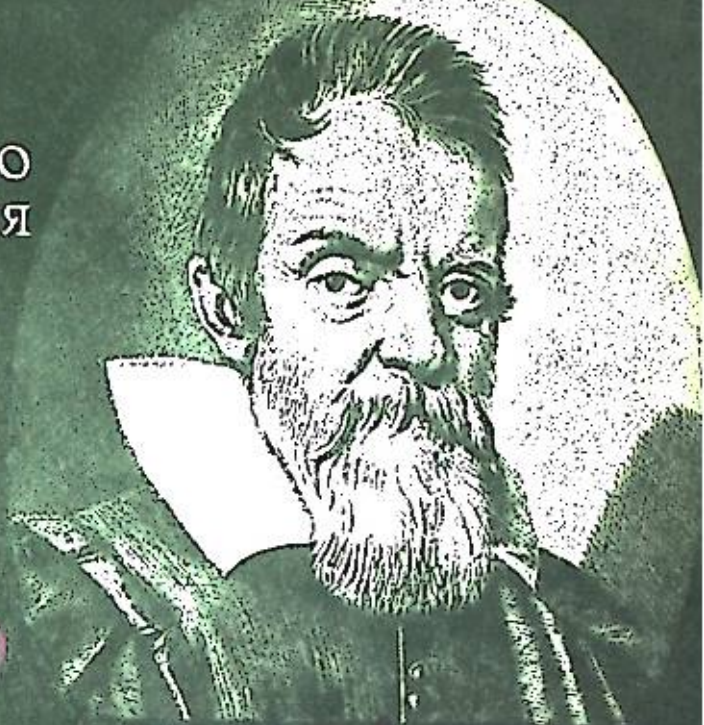


К 400-ЛЕТИЮ
СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ



ГАЛИЛЕО

ГАЛИЛЕЯ

1564-1642

16

ВОПРОСЫ ИСТОРИИ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ
И ТЕХНИКИ



А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р
ИНСТИТУТ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ
СОВЕТСКОЕ НАЦИОНАЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
ИСТОРИКОВ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ

ВОПРОСЫ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ

Выпуск

16

1964

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
МОСКВА

7-236290

11-31

МО

ЗВЕЗДНЫЙ ВЕСТНИК

Возвещающий Великие и Очень Удивительные зрелища и предлагающий на рассмотрение каждому человеку, в особенности же философам и астрономам, Галилео Галилеем, Флорентийским Патрицием, Государственным математиком Падуанской гимназии, наблюдения подзорной трубой, недавно им изобретенной, на поверхности Луны, бесчисленных неподвижных звезд, Млечном пути, туманных звезд и прежде всего на Четырех Планетах вращающихся вокруг звезды Юпитера на неодинаковых расстояниях с неравными периодами и с удивительной быстротой; их, неизвестных до настоящего дня ни одному человеку, автор недавно первый открыл и решил именовать их Медицинскими звездами.

В Венеции, у Фомы Бальони, 1610.

С разрешения Начальства и с привилегией.

Светлейшему Косме II Медичи четвертому Великому Герцогу Этрурии.

Преславным и преисполненным гуманизма было дело тех, которые пытались защитить от пренебрежения преславные дела выдающихся своей доблестью мужей и спасти от забвения и гибели их бессмертные достойные имена. Для этого на память потомству создаются изображения, высеченные из мрамора или вылитые из меди; для этого ставятся статуи пещи или конные; для этого тратятся средства на возведение доходящих до звезд колонн и пирамид, как сказал [известный писатель]; для этого, наконец, строятся города, посвященные именам тех, которых благодарное потомство считает необходимым передать вечности. Таково уж состояние человеческого ума, что, если не побуждать его упорно врывающимися в него снаружи изображениями вещей, то всякое воспоминание легко из него исчезает.

Но другие, стремящиеся к более прочной и продолжительной памяти, поручают вечное провозглашение великих людей не камням и металлам, но охране Муз и нетленным памятникам письменности. Но зачем же мне напоминать об этом? Как будто человеческая изобретательность, довольная своими странами, не осмелилась идти дальше вперед; наоборот, она, заглядывая в даль и хорошо понимая, что все памятники человечества гибнут от насилия, бури и ветхости, изобрела более прочные знаки, над которыми не имеет власти ни всепожирающее время, ни завистливая ветхость. Поэтому она, переселившись в небо, вечным названиям ярчайших звезд и их сфер сообщала имена тех, которые за свои выдающиеся и почти божественные дела сочтены были достойными вместе со светилами наслаждаться вечною жизнью. По этой причине слава Юпитера, Марса, Меркурия, Геркулеса и остальных героев, именами которых зовутся светила, исчезнет только тогда, когда погаснет блеск самих этих светил. Однако эти изображения человеческого остроумия, бывшие первоначально достойными знания и удивления,

236290

Центральная научная
библиотека

наук Академии наук СССР

по истечении многих веков уже вышли из употребления и одни только древние герои занимают эти блестящие сидища и удерживают их в своей власти; напрасно благочестие Августа пыталось в их собрание ввести Юлия Цезаря; действительно, когда тот захотел назвать звездой Юлия появившееся в то время светило из числа тех, которые у греков назывались Кометами, а у нас власатыми, то оно, исчезнув через короткое время, обмануло надежды столь великого желанья. Но мы, Светлейший Государь, можем пророчить Твоему Высочеству нечто гораздо более продолжительное и счастливое; действительно, едва лишь на земле начали блистать бессмертные красоты твоего духа, как на небе яркие светила предлагают себя в качестве языков, возвещающих и прославляющих на все времена выдающиеся добродетели. И вот четыре звезды, сохраненные для твоего славного имени, и даже не из числа обычных стадных и менее важных неподвижных звезд, но из знаменитого класса блуждающих; вот они с удивительной быстротой совершают свои круговые движения с неравными друг другу движениями вокруг благороднейшей других звезды Юпитера, как бы родное его потомство, и в то же время в единомыслии совершают великие круговые обходы вокруг центра мира, то-есть самого Солнца, все вместе в течение двенадцати лет. А что я предназначил эти новые планеты больше других славному имени твоего Высочества, то в этом оказывается убедил меня очевидными доводами сам Создатель звезд. В самом деле подобно тому, как эти звезды, как бы достойные порождения Юпитера, никогда не отходят от его боков, разве лишь на самые малые расстояния, так ведь — кто этого не знает? — твое милосердие, снисходительность духа, приемность обращения, блеск царственной крови, величие действий, обширность авторитета и власти над другими — все это выбрало местопребывание и сидища в твоем Высочестве, а кто, повторяю, не знает, что все это исходит из наиболее благоприятствующего светила Юпитера согласно велению Бога, источника великих благ? Юпитер, говорю я, Юпитер, с первого появления твоего Высочества, уже выйдя из волнующихся туманов горизонта, занимая среднюю ось неба, освещая восточный угол и свои чертоги, наблюдает с высочайшего этого трона счастливейшее рождение и изливает в чистейший воздух весь свой блеск и величие, чтобы всю эту силу и мощь почерпнуло с первым дыханием нежное тельце вместе с духом, уже украшенным от Бога благороднейшими отличиями. Но что же это я пользуюсь лишь вероятными доказательствами, когда могу придти к этому заключению и доказать почти что необходимым доводом? Богу Всеблагому и Всевеликому похотелось, чтобы твои славнейшие родители не сочли меня недостойным того, чтобы я ревностно занялся делом передачи твоему Высочеству математических наук; вот уже примерно четыре года прошло с тех пор, как я выполнил это в то время года, когда обычно вкушают покой после более суровых занятий. В этом мне прямо божественно удалось послужить твоему Высочеству, и я до такой степени воспринял вблизи лучи невероятного твоего милосердия и благосклонности, так что же удивительного, если мой дух настолько воспламенился, что я днями и ночами почти о том только и думаю, чтобы, будучи под твоим господством не только духом, но и природой и самым рождением, показал бы себя страстнейше желающим твоей славы и наиблагодарнейшим по отношению к тебе? Если это так, то вот, поскольку я под твоим водительством, светлейший Косма, исследовал эти звезды, неизвестные всем предшествующим астрономам, то я с полным правом решил посвятить их августейшему имени твоей фамилии? Если я первый нашел их, то кто меня будет по праву упрекать в том, что я дам также им и имя и назову Медицейскими звездами? Надеюсь, что от этого названия этим светилам прибавится столько достоинства, сколько другие принесли прочим героям. Действительно, если я даже умолчу о светлейших твоих предках, о вечной славе которых свидетельствуют на-

мятники всех историй, то одна лишь твоя слава, Величайший Герой, может придать этим светилам бессмертные имени. Кто может усомниться в том, что как бы велики не были ожидания, которые ты возбудил счастливейшими предзнаменованиями твоего правления, ты не только их поддержишь и сохранишь, но даже на очень большую величину превысшишь? Побеждая других, тебе подобных, ты, тем не менее, борешься с самим собой и с каждым днем становишься больше и самим собой, и твоим величием.

Итак, прими, Милосерднейший Государь, эту сохраненную тебе светилами родовую славу и как можно долгие наслаждайся теми божественными благами, которые даны тебе не столько звездами, сколько Богом — Создателем и правителем звезд.

Дано в Падуе за четыре дня до мартовских ид.

1610. Твоего Высочества преданнейший раб Галилео Галилей.

Превосходительнейшие Сенаторы, главы превосходительного Совета Десяти, нижеподписавшиеся, будучи ознакомлены Сенаторами Реформаторами Падуанского Университета через сообщение двух лиц, кому это было поручено, т. е. Уважаемого о. Инквизитора и осмотрительного секретаря Сената Джов. Маравилля, с клятвой, что в книге под заглавием «Звездный Вестник» и т. д. Галилео Галилея не содержится ничего противного Святой Католической Вере, законам и добрым правам, и что эта книга достойна быть напечатанной, дают разрешение, чтобы она могла быть напечатана в этом городе.

Дано в первый день марта 1610.

Д. М. Ант. Валарессо

Д. Николо Бон

Д. Лувардо Марчелло

} Главы Превосходительного
Совета Десяти

Секретарь Славнейшего Совета Десяти Бартоломей Коппи

1610, в день 8 марта, зарегистрировано в книге, лист 39.

Иоанн. Баптиста Бреатто Кон. Бласф. Коадьютор.

Астрономический вестник, содержащий и обнародующий наблюдения, произведенные недавно при помощи зрительной трубы на лике Луны, Млечном Пути, туманных звездах, бесчисленных неподвижных звездах, а также в четырех планетах, никогда еще до сих пор не виденных и названных Медицейскими светилами.

В этом небольшом сочинении я предлагаю очень многое для наблюдения и размышления отдельным лицам, рассуждающим о природе. Многое и великое, говорю я, как вследствие превосходства самого предмета, так и по причине неслышанной во все века новизны, а также и из-за Инструмента, благодаря которому все это сделалось доступным нашим чувствам.

Великим, конечно, является то, что сверх бесчисленного множества неподвижных звезд, которые природная способность позволяла нам видеть до сего дня, добавились и другие бесчисленные и открылись нашим глазам никогда еще до сих пор не виденные, которые числом более чем в десять раз превосходят старые и известные.

В высшей степени прекрасно и приятно для зрения тело Луны, удаленное от нас почти на шестьдесят земных полудиаметров, созерцать в такой близости, как будто оно было удалено всего лишь на две такие единицы измерения так, что диаметр этой Луны как бы увеличился в тридцать раз, поверхность в девятьсот, а объем приблизительно в двадцать семь тысяч раз в сравнении с тем, что можно видеть простым глазом; кроме того вследствие этого каждый на основании достоверного свидетельства чувств узнает, что поверхность Луны никак не является гладкой и отполированной, но неров-

ной и шершавой, а также что на ней, как и на земной поверхности, существуют громадные возвышения, глубокие впадины и пропасти.

Кроме того уничтожился предмет спора о Галактии или Млечном пути и существо его раскрылось не только для разума, но и для чувств, что никак нельзя считать не имеющим большого значения; далее очень приятно и прекрасно как бы пальцем указать на то, что природа звезд, которые астрономы называли до сих пор туманными, будет совсем иной, чем думали до сих пор.

Но что значительно превосходит всякое изумление и что прежде всего побудило нас поставить об этом в известность всех астрономов и философов, заключается в том, что мы нашли как бы четыре блуждающие звезды, никому из бывших до нас неизвестные и ненаблюдавшиеся, которые производят периодические движения вокруг некоторого замечательного светила из числа известных, как Меркурий и Венера вокруг Солнца, и то предшествуют ей, то за ней следуют, никогда не уходя от нее далее определенных расстояний. Все это было открыто и наблюдало мной за несколько дней до настоящего при помощи изобретенной мной зрительной трубы по просвещающей милости божией.

Может быть и другое еще более превосходное будет со временем открыто или мной, или другими при помощи подобного же инструмента; форму и устройство его, а также обстоятельства его изобретения я сначала расскажу кратко, а потом изложу историю произведенных мною наблюдений.

