие три с половиной столетия. Если какое-либо из положений Кеплера забыто, то об этом следует только пожалеть. Нынешнюю оптику можно с полным правом назвать кеплеровской»<sup>6</sup>. И далее: «Оптика Кеплера, великолепная по своему значению и влиянию на последующие поколения, плодотворности в научной и практической области, жизненности, устойчивости против нападков критики, выдержала испытания временем вплоть до нынешних дней»<sup>7</sup>. Но «бесспорно, что в наши дни имя Кеплера в оптике почти забыто. Его имя сейчас упоминается лишь иногда в названии зрительной трубы с окуляром, сводящим лучи (многие называют ее просто астрономической). Рядовой человек может подумать, что Кеплер никогда не занимался углубленно оптикой, а был астрономом, которому однажды пришла счастливая мысль использовать положительный окуляр»<sup>8</sup>.

Лишь в последние годы вклад Кеплера в развитие оптики был подвергнут переоценке и было воздано должное его выдающимся достижениям.

### Кеплер и Галилей

Когда 25-летний Кеплер, никому еще не известный преподаватель протестантской школы в Граце, выпустил свое первое астрономическое сочинение «Космографическая тайна», его знаменитый современник — 32-летний Галилей уже четыре года занимал кафедру математики в Падуанском университете (Венецианская республика). Их знакомство так и осталось заочным, и тем не менее вопрос о взаимоотношениях между двумя крупнейшими учеными того времени невозможно обойти в биографии одного из них.

Галилео Галилей, великий итальянский философ, физик и астроном, родился 15 февраля 1564 г. в г. Пизе (Тоскана) в обедневшей дворянской семье. Его отец — Винченцо Галилей — происходил из Флоренции, имел основательные познания в области математики, но занимался преподавательской, композиторской и исполнительской деятельностью в области музыки, а также ее теорией и историей. Изданная в 1581 г. книга Винченцо Галилея «Диалог об античной и современной музыке» пользовалась в свое время большой популярностью и внимательно изучалась позже Кеплером в его поисках мировой гармонии.

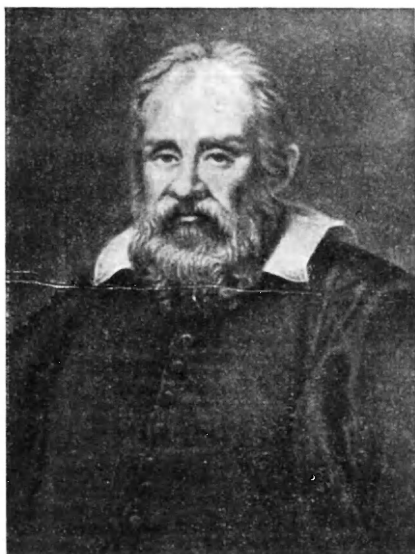
Детство Галилея прошло во Флоренции. Еще тогда он обнаружил склонность к механике, изготавливая модели различных механизмов, но, желая как-то преодолеть материальные затруднения в семье, его хотели готовить сначала к торговой деятельности. Впрочем, в тогдашней Италии флорентийский купец или промышленник, занимающийся наукой либо искусством, встречался довольно часто.

Но необыкновенные способности юного Галилео к учению изменили намерения отца, и коммерцией пожертвовали в пользу менее прибыльной медицины. 17-летний юноша поступает на медицинский факультет Пизанского университета. Однако интересы Галилео настолько не соответствовали изучавшимся им там наукам, что, невзирая на свое глубокое уважение к отцу и понимание финансового положения семьи, он оставил университет незадолго до окончания (в 1585 г.).

Возвратившись во Флоренцию, Галилео тайком берет уроки математики у друга отца Риччи. Уже в следующем, 1586, году, усвоив сочинения Евклида и Архимеда, Платона и Аристотеля, схоластов XIV века, в том числе и антиаристотелевские трактаты номиналистов, Галилей самостоятельно разрабатывает проблему гидростатического равновесия, готовится исследование о гидростатических весах, пишет трактат о центре тяжести тяжелых тел. Еще раньше, наблюдая качания люстры в пизанском соборе, Галилей открывает закон изохронности колебаний маятника, вскоре примененный в изобретенном им приборе — своеобразном метрономе для отсчета пульса («pulsilogium»). Вокруг молодого Галилея образуется кружок друзей — любителей науки и научных корреспондентов, в числе которых особую роль сыграл маркиз Гвидобальдо дель Монте, автор работ по механике и математике. Гвидобальдо с помощью брата-кардинала и других влиятельных знакомых добился в 1589 г. назначения Галилея профессором математики с очень небольшим жалованьем все в тот же Пизанский университет.

В университете непререкаемым авторитетом пользовалось учение Аристотеля. Читая здесь лекции по философии и математике, Галилей очень скоро убедился в несостоятельности многих положений перипатетиков — последователей этого учения. Например, ставя опыты с падением тел, он обнаружил неправильность утверждения Аристотеля о пропорциональности скорости падения весу тел. Выступления против учения Аристотеля привели вскоре Галилея к конфликту с университетскими преподавателями и властями, материальное же положение его тем временем ухудшилось, так как после смерти отца в 1591 г. на плечи Галилея легли заботы о семье.

Гвидобальдо снова помог: в 1592 г. Галилею была предложена кафедра математики университета в Падуе



*Галилео Галилей*

(Венецианская республика). С переездом осенью того же года в Падую у Галилея начался новый период жизни и творчества.

Прежде всего улучшилось его материальное положение: помимо жалованья, он получал некоторый доход от продукции созданной им в Падуе мастерской, в числе изделий которой были приборы и механизмы, изобретенные Галилеем. Кроме того, у Галилея брали частные уроки отпрыски богатых аристократических семейств. Впрочем, денег не хватало — чем больше он зарабатывал, тем больших расходов требовало его повышавшееся общественное положение...

В Падуе Галилей устанавливает законы динамики, изобретает предшествовавший термометру термоскоп, строит телескоп и обогащает астрономию своими открытиями. Здесь же он разрабатывает физическую и философскую аргументацию в пользу системы Коперника.

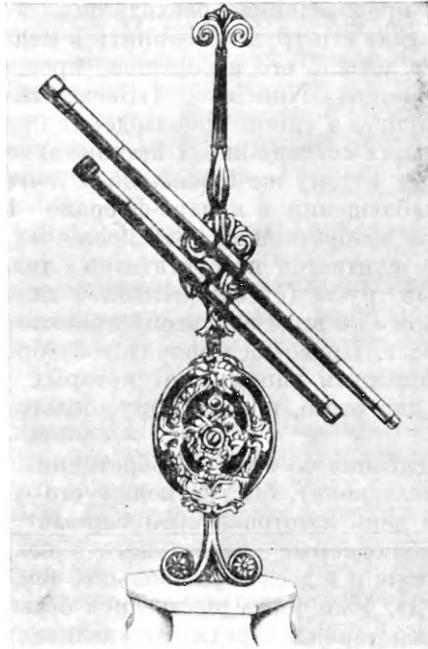
Есть указания на то, что Галилей был обращен в коперниканство тем же человеком, кто ввел в курс этого

учения Кеплера, т. е. Мёстлином, во время путешествия того по Италии. Но скорее всего Галилей еще в юношеские годы самостоятельно познакомился с книгой Коперника и его теорией, и значительная часть последующей жизни Галилея была отдана тому, чтобы придать гелиоцентрической системе физически наглядный, рациональный и общедоступный вид. Борьба за систему Коперника была у Галилея борьбой за новое мировоззрение, борьбой против реакционной церковно-схоластической идеологии.

Как уже упоминалось, знакомство Кеплера и Галилея состоялось посредством переписки по поводу посланной Кеплером Галилею книги «Космографическая тайна». Галилей получил эту книгу, по-видимому, 4 августа 1597 г. и в тот же день написал Кеплеру ответ.

«Ваша книга, о ученнейший муж, которую Вы переслали мне через Пауля Амбергера, попала ко мне буквально несколько часов тому назад, и так как этот Пауль сообщил, что возвращается в Германию, я считал бы себя неблагодарным, если бы не выразил Вам этим письмом свою признательность. Я благодарен Вам особенно за то, что Вы считаете меня достойным такого доказательства Вашей дружбы. Пока что я прочел только введение, но из него узнал в некоторой мере Вашу цель, и я поздравляю себя с тем, что мне улыбнулась судьба найти такого человека в качестве союзника в поисках правды... Прискорбно, что лишь так немногие ищут правду и не следуют ложному методу мышления. Но здесь уместно не сетовать на мизерию нашего века, а радоваться с Вами столь прекрасным мыслям, утверждающим правду. Итак, я добавлю только обещание, что в свободное время прочту Вашу книгу, так как уверен, что найду в ней самые прекрасные вещи...

...Много лет назад я обратился к идеям Коперника, и с помощью его теории мне удалось полностью объяснить многие явления, которые не могли быть в общем объяснены посредством противоположных теорий. У меня появилось множество аргументов, опровергающих противоположные представления, но я их до сих пор не решился опубликовать из боязни столкнуться с той же судьбой, которая постигла нашего Коперника, хотя и заслужившего бессмертную славу среди немногих, но представлявшего большинству заслуживающим освистания и осмеяния, до того велико количество глупцов. Я бы все же ре-



*Первые телескопы Галилея*

шился выступить с моими размышлениями, если бы было побольше таких людей, как Вы, поскольку же это не так, я избегаю касаться указанной темы»<sup>1</sup>.

Кеплер был очень рад тогда письму Галилея, о чем немедленно сообщил Мёстлину. Отвечая Галилею, он писал: «Будьте увереннее и продолжайте Ваше дело. Если Италия неудобна для издания Ваших сочинений и Вы предполагаете встретить препятствия к этому, то, может быть, Германия даст нам необходимую для этого свободу»<sup>2</sup>. Святая простота!

Галилей начал публиковаться поздно. Его первое произведение — наставление по применению пропорционального циркуля в военном деле — было опубликовано только в 1609 г., когда 42-летний профессор Падуанского университета был уже широко известен в научных кругах и

многие его произведения расхóдились в рукописях. Но в одном случае его трудно обвинить в медлительности: в марте 1610 г. вышло его небольшое произведение под названием «*Sidereus Nuncius*» («Звездный вестник»). Вряд ли когда-либо в одном произведении впервые сообщалось о стольких сенсационных астрономических открытиях, сделанных к тому же буквально в течение нескольких ночных наблюдений в январе-феврале 1610 г. с помощью недавно изобретенного телескопа.

Галилей не считается изобретателем телескопа, первые зрительные трубы (с объективом в виде выпуклой линзы, окуляром — в виде вогнутой) появились в Голландии около 1608 г. Право на приоритет изобретения оспаривалось несколькими лицами, из которых оптик Липперстейг имел для этого, по-видимому, больше оснований, чем другие.

Галилей, услышав об этом изобретении (но не зная конструкции телескопа), быстро понял его устройство, а на следующий день изготовил свой первый инструмент, такой, что наблюдаемые через него объекты казались «в три раза ближе и в десять раз больше, чем при взгляде простым глазом». Уже через шесть дней была готова труба, которая представляла предметы увеличенными, более чем в шестьдесят раз, а еще через некоторое время появился «инструмент настолько совершенный, что при взгляде через него предметы казались почти в тысячу раз крупнее и более чем в тридцать раз ближе, чем видимые естественным образом».

В ночь на 7 января 1610 г. Галилей направляет свою зрительную трубу («*Conspicilla*») на небо — и в этом его бессмертная заслуга перед наблюдательной астрономией.

Первое, что он увидел, был лунный пейзаж — цирки, горные цепи и вершины, бросающие тени на лунные долины. Луна похожа на Землю — факт не в пользу религиозных догм и учения Аристотеля об особом положении Земли среди небесных тел! Млечный Путь состоит из отдельных бесчисленных звезд. Возле Юпитера Галилей замечает маленькие звезды (сначала три, потом еще одну), которые уже на следующую ночь изменили свое положение относительно планеты. Галилею с его кинетическим восприятием явлений природы недолго пришлось раздумывать — перед ним спутники Юпитера. Он называет их «медицейскими звездами» (в честь его тосканских покров-



вителей — герцогов Медичи). Наличие спутников у планеты Юпитер — еще один довод против исключительного положения Земли.

Эти сведения вместе с рассказом об изготовлении Галилеем телескопа были им спешно опубликованы. Его открытия привлекли всеобщее внимание, но реакция на них была разной.

Кеплер узнал об открытиях Галилея очень скоро, 15 марта 1610 г., от своего друга Вакгера. Лучшее представление о его реакции дают нижеследующие выдержки из его открытого письма к Галилею, написанного 19 апреля того же года и вскоре опубликованного отдельным изданием.

«И вот около мартовских ид (т. е. 15 марта) через скороходов пришла в Германию весть, что ты, мой Галилей, вместо чтения чужой книги занялся собственной невероятнейшего содержания о четырех до сих пор неизвестных планетах (уже не говорю о других главах книги), найденных при помощи двойной зрительной трубы; когда это перед моим домом сказал мне с повозки советник его императорского величества и референдарий священной императорской консистории Иоганн Матвей Вакгер фон Вакенфельс, то меня в размышлении об услышанном охватило такое удивление, такие сильные поднялись душевные движения (как будто неожиданно разрешились старинные наши небольшие споры), что он от радости, я же от стыда, оба от смеха, смущенные новостью, еле могли успокоиться, он рассказывал, я же слушал. Мое изумление усилилось из-за уверения Вакгера, что об Галилее это пишут славнейшие в науке мужи, серьезностью и постоянством далеко отстоящие от общественной суеты, и что эта книга уже находится в печати и придет со следующими гонцами.

Уходя от Вакгера, я был взволнован авторитетом Галилея, приобретенным правильностью суждений и остротой ума. Поэтому я размышлял о том, возможно ли увеличение числа планет, если только верна моя «Космографическая тайна», которую я выпустил в свет тринадцать лет тому назад; в ней пять известных евклидовых тел, которые Прокл, следуя Пифагору и Платону, называет космическими, допускают не более шести планет вокруг Солнца.

Как видно из предисловия к упомянутой книге, и я

искал тогда, не будет ли вокруг Солнца больше планет, но напрасно.

Все это во время размышлений приходило мне на ум, и я на повозке отправился к Вакгеру; если Земля, по Копернику, одна из планет, имеет свою движущуюся вокруг нее Луну и выходящую из общего счета, то, конечно, могло случиться, что Галилей действительно мог увидеть еще четыре Луны, вращающиеся в очень тесных пределах вокруг малых тел Сатурна, Юпитера, Марса и Венеры; Меркурий же, самый последний из окружения Солнца, настолько погружен в его лучи, что в нем Галилей до сих пор не мог заметить чего-нибудь подобного.

Вакгер же, наоборот, считал, что эти новые планеты должны, без сомнения, вращаться вокруг некоторых из неподвижных звезд (это он уже очень давно говорил мне на основании рассуждений кардинала Кузанского и Джордано Бруно); если до сих пор четыре планеты там еще скрывались, то что же может препятствовать мысли о возможности после этого начала сделать открытия там еще бесчисленного множества новых планет... Так думал я и так он, и мы обнадеженные ждали книгу Галилея, необычайно желая прочесть ее<sup>3</sup>.

Вскоре Кеплеру удалось познакомиться с книгой Галилея, полученной императором, — тот интересовался астрономическими открытиями, точнее, возможностью их использования в астрологии, а затем Кеплер получает дарственный экземпляр от Галилея с просьбой дать на него отзыв. Уже 19 апреля этот отзыв — знаменитый «Разговор со звездным вестником» («Dissertatio cum Nuntio Sidereo») — был отправлен Галилею, затем отпечатан в типографии, после чего неоднократно переиздавался. Это замечательное письмо является характерным образцом информационного источника, с помощью которого распространялись тогда сведения о научных исследованиях — ведь научной периодики тогда еще не существовало. Приведенный выше отрывок как раз и взят из этого письма. Но его содержание этим не исчерпывается.

В «Разговоре» Кеплер, в отличие от некоторых своих современников, абсолютно доверяет тому, что видел Галилей в телескоп, галилеевской тщательности в наблюдениях и надежности полученных им данных и дополняет мысли Галилея большим количеством ссылок на литера-

турные источники в духе лучших традиций гуманизма.

«Может быть, я покажусь слишком смелым, — пишет он, — если так легко поверю твоим утверждениям, не подкрепляясь никаким собственным опытом. Но почему же мне не верить ученойшему математику, о правоте которого свидетельствует самый стиль его суждений, который далек от суетности и для стяжения общего признания не будет говорить, что он видел то, чего на самом деле не видел, не колеблясь из любви к истине противоречить распространеннейшим мнениям»<sup>4</sup>. Кеплер не сомневается в открытии Галилеем четырех спутников Юпитера, более того, он пишет: «Лучше я пожелаю, чтобы у меня была готова зрительная труба, с которой я обогнал бы тебя в открытии двух (так, мне кажется, требует пропорция) спутников Марса и шести или восьми сатурновых, в котором, может быть, прибавятся один-другой вокруг Венеры и Меркурия»<sup>5</sup>.

Высказанное здесь Кеплером предположение о существовании спутников у Марса и Сатурна оказалось верным, хотя и не имело ничего общего с «пропорциональностью». Два спутника Марса — Фобос («Страх») и Деймос («Ужас») — удалось обнаружить с помощью сильного телескопа только в 1877 г. во время великого противостояния Марса; девять спутников Сатурна были открыты между 1655—1898 г.

Кеплер предлагает далее Галилею свою помощь «против брюзжащих критиков всего нового, для которых неизвестное невероятно, и все, что лежит по ту сторону от аристотелевского пограничного столба, представляется вредным и кощунственным»<sup>6</sup>.

Обстоятельно разбирается в «Разговоре» вопрос об астрономической трубе: что говорилось еще у Порты, что описано самим Кеплером в 1604 г. в «Дополнениях», что нового внесено Галилеем. Ссылаясь на свои рассуждения в «Дополнениях» о свойствах системы из выпуклой и вогнутой линз, Кеплер пишет: «Описание этого самого в моей книге может напомнить интересующемуся читателю о [его] устройстве, в особенности, если чтение моих объяснений соединить с текстом Порты»<sup>7</sup>.

Естественно было поставить вопрос и о том, почему он, Кеплер, разобравшись в свойствах и взаимодействии линз, сам не попытался использовать их комбинацию для астрономических наблюдений. И Кеплер ставит этот воп-

рос и отвечает на него: он считал, что это было бесполезно, так как при сильном увеличении вследствие «небесной субстанции» все равно нельзя было бы различить никаких подробностей, ведь и на Земле мелкие части видимых предметов в удалении становятся неясными из-за толщины слоя воздуха.

Среди высказанных Кеплером в «Разговоре» (и других сочинениях) мыслей Галилей многого не смог оценить. Он игнорировал такое достижение Кеплера, как отказ от концепции равномерного движения планет, не признал он и гениальную мысль Кеплера, объяснявшую причины морских приливов и отливов притяжением земных тел, как и вообще любые рассуждения о взаимодействии небесных тел. Позже, в знаменитых «Диалогах», Галилей, рассуждая о природе приливов, писал: «Среди великих людей, рассуждавших об этом поразительном явлении природы, более других удивляет меня Кеплер, который, обладая умом свободным и острым и будучи хорошо знаком с движениями, приписываемыми Земле, допускал особую власть Луны над водой, сокровенные свойства и тому подобные ребячества»<sup>8</sup>.

Тем не менее мощная дружеская поддержка пражского астронома была оценена Галилеем, тем более, что наряду с признанием и славой «Звездный вестник» вызвал и многочисленные открытые выступления против Галилея, некоторые из них вызвали новое выступление Кеплера в защиту Галилея.

Об атмосфере, окружающей открытия Галилея, можно составить представление по его письму к Кеплеру, написанному в августе 1610 г.:

«Посмеюсь, мой Кеплер, великой глупости людской. Что сказать о первых философах здешней гимназии, которые с каким-то упорством аспида, несмотря на тысячекратное приглашение, не хотели даже взглянуть ни на планеты, ни на Луну, ни на телескоп. Поистине, как у того нет ушей, так и у этих глаза закрыты для света истины. Удивительно, но меня не дивит. Этот род людей думает, что философия какая-то книга, как «Энеида» или «Одиссея», истину же надо искать не в мире, не в природе, а в сличении текстов. Почему не могу посмеяться вместе с тобой? Как громко расхохотался бы ты, если бы слышал, что толковал против меня в присутствии великого герцога Пизанского первый уче-

ный здешней гимназии, как силился он логическими аргументами как бы магическими прельщениями отозвать и удалить с неба новые планеты»<sup>9</sup>.

Галилей горячо благодарит Кеплера «как первого и почти единственного, подарившего высказывания, полные доверия».

Возбужденный открытиями Галилея, Кеплер возвращается к рассмотрению оптических вопросов. Уже через несколько дней после окончания «Разговора» у него созрел проект нового телескопа. За два месяца — август-сентябрь 1610 г. — была написана «Диоптрика». О значении этой основополагающей работы выше уже говорилось. К сказанному добавим, что сам отец новой наблюдательной астрономии Галилей немного сделал для развития оптики и, видимо, не смог усвоить рассуждений Кеплера из «Диоптрики». Итальянец Джованни Тарде записал в своем дневнике, что когда в ноябре 1614 г. он обратился к Галилею с просьбой сообщить подробности об устройстве и расчете телескопа, ответ Галилея гласил: «Эта наука еще недостаточно хорошо известна, он не знает никого, кто ею бы занимался, если не вспомнить о Иоганне Кеплере, императорском математике, который написал об этом книгу, но настолько темную, что ее, пожалуй, никто не понял».

Галилей, располагая прекрасной мастерской, во многом содействовал распространению своих телескопов, но не стал заниматься их дальнейшим усовершенствованием, и еще при его жизни эти телескопы были почти полностью вытеснены телескопами другого, кеплеровского типа.

Однако пока у Кеплера не было ни средств, ни специалистов, которые могли бы ему помочь в сооружении инструмента, чтобы он мог повторить наблюдения своего итальянского коллеги.

Кеплер вынужден обратиться с просьбой к Галилею помочь ему приобрести телескоп. Но тот отказывает под предлогом, что лучший его инструмент поступил в галерею великого герцога Тосканского для вечного хранения среди особых драгоценностей. Счастье улыбнулось Кеплеру с другой стороны: привез с собой телескоп (подарок Галилея) остановившийся ненадолго в Праге кельнский курфюрст Эрнст. На одиннадцать ночей инструмент попадает в распоряжение Кеплера, который с

двумя помощниками по-очереди\* ведут наблюдения за спутниками Юпитера. При этом каждый самостоятельно зарисовывает виденное, а затем результаты наблюдений сравниваются и совместно изучаются. 9 сентября инструмент пришлось возвратить, а уже 11-го был готов отчет о наблюдении, тут же изданный под названием «Narratio de observatis quatuor Jouis satellitibus» — «Рассказ о наблюдении четырех спутников Юпитера». Как и «Рассуждение о звездном вестнике», он был немедленно переиздан в Италии и затем включался во все собрания сочинений Галилея, поскольку в нем исключительно ярко отображалась реакция ученого-теоретика на результаты удивительных наблюдений Галилея. С легкой руки Кеплера термин «сателлит» (лат. *satelles* — телохранитель) занял в западноевропейских языках то же место для обозначения естественных спутников планет, какое через 350 лет заняло русское слово «sputnik» для искусственных.

Наблюдения окончательно убедили Кеплера в том, что вокруг Юпитера обращается несколько спутников, которые видимы в телескоп как маленькие звездочки, довольно быстро изменяющие свое положение. Более того, Кеплеру показалось было, что ему удалось открыть и спутники у Марса. Он пишет:

«Утром первого сентября через час или два после полуночи... разглядывая Марс, мы увидели в инструмент четыре маленькие звезды, пятую несколько дальше, а шестую совсем близко к нему... Итак, когда Галилей прислал сюда анаграмму из 37 букв, в которых, как он сказал, содержится новое наблюдение, еще более удивительное, чем первое — четыре спутника Юпитера, то я эти буквы ради памяти, как смог, превратил в следующий полуварварский стих:

*Salve ut bistineum geminatum Martia proles\*\*.*

У нас появилась мысль, не видим ли мы несколько таких небольших лун и вокруг Марса? Однако наблюдения следующих дней показали, что Марс, хотя и медленным движением, ушел к востоку от семи этих звездочек и

\* В качестве одного из помощников Кеплера в наблюдениях участвовал Бенъямин Урсинус, позже издавший первую на европейском континенте таблицу логарифмов (по Неперу).

\*\* Слава вам, о близнецы, щитоносное Марсово племя.

был совершенно обнаженным. Таким образом оказалось, что это были неподвижные звезды, о которых в дальнейшем я не буду упоминать».

Говоря об анаграмме (перестановке букв), Кеплер имеет в виду следующее: еще в «Звездном вестнике Галилей упоминает о некоем удивительном наблюдении, в котором он не был пока вполне уверен и в то же время желал закрепить за собой приоритет в новом открытии. Поэтому он использовал достаточно распространенный в те времена прием, заключающийся в том, что сущность открытия шифровалась в фразе или наборе букв, составленных из тех же букв, которые заключались в формуле открытия. Таким образом смысл фразы оставался известным только самому автору. Это давало возможность ученому, не спеша, убедиться в правильности своего открытия и лишь после этого раскрыть секрет анаграммы. В случае же повторения данного открытия другим лицом, можно было со ссылкой на анаграмму восстановить свой приоритет.

Приведенная в «Звездном вестнике» анаграмма имела следующий вид:

«Smaismrmielmepoetalevmibvnnvngttaviras».

Восстановить содержащийся в этом зашифрованном сообщении смысл путем проверки всевозможных перестановок с повторениями совершенно невозможно. В самом деле, без учета деления фразы на слова, для этого следовало бы проверить различные расположения букв, общее количество которых выражается 35-значным числом! Если предположить, что нужно затратить по минуте на фразу, то за год удастся перебрать лишь около 526 тысяч комбинаций (шестизначное число), т. е. провести совсем незначительную часть требуемой работы.

Тем не менее Кеплер попытался проникнуть в сокровенный смысл заявки Галилея и, затратив немало труда, достиг, как ему показалось, цели, составив из приведенного выше набора букв восемь латинских фраз, в том числе и уже упомянутую фразу, в которой не были использованы две буквы:

«Salve, ut bistineum geminatum Martia proles». Кеплер, как видим, решил, что Галилею удалось открыть спутники Марса, в существование которых, как уже упоми-

налось, Кеплер поверил после открытия Галилеем спутников Юпитера. Решение было послано Галилею. Но оказалось, что тот имел в виду другое, а именно: «*Altissimum planetam tergeminum observavi*», т. е. «высочайшую планету тройною наблюдал».

Заметив в свою, вообще-то говоря не очень совершенную, астрономическую трубу, что Сатурн имеет по бокам какие-то придатки, Галилей не смог понять, в чем дело, и решил сначала, что по бокам у Сатурна две маленькие и очень близко к нему расположенные звездочки. Вскоре эти придатки по непонятной Галилею причине вообще перестали быть видимыми, и он решил что его наблюдение было оптической ошибкой. Лишь почти полвека спустя, в 1658 г., секрет этого странного феномена был понят Христианом Гюйгенсом, который наблюдал Сатурн с помощью телескопа кеплеровой системы. Он также скрыл сначала свою догадку с помощью тайнописи:

«Aaaaaaccccccdeeeeeghiiiiiiilllmmnnnnnnnnnnn-  
oooooqqrrstttttuuuuu»

Через три года, убедившись в правильности догадки, он раскрыл смысл этой зашифрованной записи:

*Annulo cingitur, tenui, plano, nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato*.— «Кольцом окружен, тонким, плоским, нигде не прикасающимся, к эклиптике наклоненным».

Но возвратимся к Галилею. Вскоре он сообщает о новом открытии — опять сначала с помощью анаграммы: «*Haec immatura a me jam frustra leguntur. O. V.*» Этот шифр имел и буквальный смысл: «Этого от меня хотят слишком рано и напрасно». В январе 1611 г. Галилей раскрыл смысл и этой фразы, сообщавшей об открытии фаз Венеры:

«*Cynthia figuras aemulatur mater amorum*».— «Мать любви [Венера] подражает видам Цинтии [Луны]».

Так стало известно еще одно прямое подтверждение того факта, что Венера обращается вокруг Солнца,— системе Птолемея был снова нанесен чувствительный удар.

К сожалению, оживившаяся в связи с наблюдениями Галилея переписка между ним и Кеплером вскоре прекратилась не по вине последнего. На склоне лет, в письме к Фульгенцио Минанцио Галилей пишет: «Я всегда ценил Кеплера за свободный (пожалуй, даже слишком) и острый ум, но мой метод мышления решительно отли-



чен от его, и это имеет место в наших работах об общих предметах. Только в отношении движений небесных тел мы иногда сближались в некоторых схожих, хотя и немногих концепциях, отличающихся общностью оценки отдельных явлений, но это нельзя обнаружить и в одном проценте моих мыслей»<sup>10</sup>.

И об этом можно только сожалеть. Галилей имел возможность ознакомиться с работами Кеплера, но он в соответствии со своей концепцией гармонии равномерных движений не принял даже кеплеровых законов движения планет, не разобрался (или не захотел разобраться) в его оптических работах, отверг его мысли о взаимодействии небесных тел. И трудно это объяснить тем, что в произведениях Кеплера было много мистики, пифагорейской веры в числовую гармонию, произвольных построений, а также слишком витиеватым стилем изложения. В свою очередь Кеплер, испытывавший безграничное уважение, преклонявшийся перед старшим коллегой, не имея личных контактов с Галилеем, о многих его достижениях вообще не имел возможности узнать: Галилей в те годы публиковался мало, к тому же почти все его произведения, кроме «Звездного вестника» («Sidereo Nuntio»), публиковались на неизвестном Кеплеру итальянском языке вместо общепринятой тогда в научном мире латыни. Многие важнейшие результаты Галилея в механике были опубликованы уже после смерти Кеплера.



Как мы уже говорили, оживившаяся было переписка между Кеплером и Галилеем в связи с астрономическими открытиями последнего вскоре заглохла — Галилей не ответил на несколько писем Кеплера. Только в 1627 г. Галилей нарушает молчание, обратившись к Кеплеру с просьбой о протекции одному из своих учеников<sup>11</sup>.

Но оба ученых продолжают активную борьбу за торжество коперниканского учения.

Кеплер в 1617—1621 гг. издает книгу «Очерки (или краткое изложение) коперниканской астрономии» — первый учебник с изложением новой системы строения Солнечной системы (планеты обращаются вокруг Солнца по законам, открытым Кеплером). Галилей в 1632 г. выпускает знаменитое сочинение «Диалог о двух главнейших

системах мира — птолемеевой и коперниковой». По цензурным соображениям (еще в 1616 г. учение Коперника было официально запрещено церковью, и Галилей был предупрежден о недопустимости его пропаганды) Галилей вынужден проявлять осторожность: книга написана в форме диалога между двумя сторонниками Коперника и одним приверженцем Аристотеля и Птолемея, причем каждый из собеседников старается понять точку зрения другого, сначала допустив ее справедливость. В предисловии Галилей вынужден заявить, что, поскольку учение Коперника противно святой вере и запрещено, он вовсе не является его сторонником и что в книге теория Коперника не утверждается, а только обсуждается. Но ни предисловие автора, ни форма изложения не могли скрыть истины: догмы аристотелевской физики и птолемеевой астрономии терпят здесь такой очевидный крах, а теория Коперника, дополненная еще более революционными идеями Джордано Бруно о бесконечности Вселенной и множественности обитаемых миров, настолько убедительно торжествует, что, вопреки сказанному в предисловии, личное отношение Галилея к коперниканству и его убежденность в справедливости этого учения не вызывают сомнения.

Правда, из изложения вытекает, что Галилей все еще верил в равномерное и круговое движение планет вокруг Солнца, т. е. он не оценил и не принял кеплеровых законов движения планет, а также не согласился с предположениями Кеплера относительно причин возникновения приливов и отливов, развив взамен собственную теорию этого явления, оказавшуюся неверной.

Хотя «Диалоги» вышли с разрешения цензуры, и сам папа знал о содержании этой книги, церковь быстро спохватилась — сочинения Галилея внесли в список запрещенных книг, а его самого, больного семидесятилетнего старика, привлекли к суду инквизиции. Под угрозой пыток Галилей, опровергая обвинение в том, что он ослушался постановления о запрещении пропаганды учения Коперника, вынужден был признать, что «неосознанно» способствовал подтверждению правоты этого учения, и публично от него отречься.

Поступая так, Галилей понимал, что затеянный инквизицией процесс не остановит триумфального шествия нового учения, ему же самому нужно было еще время

и возможность для дальнейшего развития заложенных в «Диалоге» идей, чтобы они стали началом классической системы мира, в которой не осталось бы места ни церковным, ни перипатетическим догмам. Церкви же этот процесс нанес непоправимый ущерб (астроном-католик Пласман назвал его «самой роковой ошибкой, которую когда-либо допускали церковные власти относительно науки») <sup>12</sup>.

Первоначально предполагалось после отречения заключить Галилея в тюрьму: «Святейший папа римский определил допросить Галилея под угрозой пытки и, если устоит, то после предварительного отречения, как сильно подозрительного в ереси..., приговорить к заключению» <sup>13</sup>. Впоследствии, однако, тюремное заключение было заменено Галилею домашним арестом под надзором агентов инквизиции.

Но и в этих условиях Галилей сумел сохранить работоспособность и написал книгу «Беседы и математические доказательства о двух новых науках, относящихся к механике и местному движению». Книга была издана в 1638 г. в протестантском Лейдене.

Две новые науки, о которых идет речь в названии, — сопротивление материалов и учение о равномерном ускоренном движении.

Умер Галилей в 1642 г. в окружении своих учеников и... двух агентов инквизиции.

### Из Праги в Линц

В жизни Кеплера, «богатой» лишениями и бедствиями, 1611 год был едва ли не самым трудным и несчастливым. Политические события в стране, междоусобица между покровителем Кеплера императором Рудольфом II и его братом Матвеем привели к вооруженной борьбе и кровопролитию на улицах Праги. Вюртембергские духовные власти еще раз решительно высказались против возвращения Кеплера на родину, против предоставления ему работы в Тюбингенском университете. В дом снова ворвались нужда и смерть. Столь богатый научными результатами и относительно спокойный пражский период явно заканчивался.

В конце 1610 г. тяжело заболела перемежающейся лихорадкой не отличавшаяся и раньше крепким здоровьем жена Барбара. Течение болезни усложнилось припадками эпилепсии и появлением признаков душевного расстройства. Едва только ее состояние несколько улучшилось, как один за другим заболели оспой все трое детей Кеплера — восьмилетняя Сусанна, шестилетний Фридрих и трехлетний Людвиг (падчерица Регина, вышедшая замуж в 1607 г., жила в это время близ Регенсбурга). Сусанна и Людвиг поправились, а Фридриху становилось все хуже. 19 февраля 1611 г. в дом пришло страшное горе — ребенок скончался.

Как раз в эти дни Прага стала ареной военных действий. Продолжавшаяся длительное время вражда между членами династии Габсбургов вылилась с 1608 г. в открытые столкновения между императором Рудольфом II и его братом Матвеем. Борьба велась силами чужеземных солдат, которые держали себя в Чехии как завоеватели, гра-

били и разоряли жителей. В феврале 1611 г. наемники заняли часть Праги. В ответ на солдатские грабежи и насилие с оружием в руках выступили ремесленники. В ходе восстания пражская беднота выступила против католического духовенства, взяла штурмом и разрушила некоторые монастыри.

23 мая 1611 г. Рудольф подписал отречение от чешской короны. Королем Чехии стал его брат Матвей, 13 июня следующего года он был избран и новым императором Священной Римской империи германской нации.

Положение Кеплера, потерявшего непосредственного покровителя, становится совсем шатким и неуверенным. В этих условиях он предпринимает еще одну попытку возвратиться на родину. В предыдущем году император повелел силезским властям, ему подчиненным, выплатить Кеплеру 2000 талеров в счет долга. Однако получить эти деньги у местных властей было почти столь же безнадежным делом, как и в императорской казне. Тем не менее Кеплеру не оставалось ничего другого, как попытаться это сделать. В Силезии служил родственник герцога Вюртембергского. Желая заручиться протекцией, Кеплер пишет письмо в канцелярию герцога в Штутгарт с просьбой оказать воздействие, и одновременно просит выяснить возможность его использования в качестве профессора университета или на государственной службе. Герцог считает, что Кеплер заслуживает высшей похвалы, будет достойным преемником престарелого Мёстлина и обращается за одобрением в консисторию (церковно-административный орган у лютеран, ведавший, в частности, и «вопросами кадров»). Поднимается старое «досье» и оказывается, что Кеплер в свое время высказывался в защиту кальвинистов, считая, что их следует признавать «братьями во Христе». Естественно, нельзя доверить воспитание юношества столь темной личности, которая в молодые души может влить яд кальвинизма! Кроме того, по уставу, университетский преподаватель должен был подписывать так называемую формулу согласия — своеобразный свод законов лютеранства, Кеплер же в некоторых деталях с этим документом не был согласен и не желал его подписывать. Исходя из этих соображений, консистория сочла необходимым просьбу Кеплера отклонить, и герцог вынужден был отказать Кеплеру. Это случилось 25 апреля 1611 г.

Одно время наметилась возможность получить работу в Италии. После переезда во Флоренцию Галилей выдвинул предложение пригласить Кеплера на его место в Падую. Неизвестно, как отнесся бы к этому Кеплер, но до официального предложения дело не дошло. Позже, когда Кеплеру предложили работу в другом итальянском университете, он не принял приглашения.

Еще в декабре 1610 г. у Кеплера состоялся разговор с влиятельными лицами о возможности переезда в Линц — столицу Верхней Австрии. В конце мая 1611 г., сразу же после отречения Рудольфа II от чешской короны, Кеплер поехал в Линц, чтобы предложить там сословному собранию свои услуги в качестве преподавателя и провинциального математика. Его предложение было принято, грамота о приеме на верхнеавстрийскую службу была подписана 11 июня. Итак, вопрос о будущих занятиях как будто был решен. Вскоре поступило еще одно весьма лестное приглашение — после смерти профессора математики Виттенбергского университета Мельхиора, Йостелиуса, Кеплеру было предложено занять его место. Но уверенности не было — тамошняя консистория протезировала более благонадежному, хотя и менее ученому кандидату на это место — Амброзио Родиусу, который в конце концов заменил Йостелиуса.

Добиваясь назначения в Линц, Кеплер думал и о Барбаре. Он надеялся, что в австрийском Линце, ближе к Грацу, она почувствует себя лучше. И расходы на жизнь в провинциальном городе должны были сократиться. Возвращаясь в Прагу, он спешил обрадовать жену доброй вестью, но, приехав 23 июня домой, застал ее тяжелобольной — солдаты завезли в город инфекционные болезни, собиравшие богатую жатву в чешской столице. 3 июля дом Кеплера снова посетила смерть... Кеплер стал вдовцом, а двое его детей — сиротами без матери.

Барбара не оставила завещания на принадлежавшее ей имущество. Кеплеру ничего не досталось, кроме хлопот и улаживания споров в связи с разделом наследства между падчерицей, муж которой, по мнению Кеплера, предъявлял завышенные требования, и детьми Кеплера. Но и покончив с разделом, Кеплер не смог уехать в Линц — поверженный экс-император просил его остаться при нем, и Кеплер не нашел возможным отказаться от этой хлопотливой, «благородной», но неблагоприятной миссии.

Правда, Рудольф ненадолго задержал его — 20 января 1612 г. он умер. В середине апреля Кеплер перевозит осиротевших детей в Кунстштадт, где оставляет их на попечении у одной вдовы, а сам через Брно направляется в Линц. Здесь ему предстоит прожить 14 лет.

Естественно, что переезд в Линц не мог не отразиться на Кеплере безболезненно. Прага в те времена была столицей огромной империи, при дворе и в университете собиравшись многие талантливые и ученые люди, общение с которыми давало Кеплеру огромное духовное удовлетворение. В провинциальном Линце Кеплер возвышался над окружающей средой и своей должностью как нечто громадное, но лишнее и ненужное. Достигаемый при этом раздражающий эффект был взаимным и углубляющимся. В грамоте о его назначении на службу было сказано, что главной его задачей является составление рудольфинских таблиц — тех самых таблиц планетных движений, которые он был обязан рассчитать на основании данных наблюдений Браге. Ему было вменено в обязанность также изготовление географической карты Верхней Австрии.

О его учебной деятельности в договоре было сказано лишь в общих чертах. Устанавливалось жалованье — 400 гульденов в год. Следует заметить, что новоизбранный император Матвей, сменивший Рудольфа, подтвердил оставление Кеплера на должности придворного математика, установив ему также жалованье в 300 гульденов и 60 гульденов на оплату жилья и топлива (правда, жалованье выплачивалось им так же «аккуратно», как и его предшественником). Причем мало интересовавшийся не только астрономией, но и астрологией Матвей не удерживает Кеплера в Праге, но предполагает привлечь его к выполнению поручений при дворе по мере надобности. В соответствии с этим он не возражает против переезда Кеплера в Линц. Так, у Кеплера как будто открывается реальная возможность сосредоточить усилия над составлением таблиц планетных движений.

Однако с самого начала линцкого периода Кеплера ожидал новый удар, на этот раз со стороны лютеранского духовенства.

Лютеранская община в Линце охватывала большинство населения. С 1610 г. старшим пастором здесь был некий Даниель Гицлер, земляк Кеплера, уже наслышавшийся в Вюртемберге о свободомыслии Кеплера и отно-

сившийся к нему подозрительно. Во время очередного причастия Кеплер сам рассказал ему о своих сомнениях.

Дело сводилось к вопросу, с нашей точки зрения, имевшему мало смысла. Лютеране в борьбе за упрощение и удешевление церковных обрядов сохранили лишь два таинства — крещение и причастие, отбросив католическое учение о пресуществлении, т. е. о превращении во время причастия хлеба и вина в тело и в кровь бога по своей сущности, а не по внешнему виду. Однако их собственное толкование сущности причастия оказалось очень туманным. Они подменили термин «пресуществление» термином «присутствие». Получалось, что вино и хлеб не превращаются по своей сущности в тело и кровь бога, но тело и кровь Христа каким-то образом реально присутствует в хлебе и вине в момент причащения. Вот с этим положением Кеплер никак не хотел согласиться — ему, без сомнения, религиозному человеку, однако слишком широко трактовавшему протестантский принцип священства всех верующих, право самостоятельно толковать Библию было ближе положения кальвинистов, считавших, что принимающий причастие приобщается к телу и крови богочеловека, который присутствует в причастии не физически, как учат лютеране, а духовно.

Узнав о сомнениях Кеплера, Гицлер потребовал от него подписать «формулу согласия». Кеплер согласился сделать это с оговоркой относительно причастия. Тогда Гицлер решил не допускать его к причастию, что фактически означало исключение из лютеранской общины. О решении Гицлера было широко оповещено с церковных кафедр во время проповедей.

Кеплер, болезненно переживший новый удар по своему общественному положению, в конце сентября 1612 г. обратился с жалобой на действия Гицлера в Вюртембергскую консисторию, которой было подчинено лютеранское духовенство Верхней Австрии. Однако консистория отклонила жалобу Кеплера и признала действия Гицлера обоснованными.



Пребывание Кеплера в Линце в первый раз ненадолго прерывается весной 1613 г. — император вызвал его на заседание в Регенсбург, чтобы Кеплер убедил своих еди-



поверцев в преимуществах новой календарной системы, но, как мы знаем, Кеплеру не удалось это сделать.

Еще до переезда в Линц Кеплер подумывал о необходимости ввести в дом новую хозяйку, чтобы было кому заботиться об осиротевших детях. На этот раз в выборе подруги жизни он проявил большую осторожность, граничащую с не свойственной ему нерешительностью и робостью. История его второй женитьбы, связанная с выбором невесты из одиннадцати кандидатур, преподносится обычно биографами как забавный анекдот. Но история эта имеет реальную почву и основана на сохранившемся письме И. Кеплера к неизвестному высокопоставленному другу, вероятнее всего, барону Штралендорфу. Письмо написано в Линце 23 октября 1613 г. В опубликованном в последнем собрании сочинений Кеплера виде это письмо занимает восемь листов большого формата и в нем действительно характеризуются одиннадцать невест, на которых последовательно обращалось внимание вдовца, и описываются мучительные его колебания, связанные с выбором наиболее достойной. Первая из них, вдова, искренняя приятельница его покойной жены. Однако ее кандидатура не подходила хотя бы потому, что из ее детей две дочери сами были на выданье и одна из них, кстати, тоже фигурировала в списке под номером два. Чтобы избежать взаимных обид, обе кандидатуры пришлось исключить. Третья невеста была слишком молода, да и связана ранее данным словом, у четвертой был слишком высокий рост и атлетическое телосложение... Таким образом, одна за другой исключались из списка предполагаемые невесты — та слишком болезненна и худа, другая, наоборот, здорова и полна, третья слишком гордилась знатной родней и связями, четвертая — имуществом, еще одна отличалась крайней глупостью.