Месяцев десять тому назад до наших ушей дошел слух, что некоторый нидерландец приготовил подзорную трубу¹, при помощи которой зримые предметы, хотя бы удаленные на большое расстояние от глаз наблюдателя, были отчетливо видны как бы вблизи; об его удивительном действии рассказывали некоторые сведущие; им одни верили, другие же их отвергали. Через несколько дней после этого я получил письменное подтверждение от благородного француза Якова Бальдифера из Парижа; это было поводом, что я целиком отдался исследованию причин, а также придумыванию средств, которые позволили бы мне стать изобретателем подобного прибора; немного погодя, углубившись в теорию преломления, я этого добился; сначала я сделал себе свинцовую трубу, по концам которой я приспособил два оптических стекла, оба с одной стороны плоские, а с другой, первое было сферически выпуклым, а второе — вогнутым; приблизив затем глаз к вогнутому стеклу, я увидал предметы достаточно большими и близкими; они казались втрое ближе и в девять раз больше, чем при наблюдении их простым глазом. После этого я изготовил другой, более совершенный, который представлял предметы более чем в шестьдесят раз большими. Наконец, не щадя ни труда, ни издержек, я дошел до того, что построил себе прибор до такой степени превосходный, что при его помощи предметы казались почти в тысячу раз больше и более чем в тридцать раз ближе, чем пользуясь только природными способностями. Сколько и какие удобства представляет этот инструмент как на земле, так и на море, перечислять было бы совершенно излишним.

Но оставив земное, я ограничился исследованием небесного и сначала наблюдал Луну настолько близкой, как будто она отстояла всего лишь на два диаметра Земли. После этого я с невероятной прилежностью для ума часто наблюдал звезды как неподвижные, так и блуждающие; видя их очень большую частоту, я начал думать, каким образом можно было бы измерить расстояние между ними и, наконец, нашел это. Об этом следует заранее поставить в известность тех, которые захотели бы приступить к наблюдениям по-

добного рода. Прежде всего необходимо, чтобы они приготовили себе точнейшую зрительную трубу, которая представляла бы предметы ясными, отчетливыми и без всякого тумана; она должна увеличивать по меньшей мере в четыреста раз; тогда она покажет эти наблюдаемые предметы в двадцать



Рис. 1

раз более близкими; если такого инструмента не будет, то напрасно пытаться видеть все то, что наблюдалось нами в небе и что описывается ниже. Чтобы всякий легко мог удостовериться в размерах увеличения, пусть он приготовит из бумаги два круга или квадрата, из которых один должен быть в четыреста раз больше другого; это будет, когда отношение длин диаметров большего круга к меньшему будет двадцатикратным; после этого, прикрепив их поверхности к одной и той же стене, нужно одновременно смотреть на них издали, на меньший придвинув глаз к зрительной трубе, а на больший простым глазом; это легко можно будет одновременно сделать, открыв оба глаза; обе фигуры покажутся тогда одинаковой величины, если инструмент будет увеличивать предметы согласно желаемой пропорции. После приготовления подобного инструмента следует установить отношение измеряемых расстояний; это можно сделать при помощи такой хитрости. Пусть для более легкого понимания труба будет $ABCD$. Если бы в трубе не было никаких зрительных стекол, то лучи к предмету FG шли бы по линиям ECF , EDG ; после же вставки зрительных стекол они пойдут по преломленным линиям ECH , EDI ; они таким образом стесняются, и те, которые ранее, будучи свободными, направились бы к предмету FG , теперь смогут охватить только часть HI . Взвзяв после отношение расстояния EH к линии HI , по таблице синусов найдем величину угла, под которым установленный предмет HI виден из глаза; мы узнали, что он содержит только несколько минут. Поэтому если к зрительному стеклу CD приспособим пластинки, одни из которых имеют большие, а другие меньшие отверстия, ставя по мере надобности то ту, то другую, мы образуем по желанию различные углы, имеющие большее или меньшее количество минут; при их помощи мы удобно сможем с точностью до минуты измерить промежутки между звездами, отстоящими друг от друга на несколько минут. В настоящее время достаточно будет лишь так слегка коснуться всего этого, попробовав как бы губами; в другое время мы дадим полную теорию этого инструмента. Теперь же мы расскажем о наблюдениях, произведенных нами в течение двух прошедших месяцев, призывая всех жаждущих истинной философии приступить действительно к великим созерцаниям.

Прежде всего мы скажем об лике Луны, который представляется нашему зрению. Ради более ясного понимания я разделяю его на две части, а именно одну более светлую, другую же более темную; более ясная является нам обходящей и омывающей все полушарие, более же темная, как бы некоторые облака, чернит этот лик и делает его пятнистым. Эти пятна темноватые и достаточно обширные очевидны для всех и наблюдались во все времена; поэтому будем называть их большими, или древними в отличие от других пятен меньшей величины и рассеянных так часто, что они осыпают всю поверхность Луны, в особенности же ее более светлую часть; эти пятна никак до нас не были замечены; из часто повторенных наблюдений их мы пришли к такому мнению, что с полной уверенностью можем считать поверхность Луны, не являющейся совершенно гладкой, ровной и с точнейшей сферичностью, как великое множе-

¹ Зрительная труба была изобретена в Голландии Липпершем и Янсоном экспериментальным методом без теоретических исследований. Видимо так было и у Галилея. (Здесь и далее примечания переводчика).

ство философов думает об ней и о других небесных телах, но наоборот неровной, шероховатой, покрытой впадинами и возвышениями, совершенно так же, как и поверхность Земли, которая то здесь, то там отмечается горными хребтами и глубокими долинами. Видимые же явления, позволяющие заключить об этом, суть таковы.

На четвертый или пятый день после соединения с Солнцем, когда Луна представляется нам с блестящими рогами, граница, отделяющая темную часть от блестящей, не простирается

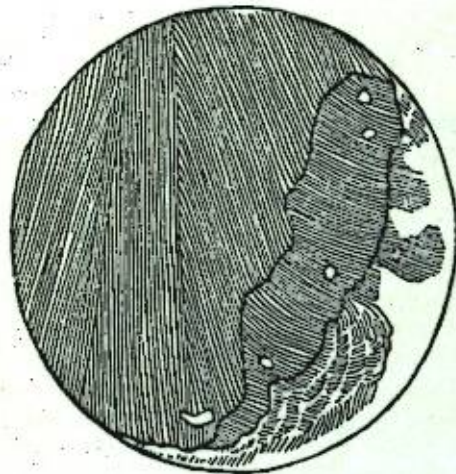


Рис. 2

ровно по овальной линии, как это бывает у абсолютно сферического тела, но обозначается неровной, угловатой и извилистой линией, как изображено на прилагаемом рисунке; действительно многие блестящие как бы выросты протягиваются за границы света и мрака в темную часть и, наоборот, темные частички входят внутрь светлой области. Более того, большое множество небольших черных пятен, совершенно отделенных от темной части, по всюду осыпает почти всю область уже залитую солнечным светом, за исключением той только части, которую занимают большие и древние пятна. Мы замечали даже, что только что упомянутые небольшие пятна все и всегда сходятся в том, что имеют черную

часть со стороны обращенной к месту Солнца; со стороны же противоположной Солнцу они увеличиваются более светлыми границами, как бы пылающими черными хребтами. Примерно такую же картину мы имеем на Земле около солнечного восхода, когда видим долины еще не залитые светом, а горы, окружающие их со стороны противоположной Солнцу, уже горят ярким блеском; и подобно тому как тени земных впадин уменьшаются по мере поднятия Солнца, так и эти лунные пятна теряют темноту с возрастанием освещенной части.

Правда, на Луне не только границы света и тени кажутся неровными и извилистыми, но, что вызывает еще большее удивление, в темной части Луны появляются многочисленные блестящие острия, совершенно отделенные и оторванные от освещенной части и удаленные от нее на значительное расстояние; они после некоторого промежутка времени увеличиваются и в размерах, и в блеске, по истечении же второго или третьего часа они присоединяются к остальной освещенной части, уже сделавшейся более обширной; между тем внутри темной части там и сям как бы появляются все новые и новые точки, загораются, увеличиваются в размерах и, наконец, соединяются с той же самой сделавшейся еще большей светлой частью. Пример этого мы видим на том же самом рисунке. А разве не так на Земле перед солнечным восходом, когда тьма еще обнимает равнины, закипаются под солнечными лучами вершины высочайших гор? Разве не увеличивается свет по простетии небольшого времени, когда освещаются средние и более широкие части тех же гор и, наконец, после восхода Солнца соединяются с освещением холмов и равнин? Однако размеры такого рода возвышений и впадин на Луне очень значительно превосходят земные неровности, как мы покажем ниже. Между тем я никак не могу обойти молчанием нечто достойное внимания и мной наблюденное в то время, как Луна приближалась к первой четверти, что можно видеть на приведенном изображении; действи-

тельно, в освещенную часть входит огромный мрачный залив, помещающийся у нижнего рога; наблюдая этот залив в течение более долгого времени и видя его полностью темным, я, однако, почти через два часа заметил, как темного ниже середины впадины начала подыматься какая-то блестящая вершина²; она постепенно увеличивалась в размерах, представляла треугольную фигуру и была совершенно отделенной и оторванной от светлой части; вдруг вокруг нее начали блестеть три другие небольшие вершины; наконец, когда Луна уже стала приближаться к закату, эта треугольная фигура, расширившись и сделавшись больше, соединилась с остальной освещенной частью и вроде огромного мыса, окруженная тремя упомянутыми блестящими вершинами, ворвалась в темный залив. На краях рогов как верхнего, так и нижнего, появились некоторые блестящие точки, совершенно отделенные от остального света, как видно на том же рисунке. В каждом роге, но больше всего в нижнем, замечалось большое множество темных пятнышек; более близкие к границе света и тени казались больше и темнее, более удаленные — менее темными и более неясными. Всегда, однако, как мы уже упоминали, черная часть самого пятна была обращена в сторону солнечного освещения, блестящая каемка окружала черное пятно со стороны, противоположной Солнцу и обращенной к темной области Луны. Эта лунная поверхность, отмеченная пятнами, как хвост павлина голубыми глазками, походит на стеклянную посуду, которая, будучи опущена в воду раскаленной, приобретает изломанную и волнистую поверхность, как у обычно называемых ледяных киафов³.

Правда, большие пятна на Луне кажутся подобным образом изорванными и покрытыми возвышениями, но гораздо более ровными и однообразными, и только кое-где блестят некоторыми более светлыми пятнышками. Таким образом, если кто-нибудь захотел бы воскресить древнее мнение пифагорейцев, Луна представила бы как бы вторую Землю; более светлая ее часть соответствует поверхности суши, а более темная представит водную поверхность; никогда не было сомнений в том, что, если смотреть издали на залитый солнечными лучами земной шар, то поверхность суши будет казаться более светлой, а вода более темной. Кроме того, большие пятна на Луне кажутся более вдавленными вглубь, чем светлые области; на Луне прибывающей и убывающей на границе света и тьмы всегда вокруг этих самых больших пятен возвышаются соседние части более светлой области, как мы наблюдали на нарисованных фигурах; при этом границы упомянутых пятен бывали не только более вдавленными, но также и более ровными и не прерываются бороздами или неровностями. Более же светлая часть бывает выше главным образом вблизи пятен; перед первой четвертью и во время последней вокруг некоторого пятна в верхней, т. е. северной части Луны, сильно поднимаются какие-то огромные вершины, и с верхней стороны пятна, и с нижней, как показывают рисунки.

Это же пятно перед последней четвертью замечается окруженным какими-то более черными границами; они со стороны, противоположной Солнцу, являются более темными, как величайшие горные хребты, со стороны же, смотрящей на Солнце, бывают более светлыми; противоположное этому происходит во впадинах; их часть, находящаяся против Солнца, является блестящей, а находящаяся в стороне Солнца, бывает темной и затемненной. Затем по уменьшению светлой поверхности, когда почти все это пятно покрывается мраком, более светлые хребты гор начинают более явственно выделяться из мрака. Это двойственное явление показано на следующих рисунках.

² Вероятно это современный кратер Коперник.

³ Киаф — сосуд, употреблявшийся в античности для охлаждения вина.

Об одном только я никак не могу забыть. Я это заметил даже с некоторым удивлением. Середина Луны занята как бы некоторой впадиной, значительно большей, чем все остальные, и совершенно круглой по форме; ео

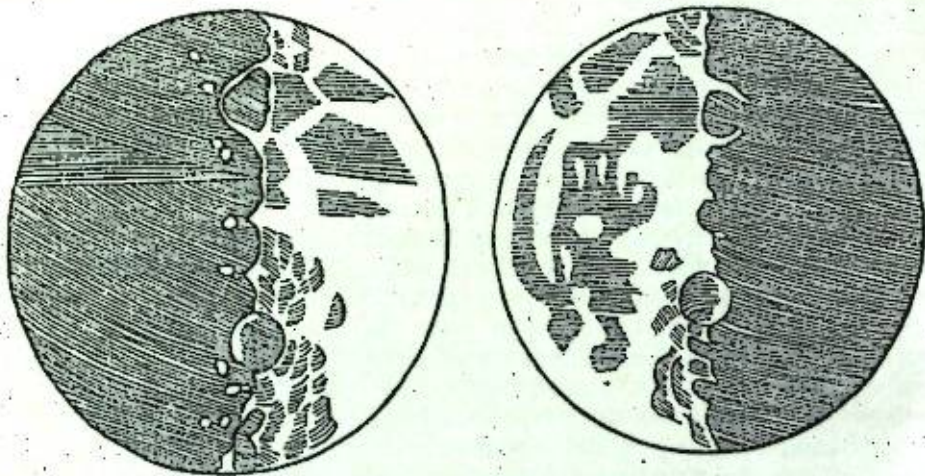


Рис. 3

я заметил вблизи обеих четвертей, и, насколько возможно, изобразил на вторых частях приводимых рисунков. Она при затемнении и освещении представляет такой вид, как если бы на Земле область вроде Богемии была окружена со всех сторон величайшими горами, расположенными по окружности совершенного круга; на Луне она окружается настолько великими хребтами, что крайние места, соседние с темной частью Луны, кажутся

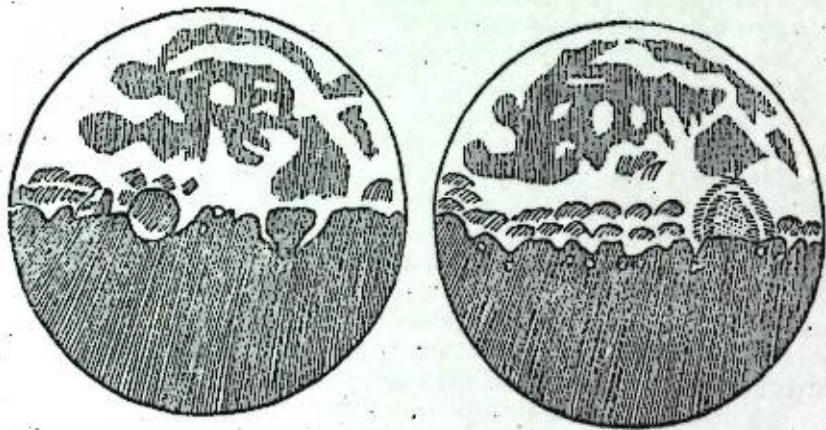


Рис. 4.

затемнены солнечным светом прежде чем граница света и тени достигнет среднего диаметра ее фигуры. Что касается особенностей остальных пятен, то их темная часть обращена к Солнцу, а светлая помещается со стороны, обращенной к темным частям Луны; это я прошу заметить, в третьих, как самое надежное доказательство шероховатостей и неровностей, рассеянных по всей более светлой области Луны; из этих пятен более черными всегда являются те, которые будут соседними с границами света и тени, более же удаленные

кажутся и меньшими по величине, и не такими темными; это доходит до такой степени, что когда Луна в противостоянии станет полной во всей окружности, то мрак впадин лишь очень незначительно будет отличаться от блеска возвышенных мест.

Все, что мы изложили, наблюдается в более светлых частях Луны; у больших же пятен не наблюдается между вершинами и промежутками такая разница, какую мы должны установить в более светлой части вследствие изменения их очертаний при том или другом освещении лучами Солнца, когда оно смотрит на Луну в многообразных положениях; однако у больших пятен существуют некоторые площадочки не такие темные, что мы показали на рисунках. Но только они всегда представляют тот же вид, и их затемненность не увеличивается и не уменьшается, но только они изменяются лишь в очень небольших пределах и кажутся то чуть-чуть темнее, то светлее, смотря по тому, попадают ли на них более или менее наклонные солнечные лучи. Кроме того с ближайшими частями пятен они соединяются некоторой тонкой связью, смешивая и сливая вместе свои граничные части; так всегда бывает у пятен, занимающих более блестящую поверхность Луны; как будто крутые скаты, усеянные жесткими и угловатыми камнями, разграничиваются линиями резких различий между светом и тенью. Кроме того, в этих больших пятнах замечаются некоторые площадки: иные более светлые, а некоторые даже блестящие; но все же и у этих, и у более темных вид всегда остается одним и тем же, не происходит никаких изменений ни в фигуре, ни в свете или темноте. Можно считать установленным вне всякого сомнения, что внешний вид их получается от настоящего различия частей, а не только от одинаковости очертаний этих частей, зависящей от теней, различно двигающихся при разных освещенных Солнцем. Это хорошо подходит к другим меньшим пятнам, занимающим более светлую часть Луны. Они изо дня в день изменяются, увеличиваются, уменьшаются, уничтожаются, так как начала своих возвышений они получают только от теней.

Однако я чувствую, что здесь многие испытывают большие сомнения и попадают в настолько большие затруднения, что вынуждены подвергнуть сомнению это заключение, уже выясненное и подтвержденное столькими наглядными свидетельствами. Действительно, если та часть лунной поверхности, которая с большим блеском отражает солнечные лучи, наполнена неровностями, т. е. бесчисленными возвышениями и понижениями, то почему во время прибавления Луны крайняя ее дуга, обращенная к западу, а во время убывания другая полуокружность — восточная, в полнолунии же вся окружность, не кажется неровной, угловатой и извилистой, но совершенно круглой, ограниченной точной дугой окружности и непороченной никакими возвышениями или впадинами? И это тем более, что целый диск состоит из более светлой лунной субстанции, которую мы назвали пупырчатой и ухабистой; действительно, ни одно из больших пятен не доходит до самого периметра, по все наблюдаются собравшимися вдали от окружности. Для этой видимости, дающей повод к таким серьезным сомнениям, я предлагаю двойную причину, а следовательно и двойное разрешение сомнений. Действительно, во-первых, если бы возвышения и впадины в лунном теле распространялись бы только по одной окружности круга, ограничивающей видимое нами полушарие, тогда Луна могла, пожалуй, даже должна была бы представляться нам ограниченной неровной и извилистой окружностью, в виде как бы зубчатого колеса. Но если не один только такой ряд возвышений, расположенных по единственной лишь окружности, но много рядов гор со своими долинами и извилами располагаются по крайней области Луны, причем не только в видимом полушарии, но даже и в противоположном (однако в близости ограничивающего круга), то смотрящий издали глаз никак не сможет охватить различия между высотами и впадинами. Действительно,

промежутки между горами, расположенными в одном ряду или по одной окружности, будут загорожены другими возвышенностями, стоящими в других рядах, и это тем значительнее, если глаз наблюдателя будет находиться на одной прямой с вершинами этих возвышенностей. Так и на Земле хребты многих часто расположенных гор кажутся лежащими на одной плоскости, если наблюдатель находится вдали и на одной высоте с ними. Так высоко поднятые вершины волн бурного моря кажутся расположенными в одной плоскости, хотя бы у волн и замечалась очень большая разница между гребнями и впадинами, и последние были такими глубокими, что скрывали бы не только килевые части, но даже корму, мачты и паруса. Следовательно, как и на Луне и вокруг ее периметра имеется очень большое количество разнообразных вершин и впадин, и смотрящий издали глаз располагается почти в одной плоскости с их вершинами, то ни для кого не должно быть удивительным, что обрезающему их лучу нашего зрения они представляются по ровной и никак не извилистой линии. Это рассужде-

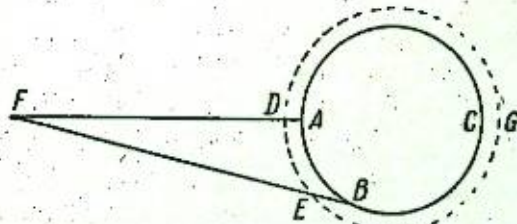


Рис. 5.

ние можно подкрепить следующим: вокруг лунного тела, как и вокруг Земли, конечно, имеется некоторая сфера из вещества более плотного, чем окружающий эфир, которое может воспринимать и отражать солнечное излучение, хотя и не обладает такой плотностью, чтобы представлять препятствие зрению (в особенности, когда оно не освещено). Эта сфера, будучи освещена солнечными лучами, представляет нашим глазам лунное тело в виде несколько большего шара; если бы глубина ее была больше, то она могла бы помешать нашему зрению проникнуть до твердой части Луны. Но по краям лунного диска она, конечно, будет глубже. Глубже, говорю я, не абсолютно, но лишь по отношению к нашим взглядам, пересекающим ее под косым углом; поэтому она и сможет препятствовать нашему зрению и, в особенности, будучи освещенной, закрыть обращенную к Солнцу окружность Луны. Это можно яснее понять из следующего рисунка, на котором тело ABC Луны окружено наполненной испарениями сферой DEG . Взор же, исходя из F , достигает средних частей Луны; например в A , проходя через менее глубокий слой DA испарений. По направлению к краям вследствие множества более глубоких испарений EB препятствует нашему зрению достигнуть ее конца. Признаком этого является то, что залитая светом Луна кажется имеющей большую окружность, чем остальная часть темного круга; эту причину кто-нибудь, пожалуй, найдет наиболее разумной для объяснения, почему большие пятна Луны ни в какой степени не замечаются протягивающимися до конечного периметра, тогда как можно думать, что некоторые из них могут находиться даже за его пределами. Поэтому более вероятным представляется то, что они не будут заметными, так как скрываются под более глубоким и более освещенным слоем испарений. Я полагаю, что из объясненных явлений вполне ясно, что более светлая поверхность Луны везде усеяна возвышениями и впадинами. Остается сказать об их величине, доказав, что земные неровности будут значительно меньше лунных. Меньше, утверждаю я, даже в абсолютном смысле, а не только по отношению к размерам своих шаров; очевидность этого можно показать так.

Наблюдая очень часто как в различных положениях Луны относительно Солнца некоторые вершины внутри неосвещенной части Луны на достаточно большом расстоянии от границы света являлись залитыми блеском,

я сравнивал их расстояние с целым диаметром Луны и узнал, что соответствующий промежуток иногда превышает двадцатую часть диаметра. Приняв это, вообразим лунный шар с наибольшим кругом CAF , центром E и диаметром CF , относящимся к диаметру Земли как два к семи. Так как земной диаметр, согласно более точным наблюдениям, содержит 7000 итальянских миль, то CF будет равна 2000, CE — 1000, двадцатая же часть всей CF равна 100 миль. Пусть CF будет диаметром большого круга, отделяющего освещенную часть Луны от темной (вследствие большого расстояния Солнца от Луны этот круг не отличается существенно от наибольшего); пусть A отстоит от точки C на двадцатую часть этого диаметра. Продолжим радиус EA до пересечения с касательной GCD (представляющей освещающий луч) в точке D . В таком случае в дуге CA , или в прямой CD , будет 100 частей, каких в CE будет 1000, сумма квадратов DC и CE будет 1010000 и ей равен квадрат DE . Следовательно вся ED будет более 1004, а AD более 4 частей, каких в CE содержалось 1000. Следовательно, на Луне возвышенность AD , вершина которой достигает до солнечного луча GCD и удалена от точки C на расстояние CD , будет выше 4 итальянских миль. На Земле нет таких гор, которые по отвесу достигают высоты в одну милю; следовательно, лунные возвышенности больше земных.

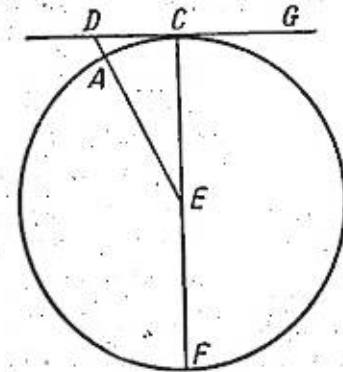


Рис. 6.

Мне хочется указать причину некоторого другого достойного удивления явления на Луне⁴. Оно наблюдалось нами не недавно, но уже много лет тому назад; оно было указано некоторым моим семейным, друзьям и ученикам, объяснено с указанием причин. Однако с помощью зрительной трубы это наблюдение становится более легким и очевидным, почему я и счел нелишним изложить его здесь. И это главным образом вследствие того, что таким образом яснее выявляется подобие Луны и Земли.

Когда Луна немного ранее или позже соединения находится недалеко от Солнца, то нашему зрению представляется не только та часть ее шара, которая украшена блестящими рогами, но даже и некоторая тонкая чуть светлая окружность темной части, отвлеченной от Солнца, вырисовывается на небе и отделяется от более темного поля самого эфира. Но если мы отнесемся к наблюдению более внимательно, то не только увидим край темной части, светящийся каким-то неясным блеском, но и весь лик Луны, тот, который еще не получает солнечного освещения, блещет каким-то не очень малым светом. Он представляется на первый взгляд очень тонким, светящимся только по окружности, граничащей с более темными частями неба. Остальная поверхность представляется, наоборот, более темной от соприкосновения с блестящими рогами, притупляющими остроту нашего зрения. Однако, если выбрать такое положение, чтобы эти блестящие рога были заслонены крышей, печной трубой или каким-нибудь другим предметом, помещенным между глазом и Луной (но на далеком расстоянии от глаза), то остальная часть лунного шара будет видной нашему зрению. Тогда и эту часть Луны, хотя и лишенную солнечного света, можно будет увидеть сияющей и немалым светом. Это тем больше, чем страшнее будет ночная темь от отсутствия Солнца. На более темном поле этот свет кажется более ясным. Выяснено, что этот, так сказать вторичный свет Луны, будет тем больше, чем ближе она будет к Солнцу. Действительно при удалении от него этот свет все более и

⁴ Пенельный свет Луны впервые был замечен Леонардо-да-Винчи.