После долгих колебаний и размышлений Кеплер возвратился к пятому номеру приводимого им списка. «Эту девицу, — пишет он, — зовут Сусанной: она дочь Иоганна и Барбары Рейттингер, жителей города Эфердинга. Родителей ее уже нет на свете; но она получила хорошее воспитание благодаря заботе о ней г-жи Штаремберг... Лицо ее и манеры мне очень нравятся, притом же она трудолюбива и знает хозяйство. Я решил жениться на ней, и это произойдет в 12 часов 30 октября. Свадьба состоится в гостинице «Золотой лев»<sup>1</sup>.

Дочь столяра, сирота и бесприданница, 24-летняя Сусанна Рейттингер занимала в доме баронессы Штаремберг весьма неопределенное положение — не то простая служанка, не то горничная. И предстоявшая свадьба вызвала скандальную реакцию в линцском «обществе», а также и среди части друзей и знакомых. Упомянутое письмо содержало приглашение на свадьбу знатного адресата явно с целью воздействовать в желаемом для Кеплера направлении на неблагоприятно для него сложившееся общественное мнение.

Свадьба состоялась 30 октября. Кеплер, как истый астроном, хотел сначала приурочить ее к лунному затмению, но позже пришлось отложить ее на два дня. Среди посланных приглашений одно направлено было самому императору Матвею, другое — сословному собранию (*die Stände*) Верхней Австрии. И император и *Stände* прислали новобрачным богатые подарки.

В своем выборе Кеплер не раскаивался. Во всяком случае в сохранившихся материалах — переписке, записях, воспоминаниях ни слова упрека в адрес Сусанны не найти. Она терпеливо, с достоинством переносила продолжавшиеся невзгоды и бедствия (из семи родившихся между 1614—1630 гг. детей трое умерли в раннем детстве), умела помочь мужу и поддержать его в трудный час, а в те редкие минуты, когда дом посещала добрая весть, обычно связанная с выходом новой книги, — радовалась вместе с ним. Ее ждала еще горькая участь вдовы с малыми детьми на руках и решительно без всяких средств к существованию.

### Кеплер-математик. «Стереометрия винных бочек»

С 1594 г. Кеплер имел официальное звание математика: штирийский провинциальный математик с 1594 по 1600 г., императорский математик с 1601 г. до конца жизни и, кроме того, математик провинции Верхней Австрии с 1613 по 1628 г. В те времена объем понятия «математика» был значительно шире, чем в наше время. Так, в «Математическом словаре» французского академика Ж. Озанама, изданном в 1691 г.<sup>1</sup>, кроме традиционных арифметики, алгебры, геометрии и тригонометрии, в круг математических предметов включены были также механика с гидростатикой, архитектура и фортификация, география и навигация, астрономия, оптика и перспектива, а также музыка. Таким образом, уже научная деятельность Кеплера в области астрономии и оптики, бывшая предметом рассмотрения в предыдущих главах, вполне оправдывала его звание.

Но Кеплер оставил после себя выдающиеся результаты и в математике в ее традиционном для нас содержании. При этом в его работах математического характера отчетливо прослеживается воздействие, которое оказывали на формирование новых математических идей и методов потребности точного естествознания, в особенности астрономии, механики и физики, а также то, как математика в его время становилась мощным инструментом изучения и открытия закономерностей и свойств окружающего мира.

Наиболее существенные результаты были достигнуты Кеплером в двух областях математики, общим у которых было, пожалуй, только то, что в течение по крайней мере восемнадцати веков, со времен древних греков, здесь на-

блюдалось почти полное затишье. Одной из них была математика переменных величин, другой — теория правильных многоугольников и многогранников.

Следует также отметить вклад Кеплера в теорию конических сечений, введение им понятия бесконечно удаленной точки, что было важным шагом на пути к созданию проективной геометрии. Особого рассмотрения требует его вклад в теорию и практику вычислений, связанный как с астрономическими расчетами, так и с самостоятельными исследованиями по совершенствованию средств вычисления, разработкой теории логарифмов, составлением собственных логарифмических таблиц, наконец, с его ролью в изобретении первой вычислительной машины. Не следует забывать и о его имевшей большое значение деятельности по созданию и совершенствованию математической терминологии как в латинском, так и в немецком научном языке.



Как и в истории естествознания вообще, в истории математики XVII век занимает особое место. И связано это прежде всего с началом нового периода в развитии этой науки — периода математики переменных величин.

Уже к концу XVI в. алгебра, геометрия и тригонометрия, составлявшие математику постоянных величин, накопили достаточно сведений, чтобы представлять собой определенную систему знаний, хотя еще многое было неясно, многое не завершено, и исследования во всех разделах математики постоянных величин продолжались (как продолжают и в наше время).

С начала XVII в. математические методы, разработанные в предыдущие времена, все энергичнее внедряются в различные разделы естествознания и прежде всего — в механику как земную, так и небесную. Но еще в «Новой астрономии» Кеплеру, как уже упоминалось, пришлось встретиться с задачей, которая, вообще говоря, решению методами математики постоянных величин не поддавалась.

Мы помним, что еще в 1600 г. Кеплер, используя данные многолетних астрономических наблюдений Тихо Браге, приступил к поискам закономерностей в обращении планеты Марс вокруг Солнца. Еще на раннем этапе своих

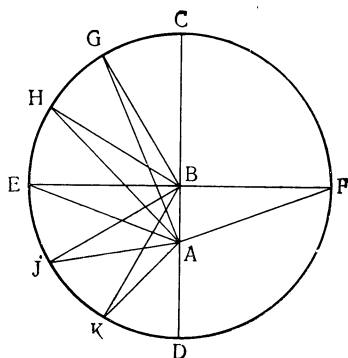
исследований он нашел в себе мужество отказаться от освященной веками аксиомы равномерного движения планет и из физических соображений предположил, что планеты перемещаются по своим орбитам быстрее, когда они ближе к Солнцу, и медленнее — в удалении от него. При этом сами орбиты оставались у него пока окружностями, но со смещенным относительно их центра Солнцем. Предстояло выразить математически зависимость между расстояниями планеты от Солнца и временем, в течение которого проходимся тот или иной участок пути.

В ходе поисков решения поставленной перед собой задачи Кеплер пришел к мысли вместо длины дуги, пройденной планетой за определенное время, рассматривать площадь, ограниченную радиусами-векторами начала и конца рассматриваемой дуги. Свой подход к одной из первых, если не первой задаче математики переменных величин, выраженной в явной форме в новое время, Кеплер описывает так:

«Итак, поскольку промежутки времени, необходимые для того, чтобы планета прошла равные части эксцентрической окружности относятся как расстояния этих частей от эксцентра, а для отдельных точек всей полуокружности эти расстояния изменяются, мне пришлось приложить немалые усилия, чтобы установить, как можно найти суммы отдельных расстояний. Дело в том, что, не зная суммы всех частей, а их имеется бесконечно много, мы не можем установить и отдельных соответственных промежутков времени, вследствие чего мы не знаем уравнения. Ибо любая часть суммы расстояний относится к соответственному времени, как сумма всех расстояний — к полному времени обращения.

А поэтому я начал с того, что разделил эксцентрическую окружность на 360 частей, которые оказались как бы наименьшими частичками, и предположил, что внутри каждой такой отдельной частички расстояния не изменяются. Затем...я определил расстояния от эксцентра до начала каждой части, или градуса, и просуммировал их...

Так как это вычисление было механическим и тягостным, и с его помощью уравнение для любого отдельного градуса не могло быть вычислено без привлечения других, мне пришлось подумать об иных средствах. Так как я сознавал, что на эксцентрической окружности имеется бесконечно много расстояний, мне пришла в голову мысль,



что все эти расстояния содержатся в площади эксцентрического круга. Тут я вспомнил, что таким образом некогда *Архимед* разбивал круг на бесконечное количество треугольников, отыскивая отношение длины окружности к диаметру: именно в этом был сокровенный смысл его косвенного доказательства. Итак, вместо того, чтобы делить на 360 частей окружность, как я это делал сначала, я разделил на то же число частей площадь эксцентрического круга, проводя лучи из точки, из которой вычисляется эксцентриситет.

Пусть  $AB$  (см. рисунок) — линия апсид,  $A$  — Солнце (или по *Птолемею* Земля),  $B$  — центр эксцентрической окружности, полуокружность  $CD$  разделена на равные части  $CG, GH, HE, EJ, JK, KD$ . Соединим точки  $A$  и  $B$  с точками деления. При этом  $AC$  будет наибольшее расстояние, а  $AD$  — наименьшее; другие по порядку  $AG, AH, AE, AJ, AK$ .

Так как треугольники имеют равные высоты и основания, и секторы, или треугольники,  $CBG, GBH$  и остальные расположены на мельчайших и потому не отличимых от прямолинейных отрезках частицах окружности, все они имеют равные высоты и стороны (бедр, scuribus)  $BC, BG, BH$ , следовательно, все они равны между собой. Но все эти треугольники содержатся в площади  $CDE$ , а в окружности  $CED$  содержатся все дуги или основания. Поэтому при сложении получается, что как площадь  $CDE$  относится к дуге  $CED$ , так площадь  $CBG$  к дуге  $CG$ , и, при перестановке, как дуга  $CED$  к последовательно расположен-

ным дугам  $CG$ ,  $CH$  и т. д., так площадь  $CDE$  к площадям  $CBG$ ,  $CBH$  и т. д. Отсюда не будет ошибкой, если поставить в соответствие для углов эксцентрической аномалии  $CBG$ ,  $CBH$  площади  $CGB$ ,  $CHB$ .

Если теперь точка  $B$  соединена прямыми, расположенными в площади полукруга  $CDE$ , с бесконечным количеством частей [полу-]окружности и с бесконечным количеством частей дуги  $CH$ , расположенных в площади  $CBH$ , то это тот же случай, но также с прямыми, проведенными из  $A$  к тем же частям окружности и дуги. Поскольку, наконец, как прямые, проведенные из  $A$ , так и прямые, проведенные из  $B$ , заполняют один и тот же полукруг  $CDE$ , то выходящие из  $A$  отрезки будут как раз теми расстояниями, сумма которых ищется. Мне представилось возможным сделать вывод, что вычислением площадей  $CAH$  или  $CAE$  будет получена сумма бесконечно многих расстояний к  $CH$  или  $CE$ , и не потому, что бесконечное может быть пройдено сплошную, но поскольку я полагал, что эта площадь содержит меру для совокупности того, что дают расстояния, сложенные по отношению к промежуткам времени, так что мы эту меру могли бы получить, узнав площадь, без вычисления наименьших частей...

И все же в моем методе скрывается паралогизм [ложное заключение], которое, правда, не имеет большого значения. Его происхождение заключается в следующем: *Архимед* хоть и разбивал круг на бесконечно много треугольников, но на такие, которые располагались под прямыми углами к окружности, так как их вершины были расположены в центре окружности  $B$ . Однако для расположенных в окружности треугольников с вершиной в  $A$  отношение не остается тем же, так как окружность пересекается всеми прямыми, проведенными из  $A$  (кроме проходящих через точки  $C$  и  $D$ ), косо [не ортогонально].

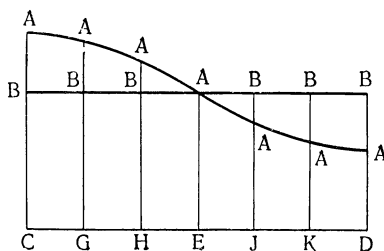
Ошибка [погрешность] может быть обнаружена.

Проведем через  $B$  прямую (только не  $CD$ ), пересекающую окружность, например  $EF$ , и соединим точки пересечения  $E$  и  $F$  с  $A$ . Так как точка  $A$  не лежит на отрезке  $EF$ ,  $EAF$  образует фигуру, некоторый треугольник. Поэтому  $EA$  и  $AF$  вместе больше, чем  $EF$  (предл. XXII I кн. Евклида). Но площадь круга заключает сумму всех отрезков  $EF$ , то есть сумму, которая меньше чем все  $EA$  и  $AF$ , взятые вместе, так как всегда из двух диаметрально противоположных точек на эксцентрической окружности

и точки  $A$  образуется такой треугольник (кроме точек  $C$ ,  $D$  и  $A$ , где вместо треугольника образуется прямая)...

И так как в наше время имеются отличнейшие геометры, которые подчас долго потеют [перерабатываются, *desundat*] над вещами явно малоценными [представляющими ограниченную ценность], то я призываю их всех вместе и каждого в отдельности помочь мне отыскать площадь, равноценную совокупности расстояний. Геометрически (в широком смысле слова) я эту задачу решил, но пусть научат меня, как то, что я получил с помощью геометрической фигуры, можно определить численно; более того, пусть покажут мне, как вычислить площадь найденной мной фигуры. Разворачивают полуокружность  $CED$  в прямолинейный отрезок и делят его точками  $G, H, E, J, K$  на столько же частей, как и прежде. Из точек деления восстанавливают перпендикуляры, равные радиусу  $CB$ , и замыкают прямоугольник [см. рисунок]. Он вдвое больше, чем треугольник, с помощью которого *Архимед* измеряет площадь полукруга. Следовательно, если таким образом из отдельных секторов образуются отдельные прямоугольники, то образующийся при этом из отдельных прямоугольников целый прямоугольник равновелик всей площади полуокружности: всюду, разумеется, господствует отношение два к одному.

Таким же образом откладывают расстояния  $CA, GA$  и т. д. и соединяют точки  $A$  между собой, при этом по отдельным точкам (которых имеется бесконечно много) вычерчивается конхоида  $AAAA$ ; фигура  $AACD$  равновелика совокупности расстояний из  $A$ . Потому, что подобным образом из отдельных отрезков  $AG$  и  $AH$  образуется фигура, которая является «почти прямоугольником», но только конхоида не параллельна к  $CD$ , а наклонена к радиу-





сам  $GA$ ,  $HA$ ,  $EA$ , как наклонены в самом круге расстояния к окружности. Так то, что конхоида  $AA$  длиннее, чем полуокружность  $CD$ , не является помехой»<sup>2</sup>.

Итак, решая поставленную перед собой задачу, Кеплер приходит к мысли вместо длины дуги, пройденной планетой за известное время, рассматривать площадь, ограниченную радиусами-векторами начала и конца этой дуги.

Кеплер считает, что в площади содержится бесконечно много расстояний, под которыми он подразумевает соответственные радиусы-векторы. Именно это дало повод многим современникам Кеплера, а также и более поздним ученым упрекать его за то, что он составлял площадь из линий. Но, как справедливо отмечает М. Я. Выгодский, упрек основан на «неумении отличить форму выражения идеи от самой идеи. Что эта форма выражения не обладает большой четкостью,— это верно, и несколько позднее Паскаль указал на необходимость ее уточнения и показал, как это сделать»<sup>3</sup>.

Фактически Кеплер сводит здесь дело к суммированию бесконечно большого числа «актуализированных» бесконечно малых. Этот инфинитезимально-атомистический подход к решению сложной практической задачи представляет собой важный шаг в предистории математического анализа. Этот шаг был сделан в самом начале XVII в. Именно Кеплер, ученый, в деятельности которого переход от старых форм мышления и научного творчества к новым был особенно ярким и наглядным, оказался первым естествоиспытателем, который стал и создателем и потребителем качественно новых математических знаний, первым предвестником наступления нового периода в развитии математики — периода математики переменных величин.

В чем же собственно заключалось достижение Кеплера?

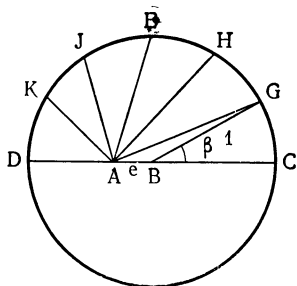
Еще в древней Греции некоторые задачи на вычисление площадей и объемов решались так называемым методом исчерпывания, сущность которого заключалась в том, что рассматриваемая фигура или тело разбивались на части, каждая из которых заменялась вписанными или описанными фигурами (телами), площади (или объемы) которых могли быть вычислены непосредственно. Затем ограничивающие описанные и вписанные объекты подвергали постепенному изменению так, чтобы разность их площадей (или объемов) могла быть сделана сколь угодно

но малой. Вычисление размеров описанных и вписанных фигур позволяло определить размер заключенной между ними рассматриваемой фигуры. Этот метод древних опирался на интуитивное, строго не определенное понятие площади (объема), не использовал в явном виде понятия предела (хотя по существу предельный переход имел место), интеграла, бесконечной суммы и т. д. и применялся индивидуально для каждой конкретной задачи. Быть может, особенной слабостью античных инфинитезимальных методов было недостаточное развитие самих средств вычисления, ограничивавшихся правилами суммирования арифметической и геометрической прогрессий, ряда квадратов натуральных чисел и еще немногих других<sup>4</sup>.

С помощью античного метода исчерпывания был решен ряд интересных и важных задач. Тем не менее возможности его были весьма ограничены, и применявшийся в нем тяжеловесный синтетический аппарат приведения к нелепости допущения, что искомая величина не может быть ни менее, ни более некоторой данной (находимой с помощью предельного перехода), сам по себе не был пригоден для раскрытия новых закономерностей и использовался для подтверждения правильности результатов, полученных средствами, часть которых впоследствии была утрачена и ученым XVII в. оставалась неизвестной.

Для новых достижений следовало, по словам Г. Г. Цейтена, применить более легкое, хотя и менее отточенное оружие. Это и было сделано Кеплером.

Задача, поставленная и решенная здесь Кеплером, может быть легко переведена на язык математического анализа. В самом деле, пусть радиус эксцентрического круга (т. е. радиус орбиты) равен 1,  $AB = e$  — эксцентриситет;  $AN = r$  — длина радиуса-вектора Солнце — Марс,  $\beta$  — соответствующий центральный угол (см. рисунок).



Тогда по теореме косинусов  $r^2 = 1 + 2e \cdot \cos \beta + e^2$

$$\frac{d\beta}{dt} = \frac{C}{r}, \text{ откуда } t = \frac{1}{C} \int_0^\beta r d\beta = \frac{1}{C} \int_0^\beta \sqrt{1 + 2e \cos \beta + e^2} d\beta$$

$C$  определяется так, что  $\beta = \pi$  и  $t = \pi$ , т. е.  $C = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi r d\beta$ .

Получаем эллиптический интеграл. Дать решение поставленной задачи в квадратурах Кеплер, естественно, еще не может. Тем не менее его рассуждения представляют исключительный интерес: то, что обозначено выше

как  $\int_0^\pi r d\beta$ , он трактует как площадь, ограниченную кон-

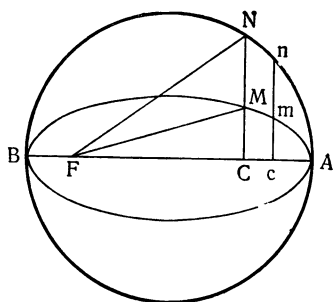
хойдой, что само по себе уже является принципиально новым шагом в математике переменных величин. Фактически Кеплер применяет здесь координаты, не называя их. Промежуток  $\pi$  он делит на 180 частей, полагая их наименьшими частичками; он хотел бы взять их бесконечно много, но понимает, что практически это невозможно. Затем он

вычисляет приближенное значение интеграла  $\int_0^\pi r d\beta$ , со-

знавая при этом, что «площадь является мерой совокупности того, что дают расстояния при суммировании промежутков времени»<sup>5</sup>. «Шаг за шагом,— пишет по этому поводу известный знаток творчества Кеплера М. Каспар,— можно установить совпадение хода мыслей Кеплера с формульным исчислением Лейбница. Идея налицо, не хватает только адекватного средства выражения»<sup>6</sup>.

Заслуживает упоминания также то обстоятельство, что, формулируя свою задачу и призывая крупнейших математиков того времени дать ее строгое решение, Кеплер одним из первых ставит задание, ведущее к решению дифференциального уравнения.

Решение данной задачи для случая эксцентрической окружности привело Кеплера уже в 1602 г. к чрезвычайно важному, как в теоретическом, так и в прикладном отношении, результату — к открытию второго закона движения планет: «Площади, описываемые радиусами-векторами планета — Солнце в равные промежутки времени, равны между собой». Только через три года (в 1605 г.) Кеплер

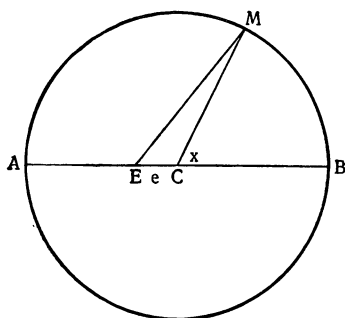


открывает первый закон: «Планеты движутся по эллипсам, в одном из фокусов которых находится Солнце».

Поставленная Кеплером задача определения секториальной площади с чисто математической стороны и для этого случая оставалась без существенных изменений. В самом деле секториальная площадь  $AFM$  (см. рисунок) при всех положениях точки  $M$  пропорциональна секториальной площади  $AFN$ , где точка  $N$  лежит на окружности, построенной на большей оси эллипса  $AMB$  как на диаметре,  $MC$  — перпендикуляр к большой оси, точка  $N$  — пересечение перпендикуляра с окружностью. Весьма простое доказательство положения о постоянстве отношения рассматриваемых площадей для окружности и эллипса было достаточно элементарным и для Кеплера.

С этой же задачей связано и так называемое уравнение Кеплера, одно из первых трансцендентных уравнений у европейских математиков — математикам арабского Востока эта задача вместе с итерационным алгоритмом ее решения была известна значительно раньше, впервые она встречается еще у Хабаша ал-Хасиба (ок. 770 — ок. 870 г.)<sup>7</sup>. Оно рассматривается Кеплером в конце XZ главы «Новой астрономии». Снова обращаясь к математикам, он настоятельно предлагает им решить задачу: «Если дана площадь части полукруга, а также точка на его диаметре, определить дугу и угол при этой точке, чтобы стороны угла и дуга заключали данную площадь. Или: из данной на диаметре полукруга точки провести луч так, чтобы он делил площадь полукруга в заданном отношении»<sup>8</sup>.

Выразим условие аналитически: пусть  $E$  — данная на диаметре (отличная от центра) точка,  $C$  — центр круга,



$EC$  — эксцентриситет  $e$ ,  $M$  — искомая на полуокружности точка такая, что  $\frac{\text{площадь } AEM}{\text{площадь } MEB} = \frac{m}{n}$ ; угол  $MCB = x$  (см. рисунок).

Проведем  $ED \perp CM$ ; тогда

$$\text{площадь } \triangle ECM = \frac{1}{2} MC \cdot ED = \frac{1}{2} r \cdot e \sin x$$

$$\text{площадь сектора } AEM = \frac{r^2}{2} (\pi - x)$$

$$\text{площадь сектора } MCB = \frac{r^2}{2} \cdot x$$

$$\begin{aligned} \text{и } \frac{\text{Пл. } AEM}{\text{Пл. } MEB} &= \frac{\text{Пл. } ACM - \text{Пл. } ECM}{\text{Пл. } MCB + \text{Пл. } ECM} = \\ &= \frac{\frac{r^2}{2} (\pi - x) - \frac{1}{2} r \cdot e \cdot \sin x}{\frac{r^2}{2} x + \frac{1}{2} r \cdot e \cdot \sin x} = \frac{m}{n}. \end{aligned}$$

Отсюда после минимальных преобразований получаем:

$$rx + e \cdot \sin x = \frac{r\pi}{\frac{m}{n} + 1} = M = \text{const.}$$

При  $r = 1$  окончательно приходим к выражению

$$x + e \cdot \sin x = M.$$

Сам Кеплер ограничился приближенным решением этой задачи, достаточным для его целей, но тут важно, что он понимал все своеобразие этого, по современной терминологии, трансцендентного уравнения. Оно «не допускает априорного решения вследствие гетерогенности [разнородности] дуги и синуса»<sup>9</sup>.

Предложенная Кеплером задача дала толчок многочисленным исследованиям и вызвала уже до начала нашего столетия появление свыше сотни научных работ, среди авторов которых было немало и математических звезд первой величины. Распространенное на случай эллипса, это уравнение получило важные применения в астрономии при определении элементов эллиптической орбиты планет. Его решением еще в XVII в. занимался И. Ньютон (1687), затем Ж. Лагранж (1771), В. Бессель (1816—1817), П. Лаплас (1823), К. Ф. Гаусс (1809), О. Коши (1854), М. Окань (1894) и другие. Всего в течение XVIII в. его решению было посвящено около 25 работ, в XIX в.— втрое больше<sup>10</sup>, решение этого уравнения привлекает внимание астрономов и математиков и в наше время.

Разработка различных способов решения этого уравнения оказала влияние на развитие теории ряда Лагранжа, асимптотических формул, функций Бесселя, разложения функций в тригонометрические ряды и метода итераций.



В «Новой астрономии» можно обнаружить и другие задачи, которые решаются Кеплером методом приближенного интегрирования. Так, он устанавливает, что сумма синусов всех углов от 0 до некоторого определенного значения  $\varphi$  пропорциональна синусу-версусу  $\varphi$  ( $\sin \text{vers } \varphi = 1 - \cos \varphi$ ). В современной символике этот его результат может быть представлен так:

$$\int_0^{\varphi} \sin \varphi d\varphi = 1 - \cos \varphi.$$

В другом месте этой же книги<sup>11</sup>, вычисляя площадь одного из овалов, Кеплер приходит к выражению, которое можно представить в следующем виде:

$$\int_0^{\pi} \frac{d\alpha}{1 + 2e \cdot \cos \alpha + e^2} = \frac{\pi}{1 - e^2}.$$

Площадь овала при этом выражается так:

$$S_{\text{ов}} = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} r^2 d\alpha = \frac{1 - e^2}{2} \int_0^{2\pi} d\alpha = \pi(1 - e^2).$$

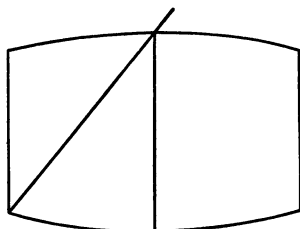
В LIX главе «Новой астрономии» Кеплер рассматривает задачу о спрямлении эллипса, т. е. нахождении длины его дуги. В предложении V он говорит, что «длина всего эллипса очень близка к среднему арифметическому между длиной окружности с большим радиусом (т. е. радиусом, равным большей оси эллипса) и окружности с меньшим радиусом»<sup>12</sup>. Это правило Кеплера вызвало многочисленные нарекания более поздних ученых вследствие его принципиальной неточности. Но Кеплер применял его для нахождения длин эллиптических планетных орбит, эксцентриситет которых весьма мал. Простой расчет показывает, что найденное по этому правилу выражение для длины эллипса примерно на  $\frac{1}{32} \pi e^4$  превышает ее истинное значение: при эксцентриситете орбиты Марса  $e = 0,093 \approx 0,1$  относительная погрешность не превосходит 0,001%. Таким образом, применение Кеплером этого результата для нахождения длин эллиптических орбит планет (для которых эксцентриситет достаточно мал) и их частей было вполне допустимым.

\*

Задачи из «Новой астрономии» были лишь первым его шагом в развитии математики переменных величин. Следующим шагом была книга «Nova stereometria doliorum vinariorum... accessit Stereometriae Archimedeae Supplementum» («Новая стереометрия винных бочек... с присоединением дополнения к Архимедовой стереометрии»)<sup>13</sup>. Книга эта заняла видное место в истории математики и, кстати, является единственным произведением Кеплера, полностью переведенным на русский язык<sup>14</sup>. Книга вышла в Линце в 1615 г., но написана она была почти на два года раньше, и послужил этому весьма любопытный повод, известный по словам самого Кеплера.

Осенью 1613 г. в Верхней Австрии был собран особенно обильный урожай винограда. Многочисленные суда и баржи, груженные вином, уходили вверх по Дунаю, а пристань в Линце все еще была забита бочками. Только что начав жизнь с новой женой Сусанной, Кеплер как заботливый муж и глава семьи решил запастись приятным напитком. Бочки с вином были доставлены к нему на двор, а затем появился купец и с помощью единственного инструмента — мерной линейки, стержня с делениями, бы-

стро измерил количество вина в каждой из бочек без всяких вычислений и учета формы бочек. Он вставлял линейку в наливное отверстие бочки вплоть до упора в нижний край днища, после чего объявлял количество амфор (сосудов, принятых за меру емкости) в ней.



Кеплер был очень удивлен этим: каким образом наклонный отрезок между двумя определенными точками может служить мерой вместимости бочки. Он даже усомнился в правильности такого метода измерения, так как представлялось, что очень низкая, а потому и маловместительная бочка, ограниченная широкими днищами, могла иметь такое же расстояние до нижней точки днища, как и более высокая бочка с менее широкими днищами, но явно более вместительная. Обоснованно ли такое определение вместимости? Тем более Кеплер вспомнил, что севернее, на Рейне, вместимость бочек определялась либо непосредственным подсчетом количества единиц меры емкости при переливании, либо производили многочисленными замерами размеров бочки, после чего в результате громоздких и утомительных вычислений объявляли ее емкость, хотя многим этот способ казался ненадежным.

Узнав, что употребление мерной линейки санкционируется здесь властями, Кеплер «счел для себя подходящим взять новый предмет математических занятий и исследовать геометрические законы такого удобного и крайне необходимого в хозяйстве измерения, а также выяснить его основания, если таковые имеются»<sup>15</sup>.

Уже к концу того же года после нескольких недель работы было готово сочинение о результатах этого исследования, и Кеплер отправил его для издания в Регенсбург, так как в это время в Линце еще не было ни одной типографии. Однако издатель, к которому Кеплер обратился, вскоре сообщил, что, по мнению книгопродавцов, предложен-



ное Кеплером сочинение, к тому же написанное на латинском языке, пользоваться спросом не будет, и субсидировать издание отказался. Рукопись надолго застряла в Регенсбурге, и Кеплер вспомнил о ней только тогда, когда при его участии весной 1615 г. в Линце была создана типография, и представилась таким образом возможность издать сочинение на месте. Не без затруднений (издатель, которому была направлена рукопись, к тому времени умер) удалось разыскать и вернуть рукопись в Линц. Кеплер подвергает ее существенной переработке, а также дописывает новую, очень важную главу «Дополнения к Архимеду». Уже осенью 1615 г. «Новая стереометрия винных бочек» — первая книга, напечатанная в Линце, поступила в продажу на ярмарке в крупнейшем тогдашнем центре книготорговли — Франкфурте.

Ее издание было предпринято Кеплером за свой счет. Пытаясь хотя бы частично покрыть понесенные расходы, он обращается к своим друзьям с просьбой рекомендовать его книгу заинтересованным лицам и учебным заведениям. О спросе на математическую литературу в то время свидетельствует письмо к Кеплеру гданьского математика Крюгера, в котором он пишет, что во всей округе видит лишь трех потенциальных покупателей: своего кёнигсбергского коллегу, кёнигсбергскую библиотеку и некоего дворянина по фамилии Невешинский<sup>16</sup>.

Местные власти отнеслись к проделанной Кеплером работе весьма холодно, недвусмысленно дав ему понять, что было бы лучше «эту работу оставить, а довести до конца более важные вещи, такие, как порученные ему «Рудольфинские таблицы» и географическую карту»<sup>17</sup>.

Однако Кеплер не внял этому весьма категорическому совету и взялся за переделку своей книги, ставя на этот раз целью сделать ее доступной для широких кругов людей, нуждающихся в разработанных им приемах в своей практической деятельности, но не знающих латыни и не разбирающихся в тонкостях математики. С этой целью Кеплер упрощает изложение, меняет последовательность расположения материала, прилагает сведения о системах мер, древних и употреблявшихся в то время, а также таблицы их перевода из одной в другую, но главное — он переводит свое сочинение на немецкий язык.

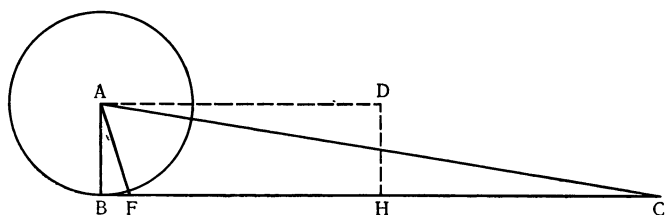
Последнее обстоятельство было очень важным, поскольку научных книг на немецком языке тогда издава-

лось мало, а математическая терминология почти не была разработана. Поэтому значение появившейся уже весной 1616 г. на книжной ярмарке во Франкфурте книги под названием: «Außzug auss der uralten Messekunst Archimedis», т. е. «Извлечения из древнего искусства измерения Архимеда...»<sup>18</sup>, состоит не только в привлечении внимания к возможностям математических методов широких слоев населения, но и в выполненной здесь большой работе по созданию немецкой математической терминологии. Этим самым, а также изданием нескольких трактатов астрономического содержания на родном языке (и подготовкой нескольких рукописей, оставшихся неизданными) Кеплер внес существенный вклад в развитие языка немецкой естественно-научной литературы. Впрочем многое было сделано им и для развития латинской научной терминологии.

Но обратимся к содержанию «Новой стереометрии». Книга состояла из трех частей, которым предпосылались посвящение и предисловие.

В предисловии Кеплер пишет: «Поскольку... винные бочки связаны с кругом, конусом и цилиндром — фигурами правильными — тем самым они поддаются геометрическим измерениям, принципы которых стоит привести в начале настоящего исследования, как они установлены Архимедом, конечно лишь настолько, насколько этого достаточно для удовлетворения ума, любящего геометрию, а полные и во всех частях строгие доказательства следует искать в самих книгах Архимеда, если кто не убоится тернистого пути их чтения. Впрочем, на некоторых местах, которые не затронул Архимед, нужно остановиться поподробнее, чтобы и более ученые люди нашли чем воспользоваться и чему порадоваться»<sup>19</sup>. Таким образом Кеплер подчеркивает, что в силу практической направленности своего труда он не задерживается на положениях своего великого предшественника, отсылая более требовательных читателей к первоисточникам, но здесь же он говорит и о том, что выходит за пределы достигнутого Архимедом.

Первая часть сочинения, озаглавленная «Стереометрия правильных кривых тел», в свою очередь состоит из двух частей, в первой из которых — «Архимедовой стереометрии» Кеплер приводит 16 теорем, известных еще Архимеду, но различие в подходе Кеплера и подходе Архимеда к



решению соответственных задач становится заметным с самого начала.

Остановимся на примере с площадью круга. Произведение Архимеда «Измерение круга»<sup>20</sup> начинается следующим предложением: «Всякий круг равен прямоугольному треугольнику, причем радиус круга равен одной из прилежающих к прямому углу сторон, а периметр — основанию треугольника». Это предложение Архимед доказывает косвенно (методом исчерпывания), показывая с помощью вписанных и описанных правильных многоугольников, что площадь круга будет не больше и не меньше площади указанного треугольника.

Кеплер рассуждает так: «Архимед пользуется косвенным доказательством, приводящим к невозможности, о чем многие и многие писали. Мне же кажется, что смысл этого [доказательства] следующий: окружность круга  $B$  содержит столько же частей, сколько точек, именно, бесконечное число. Каждую из них рассмотрим как основание некоторого равнобедренного треугольника со стороной  $AB$ , и таким образом в площади круга окажется бесконечное множество треугольников, соединенных вершинами в центре  $A$ . Пусть, далее, окружность круга  $B$  вытянута в прямую, и пусть ей равна  $BC$ , а  $AB$  к ней перпендикулярна (см. рисунок). Тогда основания всех этих бесчисленных треугольников, или секторов, будут представляться расположенными друг за другом по прямой  $BC$ ; пусть одно из таких оснований будет  $BF$ , и какое-нибудь равное ему —  $CE$ . Соединим точки  $F, E, C$  с  $A$ . Таких треугольников  $ABF, ACE$  над прямой  $BC$  получится столько же, сколько секторов в площади круга, и их основания  $BF, EC$  и общая высота  $AB$  будут такие же, как у секторов; следовательно, все эти треугольники  $ABF, ACE$  и т. д. будут равновелики (между собой) и каждый из них

будет равновелик соответствующему сектору круга. А значит, и все вместе эти треугольники, имеющие основания на линии  $BC$ , т. е. треугольник  $BAC$ , всеми ими составленный, будет равновелик сумме всех секторов круга, т. е. составленной ими площади круга. Это самое и имеет в виду архимедово приведение к нелепости»<sup>21</sup>.

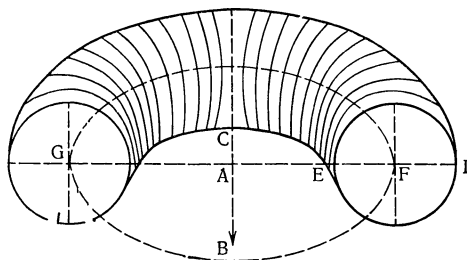
Архимед действительно мог иметь это в виду. Но учитывая, что между элементарным круговым сектором и элементарным треугольником имеется то различие, что дуга в основании сектора и радиус круга будут при конечном  $n$  всегда больше соответственных линий элементарного треугольника, для точности вывода следует показать, что разность между площадями круга и треугольника при увеличении числа делений может стать действительно меньше любого данного как угодно малого числа (т. е. что эта разность представляет собой бесконечно малое). Архимед своими рассуждениями это показывает, Кеплер — нет. У Кеплера хорды окружности переходят в точки, каждая из которых продолжает рассматриваться как основание некоторого равнобедренного треугольника. Получается, что площадь круга рассматривается Кеплером как какая-то сумма всех радиусов, а треугольника — как совокупность точек всех прямых, выходящих из одной из его вершин.

Излагая задачи из сочинений Архимеда, Кеплер не пользуется архимедовыми методами доказательств, а как и в «Новой астрономии» при выводе второго закона движения планет, применяет суммирование бесконечно большого числа «актуализированных» бесконечно малых. Мы уже отмечали важную роль такого подхода на начальном этапе развития математического анализа. Кеплер говорит, что шар «как бы» содержит бесконечно много конусов, вершины которых лежат в центре, а основания — на поверхности шара, и находит таким образом его объем. «Вообще из его неоднократного «как бы» («veluti») видно, что он не стремится дать точное доказательство, а апеллирует только к наглядности. В других местах Кеплер отказывается от доказательств Архимеда и Паппа, называя их чрезвычайно глубокими, но трудными для понимания, и вместо них приводит рассуждения, которые устанавливают «вероятность» того или другого предложения из соображений индуктивного или интерполяционного характера»<sup>22</sup>.

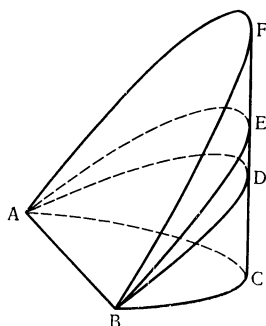
Так Кеплеру удалось преодолеть недостатки метода исчерпывания древних. Ему, разумеется, не было известно содержание архимедового «Послания к Эратосфену»<sup>23</sup>, обнаруженного только в 1906 г. Из «Послания» становится ясно, что и Архимед пользовался инфинитезимальными соображениями, довольно близкими к кеплеровым.

Кеплер, как его современник Кавальери и другие более поздние математики XVII в. (например, Паскаль), часто употреблял выражение «Summa omnium» — «сумма всех» (сумма всех радиусов-векторов, сумма всех ординат), которое выполняло тогда роль нашего термина «интеграл». Кстати, как известно, знак интеграла  $\int$  (удлиненная буква S) был введен Лейбницем в конце XVII в. именно для сокращенной записи выражения «Summa omnium».

Во второй половине первой части своей работы — в «Дополнениях к Архимеду» — Кеплер показывает, что его способ оказывается очень удобным для решения многих новых задач. Так, в теореме 18, например, он легко устанавливает, что объем тора (кольца) равен объему цилиндра, основанием которого служит меридиональное сечение тора, а высотой — длина окружности, описываемой центром образующего тор круга. Кеплер доказывает это так: меридиональными сечениями тор разбивается на бесконечно большое число кружочков, толщина которых у внешнего края тора больше, чем у внутреннего, но толщина кружочка в центральной части равна среднему арифметическому толщин у краев. Поэтому Кеплер принимает, что объем такого кружочка равен объему цилиндра, высота которого равна толщине центральной части кружочка, а в основании лежит образующий тор круг. При



*К выводу Кеплером объема тора*



этом тор и цилиндр, о которых говорится в условии теоремы, разбиваются на равное число равновеликих частей, этим и доказывается теорема.

В следующем, более сложном примере определяется объем «яблока». Так называет Кеплер тело, образуемое сегментом, большим, чем полукруг, при его вращении вокруг хорды.

Остроумным перераспределением деформированных без изменения объема долей «яблока», образованных по одному способу меридиональными сечениями данного тела вращения, проходящими через его ось, так называемую хорду сегмента, а по другому — тонкими концентрическими цилиндрическими слоями, имеющими осью хорду сегмента и развернутыми в прямоугольники, Кеплер получает тело, представляющее собой «цилиндрическое копыто» — цилиндрический сегмент, основанием которого является образующий «яблоко» сегмент, а высота равна длине окружности экватора данного тела вращения.

Рассмотрев в теоремах 18—22 вопросы о нахождении объемов тора, «яблока» и «лимона» («лимоном» названо тело, образуемое вращением сегмента, меньшего, чем полукружность, вокруг хорды), Кеплер находит далее объемы и других тел, получаемых при вращении различным образом расположенных отрезков дуг конических сечений — эллипса, параболы и гиперболы. Всего сам Кеплер насчитывает 92 формы таких тел, многим из которых он приписывает меткие названия: «айва», «слива», или «олива», «земляника», «груша» и т. д.

Вторая часть его книги, названная «Специальная стереометрия австрийской бочки», начинается рассуждением о геометрической форме бочек. Он указывает, что в первом приближении бочку можно рассматривать как цилиндр, или как два усеченных конуса, сложенных большими основаниями. Более точно форма бочек соответствует среднему слою либо лимона, образованного сегментом круга, либо сливы, образованной частью эллипса, либо параболического веретена, остающемуся после отсечения, равных частей с обеих сторон.

Далее Кеплер рассматривает зависимость между объемом бочек и длиной замеряемого отрезка от отношения длины клепок к диаметру дниц и отношения большего диаметра (в среднем сечении) к меньшему. Но главный интерес для нас представляет то, что Кеплер занимается здесь исследованием формы конусов, цилиндров, а также бочек, обладающих наибольшей вместимостью при наименьшей затрате на них материала, что приводит его уже к задачам другого важнейшего раздела исчисления бесконечно малых — дифференциального исчисления: к определению максимумов и изопериметрической задаче. Кеплер правильно отмечает основной признак максимума в том, что, как он пишет, разница между самим максимумом и непосредственно предшествующими или последующими значениями незаметна.

В третьей части книги («Употребление всей книги о бочках») Кеплер дает практические рекомендации по измерению объемов бочек, пытается найти способ для определения с помощью мерного стержня «отношения пустой части к остатку жидкости при лежащей бочке и вертикальных диагоналях пуза и дниц», но в общем виде решение этой задачи ему не удается.

\*

Хотя инфинитезимальные работы Кеплера фактически открыли новую эпоху, новый период в развитии математики, они не были сначала правильно оценены многими его современниками. Некоторые математики резко выступили против его «нестрогих» методов определения объемов, против его метода суммирования бесконечно малых. Ученик Виеты шотландец А. Андерсон уже через год после появления «Стереометрии» издал специальное сочине-

ние «В защиту Архимеда»<sup>24</sup>, где обвинял Кеплера в оскорблении памяти великого греческого ученого. Позже выступил против Кеплера и Гульдин<sup>25</sup>. Они не понимали, что при всей нестрогости методов Кеплера, очевидных и для него самого, эти методы были весьма продуктивны и перспективны.