более убывает, так что после первой четверти и перед последней он становится очень слабым и еле заметным, хотя бы он наблюдался и на более темном небе. Но при элонгации в шестьдесят и менее градусов, хотя бы и в сумерках, он сияет удивительным образом; так сияет, говорю я, что при помощи хорошей зрительной трубы на нем можно различать большие пятна. Этот удивительный свет затруднял философствующих больше обычного; для его объяснения они выдвигали разные причины. Действительно, некоторые называли его собственным и естественным светом Луны, другие утверждали, что он заимствуется от Венеры или от всех звезд, а некоторые — от Солнца, пронизывающего своими лучами глубокую толщу Луны. Но все эти высказывания без особого труда можно опровергнуть и доказать их неправильность. Действительно, если бы этот свет был собственным или заимствованным от звезд, то Луна больше всего удерживала бы и показывала его во время затмений, оставаясь в самом темном небе, что, однако, противно опыту. Действительно, свет, появляющийся на Луне во время затмений, значительно меньше, рыжеватый и как бы цвета меди, а тот гораздо яснее и белее. Кроме того, он перемещивый и могущий передвигаться; он, действительно, перемещается по лику Луны, так что та часть, которая ближе к кругу земной тени, всегда выглядит более светлой, а остальная более темной. Из этого мы можем понять, что он происходит из соседства с солнечными лучами, касательными к некоторой более плотной области, окружающей Луну в виде шара; от этого соприкосновения в соседние области Луны проливается некоторая зоря, совершенно так же как на земле утром или вечером разливаются сумеречный свет. Об этом подробнее поговорим в книге «О системе мира». Приписывать же этот общеприятный свет Венере настолько будет по-детски, что даже не заслуживает ответа. Кто же будет настолько несведущим, чтобы не знать, что около соединения и в пределах шестигольного аспекта совершенно невозможно, чтобы обращенная от Солнца часть Луны усматривалась бы с Венеры? Точно также нельзя думать, что этот свет происходит от Солнца, лучи которого проникают и заполняют глубокие толщи Луны; ведь этот свет никогда не уменьшался бы, ибо всегда половина Луны освещается Солнцем, если исключить время лунных затмений. А ведь этот свет уменьшается, когда Луна приближается к первой четверти, и почти совсем исчезает, когда Луна перейдет квадратуру. Но в таком случае если этот вторичный свет не будет для Луны прирощенным или собственным и не заимствуется ни от каких-либо светил, ни от Солнца, и кроме Земли не остается никакого другого тела в просторе Вселенной, то какое же мнение должно, спрашиваю я, высказать? Какую причину выставить? Одно лишь, что тело Луны или какого-нибудь другого темного и неосвещенного тела обливается светом самой Земли? Что же тут удивительного? Самое большее, что Земля по справедливому и взаимовыгодному обмену возвращает Луне такое же освещение, какое она сама получает от Луны почти все время в глубочайшем мраке ночи. Луна в соединениях, занимая среднее место между Солнцем и Землей, заливается солнечными лучами в более верхнем своем полушарии, отвращенном от Земли. Нижнее, обращенное к Земле полушарие, покрыто мраком, следовательно, она совсем не освещает земной поверхности. Луна, отходя поемногу от Солнца, уже в некоторой части поворачивая к нам нижнее полушарие загорается, обращает к нам, хотя и небольшие, но блестящие рожки и слегка освещает Землю. Когда Луна приближается к квадратуре, на ней увеличивается солнечное освещение, на Земле возрастает отражение этого света, блеск Луны переходит за полукруг, и наши ночи становятся уже более светлыми. Наконец, все лицо Луны, обращенное к Земле, освещается ярчайшим пламенем противостоящего Солнца, и земная поверхность сияет больше всего, залитая лунным блеском. После этого Луна, убывая, посылает нам более слабые лучи, слабее освещается.

и Земля; Луна приближается к соединению, и мрачная ночь охватывает Землю. И с таким периодом попеременно лунный свет дарует нам месячные освещения, одни более светлые, другие слабее; по Земля равной чашей вознаграждает это деяние. Действительно, пока Луна во время соединения находится под Солнцем, она целиком видит поверхность земного полушария, обращенного к Солнцу и освещенного яркими лучами, и воспринимает от него отраженный свет. Вследствие этого отражения нижнее полушарие Луны, хотя и лишенное солнечного света, является нам освещенным не так уже умеренно. Но та же Луна, находясь с Солнцем в квадратуре, видит освещенной только половину земного полушария, а именно заднюю. Другая, восточная половина, погружена в ночь; следовательно, и сама Луна освещается менее-Землей, а поэтому и ее вторичный свет является нам более слабым. Если же ты поместишь Луну в противостоянии с Солнцем, то она увидит находящееся между ними земное полушарие совершенно лишенным света и погруженным в глубокую ночь; если это противостояние будет затменным, то Луна совсем не получит никакого освещения, будучи лишенной и солнечного и земного света. В других положениях по отношению к Земле и Солнцу она будет получать то больше, то меньше земного света в зависимости от того, будет ли она обращена к большей или меньшей части освещенного земного полушария. Таким образом, между обоими этими шарами сохраняется такое соотношение, что в те времена, когда Земля больше всего освещается Луной, тогда, наоборот, Луна меньше освещается Землей и обратно. Этих сказанных кратких слов здесь достаточно; подробнее будет изложено в нашей «Системе мира»⁵. Там мы многочисленными рассуждениями и экспериментами докажем существование сильного отражения солнечного света от Земли. Это будет для тех, кто болтает, что ее должно устранить из хоров светил, главным образом по той причине, что она лишена и движения, и света; шестьюстами доказательствами и натурфилософскими рассуждениями мы подтвердим, что она движется и своим светом превосходит Луну, а не является местом, где скопляется грязь и подонки всего мира.

До сих пор мы говорили о наблюдениях, произведенных касательно лунного тела; теперь скажем коротко о том, что было нами усмотрено у неподвижных звезд. Прежде всего достойно удивления то, что звезды как неподвижные, так и блуждающие, при рассмотрении в зрительную трубу никак не кажутся увеличившими свои размеры в той же пропорции, в какой получают приращения у остальных предметов и даже у Луны. На звездах такое увеличение оказывается гораздо меньшим, так что зрительная труба, которая остальные предметы увеличивает, скажем во сто раз, может сделать большими звезды лишь в четырех- или пятикратном отношении, чему еле поверишь. Причина этого в том, что светила при наблюдении их свободным и невооруженным глазом не представляют нам, так сказать, свою простую и обнаженную величину, но ослепленную каким-то блеском, покрытую мигающими лучами и притом больше всего, когда уже почти много прошло; поэтому они кажутся значительно большими, чем когда они будут лишены таких добавочных волос. Действительно, угол зрения ограничивается не первоначальным телом звезды, но широко разлившимся блеском. Это лучше всего понять из того, что звезды, появляющиеся при заходе Солнца в первых сумерках, кажутся очень малыми, хотя бы они были и первой величины. Даже Венера, если ее можно увидеть у нас около полудня, кажется настолько слабой, что ее можно сравнить лишь со звездочкой последней величины. То же происходит и с другими предметами, и даже с Луной; если наблюдать ее в полуденном освещении или среди глубокого мрака, она все

⁵ «Система мира» осталась ненаписанной Галилеем, по крайней мере в том виде, в каком он предполагал. Вероятно причиной была разгоревшаяся вокруг «Звездного вестника» полемика, закончившаяся осуждением в 1616 г. «нифагорской теории».

равно оказывается такой же величины. Итак, среди ночи светила наблюдаются неостриженными, дневной свет может срезать их волосы; и не только этот свет, но даже тоненькое облачко, становясь между светилом и глазом наблюдателя; то же производят черные покрывала и раскрашенные стекла; если их подставить перед наблюдавшимся светилом, то разлитые вокруг сияния исчезают. То же производит и зрительная труба, она сначала снимает со звезд добавочные и не принадлежащие им (*accidentales*) сияния, а затем увеличивает простые их шарики (если, конечно, они имеют шаровидную форму); поэтому они и кажутся увеличенными в меньшем отношении. Действительно, звездочка пятой или шестой величины при наблюдении в зрительную трубу представляется такой же, как и звезда первой величины.

Достоинна также замечания разница между видом планет и неподвижных звезд. Действительно, планеты представляют свои шарики совершенно круглыми и точно очерченными; неподвижные звезды никак не представляются ограниченными окружностью круга, но как бы некоторые огни с колеблющимися вокруг лучами и мерцающие; рассматриваемые в зрительную трубу, они являют такую же природу, как и при наблюдении просто глазом, но лишь таких размеров, что звездочка пятой и шестой величины кажется равной Псу⁶ — наибольшей среди всех неподвижных звезд. Правда, ниже шестой величины замечаешь через зрительную трубу такое многочисленное стадо других звезд, ускользающих от естественного зрения, что едва можно поверить; пожалуй даже в большем количестве, чем остальные шесть разрядов величин; наибольшие из них, которые мы могли бы назвать звездами седьмой величины или первой из невидимых, наблюдаемые с помощью трубы, кажутся и больше, и ярче, чем звезды второй величины простым глазом. Чтобы показать на паре примеров невероятное их множество, я решил описать два созвездия, чтобы на их примере можно было бы составить суждение и об остальных. Сначала я решил нарисовать целиком созвездие Ориона, но подавленный громадным множеством звезд и недостатком времени, отложил этот приступ до другого случая; ведь их более пятисот рассеяно вокруг старых в пределах одного или двух градусов; поэтому кроме трех в Поясе и шести в Мече, которые уже давно были описаны, мы добавили восемьдесят других, недавно увиденных прилежащих; промежутки между ними мы сохранили насколько можно точными. Известные или старые мы для отличия нарисовали большими и окружили двойной линией; другие незаметные — меньшими и отметили одной линией; различие в величинах мы насколько было возможным, сохранили.

В качестве другого примера мы нарисовали шесть звезд Тельца, называемых Плеядами (я говорю о шести, так как седьмая почти никогда не видна) и заключенных в Небе внутри теснейших пределов; к ним прилегают и другие невидимые в количестве большем сорока; ни одна из них не удаляется более чем на полградуса от любой из этих шести. Из них мы отметили только тридцать шесть. Как и для Ориона, мы сохранили расстояния между ними, величины, а также отличия между старыми и новыми. Третьим предметом нашего наблюдения была сущность или материя Млечного Пути. При помощи зрительной трубы ее можно настолько ощутительно наблюдать, что все споры, которые в течение столетий веков мучили философов, уничтожаются наглядным свидетельством, и мы избавимся от многословных диспутов. Действительно, Галактика является ни чем иным, как собранием многочисленных звезд, расположенных группами. В какую бы его область ни направить зрительную трубу, сейчас же взгляду представляется громадное множество звезд, многие из которых кажутся достаточно большими и хорошо заметными. Множество же более мелких не поддается исследованию.

⁶ Пес — созвездие Пса, точнее главная звезда его — Сириус.

Поскольку такой млечный блеск вроде беловатого облака замечается не только в Галактике, но много площадочек таким же блеском сияют рассеянными по эфиру, то, повернув трубу к любой из них, сейчас попадаешь в сборище стеснившихся звезд. Кроме того (что еще более удивительно), звезды, которые до сих пор некоторыми астрономами назывались туманными, представляют собрания звездочек, столпившихся удивительным образом вместе; из соединения лучей этих звезд, каждая из которых вследствие малости своей или большого от нас расстояния, ускользает от нашего зрения, образуется то сияние, которое до сих пор считали более плотными частями неба, могущими отражать лучи Солнца, или звезд. Некоторые из них мы наблюдали и хотим присоединить здесь [рисунки] двух созвездий.

На первом имеется туманная звезда, называемая «головой Ориона», в которой мы насчитали двадцать одну звезду.

Второй рисунок содержит туманную, называемую Пресене; она представляет по одну только звезду, но собрание многих звездочек числом более сорока; кроме Ослят мы отметили тридцать шесть звезд, расположенных в указанном на рисунке порядке.

Мы кратко изложили все, что до сих пор было наблюденно касательно Луны, неподвижных звезд и Млечного Пути. Теперь остается то, что в настоящем деле является, пожалуй, наиболее важным, а именно, что мы открыли и распространяем во всеобщее сведение четыре планеты, никем еще не виданные от начала мира до наших дней. Мы говорим об обстоятельстве их открытия и наблюдения, а также об их местах и о почти двухмесячных наблюдениях их движений и изменений. Мы призываем всех астрономов заняться исследованием и определением их периодов, что нам вследствие недостатка времени никак невозможно было выполнить до настоящего дня. Однако мы во второй раз предупреждаем их, что для того, чтобы эти наблюдения не были бесплодными, необходима точнейшая зрительная труба, которую мы описали в начале этого рассуждения.

Итак, в день седьмого января настоящего, тысяча шестьсот десятого года, в первый час следующей затем ночи, когда я наблюдал небесные светила при помощи зрительной трубы, то моему взору попался Юпитер. Так как я уже приготовил превосходный инструмент (что ранее мне не удавалось вследствие худшего качества прежнего инструмента), то я узнал, что Юпитеру сопутствуют три звездочки, хотя и небольшие, но, однако, очень яркие. Хотя я и думал, что они принадлежат к числу неподвижных, я все-таки несколько им удивился, так как они были расположены по точной прямой линии, параллельной эклиптике, и были более блестящими, чем другие такой же величины. Относительное расположение их между собой и Юпитером было таким:

Вост. * * ○ * Запад.

Singul. & Ensa ORIONIS Astersimus

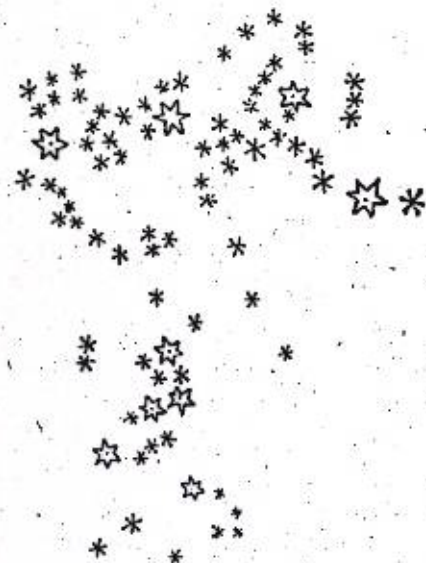


Рис. 7.