Но были среди математиков и такие, которые со всей определенностью ощутили плодотворность предложенного Кеплером способа трактовки вопросов, связанных с бесконечно малыми. К их числу можно отнести, например, Г. Бригса, создателя таблиц десятичных логарифмов. Нашлись и продолжатели начатого дела: уже в 1621—1622 г. итальянский математик Бонавентура Кавальери сообщил своему учителю Галилею основные принципы разработанной им новой концепции образования поверхностей и тел и определения их размеров. Во многом Кавальери оказался близок Кеплеру, которого высоко ценил, хотя и продвигался собственным путем. Свои воззрения он систематически изложил только после смерти Кеплера, в 1635 г. в книге «Геометрия, развитая некоторым новым способом при помощи неделимых частей непрерывных величин»<sup>26</sup>; через три года Декарт опубликовал свое исследование<sup>27</sup>, которое легло в основу аналитической геометрии. Затем появились работы других математиков.

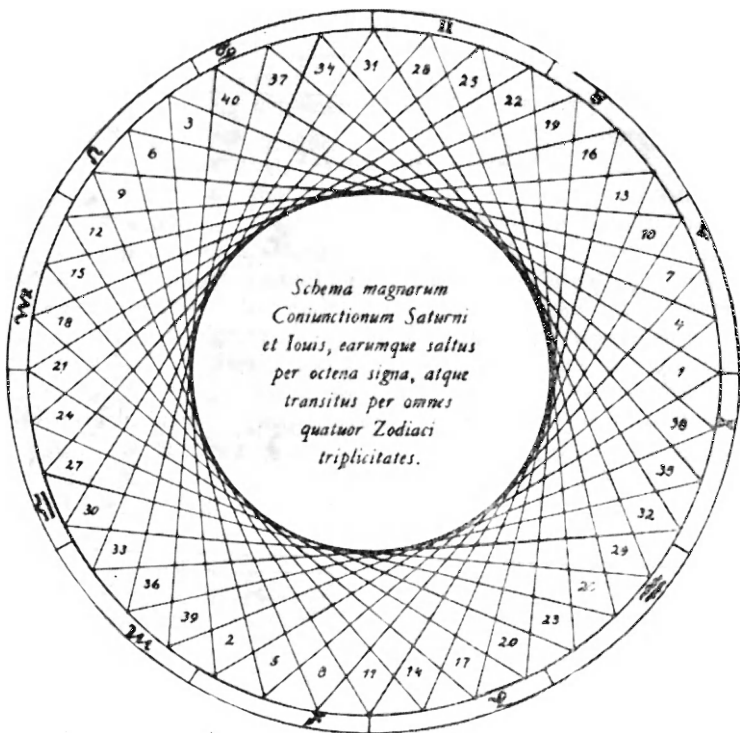
Таким образом, рассмотренные работы Кеплера положили начало целому потоку исследований, увенчавшихся в последней четверти XVII в. оформлением в трудах И. Ньютона и Г. В. Лейбница дифференциального и интегрального исчисления. Математика переменных величин заняла с этого времени ведущее место в системе математических знаний.

\*

Другой раздел математики, привлекавший внимание Кеплера в течение длительного времени, относится к геометрии в ее классическом смысле. Интересовавшие его вопросы из теории правильных многоугольников и многогранников были также тесно связаны с его поисками закономерностей в строении планетной системы и с его представлениями о «гармонии мира».

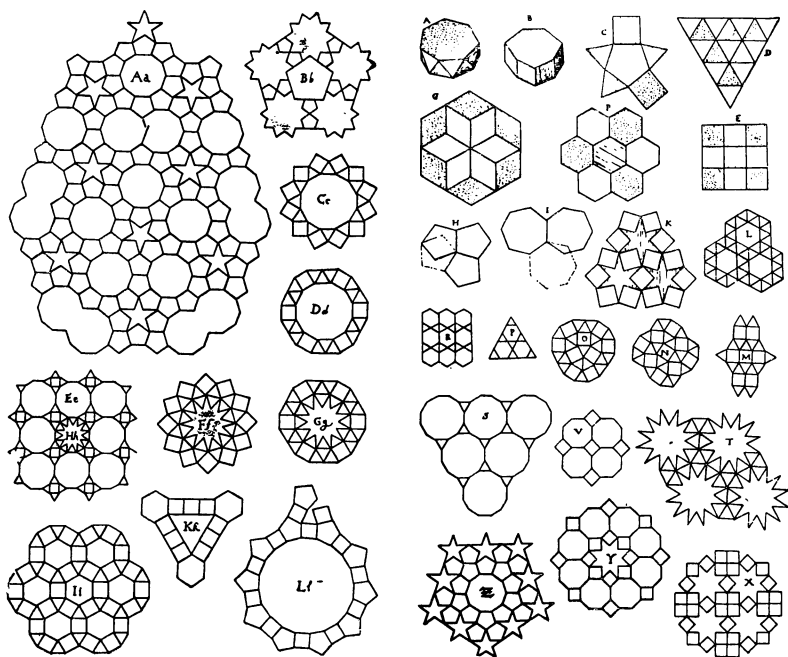
Нам уже известна его ранняя попытка (в «Космографической тайне») математически обосновать априорное





*Правильный звездчатый сорокаугольник из книги  
«Космографическая тайна»*

предположение о том, что расстояния различных планет от Солнца определяются тем, что орбиты планет расположены на поверхностях сфер, около которых описаны и в которые вписаны в определенной последовательности правильные многогранники с общим центром в Солнце. Там же Кеплер рассматривает построение правильного звездчатого сорокаугольника, наибольшего по числу сторон, который до того рассматривался. Более важным было, однако, то, что здесь он впервые вводит нумерацию вершин в порядке следования образующих их сторон; это нововведение для звездчатых многоугольников было особенно существенно. В небольшом произведении «Strena, seu de Nive sexangula» («Новогодний подарок, или о шестиугольной форме снежинок»), написанном в 1611 г., Кеплер рас-



Рисунки из книги «Гармония мира»

смаатривает способы заполнения правильными фигурами и телами плоскости и пространства. Эта же тема развивается им и в «Гармонии мира»<sup>28</sup>. Рисунки, взятые из этой книги, отражают его достижения в решении задачи о заполнении плоскости правильными многоугольниками, в том числе и звездчатыми.

В той же «Гармонии мира» (в первой книге) Кеплер снова обращается к правильным многоугольникам, излагая систематическую теорию как выпуклых, так и звездчатых фигур этого рода. При этом он исходит из следующих определений:

«1. Плоская правильная фигура такая, у которой все стороны равны и все углы также равны и направлены наружу.

2. Между этими плоскими правильными фигурами имеются некоторые первоначальные или основные фигуры,

стороны которых не пересекаются взаимно, и к которым собственно, относится данное определение 1. Однако имеются и фигуры более обобщенного вида, которые выходят за пределы этого определения и в которых несмежные стороны некоторых основных фигур продолжают до их пересечения; они называются звездами»<sup>29</sup>.

Кеплер вполне обоснованно относит к таким многоугольникам лишь те, которые могут быть вычерчены только одним росчерком. Здесь же он дает классификацию правильных многоугольников. Начиная с правильных трех-, четырех-, пяти-, семиугольников, он выделяет в одну группу многоугольники, количество сторон которых выражается простыми числами, и квадраты, а в другую — те, число сторон у которых кратно по отношению к числу сторон многоугольников первой группы. Интересны его рассуждения о возможности построения отдельных видов многоугольников.

Во второй книге «Гармонии мира» выделяются исследования по теории правильных многогранников. Кроме описания пяти правильных многогранников и обзора так называемых полуправильных тел Архимеда\*, исследованных последним еще в III в. до н. э., но до Кеплера почти совершенно забытых, он впервые рассматривает здесь правильные звездчатые многогранники, которые образуются при продолжении ребер правильных выпуклых многогранников, и приводит описания и чертежи двух из них — так называемых 12- и 20-угольных звездчатых додекаэдров (Кеплер назвал их «echinus» — лат. «морской еж» и «ostrea» — лат. «устрица»). Приводим их изображения из книги Кеплера (здесь же изображены также правильные многогранники).

Только почти через 200 лет французский математик Пуансо в 1810 г. открыл еще два многогранника этого типа<sup>30</sup>, а вслед за ним его соотечественник Коши доказал, что существует четыре и только четыре типа правильных звездчатых многогранников<sup>31</sup>.

Таким образом, и в этой области Кеплер первым после античных математиков получил новые результаты.

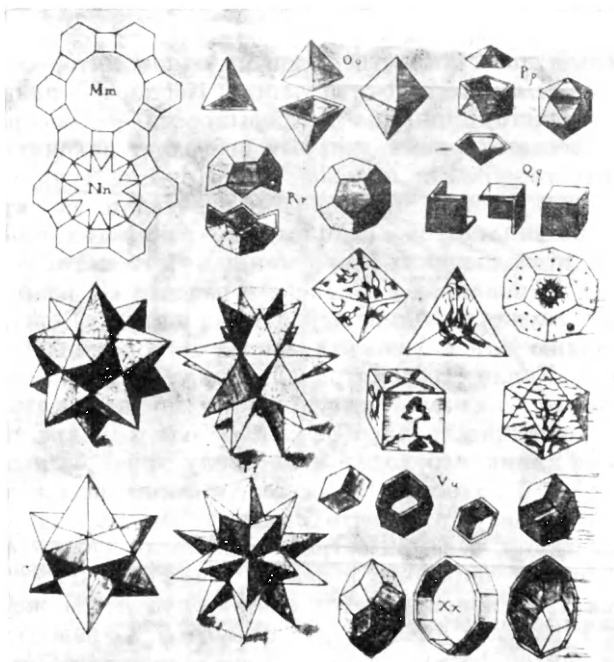
\* Полуправильные многогранники Архимеда — выпуклые многогранники, у которых все грани суть правильные многоугольники нескольких разных наименований, а все многогранные углы равны или симметричны между собой.

Кеплер-математик был прежде всего геометром. Он считал геометрию венцом математики, а алгебре отводил подчиненную роль. Рассматривая вопросы, имевшие отношение к алгебре, Кеплер избегал применения алгебраической символики, уже развивавшейся в то время, и пользовался словесным, впрочем весьма искусным, описанием соответственных соотношений. Это тем более удивительно, что Кеплер через Йоста Бюрги и Андриена ван Роомена должен был быть знаком с буквенным исчислением, введенным французом Ф. Виетой, и применением этого исчисления для решения геометрических задач.

Странный, совершенно не характерный для Кеплера консерватизм, проявленный им в этом вопросе, следует объяснить, по-видимому, тем, что алгебраисты, или «коссисты», как их тогда часто называли (немецкие алгебраисты XVI—XVII вв. именовали алгебру «Coss» — от итальянского слова «cosa» — вещь, обозначавшего неизвестное у итальянских математиков), распространили свои методы на геометрические построения, не разрешимые в классическом смысле, т. е. с помощью циркуля и линейки. Коссисты, по мнению Кеплера, люди, «которые мучаются в попытках с помощью чисел выразить невыразимое»<sup>32</sup>, алгебра «совершенно оставляет без внимания понятийные различия геометрических объектов»<sup>33</sup>, «коссистские трисекции, пятисекции и т. д. угла — ненаучны»<sup>34</sup>. В «Messekunst Archimedis» он подвергает критике прикладной характер коссистских решений в следующих выражениях: «Косса указывает нам путь как поводырь слепому, или как стены узкого прохода в темноте: если я ударюсь головой слева, то я знаю, что должен свернуть вправо, однако дорогу я не вижу»<sup>35</sup>. Соглашаясь, что алгебру можно применять для прикладных вычислений, Кеплер не мог признать ее возможностей при объяснении существа геометрических понятий.

Однако, относясь с недоверием к силе алгебраических методов, он не мог от них отказаться, а в нескольких случаях сделал известный вклад в развитие алгебры как раз в связи с изучением геометрических вопросов.

Все в той же «Гармонии мира», изучая вопрос о возможности построения правильных многогранников, Кеплер высказывает мнение, что количество различных диагоналей правильных многоугольников выражается через



*Многогранники из книги «Гармония мира»*

количество их сторон числом действительных корней соответственного уравнения деления окружности.

Рассматривая вопрос о метрических соотношениях в правильных многоугольниках, он также многократно прибегает к алгебраическим приемам. Положив отношение стороны правильного семиугольника к радиусу равным  $\sqrt{j}$ , он показывает, что  $j$  — трехкратный действительный корень уравнения  $7 - 14j + 7j^2 - j^3 = 0$  (в его записи оно выглядит так:  $7 - 14ij + 7iij - 1vj$ , где  $ij$  означает  $j^1$ ,  $iij = j^2$ ; а  $vj = j^3$ )<sup>36</sup>.

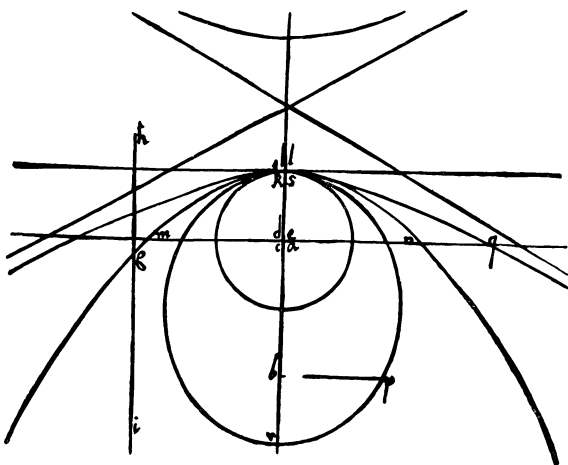
Наконец, имеет отношение к алгебре и задача, о которой выше говорилось, именно, «проблема Кеплера», сформулированная им еще в «Новой астрономии» и приводящая к знаменитому трансцендентному «уравнению Кеплера».



Нельзя не остановиться еще на одном интересном аспекте математического творчества Кеплера — появлении у него общего принципа непрерывности — своеобразного эвристического приема, который позволяет находить свойства одного объекта по свойствам другого, если первый объект получается предельным переходом из второго. Этот принцип широко используется во многих геометрических исследованиях современных математиков<sup>37</sup>, но впервые он появился у Кеплера в разделе «О конических сечениях» уже упоминавшейся нами книги «Дополнения к Вителлию или оптическая часть астрономии» (1604).

Здесь Кеплер, рассматривая вопрос о сечении конуса плоскостью, указывает, что при этом может образоваться прямая, окружность, парабола, гипербола и эллипс, причем «прямая линия переходит в параболу через бесконечные гиперболы, а далее через бесконечные эллипсы в окружность (см. рисунок) и что самая тупая из гипербол — прямая линия, а самая острая — парабола, самый острый из эллипсов — парабола, а самый тупой — круг»<sup>38</sup>. Далее он пишет: «У круга имеется один фокус  $A$ , он же и его центр. У эллипса имеются два фокуса  $B$ ,  $C$ , равноудаленные от центра фигуры, и чем острее эллипс, тем более удаленные. У параболы имеется только один фокус  $D$  внутри фигуры, а другой следует представлять себе на оси сечения вне или внутри него удаленным от первого на бесконечное расстояние, так что линия  $HG$  и  $JG$ , проведенная из этого слепого фокуса в произвольную точку  $G$  сечения, параллельна оси  $DK$ . У гиперболы внешний фокус  $F$  тем ближе к внутреннему фокусу  $E$ , чем тупее гипербола, причем внешний фокус для одного из двух противоположных сечений является внутренним для другого, и наоборот»<sup>39</sup>.

Прежде всего отметим, что здесь впервые в европейской литературе появляется термин «фокус» (лат. focus — огонь, очаг). Как предполагает Б. А. Розенфельд<sup>40</sup>, Кеплер вводит этот термин под влиянием арабского термина «место зажигания», которым у них обозначался фокус параболы. Указывается и источник, из которого Кеплер мог об этом узнать — латинский перевод «Оптики» Ибн ал-Хайсама (Альхазена). Впоследствии этот термин широко используется Кеплером при выводе законов дви-



жения планет в «Новой астрономии». Здесь же впервые появляется термин «бесконечно удаленный» «*infinito intervallo remotus*» — удаленный на бесконечное расстояние — для второго фокуса параболы, называемого им «слепым» («*caecus*»). Кеплер сознает, что «слепой фокус» замыкает ось  $DK$  в обоих направлениях и что через него проходят все прямые  $HGJ$ , параллельные оси. Выражения «самая тупая из гипербол — прямая линия, а самая острая — парабола» и «самый острый из эллипсов — парабола» явственно свидетельствуют о том, что Кеплер говорит здесь о предельных случаях, причем предельным случаем гиперболы он считает прямую, в то время как парабола — предельный случай и для гиперболы и для эллипса. Именно эта интерпретация параболы как гиперболы или эллипса с бесконечно удаленным фокусом и представляет собой первый в истории математики случай применения общего принципа непрерывности.

Введением понятия бесконечно удаленной точки Кеплер сделал важный шаг на пути к созданию проективной геометрии, одного из важных разделов современной геометрии, изучающего свойства фигур, не изменяющихся при так называемых проективных преобразованиях. Проективная геометрия имеет непосредственную связь с математикой переменных величин хотя бы в том, что понятие бесконечно удаленной точки не могло возникнуть раньше

появления в математике идеи предельного перехода. Не удивительно, что Кеплер, находившийся у истоков математики переменных величин, приступил и к разработке исходных понятий современной геометрии, дальнейшие шаги в развитии которой были сделаны спустя три с лишним десятилетия Ж. Дезаргом и Б. Паскалем.



Деятельность Кеплера-астронома и естествоиспытателя была тесно связана с разработкой математических методов и средств еще в одной области — вычислительной математике. Примененный им в его исследованиях вычислительный аппарат по своим количественным и качественным характеристикам позволяет признать его крупнейшим вычислителем не только своего времени, но и всего XVII в. Роль его и здесь не исчерпывается потреблением ранее разработанных приемов, методов и средств; о важном, но хронологически более позднем вкладе Кеплера в разработку вопросов теории и практики логарифмических вычислений и о его отношении к изобретению первой в мире вычислительной машины будет рассказано ниже, в главе одиннадцатой.



### Борьба за спасение матери

Жизнь в Линце как-то наладилась. Кеплер интенсивно работал сразу в нескольких направлениях — рассчитывал планетные таблицы, составлял учебник астрономии по Копернику, продолжал свои поиски гармонии мира, вел активную переписку с учеными, обмениваясь результатами исследований. И если император Матвей продолжал так же «исправно» выплачивать жалование математику своего двора, как и его предшественник, то верхнеавстрийские власти были более аккуратны в выполнении принятых на себя обязательств. Правда, в 1617 г. Кеплеру пришлось пережить неприятный момент: в словесном собрании был поставлен на обсуждение вопрос о слишком высоком жалованье Кеплера, но большинством голосов, хотя и очень незначительным, оно было оставлено прежним.

Грозовые тучи вдруг надвинулись со стороны, откуда их никто не ждал. Плохие вести принесло Кеплеру письмо его сестры Маргариты, жившей с мужем, лютеранским пастором Георгом Биндером в Геймадене, в пяти часах ходу от Леонберга — городка, где прошло детство Иоганна, где недавно умер его брат Генрих и где жил его другой брат оловянщик Кристоф вместе с матерью Катериной. Маргарита писала, что их мать публично обвинена в том, что она ведьма, и подвергнута оскорблениям со стороны представителей власти, и хотя их незаконные действия обжалованы в судебном порядке, положение неясно и дело может обернуться судебной расправой над обиженной.

Как раз в это время Германию захлестнула мутная волна массового психоза — повсюду развернулась охота

за ведьмами, невинные женщины, обычно старухи, обвинялись в сношениях с нечистой силой, в порче людей и скота и тому подобных преступлениях. За крайне редкими исключениями обвиненные кончали жизнь на костре. В массовых преследованиях ведьм протестанты ничуть не уступали католикам, «просвещенная» знать, духовенство и чиновничество — неграмотной толпе. Только в Леонберге за несколько зимних месяцев 1615/16 г. было казнено шесть женщин, а в Вейле, родном городе Кеплера, в котором было всего несколько сот жителей, с 1615 по 1629 г. ужасная смерть постигла 38 «колдуний»! Обвинение в общении с дьяволом, в колдовстве, стало обыденным.

Обстоятельства преследования Катерины Кеплер стали известны благодаря усилиям биографа Кеплера И. Брейтшверта, разыскавшего ее судебное дело в 20-е годы XIX в. в Штутгартском архиве, и издателя трудов Кеплера Х. Фриша, который опубликовал основную его часть в 1870 г. в последнем томе полного собрания сочинений Кеплера. Это дело сыграло важную роль в жизни астронома и представляет интерес для характеристики тогдашних нравов.

Злым духом Катерины оказалась ее соседка Урсула Рейнгольд, жена местного стекольщика, женщина психически не вполне нормальная и весьма легкого нрава, что в свое время было предметом разбирательства властей. Урсула, заказавшая дюжину тарелок оловяннику Кристофу, поскандалила с ним, будучи недовольна назначенной ценой. Катерина в споре приняла сторону сына. С тех пор Урсула возненавидела Катерину и при случае обвинила ее публично в причине своей болезни. Та в самом деле в свое время угостила Урсулу каким-то настоем из трав, но болезнь Урсулы — и это не было большой тайной — была вызвана на самом деле совсем иными обстоятельствами.

Но обвинение попало на благодатную почву. Здесь сказались необщительная и малосимпатичная натура Катерины, резкость и грубость в общении с окружающими, ее «врачебная» деятельность — лечение с помощью отваров и настоев из трав, необдуманнные вопросы, высказывания и поступки, которые в свете обвинения получили зловещее значение, просто случайное стечение обстоя-

тельств, наконец то, что воспитавшая ее тетка была сожжена на костре,— все это сыграло свою роль.

По местечку поползли слухи, в которых правду было трудно отделить от лжи. Могильщик из соседнего Эльтингена сообщал, например, что Катерина просила его раскопать могилу своего отца и извлечь его череп, чтобы она могла, оправив его в серебро, преподнести в качестве кубка сыну — императорскому математику Иоганну — и только категорический отказ могильщика вскрыть могилу без разрешения властей удержал ее от выполнения этого странного намерения. Но что удивительно, факт в самом деле имел место — Катерина на какой-то проповеди услышала, что такие подарки было принято дарить на счастье у древних народов. А ее Гансу так этого счастья не хватало!

В обвинительном заключении фигурировало 49 подобных проступков, высказываний, вопросов Катерины. Одно из самых страшных обвинений заключалось в том, что она сказала соседке: «Нет ни рая, ни ада. От человека после его смерти остается то же, что и от животных». Это явно еретическое заявление еще более усложняло ситуацию.

Слухи распространялись с удивительной быстротой. Теперь уже несчастную Катерину подозревали во всех бедах, какие только можно было вспомнить. Местный учитель Бейтельснахер, который повредил себе позвоночник, перепрыгивая с ношей через канаву, и в связи с этим частично лишился возможности передвигаться, только теперь понял, в чем дело: ему приходилось читать письма своего соученика Иоганна его неграмотной матери Катерине, а та угощала его напитками собственного приготовления — от него-то все и произошло! Портной Шмид обвинил Катерину в смерти двух детей — Катерина заходила в дом, стояла над колыбелью и благословляла их, и вот... На самом деле дети погибли от оспы. Посыпались обвинения в порче скота. Эффектно выглядело обвинение жены мясника Фриша: у ее мужа внезапно заболела нога, когда он проходил мимо Катерины. Боли усиливались день ото дня. Увидев ее в церкви, он взмолился: «Катерина, помоги мне ради бога». Катерина взглянула на него — и боль как рукой сняло. Такое показание, будучи включено в обвинение, представляло особую опасность — накликал колдовством беду, а по-

том с помощью колдовства ее устранить, считалось вдвойне преступным.

Но пока это были только разговоры. Дальше события разворачивались так: брат Урсулы, Урбан Кройтлин, лейб-брадобрей и «хирург» жившего в Тюбингене принца Ахилла, брата Иоганна Фридриха, герцога Вюртембергского, в конце лета 1615 г. в числе других приближенных сопровождал принца на охоте в лесах близ Леонберга. После охоты охотники заехали в Леонберг на отдых. Во время трапезы с обильными возлияниями пошли побасенки о ведьмах. Вспомнили о Катерине, вызвавшей болезнь у Урсулы. Послали за Урсулой с мужем, а присутствовавший на кутеже местный судебный чиновник (младший фогт) Лютер Эйнгорн послал стражников за Катериной.

Урбан в присутствии фогта и четы Рейнгольдов обвинил Катерину в том, что она своими чарами отняла у Урсулы здоровье, и грубо потребовал, чтобы таким же путем Катерина сделала Урсулу здоровой. Катерина, естественно, протестовала против дикого обвинения и отказалась выполнить такое требование. Тогда Урбан приставил к груди 70-летней старухи саблю, угрожая убить ее. Поняв, что дело зашло слишком далеко, фогт прекратил безобразную сцену. Все это происходило в служебном помещении и являлось грубым нарушением существовавших в Вюртемберге законов.

Потрясенные диким оскорблением матери и желая пресечь дурную славу о ней, сын Катерины Кристоф и дочь Маргарита решили обжаловать случившееся через суд, подав соответствующий гражданский иск. Дело было сопряжено с большим риском — в свидетели призывался вершивший судьбы леонбержцев фогт, который, будучи другом Урбана, кроме того, имел и личные счеты с Катериной, отказавшейся в свое время выдать за него замуж свою дочь, а среди оскорбителей, кроме четы Рейнгольдов, был лейб-брадобрей, пользовавшийся поддержкой принца, а через него и герцога. Гражданское дело против обидчиков в этих условиях могло обернуться уголовным против обиженной, но выхода не было — надо было спасти фамилию от позора.

О сложившейся обстановке сестра сообщила Кешлеру только месяца через три, и письмо пришло к нему пол

самый новый год — 29 декабря 1615 г. Уже 2 января Кеплер отправил леонбергским властям написанную в весьма резких выражениях жалобу с требованием срочно расследовать обстоятельства, при которых имело место издевательство над его, императорского математика, престарелой матерью. Одновременно он решительно опровергал и слухи о том, что он, сын Катерины, Иоганн Кеплер занимается запрещенными искусствами, о чем также шли разговоры на родине, дошедшие и до него. А дело было, по-видимому, в следующем. Еще в 1609 г. Кеплер написал небольшой рассказ, который можно было бы назвать теперь научно-фантастическим (кстати, одно из первых произведений этого жанра в мировой литературе), желая показать астрономические явления, как они должны были бы представиться наблюдателю, находящемуся на Луне. Чтобы добраться до Луны, Кеплер, ведущий рассказ от первого лица, выдумывает историю, в которой автобиографические сведения причудливо переплетаются с небывлицами. Повествующий, выходец из страны льдов (Исландии), юность свою проводит в обсерватории Тихо Браге. Затем, возвратившись домой, он узнает, что мать знается с демонами, через нее знакомится с одним из них, который и устраивает автору волшебное путешествие на Луну. Этот рассказ, позже дополненный очень интересными для истории науки примечаниями и изданный уже после смерти Кеплера (мы остановимся на нем ниже), в те годы Кеплер часто читал друзьям, он распространялся по Праге в списках; по крайней мере один из них был завезен бароном Фолькерсторфом в Тюбинген, где многие, в том числе и Урбан, могли его прочесть. В сложившейся ситуации рассказ мог стать косвенной уликой не только против Катерины, но и против самого Кеплера.

Письмо Кеплера не возымело действия. Разве только впредь в материалах процесса перестали упоминать его имя в прямой связи с обвинением матери. Следствие по жалобе Кеплеров долго не начинали, несмотря на требование Иоганна и его родственников. Только через год с лишним после подачи иска, 21 октября 1616 г., в первый раз опросили свидетелей. А основным свидетелем был фогт!

В то же время противная сторона лихорадочно накапливала компрометирующие Катерину факты. В конце октября старуха встретила в поле на узкой дороге

нескольких девочек с тяжелой ношей — они несли кирпич-сырец для обжига в печи. Проходя мимо испуганно посторонившихся детей — они ведь знали, что повстречались с ведьмой, — она нечаянно задела одну из них, дочь близких знакомых Урсулы. Девочка заявила, что старуха ударила ее по руке, хотя остальные этого не видели. Рука в самом деле начала болеть, и скоро девочка не могла шевелить пальцами. Естественно, Катерина была тут ни при чем, девочка повредила руку, неся слышком тяжелый груз, к тому же боль через несколько дней бесследно исчезла, но для противников Катерины это было столь желанное дополнительное обвинение. Мать девочки набросилась на старуху с ножом, требуя исцеления дочери, из Тюбингена срочно прибыл Урбан. Катерину и пострадавшую вызвали к фогту; тот, осмотрев руку девочки, признал наличие на ней знака ведьмы. Возражения Катерины никто не стал слушать, о происшествии надо было срочно сообщать в канцелярию герцога. И тут запуганная, совершенно растерявшаяся женщина предлагает фогту серебряный кубок, чтобы тот не посылал дело в Штутгарт. Фогт тут же составляет протокол о попытке к подкупу должностного лица. Обезумевшая от страха Катерина бежит сначала к дочери и зятю в Геймаден, а затем с Кристофом едет к Иоганну в Линц.

Безопаснее всего Катерине было бы навсегда остаться у Иоганна, и он старается удержать мать у себя, но ее тянет в родные места. После девятимесячного отсутствия она возвращается на родину и поселяется у дочери. За ней спешит Кеплер. Он надеется, что его личное присутствие будет содействовать скорому и благополучному исходу дела. Путь его лежит через Вальдебах, находящийся близ Регенсбурга, — перед этим здесь скончалась его падчерица Регина, — и он привозит сюда пятнадцатилетнюю дочь Сусанну для присмотра за осиротевшими после смерти Регины детьми.

Для чтения в дороге он взял уже знакомую нам книгу «Диалог об античной и современной музыке», автором которой был Винченцо Галилей, отец Галилео. В воображаемом мире гармоний ему временами удавалось отвлечься от столь дисгармоничного и гнетущего бытия. Он прибыл в Леонберг 30 октября. Хлопоты Кеплера по делу матери не продвинули его вперед. Правда, власти не возражали против выезда Катерины за пределы Вюр-

темберга, но она решительно отказалась покинуть родные места. Кеплер возвращается через Регенсбург и Вальдбах 22 декабря в Линц.

Лишь почти через три года после поступления жалобы, в мае 1618 г., фогт представил герцогской канцелярии протоколы первых допросов свидетелей. Когда состоялось рассмотрение дела и каковы были дальнейшие свидетельские показания — неизвестно, так как соответственные документы странным образом исчезли из дела. Позже Кеплер в письме к герцогу сообщает, что его матери с помощью показаний четырех старых и честных советников городского управления удалось доказать необоснованность претензий к ней Урсулы и несправедливость обращения, допущенного по отношению к ней должностными лицами.

Наступило время, пишет Кеплер в своем прошении герцогу, чтобы был вынесен приговор, которому не возрадовались бы клеветники.

Однако этим пожеланиям не суждено было сбыться. Наоборот, фогт и Урсула со своими сторонниками и покровителями добились, чтобы Катерина из обвинительницы в гражданском процессе стала обвиняемой в колдовстве в уголовном процессе. Было составлено обвинительное письмо, в 49 пунктах которого Катерина обвинялась в тяжких преступлениях, о которых уже шла речь выше. Почти два года тянулось следствие, было опрошено около сорока свидетелей, сотни страниц протоколов допросов составили несколько томов.

Бедная женщина, жившая все это время у дочери в Геймадене, знала, что ее все теснее опутывают сети «правосудия». Дело шло к допросу «с пристрастием», т. е. под пыткой. Кеплер с большим беспокойством следил из Линца за ходом дела и весной 1620 г. в смятении обратился к герцогу Вюртембергскому с просьбой: до того, как подвергнуть обвиняемую пытке, ознакомить его, Кеплера, с копиями свидетельских показаний. Он жалуется, что его не ознакомили даже с пресловутыми 49 пунктами обвинения. Просьба осталась без ответа. Более того, герцог приказал ускорить процесс: 24 июля последовал приказ арестовать Катерину, где бы она ни находилась, подвергнуть ее богословской проверке и, в случае если показания покажутся недостаточно откровенными, подвергнуть пыткам.

В ночь на 7 августа Катерина Кеплер была арестована в доме дочери (из которого ее вынесли в сундуке, чтобы не привлекать лишнего внимания) и отправлена в Леонбергскую тюрьму. Через несколько дней — на этот раз фогт спешил — состоялся допрос. Обвиняемая категорически отвергла предъявленные ей обвинения и показала, что никогда не занималась волшебством или ведьмованием, не вступала в связь со злыми духами, не наносила вреда людям и скоту. Она осталась при своих показаниях и на очной ставке со свидетелями. Угрозы повторить допрос с помощью палачей не помогли. Кеплер из писем Маргариты знал о происходящем. Но как раз в эти дни Линц стал ареной военных действий: на территории Священной Римской империи уже два года как началась война, до окончания которой оставалось... 28 лет.

Начало Тридцатилетней войны относят к 23 мая 1618 г. В этот день в ответ на попытки Габсбургов ликвидировать остатки прав чешского народа и полностью его закабалить вооруженные отряды пражан окружили Градчаны и потребовали наказания ставленников Габсбургов — предателей чешского народа. По старому чешскому обычаю расправы с предателями (дефенестрации) два члена «правительства» были выброшены из окна. Созванный незадолго до этого съезд чешских протестантов объявил себя чешским сеймом и после смерти в 1619 г. императора Матвея лишил его наследника Фердинанда (того самого штирийского правителя, который изгнал протестантов и в том числе Кеплера из Граца) чешской короны, передав ее главе евангелической унии пфальцскому курфюрсту Фридриху V (так называемому зимнему королю), который, однако, не пользовался популярностью в Чехии и не располагал вооруженными силами.

Восставшие чехи в первое время добились некоторых военных успехов. Их войска вступили на территорию Австрии и одно время угрожали Вене. В протестантских областях Германии выступление чехов пользовалось симпатией, с радостью встретили весть об успехах чехопротестантов и в протестантской общине Верхней Австрии — все надеялись, что эти события ослабят контрреформацию.

Попав в трудное положение, Фердинанд, ставший 28 августа 1619 г. императором, обратился за помощью к главе католической лиги Максимилиану Баварскому. Тот



предоставил свои войска для борьбы с протестантами. Эти-то войска, готовясь к разбойничьему походу в Чехию, и заняли Линц.

Над верхнеавстрийскими протестантами нависла реальная угроза расправы. Стало шатким и положение Кеплера. Что он должен делать? Работа над планетными таблицами подходила к концу. Подтвердит ли новый император придворное знание Кеплера и согласится ли издать выполненную при двух предыдущих императорах работу? Или поступит с Кеплером так же, как два десятилетия назад в Граце? Новое чешское правительство во главе с королем приглашает Кеплера в Прагу. Но если принять приглашение и тем самым порвать с императором, что будет с таблицами? Родственник новоиспеченного короля Чехии английский король Иаков I через своего посла приглашает Кеплера в Англию. А в Вюртемберге вот-вот начнут пытаться его мать! — нужно ехать туда, чтобы предпринять все для ее спасения. А как быть с семьей? Оставить ее в городе, переполненном разнузданной солдатней? Нет, семью нужно вывезти, — ведь неизвестно, удастся ли вообще при создавшейся ситуации вернуться за ней позже в Линц.

Сообщив герцогу Вюртембергскому, что он примет личное участие в суде над матерью в качестве адвоката, Кеплер 6 сентября вместе с семьей покидает Линц и, устроив жену и детей в Регенсбурге, через Ингольштадт направляется в Вюртемберг. К этому времени по ходатайству родственников Катерину перевели в тюрьму города Цоглингена, где должен был продолжаться суд. Процесс начался здесь 4 сентября, а первое свидание Кеплера с закованной в цепи матерью состоялось 28 сентября. За это время было прочитано обвинительное заключение, показания свидетелей, и началось ознакомление суда с возражениями против обвинения, составленными Кеплером и другим защитником. Местный фогт, выступавший в роли обвинителя, почувствовал себя недостаточно уверенно и затребовал подмогу из Штутгарта, которая и была прислана в лице главного прокурора герцогства.

Процесс тянулся более года, и почти все это время Кеплер присутствовал на нем. Прокурор отклонил возражения защиты, более того, он дополнил обвинение несколькими пунктами. Так, им было установлено, что лет 40 тому назад Катерина Кеплер причащалась у католиче-

ского священника! Ему показалось весьма подозрительным также, что во время очной ставки она отводила глаза от свидетелей и что она ни разу не проронила ни единой слезы. К весьма отягчающим обстоятельствам прокурор относил и то, что обвиняемая (не имевшая зубов) пользовалась при еде в камере ножом, неизвестно как туда попавшим.

В мае 1621 г. снова стали вызывать свидетелей. 22 августа защитники представили свое окончательное заключение на 128 страницах, большая часть которого была составлена Кеплером собственноручно. Защита была построена так, чтобы не отвергать возможности существования ведьм вообще (в этом случае провал действий защиты был бы обеспечен), не опровергать подтвержденные следствием, хоть и бессмысленные свидетельские показания, а дать каждому конкретному случаю объяснение, отводящее от Катерины обвинение в колдовстве.

Искусное ведение защиты вынудило судебного писца в одном из августовских протоколов записать: «Арестованную, к сожалению, защищает ее сын, господин Иоганн Кеплер, математик»<sup>1</sup>.

Преследователи Катерины могли действительно сказать «к сожалению», так как непосредственное участие в судебном процессе ее сына шаг за шагом вело к тому, что защелкнувшийся Катерину судебный капкан должен был вот-вот разойтись. Правда, это стоило нескольких лет жизни, когда вся эрудиция, все знания, весь разум всемирно известного ученого были затрачены на то, чтобы отвести от матери нелепые обвинения.

В конце концов герцог распорядился передать дело на рассмотрение юридического факультета Тюбингенского университета. Оно рассматривалось там при участии известного ученого-юриста Безольда. Было признано (10 сентября 1621 г.), что собранные против Катерины Кеплер улики по обвинению в ведьмовстве недостаточны для применения допроса с пристрастием, но и не позволяют вынести оправдательный приговор. Постановили: попытаться добиться признания Катерины, поставив ее перед палачом и орудиями пыток. Но и это испытание, которому Катерина подверглась 28 сентября 1621 г., не дало обвинителям желаемого результата. Под угрозой пыток Катерина проявила редкую стойкость и заявила: «Делайте со мной, что хотите, но если вы из меня и все

жили одну за другой вытяните, все равно мне не в чем будет признаваться».

Тогда герцог приказал: так как в результате имевшего место устрашения Катерина Кеплер очистилась от косвенных улик, прекратить обвинение в судебном порядке, а обвиняемую выпустить на свободу.

4 октября 1621 г. дело, тянувшееся общей сложностью шесть лет, было прекращено, и после 14-месячного тюремного заключения измученная женщина вышла из тюрьмы умирать на свободе. Она не вернулась более в Леонберг — разъяренные фогт и чета Рейнгольдов, которым пришлось уплатить часть судебных издержек, подбивали бюргеров расправиться с Катериной самосудом — и умерла в апреле следующего года в доме дочери в Геймадене.

Дорогой ценой досталась Кеплеру победа, но не вмещайся он столь решительно и беззаветно, мать, несомненно, погибла бы на костре, а семья была бы опозорена.

Сразу же после освобождения матери Кеплер, захвав в Регенсбург за семьей, в ноябре 1621 г. возвращается в Линц. Он и перед этим, в январе — марте, во время перерыва в процессе навещал семью в Регенсбурге — жена родила тогда дочь Кордулу, четвертого ребенка в новой семье. Двух первых детей пришлось похоронить в годы, когда шел процесс. Еще один сын — Себальд — родился в январе 1619 г.

Четырнадцатимесячное отсутствие Кеплера, естественно, было замечено и вызвало пересуды — никто точно не мог сказать, куда же исчез провинциальный математик. Сходились на одном — он покинул Линц в связи с военными действиями, но куда направился? В Англию? Ведь незадолго до исчезновения его навестил посол английского короля. А может быть, на родину, в Вюртемберг? Ходили даже слухи, что он навлек на себя гнев нового императора и тот якобы назначил вознаграждение за голову бедного астронома. «Невероятно, каким мучениям подверглась моя бедная репутация в течение моего годичного отсутствия здесь в связи с поездкой в Вюртемберг», — писал Кеплер по возвращении одному из своих друзей в Дрезден<sup>2</sup>.

Между тем с окончанием процесса над матерью бедствия для Кеплера и его семьи, как и для их сограждан, не закончились: Тридцатилетняя война еще только разгоралась. Первые успехи чешской повстанческой армии

сменились горькими поражениями: под Прагой у Белой горы 8 ноября 1620 г. полководец Максимилиана Баварского граф Тилли разбил небольшую и слабо вооруженную чешскую армию. Последовали массовые аресты и казни. Среди казненных 21 июня 1621 г. оказалось много друзей Кеплера по Праге, в том числе и упоминавшийся профессор анатомии, ректор Пражского университета Иоганн Йессениус (Ян Есенский). Из Чехии были высланы оставшиеся в живых протестанты — пришлось покинуть страну почти 30 тысячам семейств. Такая же участь постигла протестантов Пфальца. Усиление католического блока заставило курфюрстов Саксонского и Бранденбургского возобновить протестантскую унию, прибегнув к помощи протестантской Дании. Военные действия вспыхнули с новой силой.

### «Мировая гармония». Учебник коперниканской астрономии

2 января 1616 г. Кеплер написал первое письмо властям Леонберга с требованием прекратить преследование его матери. В ноябре 1621 г., добившись освобождения матери, после 14-месячного отсутствия он возвратился в Линц. Почти шесть лет Кеплер был лишен спокойствия, минимальных удобств и времени, так необходимого для научной работы. В эти же годы началась Тридцатилетняя война, которая принесла многочисленные бедствия его родине, его семье, не обошла и его лично, продолжался спор о формуле согласия и вопросе о причастии с вюртембергской консисторией и теологическим факультетом Тюбингенского университета, спор, который требовал также немало времени и нервов.

Обстановка этих шести лет не могла не сказаться на научной продуктивности ученого, но было бы неверно говорить, что темпы появления научной продукции Кеплера за эти годы стали ниже, чем за предыдущие.

В эти годы Кеплер, используя каждую свободную минуту, продолжает утомительную и трудоемкую работу над составлением планетных таблиц, много работает над созданием учебника коперниканской астрономии, осуществляет мечту своей жизни — пишет задуманную еще двадцать лет назад в Граце книгу о мировой гармонии. В этот же период начинается работа Кеплера над построением теории логарифмических вычислений и составлением таблиц логарифмов. И почти все эти сочинения Кеплер, преодолевая невероятные трудности, успевает в эти же годы издать.

Среди упомянутых сочинений Кеплера предметом его особой гордости была книга «*Harmonices Mundi Libri V*», т. е. «Пять книг гармонии Мира» (за ней утвердилось также название «Мировая гармония»).

Работу над этой книгой Кеплер начал еще в 1599 г. «Хотя нынешнее столь опасное положение очень мне мешает, все же я набросал методы и первые тезисы к книге, которой дам название «Космографическое исследование о Мировой гармонии», — сообщает он в письме к своему покровителю и другу Герварту 14 декабря 1599 г.<sup>1</sup> Здесь же приводится и план книги, который, естественно, за много лет претерпел изменения.

Когда это сочинение в 1619 г. вышло из печати, отдельные его книги назывались так:

I. Правильные фигуры, производящие гармонические пропорции.

II. Конгруэнции гармонических фигур.

III. Происхождение гармонических пропорций.

IV. Гармоническая конфигурация звездных лучей на Земле и ее воздействие на погоду и другие явления природы.

V. Совершеннейшая гармония в небесных движениях и касающаяся ее происхождения эксцентриситетов, радиусов орбит и времен обращения.

Известно, что мысли о мировой гармонии возникли еще у пифагорейцев и они имели известное влияние на ход мысли Кеплера, особенно в первый период его творчества. Но, как отмечает венгерский философ Дьердь Надор, «для Кеплера отвлеченная гармония тел, представление о музыке сфер и т. п. были только условными предпосылками. Основной же задачей для него было исследование математических законов, управляющих небесными явлениями»<sup>2</sup>.

Астрономические исследования в «Мировой гармонии» занимают немного места, но именно здесь (в V книге) изложен знаменитый третий закон, где Кеплер открывает математическое соотношение, с помощью которого строго научно устанавливается единство планетной системы как целого. В настоящее время основная часть книги Кеплера представляет интерес главным образом для историков науки, занимающихся философскими течениями современной Кеплеру эпохи и изучением развития научной мысли в области точного естествознания.