т. е. со стороны востока прилегли две звезды, с запада — одна. Более восточная и западная казались несколько больше последней; о расстояниях же между ними и Юпитером я ничуть не беспокоился; как я сказал вначале, я считал их неподвижными. Когда я, видимый неизвестно какой судьбой, на восьмой день (января) вернулся к тому же наблюдению, то нашел уже совершенно иное расположение; все эти три звезды были уже западными, находясь

PLEIADUM CONSTELLATIO NEBULOSA ORIONIS. NEBULOSA PRÆSERPE

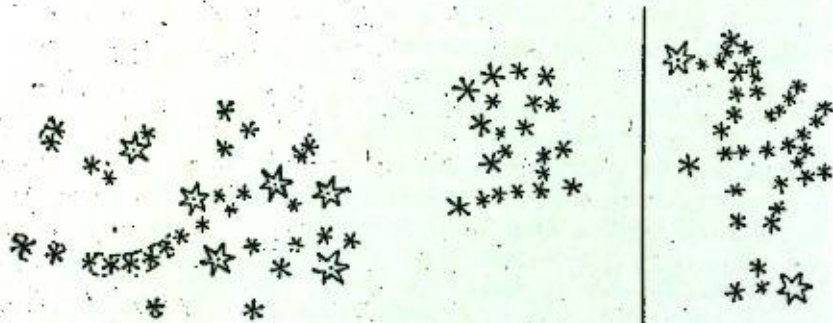


Рис. 8.

Рис. 9.

на более близких расстояниях к Юпитеру, а также между собой; их расстояния друг от друга были одинаковыми, как показывает рисунок:

Вост. ○ * * * * Запад.

Хотя я никак еще не думал о возможности совместного сближения этих звезд, по все же начал колебаться, каким именно образом Юпитер мог оказаться восточнее упомянутых неподвижных звезд, так как накануне он был более западным, чем две из них. Поэтому я опасался, что он, следуя таким образом астрономическому расчету, обогнал эти звезды в собственном движении. По этой причине я с большим нетерпением ожидал следующей ночи; но мои надежды были обмануты, так как небо со всех сторон было обложено тучами.

В десятый день (января) звезды появились в таком положении относительно Юпитера:

Вост. * * ○ Запад.

Их всего было две и обе восточные; третья, как я полагал, скрывалась за Юпитером. Как и раньше, они были расположены на одной прямой с Юпитером и точно стояли по долготе зодиака. Увидав это, я понял, что подобные изменения не могут быть приписаны Юпитеру, и узнал, что наблюдаемые звезды были всегда одними и теми же (так как в большом интервале по долготе зодиака не было никаких других ни впереди, ни сзади), и, сменив сомнения на восторг, я понял, что видимые изменения имеют свою причину не в Юпитере, но в указанных звездах. Поэтому я решил в дальнейшем наблюдать более точно и наглядно.

Итак, одиннадцатого числа я увидел такое расположение:

Вост. * * ○ Запад.

Были только две восточные звезды; средняя из них была на втрое большем расстоянии от Юпитера, чем от более восточной, а более восточная почти в два раза больше оставшейся, хотя предшествующей ночью обе они казались почти одинаковыми. Таким образом, я решил считать вне всяких сомнений установленным, что в небе имеются три звезды, блуждающие вокруг Юпитера, подобно тому как Венера и Меркурий вокруг Солнца. В других

позднейших многочисленных наблюдениях это было сделано яснее полуденного света, причем не только три, а четыре блуждающие звезды совершают свои обращения вокруг Юпитера. Их взаимные перемещения, наблюдаемые в последующем более точно, покажет следующий рассказ. Я также измерил расстояние между ними при помощи зрительной трубы по разъясненному методу; кроме того, я прибавил часы наблюдений, в особенности если в течение ночи их было несколько. Действительно, обращения этих планет настолько быстры, что лучше было бы брать часовые разности.

Итак, двенадцатого числа в первый час следующей ночи я видел светила в таком расположении:

Вост. * * ○ * Запад.

Более восточная звезда была больше более западной, но они были хорошо заметными и блестящими; каждая отстояла от Юпитера на две минуты; в третьем часу начала появляться также третья звездочка, сначала почти незаметная, так как она почти касалась с восточной стороны Юпитера и была достаточно малой. Все они были на одной прямой и расположены по долготе эклиптики.

Тринадцатого числа мною впервые были замечены четыре звездочки в таком положении относительно Юпитера:

Вост. * ○ * * * Запад.

Три были западных и одна восточная; они были расположены почти по прямой, так как средняя из западных немножко отклонилась к северу от прямой. Более восточная отстояла на две минуты от Юпитера; промежутки между остальными и Юпитером равнялись каждой одной минуте. Все звезды представлялись одной и той же величины, хотя и небольшой, но были очень светлыми и значительно более яркими, чем той же величины неподвижные звезды.

Четырнадцатого числа погода была облачной.

Пятнадцатого числа в третьем часу ночи четыре звезды были изображены в близком положении к Юпитеру.

Вост. ○ * * * * Запад.

Все три западные и расположены почти по одной прямой, по третья по счету от Юпитера немного подымалась к северу. Ближе всех к Юпитеру была самая маленькая, остальные казались последовательно большими; промежутки между Юпитером и тремя последовательными звездами были одинаковыми и равнялись двум минутам, но более западная отстояла от ближайшей на четыре минуты. Звезды были очень яркими и ничуть не мерцающими, какими они всегда являлись и раньше, и после. Но в седьмом часу были всего только три звезды в следующем положении относительно Юпитера:

Вост. ○ * * * Запад.

Они были расположены точно по одной прямой; более соседняя с Юпитером была очень маленькой и отстояла от него на три минуты; вторая удалена была от нее на одну минуту, а третья от второй на 4 минуты 30 секунд. Но еще через час две средние звезды стали еще более близкими, отстояли друг от друга всего лишь на 30 секунд. Шестнадцатого числа в первом часу ночи мы видели три звезды, расположенные таким образом:

Вост. * ○ * * Запад.

Две окружали Юпитер, отстоя от него в ту и другую сторону на 40 секунд; третья, западная, была удалена от Юпитера на 8 минут. Звезды ближайšie к Юпитеру казались не более отдаленными, но ярче ее.

Семнадцатого числа через 0 часов 30 минут после захода Солнца была такая конфигурация:

Вост. * ○ * Запад.

На востоке только одна звезда отстояла от Юпитера на 3 минуты; одна западная тоже была удалена от Юпитера на 11 минут. Восточная казалась вдвое больше западной; других звезд, кроме этих, не было. Правда, через четыре часа, приблизительно в пятом часу, начала выходить с восточной части третья, бывшая, как я полагаю, перед этим соединенной с первой. Расположение было следующим:

Вост. * * ○ * Запад.

Средняя звезда, очень близкая к восточной, отклонялась от нее всего лишь на 20 секунд, а от прямой линии, проведенной через крайние и Юпитера, несколько отходила к югу.

Восемнадцатого числа через 0 часов 20 минут после захода Солнца вид был такой:

Вост. * ○ * Запад.

Восточная звезда была больше западной, отстоя от Юпитера на 8 минут; западная была удалена от Юпитера на 10 минут.

Девятнадцатого числа во втором часу ночи расположение звезд было таким:

Вост. * ○ * * Запад.

Три звезды стояли точно по одной прямой с Юпитером; одна на востоке, отстоя на 6 минут; между Юпитером и первой следующей к западу был промежуток в 5 минут; от западной эта звезда находилась на расстоянии 4 минут. Тогда я лишь подозревал, не будет ли между восточной звездой и Юпитером еще одной звездочки, настолько близкой к Юпитеру, что она его касалась бы. Но в пятом часу я совершенно ясно увидел ее, изящно занимающую среднее место между Юпитером и восточной звездой, так что конфигурация была следующей:

Вост. * * ○ * * Запад.

Кроме того, увиденная последней звезда была очень маленькой; однако в шестом часу она по величине почти сравнялась с остальными.

Двадцатого числа в 1 час 15 минут была такая расстановка:

Вост. * ○ * * Запад.

Три звездочки были настолько малые, что их еле можно было увидеть; от Юпитера и между собой они отстояли не более как на одну минуту; мне было неясно, находятся ли с востока две или три звездочки. Около шестого часа они были расположены так:

Вост. * ○ * * Запад.

Восточная звезда отстояла от Юпитера на вдвое большее расстояние, т. е. 2 минуты. Средняя западная отстояла от Юпитера на 0 минут 40 секунд, а от более западной на 0 минут 20 секунд. Наконец в седьмом часу с запада стали видны три звездочки:

Вост. * ○ * * * Запад.

Ближайшая к Юпитеру была удалена от него на 0 минут 20 секунд; между ней и более западной был промежуток в 40 секунд; между ними виднелась еще одна, немного отклоняющаяся к югу, не более чем на десять секунд отстоящая от более западной.

Двадцать первого числа в 0 часов 30 минут на востоке были три звездочки на одинаковых расстояниях между собой и Юпитером:

Вост. * * * ○ * Запад.

Промежутки, согласно оценке, равнялись 50 секундам. На западе также была звезда, удаленная от Юпитера на 4 минуты. Самая близкая к Юпи-

теру восточная была меньше всех; остальные несколько большими приблизительно друг другу равными.

Двадцать второго числа в 2 часа расположение звезд было таким:

Вост. * ○ * * * Запад.

Между восточной звездой и Юпитером был промежуток в 5 минут, а между Юпитером и более западной 7 минут. Две западные промежуточные имели между собой расстояние 0 минут 40 секунд; более близкая же к Юпитеру отстояла от него на 1 минуту. Обе средние звезды были меньше крайних; все они были на одной прямой по долготе зодиака, только в трех западных средняя немного отклонялась к югу. Но в шестом часу ночи их можно было видеть в таком положении:

Вост. * ○ * * * Запад.

Восточная была очень маленькой, отстоя от Юпитера на 5 минут, как и раньше. Три западные одинаково делили расстояние и от Юпитера и между собой, каждый из промежутков равнялся приблизительно 1 минуте 20 секундам; и более соседняя с Юпитером звезда казалась меньше двух следующих; все они казались изящно расположенными по одной и той же прямой.

Двадцать третьего числа в 0 часов 40 минут после захода Солнца положение звезд было таким:

Вост. * * ○ * Запад.

Три звезды располагались на одной прямой с Юпитером по долготе зодиака, как и всегда: две были на востоке, одна на западе. Более восточная отстояла от следующей на 7 минут; эта от Юпитера на 2 минуты 40 секунд, а Юпитер от западной на 3 минуты 20 секунд. По величине все они были почти равными. Но в пятом часу две звезды, бывшие раньше близкими к Юпитеру, уже больше не замечались, скрываясь, как я полагаю, под Юпитером. Вид был такой:

Вост. * ○ Запад.

Двадцать четвертого числа виднелись три звезды, все восточные и почти на одной прямой с Юпитером:

Вост. * * * ○ Запад.

Средняя несколько уклонилась к югу. Ближайшая к Юпитеру отстояла от него на 2 минуты, следующая на 0 минут 30 секунд от нее, а восточная отстояла от этой на 9 минут; все были достаточно блестящими. В шестом же часу представлялись только две звезды в таком положении:

Вост. * * ○ Запад.

точно на одной прямой с Юпитером, от которого более близкая отстояла на 3 минуты, другая же от нее на 8 минут; если не ошибаюсь, две средние наблюдавшиеся ранее звезды слились в одну.

Двадцать пятого числа в 1 час 40 минут конфигурация была такой:

Вост. * * ○ Запад.

С восточной стороны располагались только две звезды, обе достаточно большие; более восточная отстояла от средней на 5 минут, а последняя от Юпитера на 6 минут.

Двадцать шестого числа в 0 часов 40 минут координация звезд была такой:

Вост. * * ○ * Запад.

Были видны три звезды: две на востоке, третья на западе от Юпитера; последняя отстояла от него на 5 минут, средняя восточная от него была удалена на 5 минут 20 секунд; более восточная от средней на 6 минут. Они располагались по одной прямой и были одинаковой величины.

В пятом часу расположение было почти таким же, отличаясь только в том, что около Юпитера с востока стала появляться четвертая звездочка, меньшая по сравнению с остальными, отстоявшая тогда от Юпитера на 30 минут; она понемногу поднималась к северу от прямой линии, как показано на рисунке:

Вост. * * * * * О * * * * * Запад.

Двадцать седьмого числа через 1 час после захода была видна только одна звездочка и притом восточная в такой конфигурации:

Вост. * * * * * О * * * * * Запад.

Она была достаточно малой и удалена от Юпитера на 7 минут.

Двадцать восьмого и двадцать девятого числа из-за туч наблюдать было невозможно.

Тридцатого числа в первом часу ночи светила наблюдались в таком порядке:

Вост. * * * * * О * * * * * Запад.