Прежде чем остановиться на небольшой части этой книги, которая вошла в актив современной науки, заметим, что часть рассуждений Кеплера, относящихся к условиям построения правильных многоугольников и

Ioannis Kepleri  
**HARMONICES**  
**M V N D I**

**LIBRI V. QVORVM**

- Primus GEOMETRICVS, De Figurarum Regularium, quæ Proportiones Harmonicas constituunt, ortu & demonstrationibus.
- Secundus ARCHITECTONICVS, seu ex GEOMETRIA FIGVRATA, De Figurarum Regularium Congruentia in plano vel solido:
- Tertius proprie HARMONICVS, De Proportionum Harmonicarum ortu ex Figuris: deque Naturâ & Differentiis rerum ad eandem pertinentium, contra Veteres:
- Quartus METAPHYSICVS, PSYCHOLOGICVS & ASTROLOGICVS, De Harmoniarum mentali Essentiâ earumque generibus in Mundo: præsertim de Harmonia radiorum, ex corporibus cœlestibus in Terram descendentibus, eiusque effectû in Natura seu Anima sublunari & Humana:
- Quintus ASTRONOMICVS & METAPHYSICVS, De Harmoniis absolutissimis motuum cœlestium, ortuque Eccentricitatum ex proportionibus Harmonicis.
- Appendix habet comparationem huius Operis cum Harmonices Cl. Ptolemæi libro II cumque Roberti de Fluctibus, dicti Flud Medici Oxoniensis speculationibus Harmonicis, operi de Macrocosmo & Microcosmo insertis.



*Cum S. C. M<sup>o</sup>. Privilegio ad annos XV.*

**Lincii Austriæ,**

Sumptibus GODOFREDI TAMPACHII Bibl. Francof.  
Excudebat IOANNES PLANCVS.

*ANNO M. DC. XIX.*

*Титульный лист «Гармонии мира»*

многогранников, представляла собой определенный вклад в развитие математики. В дополнение к своей «навязчивой мысли» о связи правильных многогранников вместе с вписанными в них и описанными около них сферами с числом планет и их расстояниями от Солнца Кеплер пытается здесь найти связь между параметрами планетных орбит и различными соотношениями в правильных многоугольниках и иных геометрических фигурах, в теории чисел, теории музыки. Среди приведенных фантастических соотношений была одна ценнейшая находка. Книга V, в которой содержится эта находка, начинается так:

«То, что я предположил уже 22 года назад еще до того, как я нашел пять основных систем небесных орбит; в чем я сам полностью был убежден еще до того, как прочитал «Гармонию» Птолемея; о чем я писал своим друзьям еще до того, как получил полную уверенность в своей правоте; о чем 16 лет назад я писал как об исследуемой проблеме; чему я посвятил значительную часть своей жизни путем проведения астрономических исследований, что заставило меня разыскать Тихо Браге и избрать местом жительства Прагу,— то я, наконец, осуществил, и мне удалось сформулировать это лучше, чем я когда-либо надеялся. Этим я нашел наличие гармонии как в связях, так и в частностях. Свою задачу я осуществил не тем путем, который казался мне правильным, а совершенно отличным путем, чрезвычайно совершенным и для этого дела пригодным»<sup>3</sup>.

Высказанные здесь замечания интересны тем, что кое-что разъясняют в методах работы Кеплера и в методике его исследований. Не без оснований утверждал Апельг в середине прошлого столетия, что Кеплер устанавливал гармонию мира не по характеру чисел, а путем исследования с помощью чисел.

Но обратимся к месту, где Кеплер формулирует свой третий закон:

«До сих пор мы говорили о различных промежутках времени и [проходимых за это время] дугах для одной и той же планеты. Теперь же должна пойти речь о движениях двух планет, сравниваемых друг с другом. Итак, здесь предстоит довершить и ввести сюда некоторую часть моей «Космографической тайны», оставленную нерешенной 22 года тому назад, так как тогда дело еще не было ясно для меня. И вот, после того, как непрерывным тру-



дом весьма долгого времени были из наблюдений Браге найдены верные промежутки орбит, наконец-то, наконец-то, подлинная пропорция между периодами и размерами орбит

...хоть и поздно, заметила бездейственного,  
заметила все-таки и пришла после продолжительного времени...

и если желательны такое указание времени, — она зародилась в моем уме 8-го марта сего тысяча шестьсот восемнадцатого года, но была неудачно подсчитана и поэтому отброшена как ложная; но когда я 15 мая возвратился к ней, принявшись с новым увлечением, она наконец победила слепоту моего ума; это было столь великой наградой и моей семнадцатилетней работы над наблюдением Браге, и направленного согласно с нею размышления, что я сперва готов был думать, будто сплю и предвосхищаю искомое среди данных. Но в высшей степени верно и точно, что *отношение между периодами обращения каких-нибудь двух планет как раз равняется полуторной степени отношения их средних расстояний, т. е. [радиусов] орбит*; однако обращаю внимание на то, что среднее арифметическое обоих диаметров эллиптической орбиты немногим менее длиннейшего диаметра. Итак, если кто из периода, скажем, Земли, который равен одному году, и из периода Сатурна (тридцать лет) возьмет кубические корни и, возведя эти корни в квадрат, составит отношение, тот имеет в получаемых числах вернейшее отношение средних расстояний Земли и Сатурна от Солнца.

Ибо кубический корень из 1 есть 1, его квадрат — 1; и кубический корень из 30 — [несколько] более 3, его квадрат — [несколько] более 9. И Сатурн, в своем среднем отстоянии от Солнца, бывает немногим дальше девятикратного среднего расстояния Земли от Солнца»<sup>4</sup>.

Ныне этот закон формулируется в такой форме: «Квадраты сидерических периодов\* планет относятся между собой, как кубы их средних расстояний от Солнца».

Из всей «Мировой гармонии» впоследствии наука приняла и сохранила лишь один листок с третьим зако-

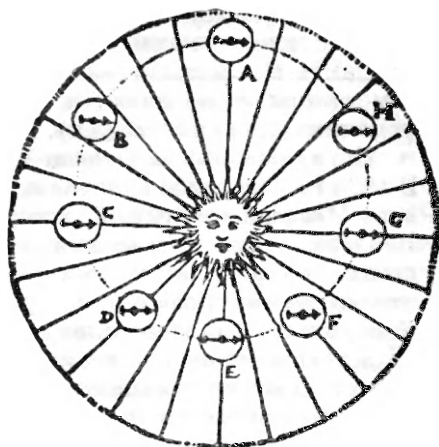
\* Сидерический период — промежуток времени, в течение которого тело Солнечной системы (планета, комета) совершает полное обращение вокруг Солнца.

ном движения планет. Была ли вся остальная работа пустой тратой времени? Ответим на это словами А. Паннекука — видного историка науки и выдающегося общественного деятеля, одного из основателей Коммунистической партии Голландии: «Чтобы добиться чего-либо значительного, надо ставить перед собой еще более высокую цель. Ведь результат, остающийся в итоге человеческой деятельности, подобен небольшому плоду, который может вырасти только на большом растении, сначала полным жизни, а затем отмирающем и отбрасываемом, как сухая солома. Могучие стимулы к труду и борьбе, которые человек получает из своего мира, он преобразует в целевые установки и задачи, определенные главным образом мировоззрением своего времени. В течение всей жизни работа Кеплера развивалась как осуществление идей, запечатлевшихся в нем с юности, как единство цели, создавшей эту всеобщую гармонию. Но последующие поколения — иные люди с иными новыми целевыми установками в изменившемся мире — взяли из нее только то, что могло понадобиться им для дальнейшего развития науки. Таким образом, то, что вдохновляло предшественников и составляло их славу, позднее нередко представлялось излишним или ложным направлением. В поздние столетия, когда научное исследование все более приобретало характер рутинной работы, идущей по проторенным путям, это стало менее заметным. В этот переходный период работа Кеплера, лучше чем любая другая, показала соотношение между общим и частным в развитии науки»<sup>5</sup>.



В тяжелые для Кеплера годы, связанные с борьбой за спасение матери, продолжалась его интенсивная работа и над составлением наиболее объемного и, пожалуй, наиболее тогда популярного из его произведений, которое тремя выпусками (всего около 1000 страниц текста) вышло в свет в 1617—1621 гг. под названием «*Epitomae Astronomiae Copernicanae*», т. е. «Сокращения (или очерки) коперниканской астрономии». Название книги неточно — оно слишком скромно определяет ее содержание; это не только изложение астрономической теории в том виде, в каком она была разработана три четверти века тому назад Коперником, а первый учебник новой астроно-

*Воздействие силы Солнца на движение планеты. Рисунок из книги «Очерки коперниканской астрономии»*



мии, в котором Солнце занимало место, указанное Коперником, а Марс и другие планеты, включая Землю, а также Луну и открытые Галилеем спутники Юпитера, подчинялись выведенным Кеплером законам движения планет.

Напомним, что в «Новой астрономии» была установлена эллиптическая форма орбиты только для Марса. Однако эта работа дала Кеплеру возможность исследовать орбиты и других планет. В результате длительных расчетов им были установлены эксцентриситеты и другие параметры орбит и других известных тогда планет. Как и у Марса, орбиты оказались эллиптическими, имели постоянный наклон относительно эклиптики, без дополнительных колебаний. Некоторое представление о хронологии этих исследований дает нам письмо Кеплера к Мёстлину от 5 мая 1616 г., в котором Кеплер сообщает: «Летом 1614 г. была выведена теория для Венеры, а зимой 1615 г.— для Меркурия; в них нет ничего особенного по сравнению с Сатурном, Юпитером и Марсом; я делал это при помощи большой орбиты для Земли и простого эксцентрического круга, такого же, как у Марса»<sup>6</sup>.

Чтобы оценить значение этого произведения и представить себе, насколько Кеплер опередил ученых своего времени, достаточно напомнить несколько фактов.

Как раз в 1617 г., когда появился первый выпуск «Очерков», католическая церковь вступила в новый период активной борьбы с коперниканским учением, внося

книгу «Об обращениях небесных сфер» в индекс запрещенных книг и начав преследование Галилея за приверженность воззрениям Коперника. Кстати, уже в 1619 г. в тот же индекс попадают и «Очерки коперниканской астрономии» (первый выпуск).

Не лучше обстояло дело и в протестантских странах. В 1624 г., уже после появления всех трех выпусков «Очерков» Мёстлин, тот самый, который 35 лет назад знакомил Кеплера с коперниканским учением, повторил издание своих «Очерков астрономии», написанных полностью с птолемеевских позиций, не рискуя даже упомянуть о Копернике. Галилей в своих «Диалогах», вышедших 15 лет спустя, еще придерживается взгляда о круговых орбитах планет с эпициклами и эпицентрами.

Кроме глубокого убеждения в правоте своего мировоззрения, нужно было еще обладать большой личной храбростью, чтобы в этих условиях выступить с открытым забралом в защиту нового учения. И постоянно недомогающий, терпящий лишения и невзгоды, озабоченный поисками средств существования, отягченный участием в процессе по делу матери, в условиях религиозных преследований сразу с двух сторон, подчас в дыму и пламени сражений Тридцатилетней войны, уже немолодой Кеплер находит в себе и храбрость, и силы, и время для этого благородного, но неблагодарного дела.

Сочинение печаталось в сложных и трудных условиях. Первый выпуск (книги I — III) был сдан в типографию перед первой поездкой в Вюртемберг по делу матери. Он был напечатан в 1617 г. в Линце в той же типографии, которая была создана при участии Кеплера и начала свою работу печатанием «Новой стереометрии». Второй выпуск, содержащий IV книгу, начал печататься летом 1620 г. Внимание Кеплера ежедневно раздваивалось между рабочим столом и печатным станком — подготовленные за столом листы тут же относились в типографию и там же правилась корректура. Работа еще усложнилась, но не прекратилась, когда в июле город заняли бесчинствующие баварские войска и «не раз приходилось пробираться из дому в типографию и назад между баварскими войсками, часто мимо раненых и мертвых солдат и сограждан».

Но вскоре пришлось надолго уехать — в Вюртемберге дело шло к трагической развязке и надо было спешить

туда. Упаковав часть тиража уже отпечатанной IV книги, в которой еще отсутствовали титульный лист и предисловие, и захватив незаконченные рукописи V—VII книг, Кеплер уезжает в Вюртемберг. Но и здесь, в перерывах между заседаниями суда и судебной перепиской, он настойчиво продолжает работу над книгой, вносит многочисленные исправления и дополнения, встречается с Мёстлином, в беседах и спорах с которым старается найти решение незавершенных задач. Там же Кеплер организует печатание титульного листа ко второму выпуску и издание (во Франкфурте) последнего выпуска, состоявшего из V — VII книг. Печатание было завершено осенью 1621 г. почти одновременно с окончанием суда над матерью. Таким образом, значительная часть этого замечательного труда создавалась и издавалась в походных условиях, отнюдь не благоприятствовавших сосредоточенной научной деятельности.

Как мы уже отмечали, «Очерки» представляли собой первый полный учебник новой астрономии, написанный на основе гелиоцентрической теории Коперника и кеплеровых законов движения планет. Материал здесь изложен в катехизической (вопросо-ответной) форме — в виде наставлений, где вопрос как заголовок содержал в себе краткое содержание того, что раскрывалось в ответе. В письме к общинному собранию Верхней Австрии Кеплер указывал, что назначение книги — помощь в применении рудольфинских таблиц в астрономии. Однако сами таблицы увидели свет значительно позже.

### Кеплер и техника вычислений

Если учесть объем вычислительной работы, выполненной Кеплером только в поисках закономерностей движения планет, которые изложены им в «Новой астрономии», то уже одного этого вполне достаточно для признания его крупнейшим вычислителем своего века. Но помимо огромной работы, выполненной Кеплером при проверке многих гипотез, сменявших одна другую на его пути к истине, в актив его входят и «Рудольфинские таблицы», и «Эфемериды», и ряд других сочинений — результат соединения творческой мысли гения с тысячами часов упорной, утомительной и изматывающей вычислительной работы, для выполнения которой Кеплер не располагал (за небольшими исключениями) ни штатом помощников, ни минимальными техническими средствами.

Поэтому никто лучше Кеплера не мог понять и оценить важность разработки и совершенствования методов и средств, направленных на облегчение, упрощение, а главное, ускорение вычислительной работы.

Как раз в это время в связи с общими требованиями к количественному анализу в условиях ускоренного развития науки и производства, в связи с потребностями мореплавания и повышением точности астрономических наблюдений, повлекшим за собой усложнение математических выкладок при их обработке, внимание видных математиков и вычислителей-практиков к проблемам совершенствования вычислений все более усиливалось.

Еще французские математики Н. Орем (вторая половина XIV в.) и Н. Шюке (конец XV в.), а также немецкий математик М. Штифель (середина XVI в.) заметили интересную зависимость между членами геометрической

прогрессии и составленными из их показателей членами арифметической прогрессии, заключающуюся в том, что умножению, делению, возведению в степень и извлечению корня в первом ряду соответствует сложение, вычитание, умножение и деление во втором.

Эта идея могла быть использована для сведения арифметических операций к более простым при помощи таблиц, в которых последовательность степеней чисел сопоставлялась бы с последовательностью их показателей. Составление таких таблиц началось в конце XVI (Непер) — начале XVII в. (Бюрги).

Шотландский математик Джон Непер опубликовал свои таблицы в 1614 г. под названием «*Mirifici logarithmorum canonis descriptio*» («Описание удивительных таблиц логарифмов»). Здесь он приводит семи- и восьмизначные значения логарифмов синусов, косинусов, а также тангенсов углов первой четверти. Приняв  $\sin 90^\circ$  равным  $10^7 = 10\,000\,000$  (десятичные дроби тогда еще не получили широкого распространения), Непер определил свои логарифмы так, чтобы  $\log_{Ne} 10^7 = 0$  ( $\log_{Ne}$  = логарифм Непера), логарифмы любых других значений синуса у него положительны (но уменьшаются при увеличении аргумента). Зависимость между неперовыми и натуральными логарифмами можно выразить так:

$$\log_{Ne} N \approx 10^7 \cdot \ln \frac{10^7}{N}.$$

Правила логарифмирования у Непера более громоздки, чем известные нам еще в школе, так как в них  $\log_{Ne} 1 \neq 0$ .

В своих таблицах Непер не дал правил вычисления логарифмов, и лишь после его смерти в 1619 г. была опубликована книга («Устройство удивительных таблиц логарифмов»), где были приведены соответствующие указания.

Неперовы таблицы заинтересовали многих. По совету Непера английский математик Г. Бригс вычисляет четырнадцатизначные десятичные логарифмы чисел от 1 до 1000 (в 1617 г.), а затем четырнадцатизначные же от 1 до 20 000 и от 90 000 до 100 000 (в 1624 г.), лондонский преподаватель математики Джон Спейдель в 1617 г. составляет первую таблицу натуральных логарифмов\*. В 1625 г. англичанин Эдмунд Гунтер (Гюнтер), коррес-

пондент Кеплера, изобретает логарифмическую шкалу — прообраз логарифмической линейки.

Но еще до того, как Непер издал свои первые таблицы, на несколько другой основе были составлены таблицы Йостом Бюрги.

Бюрги, выходец из Швейцарии, талантливый механик-самоучка, в 1579—1603 гг. состоял часовщиком и механиком у ландграфа Вильгельма VI Гессенского, одного из немногочисленных (наряду с Альфонсом X и Улугбеком) самодержавных властителей, сочетавших государственную деятельность с плодотворными научными занятиями. Бюрги помогал ландграфу строить и ремонтировать астрономические инструменты в обсерватории в Касселе. Имеются сведения, что в 1588—1597 гг. Бюрги сам принимал участие в астрономических наблюдениях. Для их обработки Бюрги составлял таблицы синусов. После смерти Вильгельма Бюрги переехал в 1603 г. в Прагу и с 1603 по 1622 г. состоял придворным часовщиком и механиком сначала у Рудольфа II, а затем у его преемников.

Таким образом, по меньшей мере десять лет, с 1603 по 1612 г., Бюрги жил в одном городе с Кеплером, был хорошо с ним знаком и по роду своей деятельности непосредственно связан. Кеплер написал даже весьма обстоятельное предисловие к составленным Бюрги таблицам синусов, но оно, как и сами таблицы, осталось неопубликованным и хранится сейчас в числе других рукописей Кеплера в Архиве АН СССР.

Уже около 1610 г. Бюрги составил свои вычислительные таблицы. В этих таблицах членам геометрической прогрессии вида  $a_k = 10^8(1 + \frac{1}{10^4})^k$ ;  $K = 0, 1, 2, 3, \dots$  он ставил в соответствие члены арифметической прогрессии  $0, 10, 20, \dots$ . Получалось два ряда

$$\begin{array}{ccccccc} 10^8, & 10^8(1 + 10^{-4}); & 10^8(1 + 10^{-4})^2, & \dots \\ 0, & 10, & 20, & \dots \end{array}$$

\* **Натуральные логарифмы широко используются в высшей математике. Их основание  $e$  определяется как  $\lim_{x \rightarrow \infty} (1 + \frac{1}{x})^x$  или как сумма бесконечного ряда  $1 + \frac{1}{1!} + \frac{1}{2!} + \frac{1}{3!} + \dots$ ;  $e \approx 2,71828\dots$**



В изданной позже книге числа нижнего ряда были напечатаны красной краской («красные числа»), а числа верхнего ряда — черной («черные числа»). Таким образом, красные числа представляли собой логарифмы черных, деленных на  $10^8$  при основании 1,0001. Таблицы Бюрги являлись по существу таблицами антилогарифмов (черных чисел). Бюрги был бы признан создателем первых таблиц логарифмов, если бы опубликовал их сразу же после составления, но нерешительность, «медлительность и скрытность», в чем его позже недвусмысленно упрекнул Кеплер, стоила ему приоритета. Более того, он, видимо, хранил тайне свою работу даже от близких и заинтересованных лиц, в том числе и от Кеплера.

Только в 1620 г., через шесть лет после Непера, Бюрги публикует свои таблицы под названием «Arithmetische und Geometrische Progress-Tabulen sambt gründlichen Unterricht, wie solche nützlich in allerley Rechnungen und verstanden werden soll», т. е. «Таблицы арифметической и геометрической прогрессии вместе с основательным руководством, как их понимать и с пользой употреблять во всяческих вычислениях».

Работа эта была напечатана не по настоянию Кеплера, как это иногда утверждается \*, а без его ведома, и трудно сказать, когда Кеплер узнал о ее выходе из печати. Не исключено, что он этой работы вообще не видел.

Заметим, что объявленное в названии книги Бюрги «руководство» странным образом из нее выпало, но оно действительно было написано Бюрги и обнаружено в рукописи только в середине XIX в.

Таблицы Бюрги, появившиеся позже таблиц Непера и более удобных для вычисления таблиц десятичных логарифмов Бригса, не получили распространения и в наше время представляют лишь исторический интерес, но имя Бюрги постоянно соседствует с именем Непера. Роль же Кеплера в истории развития логарифмических вычислений зачастую недооценивается. Между тем совершенно естественно, что, будучи столь заинтересованным в совершенствовании средств вычислений, Кеплер не мог пройти

\* Так утверждает, например, И. Тронфке. См. *J. Tropske. Geschichte der Elementarmathematik in systematischer Darstellung*, 2. Aufl. B.—Lpz., Bd. 2, 1923, S. 180.

мимо столь важного изобретения. Впервые таблицы Непера Кеплер увидел во время короткого пребывания в Праге весной 1617 г. у кого-то из знакомых, но тогда ему пришлось ограничиться лишь беглым просмотром, как он об этом пишет Мёстлину в декабре 1618 г. <sup>1</sup> О своем впечатлении от этого беглого обзора он сообщает В. Шикарду: «Некий шотландский барон, имя которого я не запомнил, выступил с блестящим достижением, в котором он каждую задачу на умножение и деление превращает в чистое сложение и вычитание без применения синусов (как простаферетики \*). Вместо этого он использует таблицы тангенсов, и утомительное умножение и деление везде уступает простоте, краткости и легкости сложения и вычитания» <sup>2</sup>.

Значит, при первом кратком знакомстве с таблицами Непера Кеплеру показалось, что средняя колонка в этих таблицах под названием «Differentiae», представлявшая собой разности логарифмов синусов дополнительных углов, т. е. логарифмы тангенсов, предназначалась только для замены синусов.

Только в июле 1619 г. таблицы Непера попадают, наконец, непосредственно к Кеплеру. Но уже до этого Кеплер смог с ними подробнее познакомиться по книге берлинского преподавателя математики Вениамина Урсинуса, бывшего своего помощника в Праге и Линце, выпедшей в 1618 г. под названием «Cursus mathematici practici, vol. I», т. е. «Курс практической математики, том I». Урсинус привел таблицы Непера почти без изменения, сократив лишь аргументы и их логарифмы на два знака и приложив к ним краткое объяснение. Теперь Кеплеру стала ясной сущность изобретения и его важность для ускорения вычислительных работ, и он немедленно приступает к разработке собственной теории вычисления логарифмов, составлению логарифмических таблиц и их использованию в практических вычислениях на решающем этапе составления рудольфинских планетных таб-

\* Простаферетические методы вычислений (греч. *προσθεσις* — прибавление, *ὑφαρξεσις* — вычитание) заключались в упрощении вычислительных процессов с тригонометрическими величинами путем преобразования произведения тригонометрических величин в сумму, например по формуле  $\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)]$ .

лиц. Об этом Кеплер пишет в начале декабря 1619 г. в письмах к Ремусу и Мёстлину. Воодушевленный изобретением Непера, он с благоговением посвящает тому свои «Эфемериды» на 1620 г., не зная, что Непера уже два года как нет, в живых.

Что же касается работы Бюрги, то Кеплер до издания «Рудольфинских таблиц» ни разу о его имени в этом плане не упоминает. Объективность Кеплера по отношению к чужому вкладу в развитие науки не вызывает сомнения и вполне соответствует его собственным словам: «Я всегда придерживался правила восхвалять то, что другие, по моему мнению, сделали хорошо... Я никогда не пренебрегал чужими знаниями и не утаивал их, где мне не хватало своих»<sup>3</sup>. Единственное замечание по этому поводу содержится на 11-й странице «Рудольфинских таблиц», изданных в 1627 г. Здесь Кеплер пишет: «...Йост Бюрги указал путь к точно таким логарифмам задолго до публикаций Непера». И продолжает: «...Правда, его медлительность и скрытность загубила новорожденного вместо того, чтобы привлечь его для всеобщей пользы»<sup>4</sup>. В этих словах Кеплера слышен упрек. Становится ясно, что хотя Кеплер и знал о работе, которую Бюрги вел в пражские годы, но лишь в самых общих чертах, и сообщенное ему Бюрги не выходило за пределы неопределенных намеков. И еще один довод в пользу этого мнения: рассматривая в конце 1623 г. логарифмы Бригса, Кеплер видит их преимущество перед неперовыми и своими в том, что при увеличении аргументов логарифмы их здесь возрастают. Но ведь тем же (и, кстати, единственным) преимуществом обладали и логарифмы Бюрги и, зная это обстоятельство, Кеплер не преминул бы об этом упомянуть. Выходит, что до конца 1623 г. Кеплер вряд ли знакомился с «Таблицами прогрессий» Бюрги.

В противоположность Бюрги, Кеплер сообщает о ходе работ над составлением собственных таблиц многим друзьям и знакомым и старается перетянуть их в число сторонников новых методов вычислений. Это не всегда было просто. Мёстлин, например, в запоздалом ответе Кеплеру на письмо от 3 декабря 1618 г. в марте 1620 г. пишет: «Хотя я вижу, что [логарифмические] вычисления дают верные результаты, я к ним все же не стану обращаться, так как я до сих пор не обнаружил их основ, так что я подозреваю, что изобретатель умышленно в ка-

честве «фундаментального числа»\* взял какое-то запутанное число, обоснование которого очень тяжело, если не невозможно. Я считаю недостойным математика желание смотреть чужими глазами и опираться на что-то или выдавать за доказанное то, чему он сам не имеет доказательства»<sup>5</sup>. Кеплер немедленно по получении письма Мёстлина принимается за разработку основных положений теории построения логарифмических таблиц и излагает ее в длинном письме Мёстлину, начатом 12 апреля, а законченном только 19 июня 1620 г.<sup>6</sup> В эти сроки Кеплер и решил самостоятельно вопрос о построении логарифмических таблиц.

Отметим, что изданную посмертно, в 1619 г., книгу Непера об устройстве таблиц логарифмов Кеплер увидел только летом 1621 г., купив ее в Тюбингене во время длительного пребывания в Вюртемберге в связи с судом над его матерью.

Непер подходил к образованию логарифмов чисел на основе геометрических, можно сказать, кинематических соображений. Две точки перемещаются прямолинейно и параллельно, но в то время, когда одна из них, скажем  $y$ , движется равномерно от нуля, вторая —  $x$  движется замедленно со скоростью, пропорциональной ее расстоянию до конечной точки своего движения, причем начальная точка имеет значение  $10^7$ . Неперов логарифм числа  $x$ , соответствующего расстоянию от  $x$  до конечной точки ее движения, равен расстоянию точки  $y$  от начала ее движения. При  $x = 10^7$   $y = 0$ , т. е. неперов логарифм  $10^7 = 0$ . Когда числа  $x_i$  образуют арифметическую прогрессию, то их неперовы логарифмы образуют убывающую геометрическую прогрессию. Таблицы Непера предназначались для облегчения действий с тригонометрическими величинами и были неудобны для действий с числами в десятичной системе счисления.

Этому наглядному геометрическому обоснованию логарифмов Кеплер противопоставляет чисто арифметическое, более естественное и соответствующее этимологическому значению термина «логарифм» ( $\lambda\acute{o}\gamma\omicron\varsigma$  — здесь

\* Под «фундаментальным числом» Мёстлин имеет в виду не основание системы логарифмов, понятие, в то время еще неизвестное, а число, близкое к  $\log 1$ , которое в логарифмах Непера и Кеплера было отлично от нуля.

отношение, ἀριθμός — число). Кеплер пишет, что для него логарифмы не связаны «собственно с категориями линий, движения или протекания, или с любыми другими чувственными качествами, а если так можно сказать, с категорией отношения и мыслительными качествами»<sup>7</sup>.

В соответствии с этим Кеплер исходит из следующих соображений:

Пусть  $a$  — некоторое положительное число, меньшее  $M$ . Между  $a$  и  $M$  вставим  $m-1$  средних пропорциональных  $y_1, y_2, \dots, y_{m-1}$  так, чтобы  $a : y_{m-1} = y_{m-1} : y_{m-2} = \dots = y_{m-2} : y_{m-3} = \dots = y_2 : y_1 = y_1 : M$ .

Обозначим значения каждого из этих  $m$  отношений образовавшейся непрерывной пропорции через  $\alpha$ , тогда при перемножении всех отношений получаем  $\alpha^m = \frac{a}{M}$ . Итак,

$$a = \sqrt[m]{\frac{a}{M}} \text{ и } y_1 = M\alpha; \quad y_2 = M\alpha^2; \quad \dots \quad y_{m-1} = M\alpha^{m-1};$$

$$a = M\alpha^m.$$

Следовательно,  $y_n$  образуют геометрическую прогрессию. Положим  $\alpha = (1 - \frac{1}{\beta})$ , тогда  $y_n = M (1 - \frac{1}{\beta})^n$ .

Разность  $M - y_1 = \mu$  Кеплер называет мерой («mensura») отношения и приписывает всем другим отношениям  $y_2 : y_1; y_3 : y_2; \dots; a : y_{m-1}$  одинаковую меру. Для произведения двух отношений он молчаливо принимает мерой сумму мер отдельных отношений. Тогда мерой  $y_2 : M$  будет  $2\mu$ , мерой  $y_3 : M - 3\mu$ ;  $y_n : M - n\mu$ . Эти-то меры, которые образуют арифметическую прогрессию, он и называет логарифмами  $y_1; y_2; \dots; y_{m-1}; a = y_m$ .

Итак, кеплеров логарифм  $y_1$  равен:

$$x_1 = \text{Log}_K y_1 = M(1 - \alpha) = \frac{M}{\beta},$$

а логарифм  $y_n$

$$x_n = \text{Log}_K y_n = M \frac{n}{\beta}.$$

Вопреки распространенному заблуждению логарифмы Кеплера и логарифмы Непера не идентичны. С помощью натуральных логарифмов их можно связать соотношением

$$\text{Log}_K x = \log_{Ne} x + 3,94 \cdot \frac{\ln 10^7}{x} \approx \text{lg}_{Ne} x + 3,9 \frac{\ln 10^7}{x}.$$

Однако более существенно то обстоятельство, что в отличие от Непера Кеплер предназначал свои логарифмы прежде всего для облегчения вычислений над натуральными числами в десятичной системе счисления. Таблицы логарифмов Кеплера состояли из тысячи строк — по одной на каждое число и на его логарифм (отсюда и название книги: «*Chilias Logarithmorum*» — «Тысяча логарифмов»). В каждой строке — пять данных. В первой колонке — дуги окружности  $\alpha$  в частях круга зодиака (по  $30^\circ$ ), градусах, минутах и секундах. Так,  $280^\circ 20' 11''$  записано как  $9^\circ 10' 20' 11''$ , или просто 9.10.20.11. Во второй колонке (основной, с постоянным шагом) приводятся абсолютные числа  $N$  от 1 до 1000, они же и синусы дуг, приведенных в первой колонке ( $N = \sin \alpha$ ), третья колонка отведена на доли суток в часах, минутах и секундах ( $N.24.0.0.$ ), в четвертой помещены восьмизначные кеплеровы логарифмы с табличными разностями ( $\text{Log}_k N$ ) (кстати, обозначение  $\text{Log}$  введено в обращение Кеплером), наконец пятая отведена на числа в шестидесятиричной системе счисления ( $N.60.0$ ). Логарифмов тангенсов в таблицах Кеплера нет, что создает определенные неудобства.

Тюбингенский профессор В. Шикард, который одним из первых познакомился с таблицами Кеплера, пишет ему 30 сентября 1624 г.:

«Я радуюсь, что они [логарифмы] стали доступны всем, и поздравляю сам себя с таким прекрасным средством вычислений. Они будут мне полезны и для других вычислений, так как упорядочены по числам от 1 до 1 000. В связи с этим я предпочитаю их этим логарифмам Непера. Но не стану скрывать истины, в тригонометрии я использую охотнее неперовы таблицы в связи с тем, что для синусов они составлены до целых минут, в то время, как в твоих нужно приведение и отыскивание пропорциональных частей, что значительно задерживает и неудобно, когда приходится спешить»<sup>8</sup>.

Это неудобство Кеплер частично устраняет уже в «Рудольфинских таблицах», где вводит отдельные таблицы для логарифмов чисел и логарифмов тригонометрических величин.

Рукопись «Тысячи логарифмов» была готова уже зимой 1621/22 г. Кеплер намеревался напечатать ее в Тюбингене и послал Мёстлину с просьбой осуществить контроль и корректуру при печатании. У того она оставалась почти

ARCUS Circuli cum differentiis.	SINUS feu Numeri absoluti.	Partes utesti- ma quarta.	LOGARITHMI cum differentiis	Partes sexage- naria.
3. 30			607.90	
9. 29. 51	16500.00	3. 57. 36	180180.99--	9 54
3. 29			604.24	
9. 33. 20	16600.00	3. 58 2	179576.75+	9. 58
3. 29			600.60	
9. 36. 49	16700.00	4. 0. 29	178976.15+	10. 1
3. 29			597.01	
9. 40. 18	16800.00	4. 1. 55	178379.14--	10. 5
3. 29			593.48	
9. 43. 47	16900.00	4. 3. 22	177785.66	10. 8
3. 29			589.97	
9. 47. 16	17000.00	4. 4. 48	177195.69	10.12
3. 30			586.51	
9. 50. 46	17100.00	4. 6. 14	176609.18--	10.16
3. 29			583.09	
9. 54. 15	17200.00	4. 7. 41	176026.09--	10. 19
3. 29			579.71	
9. 57. 44	17300.00	4. 9. 7	175446.37	10. 23
3. 29			576.37	
10. 1. 13	17400.00	4.10.34	174870.00 +	10. 26
3. 30			573.07	
10. 4. 43	17500.00	4. 12. 0	174296.93 +	10. 30
3. 29			569.79	
10. 8. 12	17600.00	4. 13. 26	173727.14--	10. 34
3. 30			566.58	
10. 11. 42	17700.00	4. 14. 53	173160.56	10. 37
3. 30			563.38	
10. 15. 12	17800.00	4. 16. 19	172597.18	10. 41
3. 30			560.23	
10. 18. 42	17900.00	4.17.46	172036.95	10. 44
3. 29			557.10	
10. 22. 11	18000.00	4. 19. 12	171479.85--	10. 48
3. 30			554.02	
10. 25. 41	18100.00	4. 20. 38	170925.83	10. 52
3. 30			550.97	
10. 29. 11	18200.00	4. 22. 5	170374.86 +	10. 55
3. 30			547.94	
10. 32. 41	18306.00	4. 23. 31	169826.92--	10. 59
3. 30			544.96	
10. 36. 11	18400.00	4. 24 58	169281.96--	11. 2
3. 29			542.01	

полтора года без движения, и Кеплер вынужден был обратиться к Шикарду с просьбой забрать рукопись у Мёстлина и переслать ее ландграфу Филиппу Гессенскому, астроному-любителю, интересовавшемуся логарифмическими вычислениями и предложившему свою помощь и средства для издания кеплеровых таблиц. После этого Кеплер долго ничего не слышал о судьбе своей рукописи и неожиданно узнал из каталога осенней книжной ярмарки 1624 г., что его «Тысяча логарифмов» издана в Марбурге и появилась в продаже. Это было для Кеплера несколько неожиданно и даже неприятно, так как им было написано руководство к применению таблиц, содержащее и элементы теории логарифмов, но, не зная о судьбе и точном нахождении рукописи, он не стал посылать то, что должно было составлять с «Логарифмами» одно целое. Позже тот же Филипп Гессенский организует издание и этого руководства под названием «*Supplementum Chilias Logarithmorum*» («Дополнение к тысяче логарифмов»), которое появилось в продаже уже на осенней ярмарке 1625 г.

Таблицы Бюрги в практических вычислениях вряд ли вообще кем-нибудь использовались. Таблицы Непера быстро устарели и были заменены более удобными таблицами десятичных и натуральных логарифмов. Таблицам Кеплера повезло больше: с их помощью вычислялись рудольфинские таблицы планетных движений — это был, пожалуй, первый случай основательного применения логарифмических таблиц на практике, и коль скоро сами кеплеровы таблицы логарифмов в несколько переработанном виде вошли в состав рудольфинских, служивших астрономам настольной книгой на протяжении более 100 лет, это и обеспечило кеплеровым логарифмам сравнительно длительную жизнь.

Кроме того, сами кеплеровы таблицы неоднократно переиздавались. Последнее издание их вышло уже в начале XVIII в., в 1700 г.<sup>9</sup>

Итак, в истории логарифмов Кеплеру принадлежит разработка оригинальной теории построения логарифмических таблиц, составление с ее помощью и издание собственных таблиц, позже неоднократно переиздававшихся, их плодотворное и многократное применение в весьма важных астрономических вычислениях. В общей сложности таблицы Кеплера издавались не менее четырех раз на протяжении более чем 75 лет.



Вклад Кеплера в распространение новых средств вычислений мог быть бы и более существенным. В составе приобретенного в конце XVIII в. Петербургской Академией наук обширного собрания рукописей Кеплера, о чем еще будет идти речь впереди, обнаружена подготовленная к печати, но по неизвестным причинам оставшаяся неопубликованной, рукопись на немецком языке под названием «Der Zahlen Inventarium» («Опись числам») <sup>10</sup>. Хотя чистовой экземпляр этой рукописи и не принадлежит руке Кеплера, его авторство сомнений не вызывает: им лично выполнена правка текста, в полном заголовке имеется ссылка на «Тысячу логарифмов», все рассмотренные примеры опираются на его логарифмы. Наконец, в том же собрании обнаружен черновик этой работы <sup>11</sup>, написанный Кеплером собственноручно. Из текста видно, что Кеплером готовилось издание таблиц логарифмов целых чисел на немецком языке, которое должно было сыграть ту же роль для распространения математических знаний среди широких слоев населения германских земель, какую имел подготовленный самим же Кеплером перевод на немецкий язык его «Новой стереометрии винных бочек». По неизвестным причинам это издание осуществлено не было.



Однако сказанным не исчерпывается роль Кеплера в развитии вычислительных средств. Совсем недавно изучение рукописного наследия Кеплера, хранящегося в Архиве АН СССР в Ленинграде, позволило раскрыть интереснейшую страницу истории развития механизированных вычислений, к которой Кеплер имел весьма важное и непосредственное отношение.

До последнего времени было принято считать, что первую механическую вычислительную машину в современном понимании этого слова изобрел в 19-летнем возрасте французский философ, физик и математик Блез Паскаль. В машине Паскаля был предусмотрен автоматический перенос десятков, но с ее помощью можно было производить лишь сложение и вычитание, да и то с большими неудобствами.

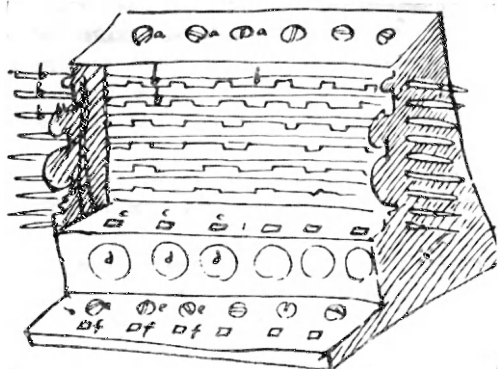
Однако среди упомянутых рукописей обнаружено любопытное письмо тюрингенского профессора Вильгельма Шикарда от 25 февраля 1624 г., в котором приводится

эскизное изображение вычислительной машины, построенной им за два десятилетия до Паскаля<sup>12</sup>.

С Шикардом Кеплер познакомился не позже 1617 г., когда тот был профессором восточных языков в Тюбингенском университете. Заметив в молодом ученом незаурядные математические способности, Кеплер настоял на углубленных занятиях Шикарда математикой, о чем сам Шикард говорит в своем письме Кеплеру от 30 сентября 1617 г.<sup>13</sup>, хранящемся в том же собрании. Шикард последовал совету Кеплера. Из приведенного выше отрывка его письма видно, что он уже в 1624 г. широко использовал для вычислений логарифмические таблицы Кеплера. После смерти Мёстлина Шикард стал его преемником на посту профессора математики в Тюбингенском университете.

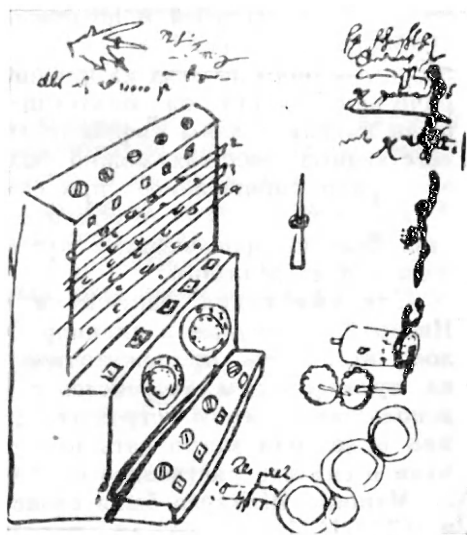
К сожалению, не сохранились письма Кеплера к Шикарду того периода, но с большой вероятностью можно утверждать, что именно Кеплер, больше других ощущавший необходимость разработки новых вычислительных средств, посоветовал Шикарду подумать над возможностью создания вычислительной машины, а может быть, сообщил ему и некоторые свои идеи по этому поводу. Не случайно, что именно с Кеплером Шикард регулярно переписывался в процессе работы над своим изобретением.

В письме от 20 сентября 1623 г.<sup>14</sup> Шикард сообщает Кеплеру, что им построен первый образец машины, кото-



*Счетная машина В. Шикарда (эскиз из письма Шикарда к Кеплеру, хранящийся в Архиве АН СССР)*

Эскизы счетной машины  
В. Шикарда из Штутгарт-  
ской библиотеки



рая выполняет четыре арифметических действия, т. е. не только складывает и вычитает, но и умножает и делит, и притом действует хорошо.

Из следующего, уже упоминавшегося письма от 25 февраля 1624 г. явствует, что Шикард готовил экземпляр машины и для Кеплера. Видимо, Кеплер в недошедших до нас письмах заказал экземпляр машины для себя. К сожалению, машину Кеплер не получил: оба изготовленных экземпляра сгорели при пожаре. Однако эскиз машины, содержащийся в письме, позволяет судить о ее внешнем виде, а эскиз, обнаруженный недавно в библиотеке города Штутгарта, дает представление о ее устройстве<sup>15</sup>. В конструкции машины применялось 11 счетных колес, точнее, шестерен, с 10 зубьями каждое, 6 однозубых колес (для переноса десятков), 6 цилиндрических валиков, на которых была выгравирована таблица умножения с особым расположением множителей, 6 рычагов для установки чисел (по одному на разряд) и 9 задвижек с окнами. Машина состояла из суммирующего механизма, устройства для умножения и устройства для фиксации промежуточных результатов.

В суммирующем устройстве использовались зубчатые передачи: на шесть параллельных осей насаживалось

по одной десятизубой и по одной однозубой шестерне, с помощью последней осуществлялся перенос в старший разряд полного десятка из младшего, а также по цилиндрическому валику, на образующей поверхности которого были выгравированы цифры от 0 до 9. При этом в соответственных окошках можно было видеть первое слагаемое (или уменьшаемое) при его установке и промежуточные или итоговые результаты сложения или вычитания. Деление производилось путем повторного вычитания делителя из делимого.

Для умножения фактически использовались палочки Непера\*, свернутые в цилиндр. Хотя при этом приходилось выполнять промежуточное поразрядное сложение на суммирующем устройстве с фиксацией результатов, использование этого устройства для выполнения умножения и деления могло дать определенную экономию времени и снизить умственное напряжение вычислителя.

Машина Шикарда была сконструирована и построена в 1623—1624 гг., в разгар Тридцатилетней войны. Технические возможности для изготовления такого рода устройств были довольно низкими, трудно устранимый люфт между зубьями счетных колес ограничивал количество поразрядных узлов всего шестью разрядами. Низкий уровень техники массового производства стал позже препятствием в распространении вычислительных машин, созданных Паскалем и Лейбницем.

Результаты кропотливого труда Шикарда были уничтожены пожаром, а события бушевавшей в то время Тридцатилетней войны отвлекли внимание современников от этого интереснейшего изобретения. Безвременная смерть Кеплера в 1630 г., а затем и Шикарда (его сразила чума в 1636 г.) также сыграли свою роль в том, что в те

\* Это оригинальное приспособление для облегчения умножения было предложено Дж. Непером в 1617 г. в его книге «*Rabdologiae, seu Numerationis per virgulas Libri duo. Edinburgi*». Состоит оно из набора полосок, на каждой из которых помещены таблички умножения одnorазрядных чисел на одnorазрядные. Составляя по записаным в верхней части палочек числам любое многоразрядное число, очень просто найти его произведение на одnorазрядное число, а при сложении суммы таких произведений — и результаты умножения на многоразрядное число. В настоящее время употребляются редко в связи с наличием более совершенных вычислительных средств.

чение более чем 300 лет изобретение Шикарда оставалось совершенно неизвестным и о нем узнали лишь в результате изучения рукописей Кеплера, хранящихся в нашей стране.

Нам представляется весьма интересным и важным тот факт, что к этому значительно опередившему эпоху изобретению — первой ласточке на пути, который в наши дни привел к бурному развитию вычислительной техники, к появлению электронных вычислительных машин, быстродействие и производительность которых подавляют воображение, Кеплер имел несомненное и непосредственное отношение.

### Последние годы в Линце. Ульм. «Рудольфинские таблицы»

В декабре 1623 г. Кеплер сообщил одному из своих корреспондентов: «Video portam», т. е. «Вижу гавань»<sup>1</sup>. Это означало, что наиболее трудоемкая и кропотливая из всех работ Кеплера, на которую (вместе с публикацией) пошло больше четверти века, работа, которую он сам считал основным делом своей жизни, рассматривая остальные труды как подготовительную ее часть, — составление новых астрономических планетных таблиц — подходила к концу.

Эту работу с нетерпением ожидали моряки и астрономы, составители календарей и астрологи, на нее поступали запросы не только из европейских стран, но и с далекого западного побережья Америки, из Индии и от католических миссионеров в Китае.

До Кеплера астрономические таблицы для расчета положения Солнца, Луны и планет составлялись неоднократно. До середины XVI в. в течение трех веков (с 1252 г.) в ходу были альфонсинские таблицы, через 300 лет, в 1551 г., они были вытеснены более совершенными и точными прусскими таблицами (Tabulae prutenicae), составленными немецким астрономом и математиком Эразмом Рейнгольдом на основе данных Коперника.

Но уже в 1563 г., наблюдая соединение Юпитера и Сатурна, Тихо Браге заметил, что альфонсинские таблицы ошибались в указании этого момента на месяц, а прусские — на несколько дней, и именно осознание необходимости составления новых, более точных и надежных таблиц послужило стимулом для его многолетних астрономических наблюдений, проводившихся им с помощью

усовершенствованных инструментов с большой тщательностью и повышенной точностью.

Об этих таблицах шла речь на аудиенции Тихо и Кеплера у императора Рудольфа II в августе 1601 г., их составление было после смерти Браге вменено в обязанность Кеплеру, как императорскому математику. Это же поручение считалось основным и в договоре Кеплера с властями Верхней Австрии при переезде его в Линц.

Необычайно кропотливая, громоздкая и в общем однообразная и скучная работа надолго затянулась. Даже в наше время, при наличии мощной вычислительной техники, такая работа требовала бы времени и штата сотрудников. У Кеплера же не было ни вычислительных инструментов, ни сотрудников (правда, в Линце одно время, с 1617 по 1620 г., с ним работал женевец Янус Грингалетус). Лишь после 1619 г., когда Кеплер, познакомившись с логарифмами Непера, разработал заново правила их составления и на этой основе подготовил собственные таблицы, работа ускорилаь. Рудольфинские таблицы были первыми астрономическими таблицами, при составлении которых были с успехом использованы логарифмические вычисления.

Наконец, к лету 1624 г., работа над составлением таблиц в основном закончилась. По этому поводу Кеплер писал своему другу Бернеггеру в Страсбург: «Рудольфинские таблицы, зачатые во мне Тихо как отцом, я вынашивал в себе 22 года подобно тому, как постепенно развивается плод в материнском чреве. И вот мучают меня родовые схватки»<sup>2</sup>.

Роды — появление на свет этого плода многолетних работ — были в самом деле тяжелыми, отняли у Кеплера огромное количество энергии и половину того времени, которое ему было еще отпущено жизнью.

Главным затруднением было отсутствие средств на печатание этой громоздкой и сложной работы. Четыре месяца провел Кеплер в Вене, куда теперь переселился императорский двор, добиваясь выделения денег на издание. В конце концов от него отделались старым приемом — деньги должны были выделить кассы городов Кемптена, Нюрнберга и Меммингена. Еще почти год уходит на объезд верхом и обход пешком этих городов, на просьбы, лесть, угрозы, чтобы выбить хоть часть необходимых средств. Удалось раздобыть денег только на бумагу. Тог-

да Кеплер, ставя семью в крайне тяжелое материальное положение, решает издавать книгу за счет личных средств.

Следующим камнем преткновения было само печатание. В Линце типографский станок был плохо приспособлен для такой работы, да и не было необходимых шрифтов, тем не менее император настаивал, чтобы книга печаталась в Австрии. К тому же возникло еще одно препятствие. Через четверть века в Линце повторилась грацкая история: протестантам было предложено или перейти в католицизм, или в течение шести месяцев покинуть город. Правда, для Кеплера и работников его типографии — наборщика и печатника — было сделано исключение, им разрешили остаться в городе до окончания работы над «Таблицами». Но библиотека его была одно время опечатана, из нее следовало удалить все подозреваемые в ереси книги. В конце концов Кеплеру самому поручили произвести отбор крамольных книг, поставив его в положение «собака, которая должна сама отказаться от одного из своих щенков». И так как он не смог поднять руку на свои книжные богатства и благодаря заступничеству друзей — ученых иезуитов — библиотеку удалось сохранить.

Линц, как и вся Верхняя Австрия, был оккупирован баварскими войсками. Еще в начале Тридцатилетней войны Фердинанд отдал эту провинцию баварскому герцогу Максимилиану «в залог» за военную помощь против чехов и протестантов. Войска Максимилиана вели себя в городе и в провинции как завоеватели. Весной 1626 г. в стране вспыхнуло крестьянское восстание под руководством Стефана Фадингера. Его целью было освобождение Верхней Австрии от господства чужеземцев, восстановление религиозных и установление политических свобод. Восставшие быстро заняли всю Верхнюю Австрию и осадили Линц. Осада длилась 14 недель. В городе свирепствовали голод и эпидемии, конина для многих в то время была деликатесом. 30 июня повстанцы ворвались в город и подожгли его. Сгорела и типография, а вместе с ней был уничтожен станок, набор части «Таблиц» и несколько уже отпечатанных тетрадей будущей книги. К счастью, рукопись «Таблиц» не пострадала. Хотя вскоре осада Линца была снята подоспевшими войсками императора, продолжать печатание «Таблиц» в Линце стало невозможно.



Это заставило Кеплера искать другое место для печатания книги. Удалось договориться о печатании в Ульме — вюртембергском городке на берегу Дуная, в его верхнем течении. В создавшихся условиях Кеплер не мог оставить семью в Линце, и вот 10 ноября 1626 г. он грузит свои книги, рукописи и домашний скарб на судно, идущее вверх по Дунаю, и с женой и детьми покидает Линц. Так как начавшиеся вскоре сильные морозы сковали реку льдом, семью пришлось оставить по пути в Регенсбурге и продолжить путешествие на лошадях. Оно длилось месяц — Кеплер прибыл в Ульм 9 декабря.

Печатание огромного фоллианта (568 страниц текста) затянулось на 9 месяцев. В ходе работы имели место неоднократные споры между Кеплером и издателем, которые однажды привели к тому, что Кеплер, решив искать другое место для печатания своей книги, ушел пешком из Ульма. Дело было в феврале, Кеплеру было 56 лет, и, пройдя километров двадцать, он понял, что у него просто не хватит сил натинать все сначала. Пришлось возвратиться и уступить необоснованным претензиям издателя. Кеплер лично следил за изданием, проводил почти все время в типографии и лично правил корректуру, ежедневно прочитывая по 4 печатных листа.

В начале сентября 1627 г. было закончено печатание тысячи экземпляров «Таблиц». Так как при составлении таблиц были использованы материалы наблюдений Браге, его наследники рассчитывали на основательный доход от издания. Возник вопрос об установлении цены за книгу. Представителем императора была установлена цена 3 гульдена за экземпляр на обыкновенной бумаге с доплатой в 40 крейцеров (1 гульден = 60 крейцеров) за улучшенную бумагу. Стоимость 1000 экземпляров определялась суммой примерно в 3300 гульденов. Заметим, что только бумага стоила Кеплеру 2000 гульденов (правда, часть ее осталась), а расходы на печатание составили более 1000 гульденов, так что вопрос о доходах с издания был весьма проблематичен.

Уже после появления тиража возникла еще одна сложность — притязания наследников Браге. Хотя его зятя Тенгнагеля, особенно недружелюбно относившегося к Кеплеру, в то время уже не было в живых, оставался Георг Браге, сын Тихо, который ничего не понимал в астрономии, плохо представлял себе смысл выполненной Кеп-



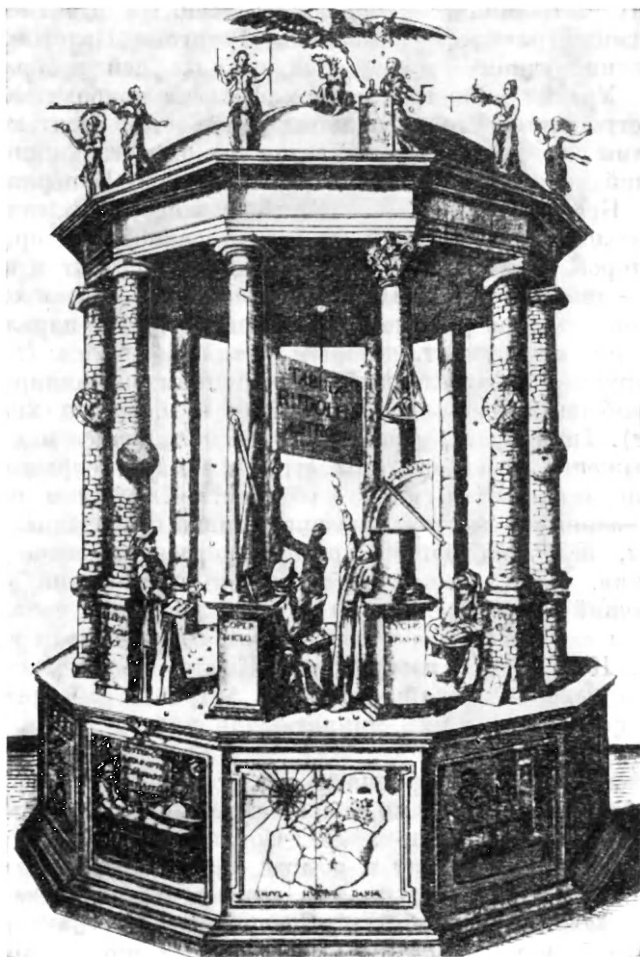
*Собственноручный набросок Кеплера к фронтиспису  
«Рудольфинских таблиц» (колонна Птолемея в трещинах)*

лером работы, но, решив, что его интересы ущемлены тем, что предисловие, написанное им самим, значительно короче предисловия, написанного Кеплером, потребовал перепечатки начала книги. Пришлось дважды перепечатывать начало и влетать его в уже готовый тираж. В связи с этим до нас дошли три разных варианта «Таблиц».

Несколько слов об оформлении и содержании «Таблиц», которые свыше 100 лет служили настольной книгой

многих астрономов и мореплавателей. На фронтисписе помещена гравюра, вырезанная Георгом Целером по собственноручному эскизу Кеплера. На ней изображен храм Урании — по греческой мифологии покровительницы астрономии. Его крыша поддерживается десятью колоннами различных ордеров, возле них пять астрономов — древний вавилонянин, Гиппарх, Птолемей, Коперник и Тихо Браге — ведут оживленный разговор. Выделяется тщательно разработанная колонна коринфского ордера, у которой стоит Браге. На ней висят секстант и квадрант — два его основных инструмента. На относительно простой колонне у Коперника — трикветрум — параллактический инструмент, которым тот пользовался (собственноручно изготовленный Коперником экземпляр этого прибора в свое время приобрел и бережно хранил Браге). Тихо Браге, указывая на расположенное над ним изображение своей системы строения мира, спрашивает у Коперника: «Что скажете об этом?» На заднем плане за вавилонянином стоят две примитивно сработанные колонны, олицетворяющие древние астрономические наблюдения. Над храмом изображен императорский орел, роняющий из клюва талеры. Несколько монет попало и на стол самого Кеплера, изображенного на панели внизу слева. Кстати, это изображение Кеплера — одно из немногих выполненных прижизненно. Астроном работает при свете свечи, перед ним миниатюрная модель храма Урании.

Очень интересна группа из шести аллегорических фигур, назовем их музами, — покровительниц наук, расположенных на крыше храма. Справа стоит Магнетика, которая держит магнит и компас, символизирующие силы, с помощью которых, как считал Кеплер, планеты удерживаются на орбитах. Следующая фигура держит в руках безмен с символом Солнца на оси опоры, напоминающая о кеплеровом законе площадей. Затем фигура с квадрантом и компасом, поддерживая чертежи круга и эллипса, подчеркивает тем, что «Таблицы» опираются на открытый Кеплером первый закон. Слева стоит Логарифмика, напоминающая, что перед нами первое произведение, в котором логарифмы нашли приложение в решении научных проблем. Затем Оптика, поддерживающая телескоп, а за нею муза света, символизирующая вклад Кеплера в развитие геометрической и физиологической оптики.



*Фронгиспис «Рудольфинских таблиц»*



*Фрагмент фронтисписа с изображением Кеплера*

Интересно, что на эскизе самого Кеплера колонна у Птолемея вся в трещинах и близка к разрушению.

Сами таблицы занимают примерно половину книги, вторая часть содержит объяснительный текст. Имеются таблицы для вычисления положений Солнца и Луны и расчета солнечных и лунных затмений, таблицы определения положений планет для времени от 5509 г. до н. э. (от «сстворения мира») на несколько столетий вперед, приводится каталог 1005 звезд, в основу которого поло-

жен каталог из 777 звезд, составленный еще Тихо, таблицы рефракции, сведения о географическом положении крупнейших городов мира, причем долготы приведены по меридиану Ураниборга — обсерватории Браге. Недавно с помощью электронно-вычислительных машин была проверена точность кеплеровых таблиц. Было обнаружено очень немного погрешностей и типографских опечаток, точность вычислений оказалась очень высокой для того времени.

### Финал

Радостное возбуждение, вызванное завершением и изданием «Рудольфинских таблиц», столь длительной, громоздкой и ответственной работы, вскоре сменилось чувством глубокой подавленности, вызванным неопределенным будущим, полной зависимостью от прихотей сильных мира сего. 57-летний астроном, проживший жизнь, полную тревог, неуверенности в завтрашнем дне, лишений и перегрузок в работе, оказался снова перед необходимостью заново устраивать свое положение, определить местожительство и обеспечить семью минимумом средств к существованию. Его душевное состояние в это время отражается в строках его письма к одному из своих покровителей: «Вспомните, что я пишу это с переполненным заботами и израненным тревогой перед будущим сердцем, которое можно успокоить и наполнить новой надеждой единственным верным словом и проявлением благосклонного расположения»<sup>1</sup>.

Однако если благосклонное расположение многими и выражалось, то «верного» слова, заключавшегося в гарантированном обещании предоставить работу и жалованье, никто давать не торопился. Хотя Кеплер и сохранял пока свою должность в Линце, возвращаться туда, хотя бы в связи с гонениями на протестантов, он не собирался. В ответ на письмо, направленное давнему другу, профессору истории в Страсбурге Маттиасу Бернеггеру с просьбой подыскать работу, которая дала бы ему возможность учить студентов астрономии и содержать семью, тот смог предложить Кеплеру только квартиру в своем доме в Страсбурге «с минимальной платой в виде ежедневных бесед», попытки же найти для друга соответствующую

должность в Страсбурге и Базеле успеха не имели. Кеплер был уже готов покинуть неблагодарную родину и переехать во Францию, Бельгию или Англию, о чем раньше не хотел и думать.

Во время поездки на ярмарку во Франкфурт Кеплер в середине октября 1627 г. посетил Филиппа, ландграфа Гессенского, большого любителя астрономии. Они провели несколько дней вместе, наблюдая солнечные пятна с помощью уникального солнечного «телескопа» без линз — 30-футовой трубы с маленьким входным отверстием и белым экраном в противоположном торце. Здесь Кеплеру как будто удалось договориться о будущей работе, местом его жительства был определен Марбург, город, где были отпечатаны незадолго перед этим кеплеровы логарифмические таблицы. Однако для переезда Кеплеру, как придворному математику, предстояло еще добиться разрешения от императора, а в случае его несогласия — отказаться от своего звания и похоронить надежду на получение долга.

25 ноября 1627 г. Кеплер, вскоре после возвращения из Франкфурта, покинул Ульм, навестил после годичной разлуки семью в Регенсбурге и направился в Прагу, куда к тому времени прибыл император Фердинанд на коронацию королем Чехии сына.

К этому времени заканчивался второй период Тридцатилетней войны, известный в истории под названием «датского». В 1625 г. против войск католической лиги начала военные действия армия датского короля Кристиана IV, занявшая вскоре значительные территории на Эльбе и на севере Германии. Для борьбы с датчанами и их союзниками Фердинанду нужна была армия, которая на свое содержание не требовала бы особых средств — императорская казна была пуста не только для Кеплера. Такую армию, которая существовала за счет ограбления завоеванных местностей, создал руководитель вооруженных сил Фердинанда, склонный к авантюризму корыстолюбивый чешский магнат Альбрехт Валленштейн. Валленштейновская саранча, как назвал Маркс армию Валленштейна, грабила и опустошала Чехию, районы Юго-Западной и Средней, а затем и Северной Германии, причем контрибуции были так велики, что их хватало и на содержание армии, и на обогащение Валленштейна и лиц из его окружения.





*Иоганн Кеплер.*  
Гравюра Я. Гейдена, 1621 г.

Еще в 1626 г. у Дессау войска Валленштейна разбили армию графа Эрнста фон Мансфельда — полководца протестантской унии, а в течение 1627 г., сражаясь против датчан, армия Валленштейна прошла с востока на запад через Бранденбург, Мекленбург, Померию, Гольштейн, Шлезвиг, наконец вытеснила войска Кристиана IV с Ютландского полуострова, и тому пришлось укрыться на Датских островах. На северном побережье Германии у датчан остался только город Штральзунд, окруженный войсками Валленштейна. И вот в конце 1627 г. Валленштейн как триумфатор прибывает ко двору. Император осыпает своего спасителя почестями: еще ранее Валленштейн стал герцогом Фридландским, теперь в качестве ленного владения император дарит ему силезское герцогство Саган\*, присваивает ему звания «генерала балтийского и океанического морей» и «генералиссимуса».

\* Главный его город Саган, ныне Жагань, входит теперь в состав Зеленогурского воеводства Польской Народной Республики.

В разгар торжеств по случаю коронации и в связи с победами Валленштейна, перед самым новым годом, 29 декабря 1627 г., в Прагу прибывает Кеплер. К его удивлению, его встречают здесь благосклонно. Император милостиво принимает от Кеплера экземпляр «Таблиц», приказывает пустым кассам городов Нюрнберга и Ульма выплатить Кеплеру 4 000 талеров и сначала через посредников — иезуитов, в том числе и известного уже нам Гульдина, а затем и лично дает понять своему математику, что того ждет важное, хорошо оплачиваемое поручение и обеспеченное будущее при одном условии: если он перейдет в католичество. И терзания Кеплера возобновляются с новой силой. На этот шаг Кеплера склоняли не раз, когда он находился и в более трудном положении. Одного его слова в 1600 г. было достаточно, чтобы сохранить свое место в Граце, не раз этот вопрос ставился и позже, в Праге и Линце. Но Кеплер не мог пойти на сделку с совестью и в несравненно более легком положении — когда для его возвращения на родину, в Тюбингенский университет, достаточно было подписать «формулу согласия». Естественно, он и сейчас не собирается идти против своих принципов, хотя понимает, что его будущее в значительной мере зависит от формы и содержания его ответа.

И тут на сцену выходит Валленштейн. Он давно знает Кеплера и уже дважды пользовался его услугами. Еще в 1608 г. Кеплера посетил незнакомец, который передал просьбу некоего благородного господина о составлении гороскопа. Кеплер составил желаемый гороскоп, довольно верно описав в нем склонности и черты характера заказчика. Впрочем, видимо, Кеплер знал его, тогда еще малоизвестного 25-летнего чешского дворянина.

В гороскопе есть и такие фразы: «Затем можно у него заметить большое честолюбие и стремление к власти, вследствие чего он делает себе много больших и вредных, открытых и тайных врагов, однако он их в большинстве победит и возьмет верх над ними, так что этот гороскоп имеет много общего с гороскопами бывшего польского канцлера, английской королевы и им подобных, у которых также многие планеты были на восходе и закате у горизонта».

Как замечает биограф Валленштейна Ранке, который начинает биографию составленным Кеплером гороско-



*Альбрехт Валленштейн*

пом, «сильное впечатление на молодого Валленштейна должно было произвести указание на то, что он родился под теми же созвездиями, как прежде польский канцлер Замойский и королева Англии Елизавета, из которых тот на Востоке, а эта на Западе Европы почти в одно и то же время сыграли выдающуюся роль»<sup>2</sup>.

Одно предсказание не совпало со временем: по гороскопу, через 8 лет Валленштейну предстояла женитьба на богатой, но некрасивой вдове. Свадьба состоялась уже в следующем году, что отмечено Валленштейном на полях этого «документа».

Через 14 лет, осенью 1624 г., Кеплер неожиданно получает этот «документ» с просьбой составить новый гороскоп. На этот раз Валленштейн уже «прославился» невероятно жестоким подавлением крестьянских восстаний в Чехии и Австрии. В новом гороскопе Кеплер упрекает своего заказчика в суеверии и советует ему всеми средствами устраниваться от войны. Гороскоп доводится до марта

1634 г., когда «Марс, Сатурн, Юпитер, Солнце, Венера и Меркурий расположатся в причудливом кресте», что может привести к ужасным событиям. 25 февраля 1634 г. подозревавшийся в тайных переговорах с неприятелем Валленштейн был убит подосланными императором офицерами. Перед нами, естественно, не больше чем удивительное совпадение, но именно такие совпадения запомнились, афишировались и обеспечивали успех астрологическим пророчествам.

Гороскоп не произвел на Валленштейна на этот раз особого впечатления, во всяком случае совету Кеплера Валленштейн не последовал, и военные действия, проводившиеся им в 1626—1627 гг., принесли ему славу, почет, богатство и обширные владения.

Полученное Валленштейном герцогство Саган было в то время запущенной и глухой окраиной империи, и новоиспеченный властитель желал как-то повысить акции своей вотчины. Вот почему, встретив в Праге знаменитого астронома, он решил «украсить» им свое новое владение.

Переговоры, точнее разговоры о приглашении Кеплера в Саган, начались в феврале 1628 г., а закончились только во второй половине апреля. Кеплер колебался, принимать ли ему приглашение временщика, благополучие которого зависело от переменчивой военной фортуны и соотношения политических сил. В конце концов Кеплера подкупила относительная веротерпимость Валленштейна, его обещание помочь в устройстве типографии, в которой Кеплер хотел бы издать эфемериды — астрономические таблицы, указывающие заранее вычисленные положения небесных светил на определенные дни года, результаты наблюдений Браге и некоторые собственные произведения, а также установленное Валленштейном довольно высокое жалованье — 1000 гульденов в год. 26 апреля Валленштейн направил своему управителю в Саган распоряжение подготовить квартиру для Кеплера, а 10 мая Фердинанд поручил Валленштейну выплатить за счет доходов с ленных владений свой долг Кеплеру, составивший к тому времени огромную сумму в 11 817 гульденов.

В мае Валленштейн и Кеплер покинули Прагу, первый направился в Мекленбург, где его войска осаждали Штральзунд и где его поджидала первая военная неудача — крепость так и не удалось взять, а второй — в Регенсбург, за семьей, а затем в Линц, где предстояло сдать

должность провинциального математика. Часть имущества, в том числе много книг и инструментов, Кеплер оставил в Регенсбурге, все-таки переезд в Саган был ему не по душе, но выбора не было.

Неверны утверждения биографов Кеплера о том, что тот стал личным астрологом Валленштейна. После того, как оба в мае 1628 г. уехали в разных направлениях из Праги, они почти не встречались: Валленштейн все это время находился при армии, Кеплер не уезжал до октября 1630 г. далеко от Сагана. В свите Валленштейна были другие астрологи, в частности генуэзец Цено (выведенный в драме Шиллера «Пикколомини» под именем Баптиста Сэни). Максимум, в чем нуждался Валленштейн по этой части, было точное вычисление положений планет, а уж он знал, что лучше автора «Рудольфинских таблиц» этого никто не сделает.

26 июля Кеплер прибыл в Саган. Чтобы жить и творить, осталось совсем мало времени — менее двух с половиной лет.

Саган в то время был сравнительно небольшим захолустным городом с 4000 жителей, преимущественно ремесленников и купцов. Большинство населения было протестантами. Город был окружен стеной, с 1629 г. здесь некоторое время действовал монетный двор. Кеплер поселился в каменном доме у госпитальных ворот. Вскоре у дома им была сооружена башня для астрономических наблюдений, которая просуществовала до 1848 г.

Однако большая часть энергии была затрачена Кеплером на устройство типографии. До этого в городе не было ни одного печатного станка и ни одного типографа. И здесь Кеплера ожидали непредвиденные затруднения: осенью 1628 г. можно было приобрести печатный станок во Франкфурте-на-Одере, но как раз в это время и до Сагана дошло то, что преследовало Кеплера всю жизнь. Желая выслужиться перед императором, Валленштейн приказал в своем новом герцогстве осуществить контрреформаторские меры; протестантскому населению было приказано или перейти в католичество, или покинуть страну. Затем последовало сожжение крамольных книг, запрещение принимать участие в протестантских службах, похоронах и т. д. Хотя занимавшего высокое положение Кеплера эти «мероприятия» непосредственно не касались, они сказывались на отношении к нему единоверцев, а главное,

в Саган не хотели ехать печатники-протестанты, и покупку бесполезного в этих условиях станка пришлось отложить. Только через год, выхлопотав специальное разрешение, Кеплеру удалось найти наборщика и печатника и послать их в Лейпциг за станком.

Наконец, в декабре 1629 г. станок был установлен.

В числе задач, стоявших перед Кеплером, была одна особо громоздкая — издание наблюдений Браге. Кеплер хотел ее непременно выполнить, хотя и понимал, что из этой руды наиболее драгоценный металл уже выбран в его планетных законах и в «Рудольфинских таблицах», приведение же самих наблюдений к пригодному для печати виду займет очень много времени (заметим, что это удалось осуществить только сравнительно недавно, в 1912—1930 гг. при издании полного собрания сочинений Тихо Браге в Дании, причем «наблюдения» заняли четыре объемистых тома). В числе важных задач, которые нужно было решать в первую очередь, было издание продолжения «Эфемерид».

Такие таблицы на 1617—1620 гг. Кеплер издал еще десять лет назад. Теперь, после появления «Рудольфинских таблиц», составление «Эфемерид» стало сравнительно несложным делом, и чтобы пожать плоды своего труда, нужно было торопиться, дабы не опередили другие. Уже в начале 1630 г. «Эфемериды» поступили в набор, причем третья часть таблиц — на 1629—1636 гг. — раньше, чем вторая за 1621—1628 гг. За период с 1621 по 1629 г. приведены также данные метеорологических наблюдений, которые все это время велись Кеплером лично. В сентябре толстый том «Эфемерид» был полностью готов.

В промежутках в типографии начали набирать, наконец, «Сон» Кеплера — произведение, посвященное лунной астрономии.

«Прошлым летом, — сообщает Кеплер Галилею в 1610 г., — рукопись, начатую в 1593 г., я расширил до полной географии Луны»<sup>3</sup>. И далее: «Кто бы мог поверить, что огромный океан можно пересечь более спокойно и безопасно, чем узкие пространства Адриатики, Балтийского моря или Ла-Манша?»<sup>4</sup>

Затем он предсказывает: «Предвижу корабль или паруса, приспособленные к небесным ветрам, и найдутся люди, которые не побоятся даже пустоты [межпланетного пространства]..., для тех, кто захочет попытаться пред-

принять это путешествие, давайте создадим, Вы, Галилей, астрономию Юпитера, а я — Луны»<sup>5</sup>.

Речь идет о том самом сочинении, которое Кеплер начал писать еще в студенческие годы для популяризации коперниковой астрономии: наблюдатель на Луне так же не замечает ее движения, как и земному наблюдателю кажется неподвижной его планета. Через несколько лет Кеплеру попадаетея книга Плутарха «Об облике Луны», которая вызывает у него большой интерес. Позже он переводит ее с греческого на латинский язык, пытаясь воспроизвести проблемы<sup>6</sup>, имевшиеся в дошедшем до того времени экземпляре сочинения. Летом 1609 г., еще до того как Галилей направил на Луну свой телескоп, Кеплер пишет на основе своего юношеского сочинения рассказ о путешествии человека на Луну — одно из первых произведений того жанра, который мы называем научной фантастикой. Он дарит рукопись своему другу Вакгеру фон Вакельсфельду, она расходуется в списках по Праге, попадает за ее пределы. По меньшей мере один экземпляр ее попал в Вюртемберг, и, как многие считают, сыграл определенную роль в обвинении матери Кеплера.

Кеплер не забывает о своей работе и позже. По возвращении из Вюртемберга в Линц после годичного пребывания на процессе матери, он в 1621 г. снова возвращается к своему рассказу, дополняя его в течение многих лет комментариями, в несколько раз превышающими его по объему (рассказ в первом издании занимает 28 страниц текста, а комментарии 66).

В письме к Маттиасу Бернеггеру от 4 декабря 1623 г. Кеплер сообщает: «Я начал править мою «Лунную астрономию», или, точнее, разъяснять ее примечаниями два года тому назад, когда я только возвратился в Линц. В моем очерке столько проблем, сколько в нем строчек, которые должны решаться отчасти с помощью астрономии, отчасти — физики и отчасти — истории. Но чего же Вы хотите? Много ли людей считало бы решение их стоящим беспокойства и хлопот?.. Я хочу решить все проблемы с помощью последовательных примечаний, сопровождающих текст»<sup>7</sup>.

И вот только сейчас, после того как за счет примечаний объем рукописи увеличился в несколько раз и при этом значительно расширилось и углубилось ее научное содержание, Кеплер получил возможность опубликовать

свое произведение в собственной типографии. Роковые обстоятельства, правда, растянут публикацию на пять лет, и она выйдет уже после смерти автора.

В рассказе художественный вымысел и фантастика причудливо переплетаются с действительными событиями. Рассказ ведется от первого лица.

Рассказчик по имени Дуракотус из Исландии решает написать о некоторых событиях своей жизни только тогда, когда его матери Фиолксильды уже нет в живых: при жизни она заклинала его хранить молчание, так как есть много злых людей, презирающих искусство [науку] и превратно объясняющих все то, что их темные умы не в состоянии понять. Ими установлены в обществе дурные законы, и многие осужденные по этим законам были проглочены пропастью Геклы. В раннем детстве мать часто водила Дуракотуса к склонам Геклы. Там она собирала различные травы, дома сушила их, смешивала в строго определенном соотношении, набивала смесью маленькие мешочки и продавала их в порту морякам как чудодейственные средства, чем и зарабатывала себе на жизнь. Однажды Дуракотус развязал тайком один из мешочков, за что рассерженная мать отдала его капитану судна, которое направлялось в Норвегию, в Берген. Из-за сильного ветра судно сбилось с курса, тогда капитан направил его в Данию, на остров Вен, он кстати имел с собой письмо исландского епископа к Тихо Браге. Так как 14-летний Дуракотус очень страдал от морской болезни, капитан оставил его вместе с письмом на острове Вен, имея в виду возвратиться за ним позже. Первостепенное время тот не понимал местного языка, но потом с помощью Браге и его учеников овладел им и вместе с ними занялся астрономическими наблюдениями с помощью удивительных инструментов, направленных на Луну и звезды. Возвратившемуся капитану Дуракотуса не отдали, чему тот был очень рад. Благодаря такой случайности Дуракотус глубоко овладел астрономией.

Через несколько лет ему захотелось увидеть родину, и на попутном судне он возвращается домой, где его радостно встречает соскучившаяся мать. Та расспрашивает сына о полученных им знаниях о небесных явлениях, сравнивая их со своими, полученными ею от демонов, с которыми она общается (вот и явные контакты с нечистой силой). Здесь Кеплер разъясняет в примечании: «Эти демоны — науки, которые раскрывают причины вещей. Эта



аллегория была внушена мне греческим словом «δαίμον» («δαίμων» — демон, гений, дух), которое происходит от «δαίειν» («δαίειν» — знать)»<sup>8</sup>.

Мать знакомит сына с одним из демонов. Тот рассказывает о своих путешествиях на Луну, называемую в рассказе Леванией (древнееврейское *Lebana* — Луна). Демон сообщает, что Левания находится в 50 000 немецких миль от Земли, как указывает в примечании Кеплер,  $1^\circ$  земной дуги равен 15 немецким милям. Он ссылается здесь на свои «Очерки коперниканской астрономии», в которых им установлено, что Луна в апогее отстоит от Земли примерно на 59 земных радиусов. Принимая радиус Земли равным 860 милям, он получает  $59 \times 860 = 50\,740$  миль — расстояние от Земли до Луны. Расстояние определено с большой точностью: по современным данным, среднее расстояние от поверхности Земли до поверхности Луны равно примерно 59 экваториальным радиусам Земли.

Путешествие на Леванию возможно только во время ее затмения: передвигаясь в конусе тени, отбрасываемой Землей, демонам удастся уберечься от палящих лучей Солнца.

Иногда они могут брать с собой и людей, но для человека это путешествие очень трудно и опасно для жизни. «Малоподвижные люди, толстые и любящие удовольствия, не принимаются в нашу компанию. Мы выбираем только тех, кто провел свою жизнь в седле, кто часто плавал в Индию и привык довольствоваться сухарями, чесноком, сушеной рыбой и другой неприхотливой пищей. Особенно подходят сухопарые старухи, которые с детства в ломотях разъезжают ногами по огромным пространствам Земли на козлах или метлах. Немцы для нас не подходят, но мы не отвергаем тощих и крепких телом испанцев... Первое ощущение от полета человеком переносится с трудом, потому что он искривляется и выворачивается наизнанку, как бы выстреленный из пушки... Поэтому его предварительно нужно усыпить наркотиками и удобно расположить для того, чтобы удар распределился равномерно по всему телу... Затем появляются новые трудности: ужасный холод и проблема дыхания... наступает время, когда телесная масса сама движется к назначенному месту. Но такое самопроизвольное движение не очень полезно, так как происходит слишком медленно. Поэтому мы, демоны, подгоняем тела усилием воли и затем движемся перед

ними, для того, чтобы никто не ушибся при очень сильном толчке о Луну...»<sup>9</sup>

Какой бы наивной ни казалась нам форма, в которой Кеплером более чем 350 лет тому назад поднимались некоторые из проблем путешествия человека в космосе, их сущность и в настоящее время не может не произвести глубокого впечатления на наше воображение: автор считается и с перегрузками человеческого организма при «старте», для чего космическому путешественнику приходится особым образом расположиться, он предусматривает также проблему преодоления сил тяготения, проблемы питания в условиях длительного пребывания за пределами Земли, дыхания в безвоздушном пространстве, опасности космического холода, не забыта и необходимость торможения для осуществления «мягкой посадки».

Прибыв на Луну (на Леванию), «космонавт» должен остерегаться как жарких лучей Солнца, накаляющего ее поверхность в течение лунного дня, так и ужасного холода в период лунной ночи. Эти же проблемы беспокоят и лунных аборигенов, в существовании которых, религиозным догмам вопреки, Кеплер нисколько не сомневается. Местным жителям приходится прятаться в лунных ущельях и пещерах. Поверхность Луны, по мнению Кеплера, настолько неровна, что лунные горы не только относительно, но и абсолютно выше земных. И эти строки писались до того, как Галилей в первый раз направил свой телескоп на небо!

Переходя к лунной географии, или селенографии, Кеплер пишет: «Хотя в Левании видны те же самые неподвижные звезды, что и у нас, тем не менее движение и размеры планет там совершенно иные, и значит вся система астрономии должна быть отлична от нашей... Левания состоит из двух полушарий: одно обращено к Земле, другое — в противоположную сторону. С первого всегда видна Земля, со второго Землю увидеть невозможно... В Левании, как и у нас, происходит смена дней и ночей... Жителям Левании кажется, что она неподвижна, а звезды вращаются вокруг нее, точно так Земля кажется нам неподвижной. Ночь и день вместе равны одному нашему месяцу»<sup>10</sup>.

Далее Кеплер рассматривает особенности наблюдаемого на Луне движения неподвижных звезд, Солнца и планет. Подробно и скрупулезно на основании длительных и глубоких размышлений, сложных и громоздких вычислений

он решает здесь вопросы, связанные с определением продолжительности лунных суток, месяцев, лет и т. д., описывает предполагаемые свойства той части лунной поверхности, которая постоянно обращена к Земле, и ей противоположной, рассматривает относительные размеры наблюдаемых на Луне светил, особенности их видимых движений. Подчеркивая, что обитателям Луны также кажется, что Луна неподвижна, а Земля движется, как землянам обратное, Кеплер, естественно, в своих рассуждениях исходит из гелиоцентрической коперниканской теории строения планетной системы, всячески выделяя аргументы в ее пользу.

Большое количество сведений о восприятии Кеплером важнейших явлений природы на заключительном, наиболее зрелом этапе его научного творчества содержится в примечаниях к «Лунной астрономии». Выше уже упоминалось об эволюции его взглядов на природу инерции и гравитации: введя еще в «Новой астрономии» понятие инерции как свойства тела, изолированного от воздействия внешних сил, сохранять состояние покоя здесь, он, хотя и не совсем четко, распространяет его на случай движущегося тела. Рассматривая здесь же явления гравитационного притяжения, Кеплер фактически отказывается от наложенного им ранее ограничения, согласно которому взаимно притягиваются только «родственные», «сходные» тела. Тем самым он делает важный шаг на пути, который позже привел Ньютона к открытию закона всемирного тяготения.

Еще недавно эти мысли Кеплера оставались неизвестными. «Лунная астрономия» вышла небольшим тиражом в разгар Тридцатилетней войны, когда пушечные ядра и пули причиняли столько беспокойства, что было не до небесных тел и явлений, и оставалась почти два с половиной века в полном забвении. Ни воспроизведение текста книги на языке оригинала, т. е. латинском, 100 лет назад в последнем томе изданного Фришлем Собрания сочинений Кеплера<sup>11</sup>, ни перевод «Лунной астрономии» на немецкий язык, изданный Л. Гюнтером в самом конце XIX в.<sup>12</sup>, не привлекли должного внимания исследователей к этому произведению. Только в наше время появились новые переводы<sup>13-15</sup> и специальные исследования, посвященные «Лунной астрономии»<sup>16-18</sup>. Впрочем, всестороннее исследование этого произведения, без которого ха-

рактика научной и литературной деятельности Кеплера не может быть полной, еще ожидает исполнителей.

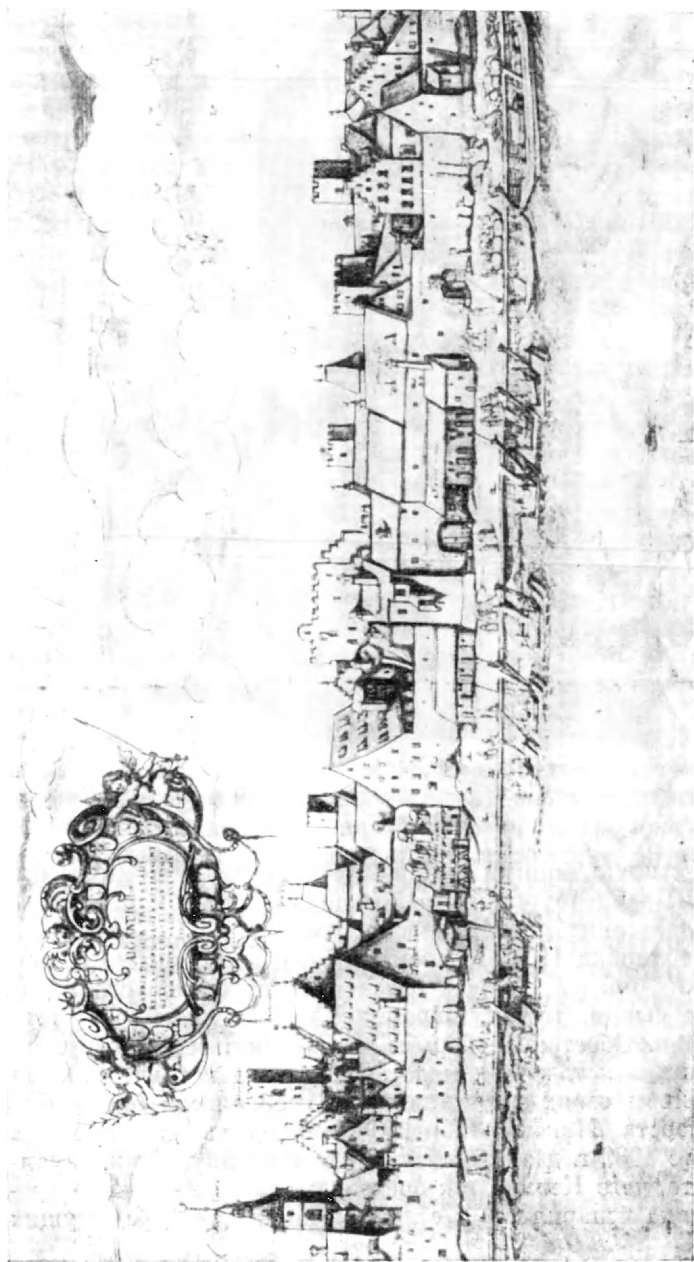


При выполнении кропотливых и громоздких расчетов, которые были необходимы для составления «Эфемерид», у Кеплера появился, наконец, верный и эрудированный помощник — Якоб Барч из близлежащего Лаубана. Барч изучал астрономию и медицину в Страсбургском университете и познакомился с Кеплером в 1625 г., когда тот печатал в Ульме «Рудольфинские таблицы». После появления «Таблиц» Барч принялся за составление «Эфемерид» на 1629 г., опубликовав сообщение о своей работе. Не зная о местонахождении Кеплера в то время, он в своей публикации обратился к нему с предложением о помощи. Кеплер, испытывавший острую нужду в энергичном и знающем помощнике, сообщил Барчу о своем согласии, и осенью 1628 г. началось их сотрудничество, к сожалению, слишком короткое. Скоро их отношения стали родственными: Барч женился на Сусанне, дочери Кеплера от первого брака.

Свадьба состоялась в марте 1630 г. в Страсбурге. Утром в день свадьбы Барч был украшен головным убором доктора медицины. В устройстве свадьбы горячее участие принял друг Кеплера Бернеггер, выполнявший роль посаженного отца, Кеплер же не смог присутствовать на свадьбе, так как его жена ожидала ребенка. Последняя дочь Кеплера Анна-Мария родилась 18 апреля 1630 г.



Между тем политическая и военная обстановка в империи становилась все более сложной. Гонения на протестантов усилились. В марте 1629 г. был издан «Реституционный (т. е. восстановительный) эдикт», по которому все секуляризованное еще в 1552 г. имущество католической церкви и монастырей должно было быть отнято у протестантов и возвращено католикам. Габсбурги намеревались под предлогом восстановления католицизма не только усилить свою власть в Германии, но и подчинить протестантскую Скандинавию. Это вызвало выступление шведского короля Густава II Адольфа, который летом 1630 г. высадил войска в Померании и вступил в перего-



*Регенбург.*  
Старинная гравюра



*Дом в Регенсбурге, в котором 15 ноября 1630 г. скончался Кеплер*

воры с крупнейшими лютеранскими князьями — курфюрстами Бранденбургским и Саксонским о совместных военных действиях против Габсбургов.