На востоке была одна, отстоящая от Юпитера на 2 минуты 30 секунд, с запада две, из которых одна, ближайшая к Юпитеру, отстояла от него на 3 минуты, а другая от последней на 1 минуту. Положение крайних и Юпитера было на одной и той же прямой, но средняя звезда чуть-чуть подымалась к востоку; более западная была меньше остальных.

В последний день января во втором часу наблюдались две восточные звезды и одна западная:

Вост. * * * * * О * * * * * Запад.

Средняя из восточных отстояла от Юпитера на 2 минуты 20 секунд, более восточная от этой средней на 0 минут 30 секунд; западная была удалена от Юпитера на 10 минут; они были приблизительно на одной прямой, но только восточная, соседняя с Юпитером, несколько подымалась к северу. В четвертом часу расположение звезд было следующее:

Вост. * * * * * О * * * * * Запад.

Две восточные звезды были соседними между собой; они отстояли друг от друга всего лишь на 20 секунд. В этих наблюдениях западная звезда появлялась достаточно малой.

В первый день февраля во втором часу ночи конфигурация была такой:

Вост. * * * * * О * * * * * Запад.

Более восточная звезда отстояла от Юпитера на 6 минут, западная на 8; с восточной стороны некоторая достаточно малая звезда отстояла от Юпитера на 20 секунд; они образовывали точную прямую.

Второго числа звезды наблюдались в таком порядке:

Вост. * * * * * О * * * * * Запад.

Одна только восточная отстояла от Юпитера на 6 минут; Юпитер от соседней западной удалялся на 4 минуты; между этой и более западной был промежуток в 8 минут; они точно были на одной прямой и почти той же самой величины. Но в седьмом часу были четыре звезды:

Вост. * * * * * О * * * * * Запад.

Юпитер среди них занимал среднее место. Из этих звезд более восточная отстояла от соседней на 4 минуты, а эта от Юпитера на 1 минуту 40 секунд; Юпитер от западной соседней с ним был удален на 6 минут, а последняя от более западной на 8 минут; все они были одинаково на одной и той же прямой, вытянутой по долготе зодиака.

Третьего числа в седьмом часу звезды были расположены в таком порядке:

Вост. * * * * * О * * * * * Запад.

Восточная отстояла от Юпитера на 1 минуту 30 секунд, а ближайшая западная на 2 минуты; от нее более западная удалялась на 10 минут; все они были расположены на одной прямой и одинаковой величины.

Четвертого числа во втором часу около Юпитера стояли четыре звезды: две восточные и две западные, расположенные точно на одной прямой; как показано на рисунке:

Вост. * * * * * О * * * * * Запад.

Более восточная отстояла от следующей на 3 минуты, последняя удалялась от Юпитера на 0 минут 40 секунд, Юпитер от ближайшей западной был расположен на 4 минуты, а эта от более западной на 6 минут. По величине они были почти одинаковыми; более близкая к Юпитеру казалась несколько меньшей остальных. Но в седьмом часу восточные звезды отстояли друг от друга только на 0 минут 30 секунд.

Вост. * * * * * О * * * * * Запад.

Юпитер от соседней восточной удалялся на 2 минуты, а от следующей западной на 4 минуты; последняя от более западной отстояла на 3 минуты; все они были одинаковыми и на одной прямой вытянутой по эклиптике.

Пятого числа небо было покрыто тучами.

Шестого числа появились только две звезды, имея Юпитера посредине, как видно на рисунке.

Вост. * * * * * О * * * * * Запад.

Восточная отстояла от Юпитера на 2 минуты, западная на 3; они были на одной прямой с Юпитером и равны по величине.

Седьмого числа были две звезды: обе к востоку от Юпитера, расположенные таким образом:

Вост. * * * * * О * * * * * Запад.

Промежутки между ними и Юпитером были одинаковыми — в одну минуту; и через них и центр Юпитера проходила прямая линия.

Восьмого числа в первом часу были три звезды, все восточные, как показано на рисунке:

Вост. * * * * * О * * * * * Запад.

Ближайшая к Юпитеру, достаточно малая, отстояла от него на 1 минуту 20 секунд; средняя от нее — на 4 минуты и была довольно велика; более восточная, совсем малая, отстояла от нее на 0 минут 20 секунд. Я не был уверен, была ли ближайшая к Юпитеру только одной или двумя звездочками; действительно, иногда можно было видеть, что к востоку от этой была другая звезда, удивительно небольшая и отдаленная от нее всего лишь на 0 минут 10 секунд; все они были на одной прямой, проведенной по протяжению зодиака. В третьем часу самая близкая к Юпитеру звезда почти касалась его; она отстояла от него лишь на 0 минут 10 секунд; остальные сделались более далекими от Юпитера, ибо средняя отстояла от него на 6 минут. Наконец в четвертом часу бывшая ближайшей к Юпитеру звезда соединилась с ним и перестала быть далее видной.

Девятого числа в 0 часов 30 минут у Юпитера были две звезды с востока и одна к западу в таком расположении:

Вост. * * * * * О * * * * * Запад.

Более восточная, довольно малая, отстояла от следующей на 4 минуты; средняя большая удалилась от Юпитера на 7 минут, а Юпитер от западной, которая была небольшой, отстоял на 4 минуты.

Десятого числа в один час 30 минут две достаточно малые звезды и обе восточные наблюдались в таком расположении:

Вост. * * * * * О * * * * * Запад.

Более удаленная отстояла от Юпитера на 10 минут, соседняя на 0 минут 20 секунд; они были на одной прямой. В четвертом часу ближайшая к Юпитеру звезда уже не была видной; другая казалась настолько уменьшившейся, что была еле видной, хотя воздух был очень ясным; она была также более удаленной от Юпитера, чем раньше; ее расстояние было 12 минут.

Одиннадцатого числа в первом часу на востоке были две звезды, а на западе одна. Западная отстояла от Юпитера на 4 минуты; восточная

Вост. * * ○ * Запад.

соседняя удалялась от Юпитера только на 4 минуты; более восточная отстояла от нее на 8 минут; они были достаточно заметными и на одной прямой. Но в третьем часу стала видна четвертая звезда с востока, ближайшая к Юпитеру; она была меньше остальных и от Юпитера удалена на 0 минут 30 секунд.

Вост. * * * ○ * Запад.

От прямой линии, проведенной через остальные звезды, она несколько уклонилась к северу. Все они были блестящими и очень заметными. В пятом часу с половиной самая близкая к Юпитеру восточная звезда уже несколько удалилась от него и заняла среднее место между ним и восточной звездой, близкой к ней; все они были точно на одной прямой и одинаковой величины, как видно на рисунке:

Вост. * * * ○ * Запад.

Двенадцатого числа в 0 часов 40 минут были две звезды с востока и две с запада. Более удаленная восточная отстояла от Юпитера на 10 минут; самая западная была на расстоянии 8 минут.

Вост. * * ○ * * Запад.

Обе были достаточно заметными; остальные две были очень близки к Юпитеру и достаточно малы, особенно восточная, которая отстояла от Юпитера на 0 минут 40 секунд, а западная на 1 минуту. В четвертом часу звездочка, которая была самой близкой к Юпитеру с востока, больше уже не была видна.

Тринадцатого числа в 0 часов 30 минут две звезды были видны на востоке и еще две на западе.

Вост. * * ○ * * Запад.

Восточная и соседняя с Юпитером, достаточно заметная, отстояла от него на 2 минуты; от нее более восточная и менее видная удалена была на 4 минуты. Из западных более удаленная от Юпитера, хорошо заметная, отделялась от него 4 минутами; между ней и Юпитером находилась небольшая звездочка ближе к более западной звезде, так как от нее она отстояла не более чем на 0 минут 30 секунд. Все они были точно на одной прямой по долготе эклиптики.

Пятнадцатого числа (четырнадцатого небо было покрыто тучами) в первом часу положение звезд было таким:

Вост. * * * ○ Запад.

Были только три восточных звезды; на западе не было видно ни одной; восточная самая близкая к Юпитеру отстояла от него на 0 минут 50 секунд; следующая удалялась от этой на 0 минут 20 секунд, от нее более восточная на 2 минуты; она была больше остальных, так как соседние с Юпитером были достаточно малыми. Но примерно в пятом часу из звезд, близких к Юпитеру, можно было видеть лишь одну,

Вост. * * ○ Запад.

отстоящую от Юпитера на 0 минут 30 секунд; расстояние более удаленной от Юпитера увеличилось; оно равнялось тогда 4 минутам. Но в шестом часу, кроме этих двух, которые, как было сказано, стояли на востоке, можно было увидеть к западу еще одну достаточно малую звездочку, удаленную от Юпитера на 2 минуты.

Вост. * * ○ * Запад.

Шестнадцатого числа в шестом часу звезды стояли в таком расположении:

Вост. * ○ * * Запад.

Восточная звезда отстояла от Юпитера на 7 минут, Юпитер от следующей западной на 5 минут, она же от последней и более западной на 3 минуты; все они были приблизительно одной величины, достаточно заметные и на одной прямой линии, изящно проведенной по зодиаку.

Семнадцатого числа в 1 час были две звезды:

Вост. * ○ * Запад.

одна на востоке, отстоящая от Юпитера на 3 минуты, другая на западе, отстоящая на 10 минут; она была несколько меньше восточной. Но в 6 часу восточная стала ближе к Юпитеру и отстояла от него на 0 минут 50 секунд; западная стала более удаленной, а именно на 12 минут. В обоих наблюдениях они были на одной прямой и обе достаточно малыми, особенно восточная во втором наблюдении.

Восемнадцатого числа в 1 час были три звезды, две из которых западные и одна восточная;

Вост. * ○ * * Запад.

восточная отстояла от Юпитера на 3 минуты, ближайшая западная на 2 минуты; другая, более западная, удалялась от средней на 8 минут; все они были точно на одной прямой и почти одинаковой величины. Но в 2 часа соседние с Юпитером звезды отстояли от него на одинаковых расстояниях, так как и сама западная отстояла на 3 минуты. А в 6 часов между более восточной и Юпитером появилась четвертая звездочка в такой конфигурации:

Вост. * * ○ * * Запад.

Более восточная отстояла от следующей на 3 минуты, следующая от Юпитера на 1 минуту 50 секунд, Юпитер от следующей западной на 3 минуты, а она от более западной на 7 минут; они были почти одинаковыми, только восточная, более близкая к Юпитеру, была несколько меньше остальных; все они были на одной прямой, параллельной эклиптике.

Девятнадцатого числа в 0 часов 40 минут были замечены только две звезды к западу от Юпитера, достаточно большие и расположенные точно на одной прямой с Юпитером и по черте эклиптики. Более близкая звезда отстояла от Юпитера на 7 минут, а эта от более западной на 6 минут.

Вост. ○ * * Запад.

Двадцатого числа небо было покрыто тучами.

Двадцать первого числа в 1 час 30 минут были видны три достаточно малые звезды в такой конфигурации:

Вост. * ○ * * Запад.

Восточная отстояла от Юпитера на 2 минуты; Юпитер от следующей западной на 3 минуты, а эта от более западной на 7 минут; они были точно на одной прямой параллельной эклиптике.

Двадцать пятого числа в 1 час 30 минут (в три предшествующие ночи небо было покрыто тучами) были видны три

Вост. * * ○ * Запад.

звезды; две восточные, расстояние которых друг от друга и от Юпитера были одинаковым по 4 минуты. Одна западная отстояла от Юпитера на 2 минуты. Они были точно на одной прямой по направлению эклиптики.

Двадцать шестого числа в 0 часов 30 минут видны были только две звезды — одна восточная, отстоящая от

Вост. * ○ * Запад.

Юпитера на 10 минут, а другая западная, отстоящая на 6 минут. Восточная была несколько меньше западной. Но в пятом часу можно было видеть три звезды; кроме двух указанных вблизи Юпитера к западу виднелась достаточно малая звезда, которая раньше скрывалась под Юпитером и отстояла

Вост. * ○ * * Запад.

от него на 1 минуту. Восточная казалась более удаленной чем раньше, имея расстояние от Юпитера 11 минут. В эту ночь впервые было решено наблюдать продвижение Юпитера и прилежащих к нему планет по долготе зодиака относительно какой-нибудь неподвижной звезды; действительно, к востоку была видна неподвижная звезда на расстоянии 11 минут от восточной планеты, и несколько уклонялась к востоку, как показано далее:

Вост. * ○ * Запад.
* неподвижная

Двадцать седьмого числа в 1 час 4 минуты звезды появились в такой конфигурации:

Вост. * * ○ * * Запад.
* неподвижная

Более восточная отстояла от Юпитера на 10 минут, следующая, ближайшая к Юпитеру, на 0 минут 30 секунд; следующая западная была удалена на 2 минуты 30 секунд; более западная отстояла от нее на 1 минуту. Соседние с Юпитером казались небольшими, в особенности восточная; крайние были достаточно заметными, прежде всего западная; они точно обозначали прямую линию по черте эклиптики. Продвижение этих планет к востоку становилось очевидным из сравнения с упомянутой неподвижной. Действительно, Юпитер с сопутствующими планетами был более соседним с ней, как видно на рисунке. Но в пятом часу восточная звезда, самая близкая к Юпитеру, отстояла от него на 1 минуту.

Двадцать восьмого числа в 1 час были видны только две звезды; восточная, отстоящая от Юпитера на 9 минут, и западная — на 2 минуты; они были достаточно заметными и на одной прямой; неподвижная звезда по перпендикуляру к этой прямой попадала на восточную планету, как указано на рисунке:

Вост. * ○ * Запад.
* неподвижная

Однако в 5 часу была замечена третья звездочка к востоку, отстоящая от Юпитера на 2 минуты в такой конфигурации:

Вост. * * ○ * Запад.