Фердинанд II в это время собрал в Регенсбурге германских князей, чтобы обеспечить престолонаследие за своим сыном, к тому времени уже королем Чехии и Венгрии. Обострение борьбы между княжескими группировками в католическом лагере привело к тому, что под давлением своих противников, в особенности баварского курфюрста Максимилиана, Фердинанд вынужден был в августе 1630 г. дать отставку Валленштейну. Итак, случилось то, чего Кеплер так опасался: власть и влияние временщика испарились, и если в течение двух предыдущих

лет Валленштейн не выплатил ему императорский долг, теперь рассчитывать на него было бесполезно. Кеплер решает поехать в Регенсбург, чтобы попытаться во время личной встречи с императором решить вопрос о долге. По некоторым данным, он намеревался после Регенсбурга направиться в Линц, где у него были также перешенные финансовые дела.

Были и другие обстоятельства, побуждавшие Кеплера к отъезду: продвижение войск шведского короля грозило распространением военных действий на территорию Силезии, и нужно было выяснить возможности для переезда семьи на этот критический случай.

В начале осени, 8 октября 1630 г., Кеплер отправился в путь. Был выбран самый дешевый способ передвижения — верхом на лошади. С собой Кеплер взял немного денег — все, что было в наличии, необходимую одежду, несколько экземпляров «Рудольфинских таблиц» и «Эфемерид». В пути Кеплер дважды делал остановки — в Лейпциге и Нюрнберге. В последнем он рассчитывал получить заказанную им ранее географическую карту, которую хотел дать в приложении к «Рудольфинским таблицам», но та не была еще готова. 2 ноября, продрогший и усталый, Кеплер на своем худом Россинанте въехал в Регенсбург и остановился в доме давнего своего знакомого кунца Гиллебранда Билли.

Вскоре после приезда Кеплер тяжело заболел лихорадкой. Его организм был ослаблен не только длительным и тяжелым путешествием, но и всеми ранее перенесенными трудностями и лишениями. Болезнь быстро прогрессировала, и вскоре Кеплер впал в беспамятство. 15 ноября 1630 г. в полдень многотрудная жизнь великого астронома на 59-м году окончилась. Он был похоронен 17 ноября на лютеранском кладбище Регенсбурга за городской стеной. Друзья установили ему скромный памятник, надпись на котором заканчивалась двустушием, сочиненным в свое время самим Кеплером:

*Mensus eram coelos; nunc terrae metior umbras;  
mens coelestis erat; corporis umbra jacet.*

В русском переводе эти простые и гордые слова звучат так:

*Я небеса измерял; ныне тени Земли измеряю.  
Дух на небе мой жил; здесь же тень тела лежит*<sup>19</sup>.

Преследовавшие Кеплера всю жизнь несчастья и неудачи не оставили его и после смерти: между 1631 и 1634 г. окрестности Регенсбурга и сам город три раза становились ареной сражений Тридцатилетней войны, в ходе которых кладбище было полностью разрушено, и от могилы Кеплера не осталось никаких следов. И здесь Кеплеру повезло куда меньше, чем его предшественникам и коллегам: Коперник был похоронен во Фромборкском соборе (правда, в настоящее время точное положение его могилы неизвестно), могила Тихо Браге и сейчас на почетном месте в Тынской церкви в Праге, Галилей похоронен в церкви Санта Кроче во Флоренции, прах Ньютона покоится в Вестминстерском аббатстве в Лондоне. Над останками Кеплера не сохранилось и простого могильного камня.

Но не одно это обстоятельство омрачает память о великом ученом: для его наследников и наследия самые драматические испытания были еще впереди.

Роковая поездка Кеплера оказалась совершенно бесполезной и для решения вопроса о долге — он так и не успел встретиться с императором, который вскоре после приезда Кеплера вместе со свитой убыл из Регенсбурга. Говорили, что он узнал о приезде и болезни Кеплера в момент, когда садился на готовое к отплытию судно. Рудольф не захотел догадаться о цели приезда своего математика, но приказал выдать Кеплеру 25 или 30 дукатов на лечение. Впрочем, кажется, и эти деньги до Кеплера не дошли...



## Глава четырнадцатая

---

### Эпилог

Весть о кончине Кеплера достигла Сагана 1 декабря 1630 г. Его семья — жена и четверо маленьких детей, старшей из которых было 9 лет, а младшей — 7 месяцев, оказались в тяжелом материальном положении. Свободных средств не было — все наличные деньги Кеплер вынужден был взять с собой на дорожные расходы. Из-за отсутствия средств пришлось вскоре прекратить работу типографии, которая велась там под руководством зятя Кеплера Якоба Барча: когда последний сообщил Валленштейну о смерти астронома и о его издательских планах, тот отказался субсидировать печатание уже находящихся в работе «*Somnium*'а» и приложения к «Рудольфинским таблицам». Печатников пришлось уволить, притом не из чего было выплатить им долг, достигший 80 гульденов.

Кроме того, над городом нависла угроза: войска шведского короля Густава Адольфа в апреле 1631 г. захватили Франкфурт-на-Одере — в нескольких днях пути от Сагана. Потеряв возможность продолжать работу в типографии, Барч отправился пешком к своему брату в Лаубан, где вскоре появился на свет первый внук Иоганна Кеплера. В июне туда же приехала и вдова Кеплера с малолетними детьми. Чтобы добыть средств на издание неоконченных трудов и на жизнь в счет тех сумм, которые остались невыплаченными императором, Барч и Сусанна Кеплер решили поехать в Прагу, Регенсбург, Линц и Вену. Поездку пришлось отложить до сентября 1631 г., так как все дети Кеплера болели корью. После Линца, куда Барч и вдова Кеплера прибыли вместе, следы Барча теряются. Известно только, что в декабре 1633 г. в родном Лаубане его сразила чума. С его смертью публика-

ция кеплеровского наследия оттягивалась на неопределенный срок.

Весной 1632 г. вырвать долг у императора попытался сын Кеплера Людвиг, медик по образованию. Попытка кончилась тем, что бухгалтерия двора подтвердила сумму долга — 12 694 гульдена. В 1634 г. вдова Кеплера с детьми приехала к Людвигу во Франкфурт-на-Майне с просьбой завершить издание «Somnium'a», незаконченный печатанием тираж которого она привезла с собой. С трудом удалось наскрести средства, чтобы напечатать титульный лист и написанное Людвигом посвящение ландграфу Филиппу Гессенскому. Таким образом, только в 1634 г. увидело свет последнее подготовленное Кеплером к печати сочинение...

Потеряв за год двух сыновей — 10-летнего Гильдеберта и 12-летнего Фридмара — Сусанна с двумя оставшимися дочерьми переехала в Регенсбург, где еще жили старые знакомые и друзья. Вскоре 15-летняя Кордула и 6-летняя Анна Мария стали круглыми сиротами — в августе 1636 г. умерла и Сусанна. Дальнейшая судьба младших дочерей Кеплера неизвестна.



И все же Кеплер оставил после себя большое богатство — свои рукописи и многотомное собрание наблюдений Тихо Браге. Правда, последнее не принадлежало Кеплеру и его наследникам, но оно могло служить залогом за императорские долги Кеплеру — средства, которые могли бы обеспечить безбедное существование его детям.

Пока что эти сокровища сохранялись дочерью Кеплера Сусанной, вдовой Барча, бедствовавшей с двумя детьми в Лаубане. Часть библиотеки отца ей пришлось продать, а в связи с размещением на постой солдат и неоднократными пожарами в Лаубане, ставшем ареной военных действий, рукописи неоднократно переносились с места на место и хранились, сваленные в кучу.

Между тем к ним все чаще начали проявлять интерес эмиссары императора. При этом преследовались разные цели. Одни — и среди них были ученые-иезуиты — хотели бы изъять рукописи у частных лиц и поместить их в архивы, чтобы таким образом воспрепятствовать распростране-

нию коперниканских идей. Когда Людвиг Кеплер писал Галилею 6 февраля 1638 г., что есть ученые, «которые хотели бы опровергнуть гипотезы Коперника, Браге и Кеплера, и день и ночь добиваются, как бы стать обладателями манускриптов», он имел в виду прежде всего Кристофа Шейнера, того самого, который построил первый кеплеров телескоп, а затем пытался в своей книге доказать неподвижность Земли. Шейнер еще в 1633 г. обратил внимание Фердинанда на рукописи Кеплера и наблюдения Браге, предложив поместить их в личную библиотеку императора, с тем чтобы только император и немногие его доверенные имели к ним доступ. Другие, как, например, иезуит Альберт Курциус, ректор коллегии в Диллингене, думали издать наблюдения Браге и некоторые манускрипты Кеплера. Задача состояла в том, чтобы взять эти сокровища у наследников Кеплера безвозмездно.

В 1635 г. это попытался сделать по поручению советников императора некий доктор Гертнер. Сусанна отказалась выдать рукописи без предварительной компенсации. В том же году и столь же безуспешно рукописи пытался заполучить представитель Курциуса. Ему, между прочим, Сусанна сообщила, что только часть рукописей находится в Лаубане, а другая часть хранится в другом месте. Еще одну попытку выманить рукописи предпринял через своих уполномоченных сын Фердинанда, король Чехии (позже император Фердинанд III). Однако его представители столкнулись уже с Людвигом, который приехал к тому времени в Лаубан, привел рукописи в относительный порядок и укрыл их в надежном месте. И, как позже оказалось, не напрасно.

В июне 1637 г. Людвиг предпринял поездку в Вену. Император повторил требование выдать наблюдения Браге, а также материалы, относящиеся к астрологическим прогнозам членов императорского дома. Что касается уплаты долга, то здесь он явно старался не связывать себя конкретными обязательствами, пообещав при возможности выплатить долг в течение нескольких лет.

К одному из своих ходатайств, направленных в придворную палату, Людвиг присоединяет петицию для передачи императору, в которой отстаивает свое право на издание оставшихся в рукописях сочинений отца. Он пишет: «Рукописи моего отца, конечно, не могут быть изданы кем-либо другим, кроме меня, так как они не написаны в чистовом виде, и всякий другой не будет в состоянии вполне в них

разобраться; автор там и сям вносил в них вставки всякого рода, так что ни одного места на полях не найти в надлежащем порядке. Я же путем продолжительных упражнений научился разбирать почерк отца, так как сочинения его, подготовлявшиеся к печати, я переписывал набело не по одному, а иногда по три и более раза. Прежде, чем сдать рукопись в печать, он всегда опять прибавлял что-нибудь к чистовому тексту и делал новые вставки». И далее: «Касательно рукописей моего отца, я надеюсь, что Ваше величество не прикажет мне доверить их опубликование кому-нибудь другому, ибо (как выше указано) никто другой не сможет в них разобраться. Я же в течение 10 лет, с ущербом для моих собственных учебных занятий, прилагал к ним свой труд в качестве вычислителя и переписчика»<sup>1</sup>.

Однако император медлил с ответом на эти предложения и не торопился уточнить условия, на которых должна была произойти передача рукописей.

Людвиг уже три месяца жил в Вене, не имея средств и влезая в долги, когда поступившее от сестры сообщение прояснило дело: была предпринята попытка силой захватить рукописи. Шейнер переслал местным властям собственноручно подписанный императором приказ отобрать рукописи у Сусанны. «Мероприятие», естественно, провалялось благодаря предусмотрительности Людвигу.

Протест Людвигу не возымел действия, и вопрос о рукописях и о долге так и остался открытым. Заняв немного денег у штирийской родни своей матери, Людвиг направился в Падую, где собирался получить степень доктора медицины. Деньги скоро иссякли, и 6 февраля 1638 г. Людвиг обращается с обширным письмом к Галилею, в котором описывает судьбу наследников Кеплера, охоту за отцовским наследием, и сообщает о цели своего пребывания в Италии. Людвиг просит Галилея о протекции перед Фердинандом II Медичи, отец которого был известен как покровитель ученых и весьма благосклонно относился к Кеплеру-отцу. Неизвестно, помог ли Галилей Людвигу преодолеть материальные затруднения, но докторская степень в Падуе была Людвигом вскоре получена.

Возвратившись в Германию, Людвиг предпринимает еще одну безуспешную попытку получить долг, после чего направляется в Кёнигсберг, где остается с небольшими перерывами до конца жизни, занимаясь врачебной практи-

кой и исполняя обязанности городского физика (была и такая должность!). Он написал несколько книг по медицине, но его благие намерения издать некоторые рукописи отца и написать его и Тихо Браге биографии так и не были им осуществлены.

Между тем многие ученые интересовались судьбой рукописей Кеплера, а также и его ученой перепиской. Нужно помнить, что до 1665 г. из-за полного отсутствия научной периодики \* ученые обменивались информацией о своих достижениях путем переписки друг с другом, так как издание книг было в большинстве случаев делом сложным, дорогим, а иногда и недоступным. Поэтому публикация научно-эпистолярного наследия крупнейших ученых представляла огромный интерес (не меньший интерес она представляет и теперь для историков науки).

Гданьский профессор Петер Крюгер, научный корреспондент Кеплера, пишет другу Кеплера Филиппу Мюллеру весной 1634 г.: «Где же, спрашивается, скрываются писания Кеплера, Барча и наблюдения Тихо Браге?.. О, если бы они сохранились в каком-нибудь безопасном месте, защищенном от случайностей всеобщего потрясения!»<sup>2</sup> Крюгер пытается заинтересовать Гданьский магистрат архивом Кеплера, и когда Людвиг проездом в Кёнигсберг останавливается в Гданьске, ведет с ним переговоры. Людвиг уклонился от немедленной продажи рукописей, а Крюгер вскоре (в 1639 г.) умер. Но перед смертью он, вероятно, говорил о них со своим талантливейшим учеником, известным гданьским астрономом Иоганном (Яном) Гевелием.

В 1655 г. Людвиг, отчаявшись получить долг, продал за небольшую сумму (600 талеров) наблюдения Браге датскому королю Фредерику III, но рукописи отца он сохранил до самой смерти, последовавшей в 1663 г. И его наследники еще безуспешно пытались получить деньги, недоплаченные Кеплеру императорским казначейством. У них-то

\* До второй половины XVII в. научная периодика не существовала. Издание книг было сложным и дорогим делом. Поэтому для распространения научной информации большое значение тогда имела переписка между учеными, в которой они обменивались своими идеями и открытиями. И сейчас рукописи и научная переписка того времени представляют большую ценность для изучения истории науки. Начало научной периодики относится к 1665 г., когда стали выходить «Philosophical Transactions» в Лондоне и «Journal des Savans» в Париже.

Гевелию и удалось приобрести рукописи Кеплера, о чем он сообщает в первом томе своей книги «*Machinae Coelestis*» («Небесные машины»), вышедшем в 1673 г.

Его сообщением очень заинтересовалось Лондонское королевское общество, обратившееся к Гевелию с просьбой дать более подробные сведения о составе и состоянии приобретенных манускриптов. Гевелий сообщил в Лондон подробные сведения о содержании 29 связок, по которым он разложил отдельные рукописи и документы. Это сообщение было напечатано в трудах Королевского общества<sup>3</sup>. Можно было только радоваться, что научное наследие Кеплера нашло достойного обладателя, который намеревался заняться изучением этих материалов.

Но злоключения бесценных манускриптов на этом не кончились. В ночь с 26 на 27 сентября 1679 г. в доме Гевелия в его отсутствие вспыхнул пожар, уничтоживший его уникальную обсерваторию, большую часть инструментов, книг и рукописей. По счастливой случайности, рукописи Кеплера уцелели. Но оставшиеся годы (Гевелий умер в 1687 г.) пошли на восстановление обсерватории, на астрономические наблюдения, а на обработку материалов Кеплера ни сил, ни времени не хватило.

Рукописи Кеплера оставались у наследников Гевелия до 1708 г., когда их всего за 100 гульденов приобрел магистр Михаил Готлиб Ганш из Лейпцига.

Ганш прежде всего принялся за просмотр и приведение в порядок приобретенных рукописей. Он распределил их на 22 тома, 20 in folio и 2 — в четвертую долю листа, и переплел в белые пергаментные переплеты с золотым тиснением. На передней крышке была сделана рамка и девиз «*Deo et publico*» («Богу и народу»), свидетельствующий о том, как высоко оценивал Ганш свое приобретение. На задней крышке оттиснуты буквы DMGH («*Dominus Michaelis Gottlieb Hanschius*») и дата «1712». На корешках оттиснуты номера томов и отдельные буквы (на 20 фолиантах). Если расположить тома в порядке номеров, то из этих букв образуется надпись: «*MANUSC, KEPLERIANORUM*». Именно в этом виде почти все тома сохранились до нашего времени.

Ганш пытается организовать сначала издание отдельных произведений Кеплера из этого собрания: в известном научном журнале того времени «*Acta eruditorum*» появляется его сообщение о предстоящем издании «Гип-

парха» — сочинения, в котором рассматривалась задача об относительных расстояниях Солнца и Луны от Земли, для решения которой еще Гиппархом был предложен остроумный метод.

Затем в 1714 г. в том же «Acta eruditorum» появляется извещение о подписке на издание сочинений Кеплера в 22 томах in folio, с подробным проспектом каждого тома. В 1718 г. Ганш выпускает в Лейпциге большой том, содержащий биографию Кеплера и часть переписки, извлеченной из его бумаг. Однако мероприятие Ганша по изданию собрания сочинений закончилось крахом: запутавшись в финансовых затруднениях, он в 1721 г. закладывает собрание рукописей, которое потом так и не сумел выкупить. В 1726 г. он публикует еще одно небольшое сочинение Кеплера — «О григорианском календаре», и на этом его попытки издания рукописного наследия знаменитого астронома прекращаются.

Рукописи снова исчезают из поля зрения ученых почти на полстолетия, и лишь около 1760 г. их обнаруживает во Франкфурте у некоей «монетной советницы» Трюммер выдающийся архивист, знаток рукописных материалов Кристофор Готлиб Мурр из Нюрнберга. Советница запросила за рукописи 1000 талеров (1500 гульденов). Мурр завязал оживленную переписку с немецкими учеными, пытаясь заинтересовать их научной ценностью обнаруженных материалов и с их помощью разыскать необходимые средства. Геттингенский профессор, математик, астроном и поэт А. Г. Кестнер ограничился тем, что напечатал присланную ему Мурром опись найденных материалов Кеплера. Гейдельбергский профессор Кристиан Майер, математик и астроном, отказался от приобретения рукописей для руководимой им обсерватории под предлогом, что после работ Ньютона ценность вклада Кеплера в науку существенно уменьшилась. Не помогли и директор Венской обсерватории М. Гель, тюрингенский профессор физики и математики И. Кис, директор Берлинской обсерватории Иоганн Бернулли, известный математик И. Х. Ламберт. Не подействовало и опубликование Мурром в 1769 г. «Воззвания к немцам о содействии напечатанию трудов И. Кеплера»<sup>4</sup>.

Отчаявшись получить поддержку в Германии, Мурр обращается за границу. В 1773 г. он так описывает положение дела в одном из писем:

«Моего Кеплера я представил теперь в девять различных мест. Надеюсь, что в конце концов он все же найдет себе приют. Более всего я рассчитываю на Эйлера. Конечно, все это должно бы стать делом Кестнера и его обязательством как математика, но, к несчастью,— я не могу понять почему,— он так завистливо относится к памяти Кеплера, который, несомненно, бесконечно его превосходит. Имей Кеплер в свое время такие средства и столько же досуга, он, конечно, сам сумел бы предпринять печатание своих трудов, а не покинул бы их на произвол неблагодарного потомства. Книжные черви оказались великодушнее людей: они щадили до сих пор эти великолепные рукописи»<sup>5</sup>.

Надежды Мурра на содействие Эйлера оправдались. Последний, совместно с академиками Крафтом и Лекселем, поддержал предложение о приобретении архива Кеплера перед конференцией Петербургской Академии наук. Дело было доведено до сведения Екатерины II, которая распорядилась, чтобы Леонард Эйлер представил свое мнение о значении и ценности предлагаемых к покупке рукописей и, ознакомившись с его заключением, распорядилась об их приобретении. Трюммер запросила за них 2000 рублей; за сколько они были куплены на самом деле, осталось неизвестным: оплата была произведена ювелирными изделиями. В начале июня 1774 г. приобретенные манускрипты были доставлены в Петербург и 18 июня поступили в библиотеку Академии наук.

Обработка, описание и классификация рукописей были поручены академику Лекселю тотчас же после передачи их в Академию. Однако он не сумел до самой смерти в 1784 г. предпринять чего-либо в этом направлении.

В 1839 г. была открыта Главная астрономическая обсерватория в Пулковке, при ней организована первоклассная библиотека, в которую по ходатайству первого директора обсерватории В. Я. Струве были направлены и рукописи Кеплера. Здесь они хранились до 28 июля 1937 г., после чего по постановлению Президиума АН СССР поступили на постоянное хранение в Архив АН СССР, в ленинградском отделении которого рукописи находятся и по сей день.

В нашу страну поступило 18 из 22 томов собрания рукописей, переплетенных Ганшем, и, кроме того, папка с отдельными тетрадами и листами. Четыре тома (6, 7, 8 и





*Памятник И. Кеплеру в Вейль дер Штадте*

12) в этом собрании отсутствуют — они попали в Венскую государственную библиотеку.

Сын Кеплера, Людвиг, был прав, когда говорил, что изучение рукописей будет очень трудным, тем более что к 1839 г. им было уже больше 200 лет, но работа над ними с того времени почти не прекращается.

Коллекция рукописей, хранящихся в нашей стране, неоднократно изучалась русскими, советскими и иностранными учеными. В 1860 г. тогдашний директор обсерватории Отто Струве напечатал в «Мемуарах Академии наук» статью «Beitrag zur Feststellung des Verhältnisses von Kepler zu Wallenstein» («Сообщение к установлению отношений Кеплера к Валленштейну»), для составления которой использовал относящиеся к этому вопросу рукописные материалы пулковского собрания манускриптов<sup>6</sup>. В 1860-х годах штутгартский профессор Хр. Фриш предпринял издание полного собрания сочинений Кеплера в восьми томах, которое вышло в 1857—1871 гг. При его подготовке были использованы и пулковские манускрипты.

Издание Фриша, законченное как раз к 300-летию со дня рождения Кеплера, оказалось возможным лишь в результате многолетней самоотверженной работы издателя над исследованием научного творчества Кеплера. Однако оно страдало и определенными недостатками — неполнотой и отсутствием надлежащей систематичности в публикации эпистолярного наследия и рукописных материалов Кеплера, неполнотой комментариев, приведенных исключительно на латинском языке, недостаточно разработанной системой ссылок и пр. Поэтому еще до первой мировой войны было задумано новое издание собрания сочинений Кеплера. В связи с подготовкой к этому изданию была достигнута договоренность о том, что фолианты с переплетенными рукописями Кеплера том за томом будут пересылаться из Пулковской обсерватории в Баварскую Академию наук в Мюнхен для полистного фотокопирования. Это очень громоздкое мероприятие осуществлялось (с перерывом во время мировой войны) в течение свыше 20 лет и было завершено в 1934 г. Лишь в 1936 г. вышел первый том этого нового издания, рассчитанного на 22 тома большого формата. Опубликованным при жизни Кеплера произведениям отводилось 12 томов (I—XII), переписке — 6 томов (XIII—XVIII), в XIX томе должны быть помещены различные документальные материалы, касающиеся

жизни и творчества Кеплера, а три тома (XX—XXII) отведены на публикацию рукописных материалов. За 35 лет издания вышли в свет тома I—X и XIII—XVIII, остальные готовятся к печати.

Усиленное в связи с подготовкой к изданию и 400-летним юбилеем со дня рождения внимание к научному наследию Кеплера дало такие находки, как, например, сведения об изобретении Шикардом первой вычислительной машины, позволило заново взглянуть в творческую лабораторию выдающегося астронома, физика и математика. Можно надеяться, что в ближайшие годы усилиями многих кеплероведов научному творчеству Кеплера будет дана наиболее полная и объективная характеристика.



Своим вкладом в развитие науки Кеплер воздвиг себе несокрушимый памятник, перед которым бледнеет все, чем память о нем увековечили потомки. Среди, так сказать, материальных свидетельств признания его заслуг перед наукой и человечеством можно отметить, кроме двух, фактически мемориальных, изданий его сочинений лишь следующие. Еще в 1651 г. итальянский астроном-наблюдатель Дж. Риччиоли (1597—1671) назвал в его честь один из лунных кратеров (диаметром 32 км). Его именем названа также малая планета № 1134, открытая М. Вольфом в 1929 г. на обсерватории в Гейдельберге. В начале XIX в., почувствовав угрызения совести за утерю места захоронения ученого, решили соорудить памятник Кеплеру жители Регенсбурга. Памятник был открыт в 1807 г. К 300-летию со дня рождения Кеплера был сооружен монументальный памятник на его родине в Вейль дер Штадте. Здесь же, в доме деда, в котором он родился, как и в Регенсбурге, в доме, где он умер, открыты музеи его имени.

400-летие со дня рождения Кеплера широко отмечается научной общественностью во всем мире, и особенно в городах, с которыми связана его деятельность: в Тюбингене, в Линце, где высшей школе присвоено его имя, в Граце, Праге и др. Но наиболее внушительным и представительным был форум кеплероведов в рамках XIII Международного конгресса по истории науки, который состоялся 26—28 августа 1971 г. в нашей стране — в Ленинграде, городе, в котором уже почти 200 лет сохраняется богатейшее собрание рукописей Иоганна Кеплера.

## Основные даты жизни и деятельности Иоганна Кеплера

- 1571,  
27 декабря День рождения И. Кеплера
- 1576 Одно из первых ярких впечатлений детства: Кеплер наблюдает комету
- 1577 Начинает учебу в начальной немецкой школе в Леонберге, переходит в латинскую школу
- 1580,  
31 января Наблюдает затмение Луны
- 1583,  
17 мая Успешно выдерживает конкурсный экзамен в низшую семинарию
- 1584,  
16 октября Начинает занятия в грамматической школе (низшей семинарии) в Адельсберге (заканчивает в 1586 г.)
- 1586,  
26 ноября Начинает курс обучения в высшей семинарии в Маульбронне (заканчивает в 1589 г.)
- 1588,  
25 сентября Кеплер выдерживает в Тюбингене экзамен на степень бакалавра
- 1589 Отец И. Кеплера, завербовавшись в наемные войска, оставляет семью и пропадает без вести
- 1589,  
17 сентября Кеплер начинает учебу на факультете искусств Тюбингенского университета
- 1590 Первое печатное сочинение Кеплера — «Элегия на бракосочетание Иоанна Гульденрица»
- 1591,  
11 августа Заканчивает учебу на факультете искусств, сдав экзамен на степень магистра
- 1594,  
14 марта Не закончив курса обучения на теологическом факультете Тюбингенского университета, Кеплер получает направление в Грац (Штирия) на должность преподавателя математики в протестантском училище
- 1594,  
11 апреля \* Приезжает в Грац
- 1594,  
1 сентября Выходит из печати первый составленный Кеплером календарь (на 1595 г.)
- 1595,  
июль Кеплер начинает работу над «Космографической тайной»

\* Здесь и далее даты приводятся по новому стилю.

- 1596, февраль — сентябрь Поездка в Тюбинген в связи с изданием «Космографической тайны»  
Выход в свет «Космографической тайны» (в Тюбингене)  
Кеплер завязывает переписку с Галилеем и Тихо Браге
- 1597, 27 апреля Женитьба на Барбаре Мюллер
- 1597, 28 сентября Кеплер покидает Грац в связи с преследованиями протестантов
- 1598, 2 февраля Рождение сына Генриха (умер в апреле того же года)
- 1599, июнь Рождение дочери (умерла в июле того же года)
- 1600, январь Поездка в Прагу для встречи с Тихо Браге
- 4 февраля Встреча с Браге в Бенатеке
- 1 июня Возвращается в Грац
- 10 июля Наблюдает солнечное затмение с помощью собственноручно изготовленной камеры-обскуры
- 2 августа Имя Кеплера занесено в списки изгоняемых из Штирии протестантов
- 1600, 30 сентября Кеплер с семьей покидает Грац, направляясь к Тихо Браге в Прагу
- 1600—1606 Изучение закономерностей в движении планет. Работа над «Новой астрономией»
- 1601, 24 октября Смерть Тихо Браге
- 6 (?) ноября Назначение Кеплера императорским математиком
- 1601, зима Кеплер выводит второй закон движения планет («Закон площадей»), впервые подходит к приближенному интегрированию
- 1602, июль Рождение дочери Сусанны
- 1603 Кеплер проводит оптические исследования  
Рождение сына Фридриха
- 1604 Выход в свет «Дополнений к Вителлию, в которых сообщается об оптической части астрономии»
- 1605, весна Кеплер выводит первый закон движения планет
- 1606 Выход в свет книги «О новой звезде»
- 1607 Кеплер наблюдает пятно на Солнце, считая, что это Меркурий проходит через диск Солнца  
Рождение сына Людвиг
- декабрь
- 1609, весна Выход в свет (в Гейдельберге) «Новой астрономии», содержащей первые два закона движения планет
- 1610, 15 марта Кеплер узнает об открытиях Галилея, произведенных с помощью телескопа
- август — сентябрь Кеплер продолжает оптические исследования; разрабатывает новую систему телескопа

- 1611, 19 февраля Смерть от оспы сына Фридриха
- 1611, конец мая — июнь Поездка в Линц в поисках нового места службы
- 11 июня Подписана грамота о зачислении Кеплера преподавателем математики в Линце и математиком провинции Верхняя Австрия
- 3 июля Смерть жены Барбары
- 1612, середина апреля Переезд в Линц
- 1613, 30 октября Женитьба на Сусанне Рейттингер
- ноябрь Кеплер разрабатывает сводящиеся к приближенному интегрированию методы вычисления объемов тел вращения
- 1614, лето Кеплер проверяет справедливость найденных им законов движения планет для Венеры (а зимой 1615 г. — для Меркурия)
- 1615, осень Выход в свет «Стереометрии винных бочек»
- 29 декабря Кеплер узнает, что его мать Катерина обвиняется в колдовстве
- 1616, весна Выход в свет «Извлечения из древнего искусства измерения Архимеда»
- 1618 Выход в свет первого выпуска «Сокращений коперниканской астрономии» (в 1619 г. этот труд заносится Ватиканом в список запрещенных книг)
- 15 мая Кеплер выводит знаменитый третий закон движения планет
- 23 мая Начало Тридцатилетней войны
- 1619 Выход в свет «Гармонии мира» (над которой Кеплер работал с перерывами с 1599 г.)
- 1619, лето Начало работы над составлением таблиц логарифмов (окончена зимой 1621/22 г.)
- 4 сентября Начался суд над Катериной Кеплер
- 1620, 6 сентября Кеплер вывозит семью из занятого войсками католической лиги Линца и, оставив ее в Регенсбурге, едет в Вюртемберг для участия в судебном процессе в качестве защитника матери
- Выход в свет второго выпуска «Коперниканской астрономии»
- 1621, осень Выход в свет третьего выпуска «Коперниканской астрономии»
- 4 октября Окончание суда над Катериной Кеплер
- ноябрь Возвращение Кеплера с семьей в Линц
- 1622, апрель Смерть матери, Катерины Кеплер

- 1623, В. Шикард сообщает Кеплеру о конструкции и изгото-  
сентябрь — товлении первых образцов вычислительной машины
- 1624, Кеплер завершает многолетнюю (с 1601 г.) работу по  
февраль составлению новых планетных таблиц («Рудольфин-  
1624, ских»)  
лето
- 1624, Выход в свет (в Марбурге) «Тысячи логарифмов»  
осень
- 1625, Выход в свет «Дополнений к тысяче логарифмов»  
осень
- 1626, Кеплер с семьей покидает Линц. Оставив семью в Ре-  
ноябрь генсбурге, 9 ноября приезжает в Ульм, где организует  
издание «Рудольфинских таблиц»
- 1627, Окончание печатания «Рудольфинских таблиц»  
начало  
сентября
- 1628, Переговоры с Валленштейном о поступлении на  
февраль — службу  
март
- 1628, Переезд с семьей в Саган  
май —  
26 июля
- 1629, Начинает работать созданная Кеплером в Сагане типо-  
декабрь графия, в которой печатаются «Эфемериды» и наби-  
рается «Сон» (выходит из печати в 1634 г., после смер-  
ти Кеплера)
- 1630, Женитьба помощника Кеплера Якова Барча на дочери  
март Кеплера Сусанне
- 18 апреля Рождение дочери Анны-Марии  
август Отставка Валленштейна
- 8 октября Кеплер верхом едет из Сагана в Регенсбург, чтобы по-  
пытаться получить жалование, не выплачивавшееся  
ему в течение многих лет
- 2 ноября Большим приезжает в Регенсбург  
15 ноября Смерть Кеплера

## Примечания \*

### К Введению

- <sup>1</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 20, стр. 508.
- <sup>2</sup> Там же, стр. 346.
- <sup>3</sup> А. Эйнштейн. «Иоганн Кеплер». — В кн.: «Собрание научных трудов». М., «Наука», 1967, т. 4, стр. 121.
- <sup>4</sup> А. Эйнштейн. Предисловие к книге Каролы Баумгардт «Иоганн Кеплер. Жизнь и письма». Там же, стр. 324.
- <sup>5</sup> В. И. Ленин. Полное собрание сочинений, т. 2, стр. 178.

### К главе первой

- <sup>1</sup> Письмо Кеплера к Винченцо Бианки от 17 февраля 1619 г. GW, XVIII, 321.
- <sup>2</sup> «Гороскоп». ОО, VIII—II, 670—671.
- <sup>3</sup> Там же, 671.
- <sup>4</sup> Там же, 671.
- <sup>5</sup> Там же, 672. Это затмение имело место 31 января 1580 г.
- <sup>6</sup> ОО, VIII—II, 673.
- <sup>7</sup> Предисловие к «Космографической тайне». GW, I, 9.
- <sup>8</sup> Университет Тюбингена — бургомистру и совету города Вейля. ОО, VIII—II, 674; GW, XIII, 4.
- <sup>9</sup> ОО, VIII—II, 677.
- <sup>10</sup> Обращение Кеплера к совету теологического факультета Тюбингенского университета 26 февраля 1594 г. GW, XIII, 6—11.

### К главе второй

- <sup>1</sup> Цит. по кн.: Е. Предтеченский. Кеплер. Пг., 1921, стр. 40—41.
  - <sup>2</sup> Г. А. Гурев. Астрология и религия. М., 1940, стр. 91.
- \* При ссылках на источники из собраний сочинений Кеплера приняты следующие сокращения:  
ОО — Opera omnia. Первое собрание сочинений Кеплера, изданное К. Фришем во Франкфурте-на-Майне и Эрлангене в 1858—1871 гг. ОО, I, 567 означает ссылку на 567 стр. первого тома этого издания.  
GW — Gesammelte Werke. Собрание сочинений Кеплера, издание которого осуществляется Баварской Академией наук в Мюнхене с 1938 г. по настоящее время.



- <sup>3</sup> Цит. по кн.: *Г. А. Гурев*. Астрология и религия, стр. 66.
- <sup>4</sup> *Г. А. Гурев*. Астрология и религия, стр. 102.
- <sup>5</sup> *J. Kepler*. Ausführlicher Bericht von... Cometen. GW, IV, 62.
- <sup>6</sup> Цит. по кн.: *Г. А. Гурев*. Астрология и религия, стр. 103.
- <sup>7</sup> Письмо Кеплера Мёстлину 8 января (ст. ст.) 1595 г. GW, XIII, 20.
- <sup>8</sup> GW, I, 6.
- <sup>9</sup> Там же, 11.
- <sup>10</sup> Там же, 10.
- <sup>11</sup> Там же, 11.
- <sup>12</sup> ОО, VIII—II, 683.
- <sup>13</sup> Письмо Кеплера Мёстлину 9 апреля 1597 г. GW, XIII, 113.
- <sup>14</sup> Письмо Кеплера Мёстлину 1 июня (ст. ст.) 1598 г. GW, XIII, 228.
- <sup>15</sup> Письмо Кеплера Герварту 12 сентября 1597 г., GW, XIII, 132.
- <sup>16</sup> Письмо Кеплера Мёстлину 16 февраля (ст. ст.) 1599 г. GW, XIII, 289.
- <sup>17</sup> Там же.

### К главе третьей

- <sup>1</sup> Письмо Тихо Браге астроному К. Ротману 24 ноября 1589 г. Tychonis Brahe Dani Opera Omnia, v. VI, 1919, p. 179.
- <sup>2</sup> Письмо Кеплера Герварту 12 июля 1600 г. GW, XIV, 128—130.
- <sup>3</sup> Письмо Кеплера Мёстлину 6 декабря (ст. ст.) 1600 г. GW, XIV, 158.
- <sup>4</sup> ОО, VIII—I, 742.

### К главе четвертой

- <sup>1</sup> *Николай Коперник*. О вращениях небесных сфер. Малый комментарий и др. М., «Наука», 1964, стр. 420.
- <sup>2</sup> Там же, стр. 549.
- <sup>3</sup> Цит по кн.: *Г. А. Гурев*. Учение Коперника и религия. М., Изд-во АН СССР, 1961, стр. 57.
- <sup>4</sup> Там же, стр. 91.
- <sup>5</sup> *Д. Бруно*. О бесконечности, вселенных и мирах. М., ОГИЗ, 1936, стр. 128.
- <sup>6</sup> Там же, стр. 125, 126.
- <sup>7</sup> «Новая астрономия». Введение. GW, III, 36.
- <sup>8</sup> Там же, ч. IV, гл. IX. GW, III, 375—376.
- <sup>9</sup> Там же, ч. II, гл. VII. GW, III, 109.
- <sup>10</sup> Там же. Посвящение. GW, III, 8.
- <sup>11</sup> Там же, GW, III, 9.
- <sup>12</sup> Там же. GW, III, 10.
- <sup>13</sup> *Николай Коперник*. О вращениях небесных сфер, стр. 21.
- <sup>14</sup> *A. Koestner*. The Watershed. N. Y., 1960, p. 129—130.
- <sup>15</sup> «Новая астрономия», ч. II, гл. XVI. GW, III, 156.
- <sup>16</sup> Там же, ч. II, гл. XVIII. GW, III, 171.
- <sup>17</sup> Там же. GW, III, 174.
- <sup>18</sup> Там же, ч. II, гл. XIX. GW, III, 174.
- <sup>19</sup> Там же. GW, III, 178.
- <sup>20</sup> Там же, ч. II. Заключение. GW, III, 187.
- <sup>21</sup> *А. Эйнштейн*. Собрание научных трудов, т. IV, стр. 122—123.
- <sup>22</sup> «Новая астрономия», ч. III. GW, III, 263.

- <sup>23</sup> «Ἀριστοτέλους περὶ Οὐρανοῦ» («Aristotelis de coelo libri IV»), Lipsiae, 1831, Liber II, cap. XIV.
- <sup>24</sup> *Николай Коперник*. О вращениях небесных сфер, кн. I, гл. IX, стр. 30.
- <sup>25</sup> «Новая астрономия». Введение. GW, III, 25.
- <sup>26</sup> Там же.
- <sup>27</sup> Там же.
- <sup>28</sup> «Somnium, seu opus posthumus de astronomia lunaris», nota 66. OO, VIII—I, 47.
- <sup>29</sup> Ibid. nota 202. OO, VIII—I, 61.
- <sup>30</sup> «Новая астрономия», ч. III. GW, III, 244.
- <sup>31</sup> «Epitoma astronomiae Copernicanae». GW, VII, 296—297.
- <sup>32</sup> «Somnium...», nota 75. OO, VIII—I, 47—48.
- <sup>33</sup> «Новая астрономия», ч. III, гл. XL. GW, III, 267.
- <sup>34</sup> *А. Эйнштейн*. Предисловие к книге Карола Баумгардт «Иоганн Кеплер. Жизнь и письма».— В кн.: «Собрание научных трудов», т. IV, стр. 326.
- <sup>35</sup> «Новая астрономия», ч. III, гл. XLIV. GW, III, 287.
- <sup>36</sup> Письмо Кеплера Д. Фабрициусу 18 декабря 1604 г. GW, XV, 78.
- <sup>37</sup> Письмо Кеплера Д. Фабрициусу, февраль 1604 г. GW, XV, 281.
- <sup>38</sup> GW, IV, 182.

#### К главе пятой

- <sup>1</sup> *G. Porta*. Magia naturalis sive de miraculos rerum naturalium libri XX. 2 ed., 1589.
- <sup>2</sup> «Дополнения к Вителлию...», гл. I, предл. XV. GW, II, 23.
- <sup>3</sup> Письмо Т. Гарриота Кеплеру 2 декабря 1606 г. GW, II, 47—48. XV, 365—368.
- <sup>4</sup> «Дополнения...», гл. II. GW, II, 47—48.
- <sup>5</sup> «Диоптрика», задача CXXVI. GW, IV, 387.
- <sup>6</sup> *В. Ронки*. Оптика Кеплера и оптика Ньютона.— В кн.: «Вопросы истории естествознания и техники», вып. 15. М., «Наука», 1963, стр. 66.
- <sup>7</sup> Там же.
- <sup>8</sup> Там же.

#### К главе шестой

- <sup>1</sup> Письмо Галилея Кеплеру 4 августа 1597 г. GW, XIII, 130—131.
- <sup>2</sup> Письмо Кеплера Галилею 13 октября 1597 г. GW, XIII, 145.
- <sup>3</sup> *Галилео Галилей*. Избранные труды, т. I. М., «Наука», 1964, стр. 22.
- <sup>4</sup> «Dissertatio cum nuntio sidereo». GW, IV, 288—289.
- <sup>5</sup> Там же, 288.
- <sup>6</sup> Там же.
- <sup>7</sup> Там же, 292.
- <sup>8</sup> *Галилео Галилей*. Цит. соч., стр. 552.
- <sup>9</sup> Письмо Галилея Кеплеру от 19 августа 1910 г. GW, XVI, 328—329.
- <sup>10</sup> Письмо Галилея Фульгенцио Минанцио. Le opere di Galileo Galilei. Ed. Nazionale, v. XVI, p. 163.
- <sup>11</sup> Письмо Галилея Кеплеру 28 августа 1627 г. GW, XVIII, 308.
- <sup>12</sup> *F. Plassman*. Himmelskunde. München, 1898, S. 605.
- <sup>13</sup> Le opere di Galileo Galilei. Ed. Nazionale, v. XIX, p. 283.

## К главе седьмой

- <sup>1</sup> Письмо Кеплера неизвестному высокопоставленному лицу. GW, XVII, 86—87.

## К главе восьмой

- <sup>1</sup> *J. Ozanam*. Dictionnaires mathématique ou idée générale des mathématiques. Amsterdam, 1691.
- <sup>2</sup> «*Astronomia nova...*», 1609, p. 192—198. GW, III, 263—270.
- <sup>3</sup> *М. Я. Выгодский*. Иоганн Кеплер и его научная деятельность. — В кн.: *И. Кеплер*. Новая стереометрия винных бочек. М.—Л., ГТТИ, 1935, стр. 38.
- <sup>4</sup> *A. Youschkevitch*. Remarques sur la méthode antique d'exhaustion. Mélanges Alexandre Kouyré, t. II. L'aventure de la science Paris, 1964; p. 635—653.
- <sup>5</sup> «*Astronomia nova...*», p. 196. GW, III, 267.
- <sup>6</sup> *M. Caspar*. Kepler und die Infinitesimalrechnung. Unterrichtsblätter für Math. und Naturwiss., 38, 1932, No 7, S. 229.
- <sup>7</sup> См. об этом: *А. П. Юшкевич*. История математики в средние века. М., Физматгиз, 1961, стр. 312.
- <sup>8</sup> «*Astronomia nova...*», p. 300. GW, III, 381.
- <sup>9</sup> *Ibidem*.
- <sup>10</sup> «Bibliographie du problème de Képler». Bulletin astronomique, jan. 1900, V. X, p. 17—47.
- <sup>11</sup> «*Astronomia nova...*», p. 223. GW, III, 297.
- <sup>12</sup> *Ibid.*, p. 237. GW, III, 368.
- <sup>13</sup> Ее полное название: «*Nova stereometria doliorum vinariorum, in primis Austriaci, figurae omnium aptissimae et usus in eo virgae cubicae compendiosissimus & plane singularis, accessit stereometriae Archimedeae supplementum. Aucthore Ioanne Keplero*». Lincii, anno M. DC.XV. (1615).
- <sup>14</sup> Русский перевод: *И. Кеплер*. «Новая стереометрия винных бочек...», пер. и предисл. Г. Н. Свешникова; вступит. статья М. Я. Выгодского. М.—Л., ГТТИ, 1935.
- <sup>15</sup> «Новая стереометрия...», стр. 104—105.
- <sup>16</sup> Письмо П. Крюгера Кеплеру от 31 марта 1616 г. GW, XVII, 158.
- <sup>17</sup> См. письмо Кеплера сословному собранию Верхней Австрии от 9 мая 1616 г. GW, XVII, 178.
- <sup>18</sup> *J. Kepler*. Aufzug auss der Uralten Messekun Archimedis... Lintz, 1616. GW, IX, 135—274.
- <sup>19</sup> «Новая стереометрия...», стр. 114—115.
- <sup>20</sup> *Архимед*. Сочинения. М., 1962, стр. 266—267.
- <sup>21</sup> «Новая стереометрия...», стр. 114—115.
- <sup>22</sup> *Г. Г. Цейтен*. История математики в XVI и XVII веках. М.—Л., ГТТИ, 1933, стр. 243.
- <sup>23</sup> *Архимед*. Сочинения, стр. 298—327, 565—577.
- <sup>24</sup> *A. Anderson*. Vindiciae Archimedis, sive Elenchus Cyclometriae Novae. Paris, 1616.
- <sup>25</sup> *P. Guldini de centro gravitatis («Gentrobarica»)*. Viennae, Liber I, 1635; Liber IV, 1641.