В первый день марта в 0 час. 40 минут были замечены четыре звезды все восточнее; из них самая близкая к Юпитеру отстояла от него на 2 минуты, следующая — на 1 минуту от этой, третья — на 0 минут 2 секунды (она была ярче других); более восточная отстояла от нее на 4 минуты и была меньше остальных. Они довольно точно вычерчивали прямую линию, только третья от Юпитера несколько подымалась вверх. Неподвижная звезда составляла равносторонний треугольник с Юпитером и более восточной (см. рисунок):

Вост. * * * * ○ Запад.
* неподвижная

Второго числа в 0 часов 40 минут были три планеты, две восточные, одна западная в такой конфигурации:

Вост. * * ○ * Запад.
* неподвижная

Более восточная отстояла от Юпитера на 7 минут, следующая была от нее на расстоянии 0 минут 30 секунд; западная была удалена от Юпитера на 2 минуты; крайние были больше и ярче последней, которая казалась довольно малой. Более восточная казалась несколько поднявшейся к северу от прямой линии, проведенной через остальные и Юпитера. Упомянутая неподвижная отстояла от западной планеты на 8 минут по перпендикуляру, проведенному из этой планеты к прямой линии, проходящей через все планеты, как показано на рисунке.

Мне захотелось приложить эти сопоставления Юпитера и прилежащих планет с неподвижной звездой, чтобы каждый мог по ним установить перемещения этих планет как по долготе, так и по широте и убедиться, что они точно совпадают с движениями, получающимися из таблиц.

Таковы наблюдения четырех Медичейских планет, открытых недавно и впервые мной. Хотя определить численно их периоды еще невозможно, но на их основании можно высказать нечто достойное замечания. Во-первых, так как они в подобных расстояниях, то следуют за Юпитером, то опережают его и удаляются от него, то к востоку, то и к западу, совершая лишь очень небольшие отклонения, то никто не может сомневаться в том, что они около него и совершают свои обращения, совершая все одновременно двенадцатилетние периодические движения вокруг центра мира. Кроме того, они совершают обращения по неодинаковым кругам; это очевидно из того, что в более значительных отклонениях от Юпитера никогда нельзя было видеть соединенными двух планет, тогда как вблизи Юпитера можно было найти близкие соседства двух, трех, а иногда и всех планет. Кроме того можно убедиться в том, что более быстрыми являются обращения планет, описывающих около Юпитера более тесные круги. Действительно, более близкие к Юпитеру звезды чаще представляются восточными после того, как накануне они были западными, и наоборот; но планета, движущаяся по наибольшему кругу, человеку, внимательно следящему за совершением намеченных заранее возвращений, покажется производящей восстановления в полмесяца. Кроме этого мы имеем великолепный и наяснейший довод для устранения сомнений у тех, которые спокойно относятся к вращению в коперниковской системе планет вокруг Солнца, но настолько смущаются движением одной Луны вокруг Земли, в то время как обе они совместно описывают вокруг Солнца годичный круг, что даже считают необходимым отвергнуть такое строение вселенной, как невозможное. Теперь мы имеем не только одну планету, вращающуюся вокруг другой, в то время как обе они обходят великий круг около Солнца, но наши чувства показывают нам четыре светила, вращающиеся вокруг Юпитера, как Луна вокруг Земли, в то время как все они вместе с Юпитером в течение 12 лет описывают большой круг около Солнца. Однако нельзя уклоняться от решения вопроса, по какой причине происходит то, что Медичейские светила, совершая в очень тесных границах вращения вокруг Юпитера, кажутся иногда вдвое больше самих себя. Причину этому невозможно искать в земных испарениях, ибо они кажутся нам увеличенными, или уменьшенными, в то время как размеры Юпитера и ближайших неподвижных звезд наблюдаются нами ничуть не изменившимися. К этому прибавляется еще то, что совершенно нельзя предпологать у них настолько значительные изменения расстояний от Земли в перигеях или апогеях их обращений, чтобы они могли послужить причиной таких изменений, ибо круговое вращение в узких границах никоим образом не может это произвести, а движение по овалу (которое в этом случае было бы почти прямоли-

нойным) немислимо и никак не может быть согласно с явлениями. Я охотно скажу, что в этом деле может помочь, и представляю на суд и критику всем правильно философствующим. Известно, что присутствие земных испарений заставляет Солнце и Луну казаться большими, а неподвижные звезды и планеты меньшими; поэтому вблизи горизонта Луна и Солнце кажутся большими, а звезды, и так небольшие, и большей частью незаметные, еще больше уменьшаются, если эти испарения залиты светом. Поэтому днем и в сумерках звезды кажутся очень слабыми, а Луна нет, как мы уже сказали. Кроме того, известно, что не только Земля, но и Луна окружена сферой испарений и таких, о которых мы уже говорили, но главным образом, других, о которых мы скажем подробно в нашей «Системе». Такое суждение мы с полным правом можем вынести и относительно других планет, поэтому не кажется немислимым, если мы предположим вокруг Юпитера сферу, более плотную, чем остальной эфир. Вокруг этой сферы обходят Медичейские планеты, как Луна вокруг сферы стихий; загоразживающее действие этой сферы и производит то, что в апогеях эти планеты кажутся меньшими, в перигеях же вследствие снятия, или утоньшения этого слоя, они кажутся большими. Продолжать далее мешает недостаток времени; пусть благосклонный читатель ожидает большего об этом через короткое время.

Перевод И. Н. Веселовского

А. ЭЙНШТЕЙН

О ГАЛИЛЕЕ И ЕГО «ДИАЛОГЕ»¹

«Диалог о двух главнейших системах мира» Галилея — это настоящая сокровищница знаний для каждого, интересующегося историей культуры Запада и ее влиянием на развитие политики и экономики.

Диалог раскрывает в Галилее человека, обладающего страстной волей, умом и смелостью. Это позволяет ему, представителю рационального мышления, бороться с кликой, которая, пользуясь невежеством народа и равнодушием учителей в облачении священников и профессоров, захватывает власть и стремится ее сохранить.

Необыкновенный литературный талант позволил Галилею обратиться к образованным людям своей эпохи, преодолеть антропоцентрическое и фантастическое мышление современников и вернуть их к объективному и причинному представлению о космосе, которое было утеряно с упадком греческой культуры.

Высказав это, я становлюсь жертвой широко распространенной слабости, свойственной всем, кто, опьянев от чрезмерного восхищения, преувеличивает масштабы своего кумира. Вполне возможно, что застой мысли, вызванный косной авторитарной традицией средневековья, в XVII в. уже настолько ослабел, что оковы устаревшей интеллектуальной традиции не могли больше держаться — с Галилеем или без него.

Но эти сомнения касаются лишь частного случая общего вопроса о том, в какой степени отдельная личность, чьи качества производят на нас впечатление неповторимых, может оказать влияние на течение истории человечества. Наша эпоха относится более скептически к подобным точкам зрения, чем это было в XVIII и первой половине XIX вв. При широкой специализации профессий и знаний личность в известной степени более «взаимозаменяема», подобно деталям машин массового производства.

К счастью, ценность «Диалога» как документа не зависит от нашего отношения к таким трудным вопросам. Прежде всего «Диалог» дает живое и убедительное представление о преобладавших тогда воззрениях на строение Вселенной.

Господствовавшее в раннем средневековье детски наивное представление о Земле, как плоском диске, связанное с неясными идеями о пространстве, заполненном звездами, и о движении небесных тел, давно было улучшено на основании мировоззрения греков, в частности, идей Аристотеля и последовательной пространственной концепции Птолемея о небесных телах и их

¹ Оригинал статьи не имеет названия, которое ему дано в публикуемом переводе. Это предисловие (под заголовком «Предисловие» статья и была напечатана) к английскому переводу «Диалога» (Galileo Galilei. Dialogue concerning the two chief world systems. Ptolemaic and Copernican. Transl. by S. Drake. Foreword by A. Einstein. Berkeley — Los Angeles, 1953). Написано оно в Принстоне в 1952 г.

движении. Представление о Вселенной, которое господствовало еще во времена Галилея, было приблизительно следующим.

Существует пространство и внутри его одна привилегированная точка — центр Вселенной. Материя, по крайней мере ее более плотная часть, стремится приблизиться к этой точке. Вследствие этого материя приняла приблизительно форму шара (Земля). Благодаря такому образованию Земли ее центр практически совпадает с центром Вселенной. Чтобы Солнце, Луна и звезды не падали к центру Вселенной, они укреплены на твердых (прозрачных) сферических оболочках, центры которых совпадают с центром Вселенной. Эти сферы вращаются вокруг неподвижного земного шара (или центра Вселенной) с несколько различными угловыми скоростями. Сфера Луны имеет самый малый радиус; она заключает все «земное». Наружные сферы со своими созвездиями представляют «небесную сферу», все объекты которой следует считать вечными, неразрушимыми и неизменными, в противоположность «нижней, земной сфере», замкнутой в лунной оболочке и содержащей все преходящее, бренное и «греховное».

Конечно, создание этой наивной картины нельзя ставить в вину греческим астрономам, пользовавшимся для представления движения небесных тел абстрактными геометрическими конструкциями. Последние с увеличением точности астрономических наблюдений становились все более и более сложными. Так как теории механики не существовало, астрономы старались упростить все сложные (кажущиеся) движения и свести их к наиболее простым, по их представлениям, — к равномерному круговому движению и положению таких движений. Приверженность к идее кругового движения, как истинно естественного, чувствуется еще у Галилея. Возможно это и помешало ему понять полностью принцип инерции и его основное значение.

Приведенная схема показывает, как идеи поздней Греции были грубо приспособлены к варварскому, примитивному складу ума европейцев того времени. Эти эллинистические идеи, хотя и не были каузальными, исходили из объективности бытия и отвергали анимизм — преимущество, которое, конечно, только условно можно признать по отношению космологии Аристотеля.

Защитить коперниковскую теорию и бороться за нее Галилея побуждало не только стремление упростить представление о движениях светил. Его цель была устранить окостеневшую и ставшую бесплодной систему идей в беспристрастной и упорной борьбе за более глубокие и последовательные представления о физических и астрономических фактах.

Форму диалога Галилею, быть может, подсказал блестящий пример Платона. Эта форма позволила Галилею использовать свой исключительный литературный талант для острого и яркого сопоставления мнений. Возможно на выбор формы повлияло и желание избежать таким путем необходимости принимать на себя в первом лице решение спорных вопросов, что грозило бы ему гибелью от рук инквизиции. Галилею было запрещено защищать теорию Коперника. Не говоря о революционном фактическом содержании, «Диалог» — это не лишняя юмора попытка внешне не преступать этого запрета римской курии, а фактически его игнорировать. К сожалению, Святая инквизиция не была способна оценить такой тонкий юмор.

Теорию неподвижности Земли основывали на гипотезе о существовании абстрактного центра Вселенной. Такой центр вызывает падение тяжелых тел на поверхность Земли, причем телам свойственно стремление приблизиться к центру Вселенной настолько, насколько это позволяет непроницаемость Земли. Это стремление приводит к идее о приблизительно шарообразной форме Земли.

Галилей возражает против введения этого «ничто» (центра Вселенной), которое влияет на материальные тела; он считает такое объяснение совершенно неудовлетворительным.

Галилей обращает внимание на то, что эта неудовлетворительная гипотеза мало что дает. Хотя она и объясняет сферическую форму Земли, но не объясняет сферические формы других небесных тел. Однако фазы Луны и фазы Венеры, которые он позднее обнаружил благодаря недавно изобретенному телескопу, доказали шарообразную форму и этих двух небесных тел; тщательное наблюдение солнечных пятен также доказывало шарообразную форму Солнца. Вообще уже во времена Галилея едва ли могли оставаться сомнения в шарообразности формы планет и звезд. Поэтому гипотеза «центра Вселенной» должна была быть заменена другой, которая объясняла бы шарообразную форму светил вообще, а не только Земли. Галилей ясно говорит, что должно существовать какое-то взаимодействие (стремление ко взаимному сближению) материи, из которой состоит звезда. Та же причина должна вызывать (после «отказа от центра Вселенной») свободное падение тяжелых тел на поверхности Земли.

Я хотел бы здесь отметить, что существует тесная аналогия между отказом Галилея от понятия центра Вселенной для объяснения падения тяжелых тел и отказом от гипотезы инерциальной системы для объяснения движения тел по инерции (последнее является основой общей теории относительности). Общим для обеих гипотез является введение абстрактного объекта со следующими свойствами.

1. Объект не представляет что-то реальное, подобное весомой материи (или «полю»).
2. Объект определяет поведение реальных предметов, но сам не подвержен никакому влиянию со стороны реальных предметов.

Введение подобных мысленных объектов, хотя и допустимое в какой-то мере с чисто логической точки зрения, несовместимо, однако, с научным инстинктом. Галилей понял также, что влияние тяжести на свободно падающее тело проявляется в постоянном вертикальном ускорении и что на это вертикальное движение падения может накладываться горизонтальное движение без ускорения.