- <sup>26</sup> *B. Cavalieri. Geometria indivisibilibus continuorum nova quadam ratione promota.* Bologna, 1635; 2 ed., *ibid.*, 1653. Русск. пер.: *Б. Кавальери.* Геометрия, изложенная новым способом при помощи неделимых непрерывного. Пер. со вступит. статьей и примечаниями С. Я. Лурье. М.— Л., 1940.
- <sup>27</sup> (*Descartes R.*) *Discours de la méthode ... et la géométrie.* Leyde, 1637. Русск. пер.: *Декарт.* Рассуждение о методе. С приложениями:..Геометрия. Ред. Г. Г. Слюсарева и А. П. Юшкевича. Л., 1953.
- <sup>28</sup> «*Harmonices Mundi. Libri V*». Lincii, 1619. GW, VI.
- <sup>29</sup> *Ibid.*, lib. I, p. 6. GW, VI, 20.
- <sup>30</sup> *L. Poinsot. Mémoire sur les polygones et les polyèdres.* Journ. de l'éc. polyt., t. VI, cah. 10, 1810, p. 16—48.
- <sup>31</sup> *A. L. Cauchy. Recherches sur les polyèdres; ibid.*, t. IX, cah. 16, 1811 (1813), p. 68—86.
- <sup>32</sup> «*Harmonices Mundi. Libri V*», p. 36. GW, VI, 18—19.
- <sup>33</sup> *Ibid.*, GW, VI, 15.
- <sup>34</sup> Письмо Кеплера В. Шикарду 11 марта 1618 г. Архив АН СССР, Ленинградское отд., ф. 285, оп. 1, № 8, лл. 212—213. Опубликовано: GW, XVII, 258.
- <sup>35</sup> GW, IX, 147.
- <sup>36</sup> GW, VI, 52.
- <sup>37</sup> См. об этом подробнее: *Б. А. Розенфельд.* Аналитический принцип непрерывности в геометрии. В кн.: «Историко-математические исследования», вып. XVI. М., «Наука», 1965, стр. 273—294.
- <sup>38</sup> «*Ad Vitellionem Paralipomena, quibus Astronomiae pars Optica traditur*». Francofurti, 1604, p. 92. GW, II, 90.
- <sup>39</sup> *Ibid.*, p. 93—94. GW, II, 91—92.
- <sup>40</sup> *Б. А. Розенфельд.* Аналитический принцип..., стр. 275.

#### К главе девятой

- <sup>1</sup> 00, VIII—II, 518.
- <sup>2</sup> Письмо Кеплера Зойснусу 15 июля 1622 г. GW, XVIII, 95.

#### К главе десятой

- <sup>1</sup> Письмо Кеплера Герварту 14 декабря 1599 г. GW, XIV, 100.
- <sup>2</sup> *Дьердь Надор.* Мировоззрение Кеплера и его роль в развитии понимания законов природы. В кн.: «Историко-астрономические исследования», вып. 1». М., ГИТТЛ, 1955, стр. 121.
- <sup>3</sup> «*Harmonices Mundi*». Предисловие. GW, VI, 289.
- <sup>4</sup> *Ibid.*, liber V, cap. III. GW, VI, 302.
- <sup>5</sup> *А. Паннекук.* История астрономии. М., «Наука», стр. 263.
- <sup>6</sup> Письмо Кеплера Мёстлину от 15 мая 1616 г. GW, XVII, 53.

#### К главе одиннадцатой

- <sup>1</sup> Письмо Кеплера Мёстлину 3 декабря 1618 г. GW, XVII, 297.
- <sup>2</sup> Письмо Кеплера Шикарду 11 марта 1618 г. GW, XVII, 218.
- <sup>3</sup> «*Dissertatio cum nuntio sidereo*». Pragaе, 1610, Ad lectorem admnistratio. GW, IV, 286—287.

- <sup>4</sup> «Tabulae Rudolphinae». Ulmae, 1627, p. 11. GW, X, 48.
- <sup>5</sup> Письмо Мёстлина Кеплеру 2 марта (ст. ст.) 1620 г. GW, XVII, 423.
- <sup>6</sup> Письмо Кеплера Мёстлину 19 июня 1620 г. GW, XVIII, 7—24.
- <sup>7</sup> «Supplementum chiliadis logarithmorum». Marpurgi, 1625, p. 114. GW, IX, 355.
- <sup>8</sup> Письмо Шикарда Кеплеру 30 сентября 1624 г. GW, XVIII, 214—215.
- <sup>9</sup> Логарифмические таблицы Кеплера, обработанные еще при его жизни его сотрудником и зятем Якобом Барчем, последний раз вышли отдельным изданием в 1700 г.: *Joh. Kepleri et Jacobi Bartschii. Tabulae manuales logarithmicae ad calculum Astronomicum, in specie Tab. Rudolphinarum compendiose tractandum mire utiles...* Curante Joh. Casp. Eisenschmid. Argentorati (=Strasbourg), 1700.
- <sup>10</sup> «Der Zahlen Inventarium oder Schottische Practica». Архив АН СССР, ЛО, ф. 285, оп. 1, № 5, лл. 157—163.
- <sup>11</sup> Там же, № 18, лл. 103—105.
- <sup>12</sup> Письмо Шикарда Кеплеру 25 февраля 1624 г. Архив АН СССР, ЛО, ф. 285, оп. 1, № 8, л. 229; № 16, л. 117 об. Опубликовано: GW, XVIII, 142—143.
- <sup>13</sup> Письмо Шикарда Кеплеру от 30 декабря 1617 г. Там же, № 11, л. 211. Опубликовано: GW, XVII, 246—249.
- <sup>14</sup> Письмо Шикарда Кеплеру 20 сентября 1623 г. GW, XVIII, 142—143.
- <sup>15</sup> См.: *B. von Freytag Löbringhoff. Über die erste Rechenmaschine. — «Physikalische Blätter», 14, 1958, S. 361—365.*

#### К главе двенадцатой

- <sup>1</sup> Письмо Кеплера Э. Гунтеру 4 декабря 1623 г. Архив АН СССР, ЛО, ф. 285, оп. 1, № 11, л. 267. Опубликовано: GW, XVIII, 144—145.
- <sup>2</sup> Письмо Кеплера М. Бернеггеру 10 мая (ст. ст.) 1624 г. GW, XVIII, 181.

#### К главе тринадцатой

- <sup>1</sup> Цит. по кн.: *M. Caspar. Johannes Kepler. 3. Aufl. München, 1958, S. 394.*
- <sup>2</sup> Цит. по кн.: *A. Speiser. Die mathematische Denkweise. Basel, 1945, S. 11.*
- <sup>3</sup> Письмо Кеплера Галилею 19 апреля 1610 г. («Dissertatio cum nuntio sidereo»). GW, IV, 209.
- <sup>4</sup> Там же, GW, IV, 305.
- <sup>5</sup> Там же.
- <sup>6</sup> Сочинение Плутарха «Об облике Луны» было переведено Кеплером с греческого на латинский язык и напечатано в виде приложения к «Лунной астрономии» (OO, VIII—I, 67—99).
- <sup>7</sup> Письмо Кеплера М. Бернеггеру 4 декабря 1623 г. GW, XVIII, 143.
- <sup>8</sup> OO, VIII—I, 45.
- <sup>9</sup> Там же, 32.

- <sup>10</sup> OO, VIII — 1, 33.  
<sup>11</sup> Там же, 30—66.  
<sup>12</sup> *L. Günther*. Keplers Traum vom Mond. Lpz., 1898.  
<sup>13</sup> *K. Jaritz*. Utopischer Mond. Mondreisen aus drei Jahrtausenden. Graz. u. a., 1965.  
<sup>14</sup> *J. Lear*. Kepler's Dream. Berkeley and Los Angeles, 1965.  
<sup>15</sup> Kepler's Somnium. The Dream, or posthumous work on Lunar Astronomy. Transl. with a Commentary by E. Rosen. Madison, Milwaukee and London, 1967.  
<sup>16</sup> Ibid., Appendix H. Kepler's Concept of Gravity, p. 217—221.  
<sup>17</sup> Ibid., Appendix I. Kepler's Concept of Inertia, p. 222—223.  
<sup>18</sup> *E. Rosen*. The Moon's Orbit in Kepler's Somnium. Centaurus, 11, № 4, 1966, p. 217—221.  
<sup>19</sup> *М. Н. Выгодский*. Иоганн Кеплер и его научная деятельность.— В кн.: *И. Кеплер*. Новая стереометрия винных бочек, стр. 30.

#### К главе четырнадцатой

- <sup>1</sup> Abhandlungen der Bayerischen Akad. (Nova Kepleriana). Bd. XXXI, S. 111.  
<sup>2</sup> Письмо П. Крюгера Ф. Мюллеру, весна 1634 г. Ibid.  
<sup>3</sup> Philosophical Transactions, vol. IX, 1674, p. 27—31.  
<sup>4</sup> «Ermunterung an die Deutschen, Keplers Schriften zu Druck zu befördern». В кн.: «Anmerkungen über Herrn Lessings Laokoon nebst einigen Nachrichten, die deutsche Literatur betreffend». Erlangen, 1769, S. 47—60.  
<sup>5</sup> Письмо Г. Муффа А. Галлеру 15 февраля 1773 г. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern. 1847, No 87—108, S. 188.  
<sup>6</sup> *O. Struve*. Beitrag zur Feststellung des Verhältnisses von Kepler zu Wallenstein. Mémoires de l'Acad. Imp. des sciences de St. Pétersbourg. VII sér., t. 2, No 4, 1860.

## Библиографический указатель

### I. Собрания сочинений И. Кеплера, основные сборники его писем, библиографические указатели его работ

1. Joannis Kepleri Astronomi opera omnia. Ed. Ch. Frisch. 8 Vol. Frankofurti a. M. & Erlangae. Heyder & Zimmer. MDCCCLVIII—MDCCCLXXI (1858—1871).
  - Vol. I. 1858. XIV, 672 p. Небольшие произведения разных лет.
  - Vol. II. 1859. 842 p. *Mysterium Cosmographicum*; *Ad Vitellionem Paralipomena*; *Dioptrice* et al.
  - Vol. III. 1860. 748 p. *Astronomia Nova* et al.
  - Vol. IV. 1863. 666 p. *Stereometria doliorum vinariorum* et al.
  - Vol. V. 1864. 648 p. Auszug auss der Vralten Messekunst Archimedidis et al.
  - Vol. VI. 1866. 775 p. *Epitome Astronomiae Copernicanae*. *Chilias Logarithmorum*, *Supplementum Chilias Logarithmorum*, *Tabulae Rudolphinae* et al.
  - Vol. VII. 1868. 839 p. *Strena*, *Ephemerides Novae*. *De Cometis*. *Hiperastices*. et al.
  - Vol. VIII, pars I. 1870. 562 p. *Somnium*. *Astronomisches Bericht von ... Mondfinsternissen*. *Judicium Matris Kepleri*.
  - Vol. VIII, pars II. 1871, pp. 563—1028 CXVI, *Historia Astronomiae Seculo XVI*. *Kepleri vita*. *De Kepleri Familia* etc. *Index rerum et auctorum*.
2. Johannes Kepler in seinen Briefen. Bd. 1—2. Hrsg. von Max Caspar & Walther v. Dyck. München und Berlin, Vlg. v. K. Oldenburg, 1930.
3. Hansch M. G. Joannis Kepleri aliorumque Epistolae mutuae. 1718.
4. Bibliographia Kepleriana. Hrsg. v. M. Caspar. München, 1936; 2 Aufl.—1967.
5. Johannes Kepler, Gesammelte Werke Herausgegeben in Auftrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Bayer. Akademie der Wissenschaften. München, 1937 —
  - Bd. I. *Mysterium Cosmographicum*. *De Stella Nova*. Под ред. Макса Каспара. 1938. XV + 493 SS.

- Bd. II. *Astronomiae Pars Optica*. Под ред. Франца Гаммера. 1939. 467 SS.
- Bd. III. *Astronomia Nova*. Под ред. Макса Каспара. 1937. 488 SS.
- Bd. IV. Небольшие работы 1602—1611 гг.; *Dioptrica*. Под ред. М. Каспара и Ф. Гаммера. 1941. 525 SS.
- Bd. V. Хронологические работы. Под ред. Франца Гаммера, 1953. 470 SS.
- Bd. VI. *Harmonices Mundi*. Под ред. Макса Каспара, 1940. 563 SS.
- Bd. VII. *Epitome Astronomiae Copernicanae*. Под ред. Макса Каспара, 1953. 619 SS.
- Bd. VIII. *Mysterium Cosmographicum*, 2 ed.; *De Cometis*. *Hyperaspistes*. Под ред. Франца Гаммера, 1963. 517 SS.
- Bd. IX. Математические работы. Под ред. Франца Гаммера, 1960, 561 SS.
- Bd. X. *Tabulae Rudolphinae*. Под ред. Ф. Гаммера. 1969, 520 SS.
- Bd. XI. Календари и Эфемериды. Небольшие работы 1621—1629 гг. Готовится к печати.
- Bd. XII. Теологические работы. Переводы. *Somnium*. Готовится к печати.
- Bd. XIII. Письма 1590—1599. Под ред. М. Каспара. 1945. XVII + 432 SS.
- Bd. XIV. Письма 1599—1603. Под ред. М. Каспара, 1949. 520 SS.
- Bd. XV. Письма 1604—1607. Под ред. М. Каспара, 1951. 568 SS.
- Bd. XVI. Письма 1607—1611. Под ред. М. Каспара, 1954, 482 SS.
- Bd. XVII. Письма 1612—1620. Под ред. М. Каспара, 1955. 535 SS.
- Bd. XVIII. Письма 1620—1630 и добавления, 1959. 592 SS.
- Bd. XIX. Документы. Готовится к печати.
- Bd. XX—XXII. Отрывки из рукописного наследия. Указатели. Готовится к печати.

## II. Основные научные работы И. Кеплера

(Прижизненные издания, переиздания, основные переводы) \*

1. *Prodromos dissertationum cosmographicarum, continens mysterium cosmographicum*.— Tubingae, excudebat Georgius Gruppenbachius. Anno M.D.XCVI. (1596) (Ca 6).  
(«Предвестник космографических исследований, содержащий космографическую тайну»).

\* В указатель не включены издания стихотворных произведений Кеплера, календарей, прогнозов, работ чисто астрологического и теологического содержания.

Библиографические данные приводятся в следующем порядке: название и выходные данные первого издания (по титульному листу оригинала), номер по библиографическому указателю ра-



В приложении — перепечатка первого изложения учения Коперника о строении Солнечной системы — книги Г. И. Ретика «Narratio prima» (1540), стр. 85—160, и сочинение М. Мёстлина «Die Dimensionibus Orbium et Sphaerarum coelestium juxta Tabulas Prutenas, ex sententia Nikolaj Copernici», стр. 161—181.

Второе прижизненное издание, дополненное многочисленными примечаниями, 1621 (Ca 67). Полн. нем. пер. 1923 (Ca 156) переизд. 1936 (Ca 156); сокр. нем. пер. 1918 (Ca 153).

ОО, I, p. 95—187; GW, I, S. 3—145.

2. Ad Vitellionem Paralipomena, quibus Astronomiae pars Optica traditur.— Francofurti, apud Claudium Marnium et Haeredes Joannis Aubrii. Anno M.DC.IV. (1604) (Ca 18).

(«Дополнения к Вителлию, в которых сообщается об оптической части астрономии»).

Нем. пер. 1920—1921, гл. V (Ca 154); 1922, гл. II—IV (Ca 155).

ОО, II, p. 119—398; GW, II.

3. Gründtlicher Bericht von einem ungewöhnlichen neuen stern.— Gedruckt in der alten Stat Prag, in Schumans Druckerey. (1604) (Ca 19).

(«Основательный отчет об одной необычной новой звезде»).

Переизд. 1604 (Strassbourg) (Ca 20); 1604 (Praha) (Ca 23); 1605 (Praha) (Ca 23); 1605 (Amberg) (Ca 24); 1897 (Ca 143).

ОО, I, p. 473—478; GW, I, S. 393—399.

4. De stella nova (Ca 27).

Pars I. De Stella Nova in Pede Serpentarii...

Pragae ex Officina calcographica Pauli Sessii.

Anno M.DC.VI. (1606).

Pars II. De Stella tertii honoris in Cygno.

Pragae, ex Typographia Pauli Sessi. Anno M.DC.VI. (1606).

Pars III. De Stella Nova in Pede Serpentarii, pars altera. Francofurti. Anno M.DC.VI. (1606).

Pars IV. De Jesu Christi Servatoris nostri vero Anno natalitio. Francofurti, in Officina Typographica Wolfgangi Richteri. M.DC.VI. (1606).

(«О новой звезде»). Четыре порознь изданные части составляют одно произведение.

ОО, II, p. 611—772 (P. I—III); IV, p. 175—200 (P. IV).

GW, I, S. 149—390.

5. Ausführlicher bericht von dem newlich im Monat Septembri und Octobri diß 1607. Jahrs erschienenen Haarstern oder Comet>n, und seinen Bedeutungen. Gedruckt zu Hall in Sachsen, durch Erasmus Hynitzsch. 1608 (Ca 29).

(«Подробный отчет о недавно, в сентябре и октябре этого 1607 года появившейся комете и о ее значении»)

ОО, VII, p. 23—41; GW, IV, S. 57—76.

бот Кеплера, составленному М. Каспаром (например, Ca 6), перевод названия на русский язык, год переиздания и его номер по библиографическому указателю М. Каспара, если оно им учтено, год издания и язык перевода, том и страницы в Собрании сочинений Кеплера, изданном К. Фришем (ОО = Opera omnia), и в последнем мюнхенском издании (GW = Gesammelte Werke). В отдельных случаях приводятся дополнительные данные.

6. Phaenomenon singulare seu Mercurius in Sole. Lipsiae, Impensis Thomae Schureri Bibliopolaе. 1609 (Ca 30).  
 («Необыкновенное явление или Меркурий на Солнце»). Переизд. 1610 (Ca 35).  
 ОО, II, p. 793—808; GW, IV, S. 79—98.
7. Astronomia nova *Ἀπτολόγητος*, seu Physica Coelestis, tradita in commentariis de Motibus Stellae Martis.— Anno aerae Dionysianae MDCIX. (Ca 34).  
 («Новая астрономия или физика неба, излагаемая в комментариях к движению планеты Марс»).  
 Полн. нем. пер. 1929 (Ca 159); частичн. пер. нем. 1905 (Ca 147); 1918 (Ca 153).  
 ОО, III, p. 135—442; GW, III.
8. Dissertatio cum nuncio sidereo nuper ad mortales misso a Galilaeo Galilaeo.— Praegae, Typis Danielis Sedesani. Anno Domini M.CD.X. 1610 (Ca 34).  
 («Рассуждение о звездном вестнике»; письмо Галилею).  
 Переизд. 1610 (Ca 35); 1611 (Ca 37); 1665 (Ca 94).  
 Опубл. также в собр. соч. Галилея: 1818 (Ca 110); 1846 (Ca 119); 1892 (Ca 142). Частичн. нем. пер. 1918 (Ca 153); нем. пер. 1964 (Gräffeling) (Ca 180); англ. пер. 1965 (Ca 183).  
 ОО, II, p. 485—506; GW, IV, 283—311.
9. Narratio de observatis quatuor Jouis satellitibus.— Francofurti, sumptibus Zachariae Palthenii D.M.DC.XI. (1611) (Ca 36).  
 («Рассказ о наблюдении четырех спутников Юпитера»).  
 Переизд. 1611 (Florenze) (Ca 38), а также в собр. соч. Галилея: 1818 (Ca 110); 1846 (Ca 119); 1892 (Ca 142).  
 ОО, II, p. 507—517; GW, IV, S. 315—325.
10. Strena seu de Nive sexangula.— Francofurti ad Moenum, apud Godefridum Tampach. Anno M.DC.XI. (1611) (Ca 39).  
 («Новогодний подарок или о шестиугольной форме снежинок»).  
 Переизд. 1619 (Ca 61). Нем. пер. 1907 (Ca 148); 1943 (Berl.) (Ca 169); 1958 (Regensburg) (Ca 174); англ. пер. 1966 (Ca 184).  
 ОО, VII, p. 715—730; GW, IV, S. 261—280.
11. Dioptrice seu Demonstratio eorum quae visui et visibilibus propter Conspicilla non ita pridem inventa accidunt.— Augustae Vindelicorum, typis Davidis Franci. M.DC.XI. (1611) (Ca 40).  
 («Диоптрика»).  
 Переизд. 1653 (Ca 92); 1683 (Ca 98). Частичн. нем. пер. 1904 (Ca 146); 1930 (Ca 162, Bd. I. S. 363—380). Частичн. англ. пер. 1880 (Ca 136).  
 ОО, II, p. 462—467, 515—567; GW, IV, S. 329—414.
12. Nova stereometria doliorum vinariorum. Anno M.DC.XV. Lincii. Excudebat Joannes Plancus, sumptibus Authoris. (1615) (Ca 48).  
 («Новая стереометрия винных бочек»).  
 Перераб. авт. нем. изд. 1616 (Ca 49); сокр. нем. пер. 1908 (Ca 150).  
 Русск. пер. 1935.  
 ОО, IV, p. 551—646; GW, IX, S. 7—133.
13. Aufzug auss der Vralten messekunst Archimedis. Vom Authore verlegt, vnnd gedruckt zu Lintz durch Hansen Blancken. Anno M.DC.XVI. (1616) (Ca 49).

- («Извлечение из древнего искусства измерения Архимеда»).
- OO, V, p. 497—613; GW, I X, S. 137—274.
14. *Ephemerides novae Motuum coelestium ab anno vulgaris aerae. M.DC.XVII. (1617). Lincii Austriae, sumptibus Authoris. Excudebat Johannes Plankus (Ca 52).*  
 («Новые эфемериды небесных движений»).
- OO, VII, p. 479—524, 618—625; GW, XI.
15. *Epitome Astronomiae Copernicanae, Lib. I, II, III, de Doctrina Sphaerica.— Lentijs ad Danubium, excudebat Johannes Plancus. Anno M.DC.XVIII. (1618) (Ca 55).*  
 («Краткое изложение коперниканской астрономии, кн. I, II, III»).
- Переизд. 1635 (Francofurti) (Ca 87)
- OO, VI, p. 113—300; GW VII, S. 5—248.
16. *Harmonices Mundi libri V.— Lincii Austriae, sumptibus Godofredi Tampachii Bibl. Francof. excudebat Joannes Plancus. Anno M.DC.XIX (1619) (Ca 58).*  
 («Гармонии мира. 5 книг»).
- Частичн. нем. пер. 1918 (Ca 153); 1925 (Ca 157); частичн. англ. пер. 129 (Ca 159a), 1952 (Ca 173); частичн. норвежск. пер. 1961 (Ca 176); полный нем. пер. 1939 (Berl.) (Ca 166).
- OO, V, p. 75—334; GW, VI.
17. *De cometis libelli tres. — Augustae Vindelicorum, Typis Andreae Apergeri, Sumptibus Sebastiani Mylii Bibliopolae Augustani, M.DC.XIX: (1619—1620) (Ca 60).*  
 («Три книжечки о кометах»).
- Частичн. переизд. 1665 (Ca 95).
- OO, VII, p. 43—137; GW, VIII, S. 131—262.
18. *Epitomes astronomiae Copernicanae, Lib. IV, Physica Coelestis.— Lentijs ad Danubium, excudebat Johannes Plancus. Anno M.DC.XX. (1620) (Ca 63).*  
 («Краткое изложение коперниканской астрономии, кн. IV, Небесная физика»).
- Переизд. 1622 (Ca 69); 1635 (Ca 87).
- OO, VI, p. 301—393; GW, VII, S. 249—355.
19. *Astronomischer bericht von zweyen im Abgelauffenen 1620, Jahr gesehenen großen und seltzamen Mondsfinsternissen.— Gedruckt zu Ulm durch Johan Medern, im Jahr Christi M.DC.XXI. (1621) (Ca 65).*  
 («Астрономическое сообщение о двух наблюдавшихся в прошедшем 1620 г. больших и редких лунных затмениях»).
- OO, VIII, p. 3—20; GW, XI.
20. *Epitomes Astronomiae Copernicanae Lib. V, VI, VII, Doctrina Theorica.— Francofurti, Sumptibus Godefridi Tampachij. Anno M.DC.XXI. (1621) (Ca 66).*  
 («Краткое изложение коперниканской астрономии, кн. V—VII»).
- Переизд. 1635 (Ca 87).
- Англ. пер. V кн. 1939 (Ca 167).
- OO, VI, p. 395—530; GW, VII, S. 357—537.
21. *Pro suo Opere Harmonices Mundi Apologia.— Francofurti, sumptibus Godfridi Tampachii. Anno C.DC.XXII. (1622) (Ca 88).*  
 («В защиту гармонии мира»).
- OO, V, p. 413—468; GW, VI.

22. *Chilias Logarithmorum.*— Marpurgi, excusa Typis Casparis Chemlini. M.DCXXIV. (1624) (Ca 74).  
 («Тысяча логарифмов».)  
 Переизд. 1639 (Ca 89).  
 ОО, VII, p. 317—345, 390—408; GW, IX, S. 277—352.
23. *Supplementum Chiliadis logarithmorum.* Marpurgi, ex officina typographica Casparis Chemlini. M.DC.XXV. (1625) (Ca 75).  
 («Дополнения к тысяче логарифмов».)  
 Переизд. 1639 (Ca 89).  
 ОО, VII, p. 346—389; GW, IX, S. 353—426.
24. *Tychonis Braheii Dani hyperaspistes adversus Scipionis Claramontii Anti—Tychonem.*— Francofurti, apud Godefridum Tampachium. M.DC.XXV. (1625) (Ca 76).  
 («Защита Тихо Браге датского от антитихонианца Сципиона Кларамонти».)  
 Частичн. переизд. 1846 (Ca. 119), частичн. англ. пер. 1960 (Ca 175).  
 ОО, VII, p. 161—270; GW, VIII, S. 265—437.
25. *Tabulae Rudolphinae.*— Ulmae, Anno M.DC.XXVII. (1627) (Ca 78).  
 («Рудольфинские таблицы».)  
 Переизд. 1659 (Ca 90), (Ca 91); 1667 (Ca 93).  
 Англ. пер. 1675 (Ca 97); 1705 (Ca 100).  
 ОО, VI, p. 530—611, 664—717, 717—724; VII, p. 436—439; GW, X.
26. *Tomi primi Ephemeridum, pars II, ab anno M.DC.XXI. ad M.DC.XXVIII, pars III ab anno M.DC.XXIX. ad M.DC.XXXVI.* Impressae Sagani Silesiorum, in Typographeo Ducali, sumptibus Authoris. Anno M.DC.XXX. (1630) (Ca 84).  
 («Эфемериды, том первый, часть II, с 1621 по 1628 год, часть III, с 1629 по 1636 год».)  
 ОО, VII, p. 525—617, 625—666; GW, XI.
27. *Joan. Kepleri Logarithmorum logistorum heptacosias quintuplicata sive trichil— heacosias* Jas. Bartcschii (1631) (Ca 85).  
 («Таблицы логарифмов И. Кеплера в обработке Я. Барча».)  
 Переизд. 1700 (Ca 99).
28. *Somnium, seu Opus posthumium de Astronomia Lunari. Divulgatum a M. Ludovico Keplero filio, Impressum partim Sagani Silesiorum, absolutum Francofurti, sumptibus haeredum authoris.* Anno M.DC.XXXIV. (1634) (Ca 86).  
 («Сон или посмертное сочинение об астрономии Луны».)  
 Нем пер. 1898 (Ca 145); частичн. нем. пер. 1965 (Ca 181); англ. пер. 1947 (Ca 171), 1965 (Ca 182), 1967 (Ca 187).  
 ОО, VIII, p. 27—123; GW, XII.
29. [Michael Gottlieb Hansch] *Ioannis Kepleri de Calendario Gregoriano Liber singularis...* Francofurti et Lipsiae apud David Raymund Merzet Johann Jasob Mayer. MDCCXXVI (1726) (Ca 105).  
 («Книга Кеплера о грегорианском календаре».)  
 ОО, IV, p. 11—64.

### III. Биографии И. Кеплера и художественные произведения о нем

#### Биография

- Breitschwert, J. L. C. v.* Johann Kepler's Leben und Wirken. Stuttgart, 1831.
- Brewster David, Sir.* The Martyrs of Science or the Lives of Galiles, Tycho Brahe and Kepler. London, 1841.
- Bertrand, Joseph.* Les Fondateurs de l'Astronomie moderne. Copernic, Tycho Brahe, Képler, Galilée, Newton. Paris, 1865.
- Reilinger, E., Neumann, C. K. Gruner, C.* Johannes Kepler, I Theil. Stuttgart, 1868.
- Drinkwater, J. E.* Life of Kepler. London, 1883.
- Günther, Sigmund.* Kepler, Galilei. Berlin, 1896.
- Hammer, F.* Johannes Kepler. Stuttgart, 1943.
- Cspar, Max.* Johannes Kepler. 1 Aufl. Stuttgart, Kohlhammer, 1948; 2 Aufl. Там же, 1950; 3 Aufl. Там же, 1958, англ. пер: London & New York, Abelard, 1959, 1962. К настоящему времени наиболее полное жизнеописание Кеплера, написанное большим знатоком его творчества, одним из организаторов издания последнего собрания сочинений Кеплера.
- Abetti, Giorgio.* Keplero, Brescia, 1951.
- Wesler, Benedikt.* Das Schwindelhirnlein von Weil der Stadt. Kleine Kepler-Biographie Ehingen, 1951; 75 S.
- Baumgardt, Carola.* Johannes Kepler, Life and letters. With an introd. by Albert Einstein. New York, Philosophical library, 1951. Wiesbaden, 1953.
- Wehner, J. M.* Johannes Kepler. Murnau — München, 1964.
- Rosnagel, P.* Johannes Kepler, der große Sternweise. Stuttgart, 1955 & 1959.
- Koestler, Arthur.* The watershed. A biography of Johannes Kepler. New York, Doubleday & Co. 1960.
- Armitage, Agnus.* John Kepler. London, Faber & Faber, 1966. Ibid. New York, Roy, 1966.
- Gerlach, Walther und List, Martha.* Johannes Kepler. Leben und Werk. München, Piper, 1966.
- Arago, Ф.* Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров. Пер. с фр. Д. Перовщикова, т. I. СПб., 1859. Кеплер: стр. 28—55.
- Фигье, Луи.* Светила науки от древности до наших дней. Жизнеописание знаменитых ученых и краткая оценка их трудов, т. 3. Ученые XVII и XVIII веков. СПб.— М., 1873. Кеплер: стр. 1—32.
- Предтеченский Е. А.* Кеплер. Его жизнь и научная деятельность. СПб., 1891. Переизд. под ред. акад. В. А. Стеклова. Изд-во Гржебина, 1921, 114 стр.
- Поль, А. С.* Кеплер. В кн.: Поль А. С. Коперник, Галилей, Кеплер. Великие исследователи звездного неба. М., 1911, стр. 35—48.
- Баев К. Л., Шишаков, В. А.* Творцы астрономии. М.— Л., 1936.
- Выгодский, М. Я.* Иоганн Кеплер и его научная деятельность.— В кн.: И. Кеплер. Новая стереометрия винных бочек. М.— Л., 1935, стр. 7—94.

- Баев, К. Л.* Создатели новой астрономии: Коперник, Кеплер, Бруно, Галилей. Изд. I. М., 1948; изд. II. М., 1955. Кеплер: стр. 72—90.
- Еремеева, А. И.* Выдающиеся астрономы мира. Изд. «Книга», М., 1966. Кеплер: стр. 99—109.

Кеплер в художественной прозе  
поэзии, драматургии и музыке

- Brod, M.* Tycho Brahes Weg zu Gott. Roman. Lpz., 1915 u sp.
- Finckh, L.* Sterne und Schicksal Johann Keplers Lebensroman. Stuttgart, 1931.
- Smerl, W. S.* Johann Keplers letzte Fahrt. Erzählung. Güterslei. 1934.
- Saile O.* Kepler. Roman einer Zeitwende. Stuttgart, 1938 & 1946. Англ. перевод: New York, 1940.
- Keppelmüller, Bertold.* Das Gesetz der Sterne. Johannes Keplers Lebensroman. Wien, 1942; 297 S; 2 Aufl. Wien, 1953.
- Wachsmuth, Günther.* Keplers Weltgeheimnis. Drama in 12 Bildern. Dornach — Basel, 1946, 159 S.
- Sauer, Charlotte.* Die Gedanken Gottes. Eine Kepler-Novelle. Berlin, 1953. 114 S.
- Welti, Albert J.* Hiob der Sieger. Schauspiel in 4 Akten. Zürich — München, 1954. 86 S. (Драматическое произведение о суде над матерью Кеплера).
- Settgast, Ann Charlott.* Weisheit, Narrheit, Gold. Schwerin, 1956, 1957.
- Hindemith, P.* Die Harmonie der Welt. Oper. Mainz, 1957.
- Shuder, R.* Der Sohn der Hege. Roman über Johannes Kepler. 1 Aufl. В., 1957. Вышло более 10 изданий на немецком языке и в переводах.
- Shuder, Rose-Marie.* An der Mühle des Teufels. Berlin, 1959.
- Fischer-Colbric, A.* Johannes Kepler. Dramatische Gedicht. Linz, 1960.
- Tralow, Joh.* Kepler und der Kaiser. Berlin, 1961.

IV. Издания, сборники статей и статьи,  
посвященные различным аспектам научной  
деятельности И. Кеплера и его взаимоотношениям  
с современниками

- Small, Robert.* An Account of the astronomical Discoveries of Kepler including an historical Review If the Systems which had successively prevailed before his time. London, 1804.
- Ueber Kepler. Weltharmonie. Brief von Prof. *Pfaff* in Nürnberg an J.S.C. Schweigger. Neues Journal für Chemie und Physik, Bd. 10, 1814, S. 36—43.
- Fischer, Ernst.* Kepler und die unsichtbare Welt. Eine Hieroglyphe. Berlin, Nicolai'sche Buchhandlung, 1819.
- Pohl, G. F.* Grundlegung der drei Kepler'schen Gesetze besonders durch Zurückführung des dritten Gesetzes auf ein neu entdecktes weit allgemeineres Grundgesetz der kosmischen Bewegungen, wel-

- ches an die Stelle des Newtonischen Gravitationsgesetzes tritt. Breslau, 1845.
- Apelt, E. F.* Johann Kepler's astronomische Weltansicht. Leipzig, 1849.
- Apelt, E. F.* Die Reformation der Sternkunde. Ein Beitrag zur deutschen Culturgeschichte. Jena, 1852.
- Johannes Kepler, sein Leben und seine wissenschaftliche Bedeutung. Die Fortschritte der Naturwissenschaft in biographischen Bildern. Bearbeitet von mehreren Gelehrten. 2. Heft. Berlin, 1856.
- Förster, W.* Johann Kepler und die Harmonie der Sphären. Vortrag geh. im Wissenschaftl. Verein zu Berlin. Berlin, 1862.
- Frischauf, Johann.* Ueber die Reformation der theoretischen Astronomie durch Kepler. Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwiss. Kenntnisse. Bd. 9. 1869, S. 141—158.
- Müller, H.* Die Kepler'schen Gesetze. Eine neue elementare Ableitung derselben aus dem Newton'schen Anziehungsgesetze. Braunschweig, 1870.
- Pensées de Bacon, Kepler, Newton et Euler sur la religion et la morale. Tours, 1870. 2 Aufl. 1879: (Les Apologistes du christianisme au XVII. siècle, publ. par l'abbé V. Rocher.)
- Göbel, Karl.* Ueber Keplers astronomische Anschauungen und Forschungen. Halle, 1871.
- Reitlinger, Edmund.* Keplers Traum vom Monde. Graz, 1871.
- Reuschle, C. G.* Kepler und die Astronomie. Frankfurt a. M., 1871.
- Bernhardt, W.* Keplers Lehre von den Kräften des Weltalls. Wittenberg, 1872.
- Friesach, C.* Kepler u. die Astronomie seiner Zeit. Zeitschr. «Sirius». Jahrg. 1872, S. 17—20 und 25—32.
- Hasner, J. von.* Tycho Brahe und Joh. Kepler in Prag. Prag, 1872.
- Wolf, Rudolph.* Johannes Kepler und Jost Bürgi. Vortrag. Zürich, 1872.
- Prantl, C.* Galilei und Kepler als Logiker. Philos.-histor. Sitzungsberichte der K. Bayer. Akademie der Wiss., München, 1875, II, S. 394—408.
- Billwiler, R.* Kepler als Reformator der Astronomie. Zürich, 1877.
- Eucken, R.* Kepler als Philosoph. Philos. Monatshefte, XIV. Bd. 1878, S. 30—45.
- Brosard, J. B. H.* Essai sur la météorologie de Kepler. Grenoble, 1880.
- Günther, S.* Johannes Kepler und der tellurisch-kosmische Magnetismus. Geograph. Abhandl., herausgeg. von A. Penck in Wien, Bd. III. Heft 2, 1888.
- Schuster, Leopold.* Joh. Kepler und zwei Weltfragen seiner Zeit. Festschrift der Universität Graz. Graz, 1887.
- Goldbeck, Ernst.* Keplers Lehre von der Gravitation. Ein Beitrag zur Geschichte der mechanischen Weltanschauung. (Abhdlg. zur Philosophie und ihrer Geschichte, herausgeg. von Benno Erdmann VI). Halle, 1896.
- Günther, Siegmund.* Kepler, Galilei. Berlin, 1896.
- Günther, Ludwig.* Keplers Traum vom Mond. «Himmel und Erde», 11, 1899, S. 97—108; 18, 1906, S. 481—492.
- Pixis, Rudolf.* Kepler als Geograph, eine historisch-geographische Abhandlung. Dissertation, München, 1899.

- Mezzetti, Pietro.* L'Opera scientifica di Giovanni Keppler. Rivista di fisica — matematica e scienze naturali. Vol. 8. 1903, p. 435—454.
- Müller, Adolf.* Johann Kepler, der Gesetzgeber der neueren Astronomie. Freiburg i. Br., 1903.
- Schmidt, Johannes.* Keplers Erkenntnis und Methodenlehre. Dissertation. Jena, 1903.
- Closs, Otto.* Kepler und Newton und das Problem der Gravitation in der Kantischen, Schellingschen und Hegelschen Naturphilosophie. Heidelberg, 1908.
- Günther, Ludwig.* Die Mechanik des Weltalls. Eine volkstümliche Darstellung der Lebensarbeit Johannes Keplers, besonders seiner Gesetze und Probleme. Leipzig, 1909. XVI, 156 S.
- Götze, Alfred.* Anfänge einer mathematischen Fachsprache in Keplers Deutsch. Berlin, 1919.
- Hansen, P. A.* Ueber das Leben und die Leistungen Keplers. «Sirius». Jahrg. 1922, S. 81—95.
- Epstein, P.* Logarithmenberechnung bei Kepler. Zeitschr. f. math. und naturwiss. Unterricht, 55. Bd. 1924, S. 142—151.
- Schick, Joseph.* Keplers Mysterium Cosmographicum.— Der Sammler, Beil. d. München-Augsburger Abendzeitung, 94. Jahrg. 1925, Nr. 13—15.
- Caspar, Max.* Johannes Kepler und seine Entdeckung des Flächensatzes. Festschrift zur 30. Hauptversammlung des Deutschen Vereins zur Förderung des math. und naturwiss. Unterrichts. Stuttgart, 1928, S. 44—53.
- Hoppe, Edmund.* Kepler und Galilei. Archiv für Geschichte d. Mathematik. d. Naturwiss. und d. Technik, Bd. 11 (N. F. 2) 1928—29, S. 363—385.
- Dyck, Walter v.* Johannes Keplers Astronomia Nova. Die Naturwissenschaften, Berlin, 17. 1929, S. 861 f.
- Trumpp, Julius.* Eine geometrische Deutung des 3. Kepler-Gesetzes. Anziehung — kein Naturgesetz. München, 1929.
- Brill, Alexander.* Ueber Kepler's Astronomia Nova. Vortrag. Tübinger Naturwissenschaftliche Abhandlungen, 13. Heft. Stuttgart, 1930.
- Caspar, Max.* Johannes Kepler und seine Bedeutung für unsere Zeit. Vortrag. Unterrichtsblätter für Math. und Naturwiss. 36. Jahrg., 1930, S. 167—176.
- Hoffmann, Ernst.* Kepler als Philosoph. Vierteljahrsschrift «Die pädagogische Hochschule», Bühl — Baden. Jahrg. II, 1930, S. 241—261.
- Müller, Ernst.* Keplers Weltgeheimnis. Monatsschrift Württemberg. Jahrg. 1930, Heft 12, S. 525—534.
- Platzmann, J.* Johannes Kepler und seine Werke. Breslau (1930), 68 S.
- Roßnagel, Paul.* Johannes Keplers Weltbild und Erdenwandel. Leipzig (1930), 80 S.
- Stöckl, Karl.* Kepler und das Gravitationsgesetz. «Natur und Kultur», 27. Jahrg., 1930. Nr. 10.
- Stöckl, K.* Johannes Keplers historische Bedeutung. «Die Sterne». Leipzig. 10. Jahrg., Heft 8—9, 1930, S. 159—166.
- Wieleitner, Heinrich.* Keplers «Archimedische Stereometrie». Unterrichtsblätter für Math. und Naturwiss. 36. Jahrg., 1930, S. 176—185.
- Schick, Joseph.* Ein Weltbuch: Keplers Astronomia Nova. Süddeutsche Monatshefte. 28. Jahrg., Nov. 1930, Nr. 2, S. 582—598.



- Rohr, Moritz.* Kepler und seine Erklärung des Sehvorgangs. Die Naturwissenschaften, 18, Jahrg. 1930. Nr. 46.
- Kepler-Festschrift, I Teil. Zur Erinnerung an seinen Todestag vor 300 Jahren im Auftrage des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Regensburg und des Historischen Vereins der Oberpfalz und von Regensburg herausgegeben von Karl Stöckl. Regensburg, 1930. В нем.: *Anding, E.* Kepler's Wirken, erkenntnistheoretisch betrachtet.
- Bögehold, H.* Kepler's Gedanken über das Brechungsgesetz und ihre Einwirkung auf Snell und Descartes.
- Engert, J.* Kepler's Philosophie und Astrologie.
- Hartmann, L.* Die optischen Arbeiten Kepler's.
- Korn, A.* Kepler-Bewegungen innerhalb der Atome und Moleküle.
- Plassmann, J.* Was kann uns die Polyeder-Theorie lehren?
- Rohr, M. v.* Kepler und seine Erklärungen des Sehvorgangs.
- Rohr, M. v.* Kepler's Behandlung des beidäugigen Sehens.
- Scherer, W.* Johannes Kepler und der Dreikönigsstern.
- Schick, J.* Kepler's Briefe.
- Steinmetz, H.* Bemerkungen zu: Johannes Kepler, *Strena seu de nive sexangula*.
- Stöckl, K.* Der Magnetismus bei Kepler.
- Wieleitner, H.* Ueber Kepler's «Neue Stereometrie der Fässer».
- Wilkens, A.* Von Kepler zur modernen Theorie der planetaren Bewegungen.
- Johann Kepler 1571—1639. A Tercentenary Commemoration of his Life and Work. A series of papers prepared under the auspices of the History of Science Society.  
Introduction by Sir Arthur S. Eddington; Kepler as an Astronomer by W. Carl Rufus; Kepler as a Mathematician by D. J. Struik; Kepler and Mysticism by E. H. Johnson; Bibliography of Kepler's Works by F. E. Brasch.
- Dyck, Walter v.* Johannes Keplers Weltanschauung. Monatsschrift «Zeitwende». München. 7. Jahrg., 1931, S. 216—229.
- Caspar, Max.* Kepler und die Infinitesimalrechnung. Unterrichtsbblätter f. Math. u. Naturwiss. 38. Jahrg., 1932, S. 227—229.
- Speiser, Andreas.* Die mathematische Denkweise. Zürich, 1932 mit Notenbeilagen. В нем: Kepler und die Lehre von der Weltharmonie, S. 110—135. Basel, 1945, 1952.
- Glaser, Karl.* Die deutsche astronomische Fachsprache Keplers. Gießen, 1935.
- Caspar, Max.* Johannes Keplers wissenschaftliche und philosophische Stellung. Schriften der Corona XIII. München — Berlin — Zürich, 1935, 37 S.
- Kubach, Fritz.* Johannes Kepler als Mathematiker. Karlsruhe i. B. 1935, 83 S. (Sonderabdruck des II. Bandes der Veröffentlichungen der Bad. Sternwarte zu Heidelberg).
- Stempell, Günther von.* Johannes Kepler und die Optik. Das Weltall. 37, (Berlin), 1937, S. 113—118.
- Waage, E.* Keplers Bestimmung der Marsbahn. Zeitschrift für mathem. und naturwiss. Unterricht. 68 (Leipzig), 1937, S. 123—130.
- Burke-Gaffney, W.* Johann Kepler and the Star of Bethlehem. Journal of the Royal astronomical Society of Canada. 31 (Toronto), 1938, S. 417—425.

- Caspar, Max.* Keplers «Mysterium Cosmographicum». Blätter für Deutsche Philosophie. 12, N 1 (Berlin), 1938, S. 39—49.
- Fladt, Kuno.* Koppernikus und Kepler. Aus Unterricht und Forschung. Stuttgart, 1938, S. 296—303.
- Kowalewski, Gerhard.* Der Keplersche Körper und andere Bauspiele. Leipzig, 1938, 65 S.
- Hammer, Franz.* Kepler als Optiker. Forschungen und Fortschritte. 15, Nr. 26, 1939, S. 332—334.
- Silva, G.* Moti Kepleriani e teoria dell'aberrazione annua della luce. Atti d. R. Accad. naz. dei Lincei. Rendiconti, Classe di scienze fisiche, matematiche ecc. Ser. 6, 28, (Rom), 1939, p. 124—131.
- Nicolson, Marjorie.* Kepler, the Somnium, and John Donne. Journal of the Historie of Ideas. 1, 1940, p. 259—280.
- Peters, Theodor.* Jo. Kepleri Harmonices Mundi Lib. I. Ein Beitrag zur Geschichte der Mathematik. Schriften des Mathem. Instituts und des Instituts für angewandte Mathematik der Universität Berlin, 5, N 1, 129 S.
- Weiss, E. A.* Die kennzeichnende Eigenschaft des Österreichischen Fasses. Deutsche Mathematik. 5, (Leipzig), 1940, S. 262—265.
- Peters, Theodor.* Über Näherungskonstruktionen und Mechanismen im ersten Buch der Harmonik Keplers und seine Forderung nach Beschränkung der Konstruktionsmittel allein auf Zirkel und Lineal. Deutsche Mathematik. 6, N 1, (Leipzig), 1941—1942, S. 118—132.
- Steck, Max.* Über das Wesen des Mathematischen und die mathematische Erkenntnis bei Kepler. Die Gestalt. N 5, (Leipzig), 1941, S. 1—32.
- Caspar, Max.* Kopernikus und Kepler. Jahrbuch 1942 d. Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft z. Förderung d. Wissenschaften, S. 160—204. То же в: *Max Caspar*, Kopernikus und Kepler — Zwei Vorträge. München — Berlin, 1943, S. 9—45.
- Warrain, Francis.* Essai sur l'Harmonices Mundi ou Musique du Monde de Johann Kepler. 2 vol. Actualités scientifiques et industrielles, Nr. 912 et 913. Paris, 1942, 141 et 144 p.
- Blaschke, Wilhelm.* Galilei und Kepler. Hamburger Mathem. Einzelschriften, N 39, (Leipzig), 1943, 14 S. Пер. на нр. Keplero e Galileo. Giornale di matematiche di Battaglini. 82, (Neapel), 1953—1954, S. 309—334.
- Burke-Gaffney W.* Kepler and the Jesuits. Milwaukee, 1944, V. 138 p.
- Heckmann, Otto.* Galilei und Kepler. B: Gottfried Wilhelm Leibniz — Vorträge der aus Anlaß seines 300. Geburtstages in Hamburg abgehaltenen wissenschaftlichen Tagung. Hamburg, 1946, S. 231—245.
- Kayser, Hans.* Johannes Kepler und die Sphärenharmonie. Blätter für Hörende Menschen. 3, N 1, (herausgeg. von dem Institut für harmonikale Forschung), S. 1—19. То же в: Schweizer Rundschau. Jahrg. 1946—1947, N 7—8.
- Rosen, Edward.* Kepler's Defense of Tycho against Ursus. Popular Astronomy 54, Nr. 8 (Oktober 1946). S. 405—412.
- Carathéodory, C.* Über die Integration der Differentialgleichungen der Keplerschen Planetenbewegung. Sitzungsberichte der Bayer. Akademie der Wissenschaften, mathem.—naturwiss. Abteilung. Jahrg, 1945—46, (München), 1947, S. 57—76.

- Boyer, Carl B.* Kepler's explanation of the Rainbow. *American Journal of Physics*, 18, (New York), 1950, p. 360—366. То же в: *Carl B. Boyer. The Rainbow*. New York — London, 1959, p. 178—199: Kepler and his Contemporaries.
- Caspar, Max.* Johannes Keplers Weltharmonie. B: Geistige Welt. 4, N 3, (München), 1950, S. 85—92.
- Dijksterhuis, E. J.* De Mechanisering wan het Wereldbeeld. Amsterdam, 1950. О Кеплере: ч. IV. стр. 25—59.  
Нем. пер: Die Mechanisierung des Weltbildes. Berlin — Göttingen — Heidelberg, 1956. О Кеплере: стр. 337—359.
- Koyré, Alexandre.* La gravitation universelle de Kepler à Newton. *Archives internationales d'Histoire des sciences*, 4, (Paris), 1951, p. 638—653.
- Quiring, H.* Ejektion und 3. Keplersches Gesetz. *Kinematik und Energetik der Mondausschleuderung. Gerlands Beiträge zur Geophysik*, 62, N 2, (Leipzig), 1952, S. 81—99.
- Kepler, Johannes.* Der Mensch und die Sterne. Aus seinen Werken und Briefen. Herausgeg. von Martha List. Insel — Bücherei, Nr. 576. Wiesbaden, 1953, 64 S.
- Strohmeyer, O. H.* Johannes Kepler und die Bienenwabe. *Jahrbuch der Freien Akademie der Künste in Hamburg*, 1954, S. 83—93.
- Koyré, Alexandre.* A documentary history of the problem of fall from Kepler to Newton (De motu gravium naturaliter cadentium in hypothesi Terrae motae). *Transactions of the American philosophical Society*. N. S. 45, Tl. 4, (Philadelphia), 1955, p. 329—395.
- Holton, Gerald.* Johannes Kepler's Universe: Its Physics and Metaphysics. *American Journal of Physics*, 24, (New York), 1956, p. 340—351.
- Koyré, Alexandre.* L'oeuvre astronomique de Kepler. XVII<sup>e</sup> siècle. *Bulletin de la Société d'Etude du XVII<sup>e</sup> siècle*, Nr. 30, (Paris), 1956, p. 69—109.
- Ronchi, Vasco.* L'ottica del Keplero e quelle di Newton. *Atti Fond. Ronchi*, 11, (Florenz), 1956, p. 189—202.  
Имеется русск. пер.
- Roncéi, Vasco.* Kritik an den Grundlagen der Optik des 17. Jahrhunderts. *Optik*, 13, (Stuttgart), 1956, S. 322—349.
- Koyré, Alexandre.* From the closed world to the infinite universe. Baltimore, 1957, p. 58—87: Johannes Kepler's Rejection of Infinity.
- Hoffmann, J.* 350 Jahre «Astronomia Nova». *Wissenschaft. u. Fortschritt*, 9, (Berlin), 1959, S. 301.
- Dow, T. W.* Repeal Kepler's laws: Newton and Kepler's planetary theory rejected. Washington, 1960, p. 176.
- Laussemayer, Roman.* Keplers Traum vom Mond. *Universum, Natur u. Technik*, 15, (Wien), 1960, S. 143—145.
- Prenant, L.* Sur les références de Leibniz à Kepler contre Descartes. *Archives internationales d'Histoire des Sciences*, 13, Nr. 50—51, (Paris), 1960, p. 95—97.
- Ronchi, Vasco.* L'Optique au XVI<sup>e</sup> siècle. La science au seizième siècle. Colloque international de Royaumont 1—4 Juillet 1957. (Paris), 1960, p. 47—65.
- Schneer, Cecil.* Kepler's New Year's Gift or a Snowflake. *Isis*, 51, 1960, p. 531—545.

- Gerlach, Walther.* Johannes Kepler der Ethiker der Naturforschung. In: Die Naturwissenschaften. 48, N 4, (Heidelberg), 1961, S. 85—96.
- Hanson, Norwood Russell.* The Copernican disturbance and the Keplerian revolution. Journal of the History of Ideas. 22, 1961, p. 169—184.
- Holton, Gérald.* Johannes Kepler et les origines philosophiques de la physique moderne. Conférence donnée au Palais de la Découverte le 7 Jan. 1961. Paris, 1961, 26 p.
- Koyré, Alexandre.* La révolution astronomique. Copernic, Kepler, Borelli. Paris, 1961. O Keplere: Kepler et l'astronomie nouvelle, p. 117—458.
- List, Martha.* Der handschriftliche Nachlaß der Astronomen Johannes Kepler und Tycho Brahe. Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayer. Akademie der Wissenschaften. Reihe E, N 2, (München), 1961, 37 S.
- Neugebauer, O.* Notes on Kepler. Communications on Pure and Applied Mathematics. 14, 1961, p. 593—597.
- Rötsch, M.* Was hat das Oval mit den Keplerschen Gesetzen zu tun? Astronomische Rundschau. 3, (Berlin), 1961, S. 142—145.
- Strother, Robert S.* Johannes Kepler, der Entdecker der Himmelsmechanik. «Das Beste» aus Reader's Digest. 14, Nr. 12, (Stuttgart), 1961, S. 88—100.
- Suter, Rufus.* Johannes Kepler and the Laws of Planetary motion. Sky and Teleskope. 22, Nr. 1, 1961, p. 22, 25.
- Knight, David C.* Johannes Kepler and Planetary Motion. New York, 1962, 186 p.
- Rosen, Sidney.* The Harmonious World of Johann Kepler. Illustrations by Raffaello Busoni. Boston—Toronto, 1962, 212 p.
- Schäfer, H.* Keplers Marsbestimmung. Praxis der Mathematik. 4, (Köln), 1962, S. 262—263.
- Weizsäcker, Carl Friedrich v.* Kopernikus, Kepler, Galilei. Zur Entstehung der neuzeitlichen Naturwissenschaft. B: Einsichten. Gerhard Krüger zum 60. Geburtstag. Frankfurt a. M., 1962, S. 376—394.
- Gerlach, Walther.* Kepler und Galilei. Vortrag. Schriften der Kepler—Gesellschaft. Stuttgart, 1963, 22 S.
- Haase, Rudolf.* Keplers Weltharmonik und das naturwiss. Denken. Antaios. 5, Nr. 3, (Stuttgart), 1963, S. 225—236.
- Herzberger, M.* Kepler's Laws and Newton's Hypothesis. Nature. 198, (London), 1963, p. 571—572.
- Harig G.* Kepler und das Vorwort von Osiander zu dem Hauptwerk von Kopernikus. Schriftenreihe für Geschichte der Naturwissenschaften, Technik und Medizin (Lpz.), 1, No 2, 1963.
- Lear, John.* The forgotten moon voyage of 1609. Life in hell's vestibule. Saturday Review, May 4, 1963, p. 39—46.
- Lohne, Johannes.* Zur Geschichte des Brechungsgesetzes. Sudhoffs Archiv für Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften. 47, (Leipzig), 1963, S. 152—171.
- Bindel, Ernst.* Harmonien im Reich der Geometrie in Anlehnung an Keplers «Weltharmonik». Stuttgart, 1964, 69 S.
- Ferraz, Antonio.* Ensayo de analisis gnoseologico de «Ad Vitellionem Paralipomena» de Kepler. La function del esquema. Archives internationales d'histoire des sciences. 17, Nr. 68—69, 1964, p. 273—289.

- Fleckenstein, J. O.* Galilei, Kepler und das Kopernikanische System. «Sonne stehe still». 400 Jahre Galilei. Herausgeg. v. Ernst Brüche. Mosbach, 1964, S. 109—117.
- Gingerich, Owen.* The computer versus Kepler. *American Scientist*. 52, Nr. 2, Juni 1964, S. 218—226.
- Rosen, Edward.* The debt of classical Physics to Renaissance Astronomers, particularly Kepler. Proceedings of the tenth international Congress of the History of Science (Ithaca 26. Aug.— 2. Sept. 1962). Paris, 1964, p. 81—92.
- Russell, J. L.* Kepler's laws of planetary motion: 1609—1666. The British Journal for the history of science. 2, Nr. 5, 1964, p. 1—24.
- Wehner, Josef Magnus.* Johannes Kepler — Erforscher der Planetenbahnen. Lux — Lesebogen 343. Murnau — München, 1964, 31 S.
- Herivel, J. W.* Newton's first solution to the problem of Kepler motion. The British Journal for the history of science. 2, Nr. 8, 1965, p. 350—354.
- Nádor, Georg.* Die heuristische Rolle des Harmoniebegriffs bei Kepler. *Studium generale*. 19, H. 9, 1966, S. 555—558.
- Wrobel, D.* Gravitationsgesetz und Keplersche Gesetze — mathematisch ableitbar? *Wissenschaft u. Fortschritt*. 15, N 4, (Berlin), 1965, S. 171—173.
- Prager, Frank D.* Kepler als Pneumatiker und Erfinder der Zahnrumppe. *Blätter f. Technikgeschichte*, N 28, (Wien), 1966, S. 121—137.
- Rosen, Edward.* Kepler's Harmonics and his Concept of Inertia. *American Journal of Physics*. 34, N 7, 1966, pp. 610—613.
- Rosen, Edward.* Kepler's rake was not a hoe. *The Classical Outlook*. 44, N 1, 1966, p. 6—7.
- Rosen, Edward.* The Moon's Orbit in Kepler's Somnium. *Centaurus*. 11, N 4, 1966, p. 217—221.
- Rosen, Edward.* Kepler's Somnium. The Dream or Posthumous Work on Lunar Astronomy. The University of Wisconsin Press Madison, a. o. 1967.
- Wilson, Gurtis.* Kepler's Derivation of the Elliptical Path. *Isis*; 59, p. 1, N 196. Spring, 1968.
- Aiton, E. J.* Kepler's second law of planetary motion. *Isis*, 60, 1969, p. 75—90.
- Wilson, C.* The error in Kepler's acronyckal data for Mars. *Centaurus*, 13, 1969, p. 263—268.
- Slouka, H.* Das astronomische Prag zu Tycho Brahes und Keplers. *Zeiten. Orion (Schaffhausen)*, 12, 1967, S. 67—71.
- Thoren, V. E.* Tycho and Kepler on the lunar theory. *Publ. of the Astronomical Society of the Pacific*. 79, 1967, p. 482—489.
- Gingerich, O.* Kepler and the resonant structure of the Solar System. *Icarus*, 11, 1969, N 1, p. 111—113.
- Bialas Volker.* Die Rudolphinischen Tafeln von Joh. Kepler math. und astronomischen Grundlagen. *Abhandl. Bayer. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Kl*; 1969, № 139, 137 S.
- Curtis A, Wilson.* From Kepler's laws, so called, to universal gravitation: empirical factors. *Arch. Hist. Exact Sciences*. 6, 1970, № 2, p. 89—170.

- Бачинский, А. И.* Заметка по случаю 300-летия со времени открытия Кеплером третьего закона планетных движений.— «Успехи физ. наук», т. 1, вып. 3—4, 1918, стр. 224—232.
- Яинов, П. И.* Иоганн Кеплер (к 300-летию со дня смерти).— В кн.: Русский астрономический календарь. (Ежегодник). Переменная часть, 1930. Нижний Новгород, стр. 125—175 с портр.
- Баев, К. Л.* Взгляды Кеплера на устройство Вселенной.— В кн.: Русский астрономический календарь. (Ежегодник). Переменная часть, 1931. Нижний Новгород, 1931, стр. 157—164.
- Иванов, А. А.* Законы Кеплера, их роль и значение в науке. «Мироведение», т. 20, 1931, № 1, стр. 4—5 с портр.
- Цейтлин, З. А.* Иоганн Кеплер (к 300-летию со дня смерти). «Мироведение», т. 20, 1931, № 1, стр. 6—40.
- Яинов, П.* О рукописях и реликвиях Кеплера, хранящихся в Пулковской обсерватории.— «Труды Ин-та истории науки и техники». Серия 1, вып. 2, 1934.— В кн.: Архив истории науки и техники, вып. 2. Л., Акад. наук СССР, 1934, стр. 199—216.
- Воронцов-Вельяминов, Б. А.* Новые звезды и космология эпохи Галилея.— «Мироведение», 1935, № 2, стр. 129—133.
- В статье рассказано и о космологических взглядах Кеплера.
- Выгодский, М. Я.* Иоганн Кеплер и его научная деятельность.— В кн.: Кеплер, И. Новая стереометрия винных бочек. М.— Л., Гостехиздат, 1935, стр. 7—94.
- Базилевская, Е. В.* Рукописное наследие Иоганна Кеплера. Труды Архива АН СССР, вып. 5. Изд. АН СССР. М.— Л., 1946, стр. 297—312.
- Гурев, Г. А.* Системы мира. От древнейших времен до наших дней. М., «Московский рабочий», 1950. 393 стр. с илл.
- Струве, В. Я.* Этюды звездной астрономии. М., Акад. наук СССР, 1953. Изложены основные идеи Кеплера об устройстве мира, стр. 111—114.
- Кузнецов Б. Г.* Развитие научной картины мира в физике XVI—XVIII вв. М. Изд. Акад. наук СССР, 1955, стр. 24—32.
- Надор Дьердь.* Мировоззрение Кеплера и его роль в развитии понимания законов природы.— «Историко-астрономические исследования», вып. 1, 1955, стр. 119—132.
- Рябов, Ю. А.* К 350-летию открытия первых двух законов Кеплера.— В кн.: Астрономический календарь. (Ежегодник). Пер. часть, 1959. М., Гостехиздат, 1958, стр. 275—285.
- Ронки, В.* Оптика Кеплера и оптика Ньютона.— «Вопросы истории естествознания и техники», вып. 15, 1963, стр. 58—66.

## Именной указатель\*

- Альфонс X, король Кастилии и Леона, астроном (1221—1264) 58, 208
- Альхазен (Аби Али аль Хасан бен аль Хусейн), арабский ученый (?—1038) 119, 122, 182
- Амбергер Пауль 134
- Апиан Петер, немецкий астроном (1495—1552) 98
- Андерсон Александр, шотландский математик, оппонент Кеплера (1582—1619?) 175, 267
- Апельт 200
- Аполлоний Пергский, древнегреческий математик (265?—170 до н. э.) 25, 85
- Аристарх Самосский, древнегреческий астроном (конец IV—1-я половина III в. до н. э.) 86
- Аристотель, древнегреческий философ (384—322 до н. э.) 22, 60, 67, 81, 88, 104, 118, 121, 132, 136, 146, 266
- Архимед Сиракузский, древнегреческий математик (287—212 до н. э.) 25, 108, 132, 158, 160, 167, 169, 170—173, 179, 263, 267, 274
- Ахилл, принц Вюртембергский 188
- Барвиц Иоганн, императорский советник 78
- Барч Якоб, доктор медицины, сотрудник, позже зять Кеплера (1600—1633) 244, 249, 253, 264, 269
- Безольд Кристоф, профессор права в Тюбингене (1577—1638) 194
- Бейтельснахер Н., учитель в Леонберге, соученик Кеплера 187
- Бернеггер Маттиас, профессор истории в Страсбурге, друг Кеплера (1582—1640) 223, 231, 239, 244, 269
- Бессель Фридрих Вильгельм, немецкий астроном (1784—1846) 166
- Бернулли Иоанн, директор Берлинской обсерватории (1744—1807) 255
- Билле Стен, дядя Тихо Браге 60
- Билли Гиллебранд, друг Кеплера в Регенсбурге 247
- Биндер Георг, лютеранский пастор, муж сестры Кеплера Маргариты 185
- Браге Георг, сын Тихо Браге 71, 225
- Браге Иерген, дядя Тихо Браге, адмирал (1515—1565) 56
- Браге Отто, отец Тихо Браге (1518—1571) 56
- Браге Тихо, датский астроном (1546—1601) 10, 20, 35, 45,

\* В указатель не внесены имена, которые встречаются только в примечаниях и других справочных материалах.

- 46, 54—58, 60—80, 86, 91, 94—97, 100, 101, 103, 109, 112, 113, 115, 118, 151, 156, 189, 200—202, 222—225, 227, 230, 233, 236, 238, 240, 248, 251—253, 262, 265, 278, 279, 282, 284, 285
- Брейтшверт Иоганн**, биограф Кеплера 186
- Бренц Иполлит**, соученик Кеплера 26
- Бригс Генри**, английский математик (1556?—1630) 176, 207, 209, 211
- Брудzewский Альберт**, польский астроном (1445—1497) 83
- Бруно Джордано**, итальянский мыслитель (1548—1600) 12, 89—92, 138, 146, 259, 265, 278
- Бюрги Иост**, математик и механик (1552—1632) 180, 207—209, 211, 216
- Вакгер фон Вакенфельс**, Иоганн Матвей, императорский советник, друг Кеплера 137, 138
- Валленштейн Альбрехт**, полководец императора Фердинанда II (1583—1634) 36, 232—237, 246, 247, 249, 258, 264
- Ваченрод (Ватцельроде) Лукаш**, епископ Вармийский, дядя Коперника 83
- Ведель Андерс Соренсен**, датский ученый (1542—1616) 58
- Вергилий**, римский поэт (70—19 до н. э.) 33
- Виета Франсуа**, французский математик (1540—1603) 99, 175, 180
- Вильгельм IV**, ландграф Гессенский, немецкий астроном (1532—1582) 63, 208
- Вителло (Вителлий)**, польский ученый (XIII в.) 76, 119, 120, 122, 125, 182, 262, 266, 268, 273, 284
- Вольф Макс**, немецкий астроном (1863—1932) 259
- Выгодский М. Я.**, советский математик (1898—1965) 161, 267, 270, 277
- Галилей Винченцо**, итальянский музыкант и музыковед, отец Галилео (1520—1591) 131, 190
- Галилей Галилео**, итальянский мыслитель, физик и астроном (1564—1642) 12, 45, 46, 92, 126, 127, 131—147, 150, 176, 190, 203, 204, 238, 239, 242, 248, 252, 262, 266, 269, 274, 277—280, 282—285
- Галле Иоганн Готфрид**, немецкий астроном (1812—1910) 41
- Галлей (Галли) Эдмунд**, английский астроном (1656—1742) 115, 127
- Ганш Михаил Готлиб**, обладатель рукописей Кеплера и его издатель (1683—1741) 254, 256, 271, 276
- Гарриот Томас**, английский математик, физик и географ (1560—1621) 121, 266
- Гафенреффер Маттиас**, профессор теологии, затем ректор Тюбингенского университета (1561—1619) 23, 24, 45
- Гаусс Карл Фридрих**, немецкий математик (1777—1855) 166
- Гвидобальдо дель Монте**, друг Галилея 132
- Гевелиус Иоанн (Гевелий Ян)**, гданьский астроном (1611—1687) 253, 254
- Гель Йозеф Карл**, директор Венской обсерватории (1720—1792) 255
- Герберштейн**, барон 33
- Герварт фон Гогенбург Иоганн Георг**, баварский канцлер, меценат, покровитель Кеплера (1553—1622) 52, 53, 75, 76, 198, 265, 268
- Герлах Вальтер**, проф., кеплеровед 278, 284
- Гертнер** 251
- Гершель Вильям**, английский астроном и оптик (1738—1822) 41



- Гёте Иоганн Вольфганг, немецкий писатель и ученый (1749—1832) 7, 128
- Гизе Гидеман, друг Коперника 87
- Гиппарх, древнегреческий астроном (II в. до н. э.) 68, 81, 85, 227, 255
- Гицлер Даниель, старший лютеранский пастор в Линце (1575—1635) 151, 152
- Гоффман Иоганн Фридрих, барон, императорский советник, друг Кеплера 55
- Григорий XIII, папа римский (1502—1585) 30, 89
- Грингалетус Янус (Грингалет Жан), помощник Кеплера (1591—1622) 223
- Гульденриц Иоганн 23, 261
- Гульдин Пауль, ученый иезуит, профессор математики в Граце и в Вене (1577—1643) 176, 234, 267
- Густав II Адольф, король Швеции (1594—1632) 244, 249
- Гюйгенс Христиан, голландский физик и математик (1629—1695) 144
- Гюнтер Зигмунд, немецкий историк математики (1848—1923) 243, 277, 279
- Гюнтер Людвиг 243, 270, 279
- Гюнтер (Гунтер) Эдмунд (1581—1626), английский математик 207, 269
- Дезарг Жирар, французский математик (1593—1662 или 1591—1661) 184
- Декарт Рене, французский философ и математик (1596—1650) 127, 176, 268
- Деламбр Жан Батист, французский астроном (1749—1822) 100
- Демокрит, древнегреческий философ (ок. 460—370 до н. э.) 118
- Евклид, александрийский математик (ок. 325 до н. э.) 122, 132, 159
- Екатерина II, императрица России (1729—1796) 256
- Елизавета, королева Англии (1583—1603) 235
- Замойский Яп, польский государственный деятель (1541—1605) 235
- Иоганн Фридрих, герцог Вюртембергский с 1608 по 1628 188, 191, 193
- Иаков (Яков) I, король Англии (1566—1625) 193
- Иссениус Иоанн (Есенский Ян), профессор анатомии, позже ректор Пражского университета, друг Кеплера (1566—1621) 74, 78, 123, 196
- Йостелиус Мельхиор, профессор математики в Виттенберге 150
- Кавальери Бонавентура, итальянский математик (1598—1647) 173, 176, 268
- Каспар Макс, исследователь творчества Кеплера, его биограф и издатель (1880—1956) 163, 267, 269, 271—273, 277, 280—282
- Карл, эрцгерцог, австрийский правитель (1540—1590), 31, 32
- Кеплер Анна-Мария, младшая дочь Кеплера (1630—?) 244
- 250, 264
- Кеплер (урожденная Мюллер) Барбара, первая жена Кеплера (1573—1611) 47, 49—51, 148, 150, 262, 263
- Кеплер Генрих, отец (1547—1590?) 15, 17, 18
- Кеплер Генрих, брат (1574—1615) 20, 185
- Кеплер Генрих, первый сын (род. и ум. 1598) 37, 54, 262
- Кеплер Гильдеберт, сын (1625—1635) 250
- Кеплер (урожденная Мюллер) Катерина, бабушка 15, 17
- Кеплер (урожденная Гульденман) Катерина, мать (1547—1622) 15, 18, 19, 185—195, 263
- Кеплер Кордула, дочь (1621—?) 195, 250
- Кеплер Кристоф, брат 20, 185, 186, 188, 190
- Кеплер Людвиг, доктор меди-

- цины, сын (1607—1663) 47, 79, 148, 250—253, 258
- Кеплер (по мужу Биндер) Маргарита, сестра 20, 185, 188, 192
- Кеплер Себальд, дед (1521—?) 15, 17, 18
- Кеплер Себальд, прадед 13
- Кеплер Себальд, сын (1619—1623) 195
- Кеплер (урожденная Рейтингер) Сусанна, вторая жена (1589—1636) 153, 154, 167, 250—252, 263
- Кеплер Сусанна, первая дочь (род. и ум. в 1599) 57
- Кеплер (по мужу Барч) Сусанна, дочь (1602—?) 79, 148, 244, 249, 250, 262, 264
- Кеплер Фридмар, сын (1623—1635) 250
- Кеплер Фридрих, сын (1604—1611) 70, 148, 262
- Кёстлер Артур, биограф Кеплера 97, 265, 277
- Кестнер Авраам Готфрид, немецкий математик (1719—1800) 97, 255, 256
- Кис Иоганн, профессор физики и математики в Тюбингене (1713—1787) 255
- Колумб Кристофор, мореплаватель (1446?—1506) 93
- Коперник Николай, польский астроном (1473—1503) 8, 10, 24—26, 28, 38, 39, 42—46, 53, 58, 68, 69, 83—90, 92, 96, 97, 101, 103—105, 111, 114, 133, 134, 185, 202—205, 222, 227, 248, 251, 265, 266, 273, 275, 277, 278, 282, 284, 285
- Коши Огюстен Луи, французский математик (1789—1857) 166, 179
- Крафт Вольфганг-Людвиг (Логин Юрьевич), академик Петербургской академии наук (1743—1814) 256
- Кристиан IV, король Дании (1577—1648) 70, 232, 233
- Кройглин Урбан 188
- Крузиус Мартин, профессор древних языков в Тюбингене (1526—1607) 23
- Курциус Альберт 251
- Курциус Якоб, вице-канцлер Пражского двора 77
- Крюгер Петер, гданьский астроном (1598—1665) 168, 253, 267, 270
- Лагранж Жозеф Луи, французский математик (1736—1813) 166
- Ламберт Иоганн Генрих, швейцарский математик (1728—1777) 255
- Лаплас Пьер Симон, французский математик, физик и астроном (1749—1827) 166
- Леверье Урбан Жан Жозеф, французский астроном (1811—1877) 41
- Лев X, папа римский (1475—1521) 89
- Лейбниц Готфрид-Вильгельм, выдающийся немецкий математик и философ (1646—1716) 163, 176, 220
- Лексель Андрей Иванович, академик Петербургской академии наук (1740—1784) 256
- Ленин Владимир Ильич (1870—1924) 12, 31, 264
- Леонардо да Винчи, итальянский ученый и художник (1452—1519) 117
- Лилио Алоизий, итальянский ученый, преподаватель математики и медицины, автор проекта григорианского календаря (1520—1570) 30
- Липперсгей Ганс, голландский оптик (?—1619) 136
- Лист Марта, кеплеровед 141, 277, 283, 284
- Лонгомонтан Кристиан, астроном, помощник Браге (1562—1647) 72, 94
- Лоренц (по мужу Эгем) Регина, падчерица Кеплера (1590—1617) 51, 148, 190
- Лютер Мартин, лидер Реформации (1483—1546) 27, 88
- Мавролик Франческо, итальянский ученый (1494—1575) 118, 119, 124

- Магеллан Фердинанд, мореплаватель (ок. 1480—1521) 93
- Маджини Джованни Антон, профессор математики и астрономии в Болонье (1555—1617) 99
- Майер Кристиан, немецкий математик и астроном 255
- Максимилиан, курфюрст Баварский (1573—1651) 192, 196, 224, 246
- Мансфельд Петер Эрнст фон, граф, полководец войск протестантской унии (1580—1626) 233
- Мария, эрцгерцогиня, правительница Штирии (1551—1608) 32
- Марк Карл (1818—1883) 7, 232, 264
- Матвей, император (1557—1619) 38, 148, 149, 151, 154, 192
- Меланхтон (Шварцвуд) Филипп, идеолог лютеранства (1497—1560) 88, 89
- Мёстлин Михаил, астроном, профессор Тюбингенского университета, учитель и друг Кеплера (1550—1630) 12, 23—26, 28, 37, 38, 43, 45, 46, 48, 49, 54, 61, 75—78, 82, 99, 134, 135, 149, 203, 204, 210—212, 214, 218, 265, 268, 269, 273
- Минанцио Фульгенцио, корреспондент Галилея 144, 266
- Михайлов Александр Александрович, советский астроном, академик 6, 13
- Мурр Кристоф Готлиб фон, ученый архивист (1733—1811) 255, 256
- Мюллер Йост, тесть Кеплера (?—1601) 47
- Мюллер Филипп 253
- Надор Дьердь, современный венгерский историк науки 198, 268, 286
- Непер Джон, шотландский математик (1550—1617) 110, 142, 207—214, 216, 219, 223
- Ньютон Исаак, английский ученый (1642—1727) 92, 105—106, 130, 166, 176, 243, 248, 255, 266, 279, 280, 283, 284
- Осиандер (Госман) Андреас, лютеранский богослов (1498—1552) 45, 87, 88, 284
- Озанам Жак, французский математик (1640—1717) 155
- Окань Морис, французский математик (1862—1938) 166
- Орем (Орезм) Никола, французский математик (ок. 1323—1382) 206
- Павел III, папа римский (1468—1549) 89
- Павел V, папа римский (1552—1621) 89
- Паннекук Антон, голландский историк астрономии (1873—1960) 202, 268
- Папиус Иоганн, ректор Грацской школы, позже профессор медицины в Тюбингене 32, 48
- Пап Александрийский, древнегреческий астроном (2-я половина III в. н. э.) 173
- Паскаль Блез, французский математик и физик (1623—1662) 161, 173, 184, 217, 218, 220
- Пифагор, древнегреческий философ (VI в. до н. э.) 12, 137
- Плавт Тит Максим (ок. 254—184 до н. э.), древнегреческий поэт и комедиограф 21
- Плассман Макс, немецкий астроном 147
- Платон, древнегреческий философ (429—348 до н. э.) 12, 97, 132, 137
- Плиний Старший, Гай Секунд, древнеримский ученый (23—79) 94
- Плутарх, древнегреческий историк (ок. 46—126) 239, 269
- Порта Джамбаптиста (Джованни Батиста) делла, итальянский физик (ок. 1538—1615) 117, 123, 139
- Прокл, древнегреческий математик (410—485) 137

- Птолемей Клавдий, древнегреческий астроном (II в. н. э.) 25, 26, 68, 81—83, 86, 95, 97—99, 101, 123, 144, 146, 158, 200, 226, 227, 229
- Пуансо Луи, французский математик и механик (1777—1859) 179, 268
- Ранке, биограф Валленштейна 234
- Рейнгольд Эразм, немецкий математик (1511—1553) 58, 89, 222
- Рейнгольд Урсула 186, 188, 190, 191, 195
- Ремус Иоганн, корреспондент Кеплера 211
- Ретик Георг Иоахим, немецкий математик и астроном (1514—1576) 28, 44, 58, 87, 89, 273
- Риччи, учитель Галилея 132
- Риччиоли Джованни Батиста, итальянский астроном (1597—1671) 259
- Розенфельд Борис Абрамович, советский математик (р. 1917) 13, 182, 268
- Розенкранц Фридрих 75
- Родиус Амброзио, профессор математики в Виттенберге 150
- Ронки Васко, итальянский историк нации и оптик (р. 1897) 130, 266, 283, 286
- Ротман Кристоф, немецкий астроном XVI в. 69, 265
- Роомен Адриан ван (1561—1615) голландский математик 180
- Рудольф II, император (1552—1612) 55, 70, 94, 113, 148—151, 208, 223, 248
- Скалигер Юлий Цезарь (Жюль Сезар), французский ученый (1484—1558) 23
- Снеллиус (Снелль) Виллеброрд, датский астроном и математик (1591—1626) 127
- Спейдель Джон, английский математик (1-я половина XVII в.) 207
- Стадиус Георг, предшественник Кеплера на посту преподавателя математики в Граце (1550—1593) 27, 33
- Струве Василий Яковлевич, русский астроном и геодезист (1793—1864) 256
- Струве Отто Васильевич, русский астроном (1819—1905) 258, 270
- Тарде Джованни 141
- Тенгнагель Франц Ганснеб, сотрудник и зять Тихо Браге (?—1622) 71, 112, 113, 225
- Теренций Публий, римский комедиограф (ок. 185—159 до н. э.) 21
- Тилли Иоганн Церклас, граф, полководец католической лиги (1559—1632) 196
- Трюммер Н., обладательница рукописей Кеплера в 60—70-е годы XVIII в. 255, 256
- Улугбек, государственный деятель, узбекский астроном и математик (1394—1449) 208
- Урсинус Бенъямин, немецкий математик, одно время помощник Кеплера (1587—1633 или 1634) 142, 210
- Фадингер Стефан, руководитель крестьянского восстания в Верхней Австрии 224
- Фердинанд I, император (1503—1564) 31
- Фердинанд II, эрцгерцог, штирийский правитель, затем император (1578—1637) 32, 51, 52, 75, 192, 224, 246 251
- Фердинанд II, Медичи, великий герцог Тосканский (1610—1670) 246, 252
- Фердинанд III, король Чехии, позже император (1608—1657) 233, 236, 251
- Филипп III, ландграф Гессенский, астроном, покровитель Кеплера (1581—1643) 216, 232, 250
- Филипп II, испанский король (1527—1598) 17
- Фолькерсторф, фон 189

- Фредерик II, король Дании (1534—1588) 63, 69
- Фредерик III, король Дании (1609—1670) 253
- Фридрих I, герцог Вюртембергский (1557—1608) 48, 49
- Фридрих V, пфальцский курфюрст, «зимний король» Чехии (1596—1632) 192
- Фриш Кристиан, профессор математики в Штутгарте, издатель сочинений Кеплера (1807—1881) 186, 243, 258, 264, 273
- Фриш, житель Леонберга 187
- Хасиб Хабаш аль, арабский математик (ок. 770—ок. 870) 163
- Цегантмаир Коломан, друг Кеплера 33, 52
- Цезарь Юлий, римский император (100—44 до н. э.) 23, 30
- Цейтен Г. Г., датский историк математики (1839—1920), 162 267
- Целер Георг, гравер 228
- Цено 237
- Циммерман Вильгельм, суперинтендант евангелистической церкви в Граце 28
- Шейнер Кристоф, иезуит, математик и астроном (1575—1650) 128, 251, 252
- Шикард Вильгельм, профессор древних языков, позже математики в Тюбингене, изобретатель первой вычислительной машины (1592—1635) 210, 214, 216—221, 259, 260, 263, 268, 269
- Шиллер Фридрих, немецкий поэт и драматург (1759—1805) 237
- Шмид Даниэль 187
- Шёнер Иоанн, немецкий математик и астроном (1477—1547) 87
- Шпейдель Стефан, штирийский провинциальный секретарь 49
- Штралендорф Петер Генрих, фон, президент императорского совета в Праге 153
- Штаремберг Елизавета, фон 154
- Штифель Михаил (1486 или 1487—1567) 206
- Шюке Никола, французский математик XV в. 206
- Эгем Филипп, муж падчерицы Кеплера Регины 51
- Эйлер Леонард, академик Петербургской академии наук (1707—1783) 256, 279
- Эйнгорн Лютер, младший фогт в Леонберге 188
- Эйнштейн Альберт (1879—1955) 12, 102, 110, 264, 265, 277
- Эмпедокл, древнегреческий философ и поэт (ок. 490—430 до н. э.) 118
- Энгельс Фридрих (1820—1895) 8, 37, 264
- Эпикур, древнегреческий философ (341—270 до н. э.) 118
- Эрнст курфюрст Кёльнский (1583—1612) 141
- Юшкевич А. П., советский историк математики (р. 1906) 13, 287

## Оглавление

От редактора . . . . .	5
Введение . . . . .	7
Глава первая Детство и юность . . . . .	14
Глава вторая Кеплер в Граце. «Космографическая тайна» . . . . .	30
Глава третья Кеплер и Тихо Браге . . . . .	56
Глава четвертая Главный поиск. «Новая астрономия» . . . . .	80
Глава пятая Кеплер и развитие оптики . . . . .	116
Глава шестая Кеплер и Галилей . . . . .	131
Глава седьмая Из Праги в Линц . . . . .	148
Глава восьмая Кеплер-математик. «Стереометрия винных бочек» . . . . .	155
Глава девятая Борьба за спасение матери . . . . .	185
Глава десятая «Мировая гармония». Учебник коперниканской астрономии . . . . .	197
Глава одиннадцатая Кеплер и техника вычислений . . . . .	206

<b>Глава двенадцатая</b>	
<b>Последние годы в Линце. Ульм. «Рудольфинские таблицы»</b> . . . . .	<b>222</b>
<b>Глава тринадцатая</b> . . . . .	
<b>Финал</b> . . . . .	<b>231</b>
<b>Глава четырнадцатая</b> . . . . .	
<b>Эпилог</b> . . . . .	<b>249</b>
<b>Основные даты жизни и деятельности Иоганна Кеплера</b> . . . . .	<b>260</b>
<b>Примечания</b> . . . . .	<b>264</b>
<b>Библиографический указатель</b> . . . . .	<b>271</b>
<b>Именной указатель</b> . . . . .	<b>287</b>

*Юрий Александрович Белый*  
Иоганн Кеплер (1571—1630)

*Утверждено к печати редколлегией  
серии научно-популярной литературы  
Академии наук СССР*

Редактор *Н. Б. Прокофьева*  
Технические редакторы *Л. И. Куприянова* и *И. Н. Махагонова*

Сдано в набор 24/VI 1971 г. Подписано к печати 16/VIII 1971 г.

Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Усл. печ. л. 15,12

Уч.-изд. л. 15,1. Тираж 17000 экз. Т-13067

Бумага № 1. Тип. зак. 2535

*Цена 95 коп.*

Издательство «Наука»  
Москва, К-62, Подсосенский пер., 21

---

2-я типография издательства «Наука»  
Москва, 2-99, Шубинский пер., 10



**Иоганн Кеплер**

Ю. А. Белый



**Иоганн  
КЕПЛЕР**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ КНИГА:

ДАНИЛИН Ю. И.  
**ИСТОРИЯ РАБОЧЕГО-ПАМФЛЕТИСТА**  
*(Научно-биографическая серия)*

8 л. 50 к.

Это первое историко-литературное исследование жизни и творчества французского народного писателя Константа Пльбея — правдоискателя, поэта и мятежного памфлетиста, представителя плеяды «поэтов-рабочих», появившихся во Франции в бурную эпоху 1830—1840-х годов, страстного последователя и пропагандиста творчества Марата.

Поэт и драматург Констан Ильбей наиболее ярко свой талант проявил в качестве памфлетиста, страстно разоблачавшего продажность капиталистической культуры — ее прессы, театров, литературной и театральной критики.

Книга написана в живой и острой манере и рассчитана на широкий круг читателей.

*Для получения книг почтой заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов:*

**Москва**, В-463, Мичуринский проспект, 12, магазин «Книга-почтой» Центральной конторы «Академкнига».

Адреса магазинов «Академкнига»:

**Алма-Ата**, ул. Фурманова, 91/97; **Баку**, ул. Джапаридзе, 13; **Днепропетровск**, проспект Гагарина, 24; **Душанбе**, проспект Ленина, 95; **Иркутск**, 33, ул. Лермонтова, 303; **Киев**, ул. Ленина, 42; **Кишинев**, ул. Пушкина, 31; **Куйбышев**, проспект Ленина, 2; **Ленинград**, Д-120, Литейный проспект, 57; **Ленинград**, Менделеевская линия, 1; **Ленинград**, 9 линия, 16; **Москва**, ул. Горького, 8; **Москва**, ул. Вавилова, 55/7; **Новосибирск**, 91, Красный проспект, 51; **Свердловск**, ул. Мамина-Сибиряка, 137; **Ташкент**, Л-29, ул. Ленина, 73; **Ташкент**, ул. Шота Руставели, 43; **Уфа**, ул. Коммунистическая, 49; **Уфа**, проспект Октября, 129; **Фрунзе**, бульвар Дзержинского, 42; **Харьков**, Уфимский пер., 4/6.

Цена 95 коп.