Эти открытия уже содержат, по крайней мере качественно, основу теории, сформулированную позже Ньютоном. Однако у Галилея отсутствует, во-первых, общая форма принципа инерции, хотя его можно было бы легко вывести из закона Галилея о свободном падении тел путем расширения границ этого закона (переход к исчезающему вертикальному ускорению). Особенно не хватало идеи о том, что то же вещество небесного тела, которое создает на поверхности тела ускорение вертикального падения, может также вызвать ускорение другого небесного тела, и что такие ускорения могут вызвать вместе с инерцией вращательные движения. Но что было достигнуто, — это знание того, что присутствие массы (Земля) вызывает ускорение падения свободного тела (на поверхности Земли).

Теперь трудно представить ту огромную силу воображения, которая проявилась в точной формулировке понятия ускорения и в выражении его физического значения.

Поскольку понятие о центре Вселенной было, не без основания, отброшено, идея неподвижности Земли и вообще идея исключительной роли Земли лишилась внутреннего оправдания. Вопрос о том, что именно при объяснении движения небесных тел следует считать «покоящимся», стал, таким образом, вопросом целесообразности.

Вслед за Аристархом и Коперником излагаются преимущества, достигаемые, если принять Солнце неподвижным (по Галилею это не простое соглашение, а гипотеза, которая может быть «истинной» или «ложной»). Указывается, что проще допустить вращение Земли вокруг ее оси, чем общее вращение всех постоянных звезд вокруг Земли. Далее указывается на то, что при допущении вращения Земли вокруг Солнца движения внутренних и внеш-

них планет представляются однородными и устраняются или находят свое объяснение столь затруднительные обратные движения внешних планет.

Несмотря на серьезность этих аргументов, особенно в связи с обстоятельством, открытым Галилеем (Юпитер с его лунами представляет нам наглядно, в известной мере, систему Коперника в миниатюре), все же эти аргументы имеют только качественный характер. Поскольку человеческие существа привязаны к Земле, наши наблюдения никогда не дают нам «истинного» движения планет, а лишь пересечения направления взгляда Земля — планета со «сферой неподвижных звезд». Подкреплением системы Коперника, сверх качественных доводов, явилось бы только определение «истинных орбит» планет, а это проблема, казалось, почти непреодолимой трудности, была, однако, разрешена Кеплером (при жизни Галилея) истинно гениальным способом. То, что это решающее достижение не оставило следа в работах, которым Галилей посвятил свою жизнь, иллюстрация того факта, что творческие личности часто бывают невосприимчивы.

Галилей прилагал огромные усилия для доказательства, что гипотеза о вращении и обращении Земли не опровергается тем, что мы не замечаем никаких механических эффектов этого движения. Строго говоря, это намерение было неосуществимо из-за отсутствия полной теории механики. Я считаю, что именно в борьбе с этой проблемой демонстрируется особенно импонирующе оригинальность личности Галилея. Для Галилея, конечно, было важно также показать, что неподвижные звезды находятся настолько далеко, что параллакс, вызываемый годичным движением Земли, слишком мал, чтобы его можно было измерить при существовавшей в те времена точности измерений. Это исследование гениально, несмотря на его примитивность.

Стремление Галилея доказать механическое движение Земли ввело его в заблуждение при создании им его ошибочной теории приливов и отливов. Блестящие рассуждения, изложенные в последней беседе, сам Галилей признавал бы бездоказательными, если бы не его темперамент. Мне трудно удержаться от соблазна остановиться на этом вопросе более подробно.

Лейтмотивом в трудах Галилея мне представляется его страстная борьба против любых догм, опирающихся на авторитет. Только опыт и тщательные рассуждения он считал критерием истины. Теперь трудно представить, насколько опасной и революционной представлялась такая точка зрения во времена Галилея, когда одно сомнение в истинности мнений, оправданных лишь на авторитет, считалось преступлением, заслуживающим смерти. Мы и сейчас не так далеки от подобной ситуации, как льстят себя надеждой многие из нас; однако принцип беспристрастности мышления за это время, по крайней мере в теории, победил, и большинство людей готовы этот принцип формально подтвердить.

Часто утверждают, что Галилей — отец современного естествознания, так как он заменил спекулятивный, дедуктивный метод эмпирическим, экспериментальным методом. Я, однако, считаю, что такое утверждение невыдерживает критики. Нет эмпирического метода без спекулятивных конструкций понятий и систем, и нет спекулятивного мышления, в понятиях которого не обнаруживался бы при более подробном рассмотрении, эмпирический материал, являющийся источником этих понятий. Такое резкое противопоставление эмпирической и дедуктивной точек зрения вводит в заблуждение и совершенно чуждо Галилею.

Это подтверждается уже тем, что чисто логические (математические) системы, структуры которых совершенно не зависят от эмпирического содержания, выкристаллизовались лишь в XIX столетии. Кроме того, экспериментальные методы, которыми мог пользоваться Галилей, были настолько несовершенны, что лишь путем смелых спекуляций можно было заполнить пробелы в экспериментальных данных. Например, не существовало способов

измерения времени, короче секунды. Противопоставление эмпиризма рационализму не является предметом спора в трудах Галилея. Галилей возражал против дедуктивного метода Аристотеля и его последователей лишь тогда, когда он считал их предпосылки произвольными или несостоятельными, но и он не упрекал своих оппонентов в том, что они вообще применяют дедуктивные методы. В первом диалоге он подчеркивает в нескольких местах, что по Аристотелю даже наиболее правдоподобная дедукция должна быть отвергнута, если она несовместима с эмпирическими данными. С другой стороны, у Галилея логическая дедукция играет значительную роль. Его усилия были направлены не столько на то, чтобы «узнать», сколько на то, чтобы «понять». Но понять — это нечто иное, как сделать выводы из уже принятых логических систем.

Перевод Л. М. Бекасовой

Н. Б. ПОГРЕБЫССКИЙ
ГАЛИЛЕЙ И МАТЕМАТИКА

Великие заслуги и достижения Галилея в механике, оптике, астрономии, в создании нового научного метода обычно отодвигают в тень Галилея-математика.

О Галилее надо было бы говорить в истории математики даже если бы мы знали только список его учеников. Итальянская математика XVII в. представлена следующими учениками Галилея: Кавальери, Торричелли, Вивiani. Одно это обстоятельство в сочетании с тем, что Галилей не оставил собственно математических работ, если не считать определения центра тяжести различных фигур, должно было привлечь к нему внимание историков математики.

Галилей был и не мог не быть пропагандистом математики. Математика в общих концепциях Галилея играет существенную роль. Рассматривая материю как неограниченно делимую потенциально, Галилей допускал, что она состоит из «неделимых»; «неделимые» трактуются как геометрические точки, из них составляются другие геометрические образы. Неудивительно, что для Галилея книга природы написана геометрическими фигурами — образ, к которому он не раз обращался и который столько раз применяли после него. Но дело не только в этом. Природа у Галилея вечна и неизменна в своих закономерностях, но она не заботится о том, чтобы быть постижимой для человеческого разума. Наши чувства позволяют нам судить о явлениях природы, но показания их не всегда надежны. Мы переходим на твердую почву тогда, когда мы можем измерить воспринимаемые нами изменения, что позволяет представить их математически. Таким образом, математика не только язык науки, но и средство исследования. Но и это не все.

Как отмечалось, природа, по Галилею, не заботится о том, чтобы быть для нас постижимой. Это не агностицизм, наоборот, это призыв к активному познанию числом и мерой, потому что человеческий ум ограничен только в объеме познания, но не в глубине его. В тайны природы можно проникнуть. Математические истины познаны нами абсолютно. И когда данные опыта (не только простого наблюдения, а эксперимента) дают возможность математически представить некоторую закономерность, следовательно, у нас имеются достоверные знания. Это значит, что и в гносеологии Галилея математика занимает почетнейшее место не только, как орудие для описания и систематизации, но только как язык, но и как критерий истины. Если к этому добавить, что Галилей полностью владел методом математической дедукции — достаточно вспомнить латинский текст его «Бесед», то многообразное и первообразное значение математики в его философии, в его методе исследования, во всем его научном творчестве становится очевидным. А такие взгляды на математику высказывал прославленный ученый, который

был и образцовым стилистом, ставшим одним из классиков итальянской прозы, и блестящим диспутантом, поразительно находчивым и неотразимо убедительным. Галилей был, быть может, самым ярким пропагандистом математики за всю ее историю.

Но пропагандист науки — это еще не учитель в науке, а Галилей был им. Он мог быть и был учителем и воспитателем первоклассных математиков не потому, что занимая профессорскую кафедру, читал обязательные курсы геометрии (по Эвклиду) и астрономии, а потому что учил «высшей математике» греков — методам Архимеда и потому что давал образцы применения математики к исследованию явлений природы. Две замечательные кривые связаны с именем Галилея: цепная линия и циклоида. Его графики в «Беседах» содействовали внедрению такого наглядного метода в естествознание. Галилей стоит у истоков теории вероятностей. Он глубоко вдумывался в вопросы, касающиеся обоснования математики — о бесконечно малом и бесконечно большом.

Относящиеся сюда страницы «Бесед» показывают, что Галилей много размышлял над «парадоксами бесконечного» и пришел к заключениям, заслуживающим рассмотрения¹.

Вероятно те, кто читал «Беседы» в XVII и XVIII веках, знакомясь с дискуссией, составляющей «День первый», тщательно продумывали прежде всего то, что относится к строению материи. Галилей тоже придавал этому особое значение. Тот из собеседников, которому поручено излагать мысли автора, Сальвиати, берется доказать, что «в некоторой конечной непрерывной величине может существовать бесконечное количество пустот». Для этого он прибегает к кинематическим соображениям и тут допускает ошибку (она, кажется, не отмечена комментаторами): воплощение обычного «здорового смысла» Сагрето, который пробует возражать против кинематической иллюстрации Сальвиати — Галилея и быстро дает себя убедить², в данном случае прав.

Механика начала XIX в. такие вопросы решала без труда. Парадокс, излагаемый Сальвиати далее, когда он доказывает, что два равновеликих тела, изменяясь с сохранением равновеликости, могут обратиться (в пределе) одно в точку, другое — в линию, следовательно, линия может оказаться «равной» точке, исчезает, если учитывать порядок бесконечно малых, которыми Галилей здесь оперирует.

Это указано комментаторами, это могла расшифровать математика еще в конце XVII в. (если не раньше), да и сам Галилей чувствовал здесь натяжку. Сагрето у него отвечает Сальвиати: «Ваше рассуждение кажется мне таким тонким и удивительным, что я, если бы и мог, не хотел бы оспаривать его. Мне представляется почти преступлением разрушать такое прекрасное построение грубыми педагогическими нападками»³. Но дальше в связи с разбором других возражений против отстаиваемой им концепции неделимых, Галилей приводит от имени оппонента Симпличио такой довод: «Мы знаем наверное, что одной линии могут быть больше других; представляя их себе составленными из бесконечного множества точек, мы должны признать, что можем найти величины одного и того же рода, большие, нежели бесконечность, потому что бесконечное множество точек большей линии должно превышать бесконечное множество их меньшей линии. Такое признание одной бесконечности большей, нежели другая бесконечность;

¹ Мы не останавливаемся на том, в какой мере здесь сказываются связи со схоластической философией.

² Галилео Г а л и л е й. Соч., т. I. М.—Л., Гостехтеоретиздат, 1934, стр. 78. Пер. С. Н. Долгова, ред., предисловие и примечания А. П. Долгова.

³ Там же, стр. 82—83.

⁴ Там же, стр. 91.

представляется мне совершенно непостижимым»⁵. Ответ, который дает Сальвиати, поразителен:

«Сказанное вами относится к числу затруднений, происходящих вследствие того, что, рассуждая нашим ограниченным разумом о бесконечном, мы приписываем последнему свойства, известные нам по вещам конечным и ограниченным. Между тем, это неправильно, так как такие свойства, как большая или меньшая величина и равенство, не применимы к бесконечному, относительно которого нельзя сказать, что одна бесконечность больше или меньше другой или равна ей»⁶.

Конечно, нова и глубока мысль, в которой признается, что «логика» конечных величин недостаточна в области бесконечного. Замечание о неприменимости в этой области понятий равенства и неравенства оказалось неоправданным. Оно и было снято дальнейшим развитием, так как в математике приходилось иметь дело с бесконечными процессами и бесконечностями. Однако понимание того, что надо не навязывать здесь логику конечных величин, давалось с трудом и было достигнуто только во второй половине XIX в., прежде всего в работах основателя теории множеств Георга Кантора. При этом для введения соотношений равенства и неравенства было использовано как раз то взаимно однозначное соответствие бесконечных множеств, которым пользуется Галилей, чтобы подтвердить свои выводы относительно бесконечного.

Действительно, у Галилея Сальвиати приводит следующий пример, обращаясь к Симпличио: «Вы знаете..., что как произведения чисел называются квадратами, так и образующие их, то есть перемножаемые числа носят название сторон или корней; другие числа, не являющиеся произведением двух равных множителей, не суть квадраты. Теперь, если я скажу, что количество всех вместе — квадратов и не квадратов — больше нежели одних только квадратов, то такое утверждение будет правильным, не так ли?»

Симпличио: «Ничего не могу возразить против этого».

Сальвиати: «Если я теперь спрошу Вас, каково число квадратов, то можно по справедливости ответить, что их столько же числом, сколько существует корней, так как каждый квадрат имеет свой корень и каждый корень свой квадрат; ни один квадрат не может иметь более одного корня и ни один корень более одного квадрата»⁷.

Так Галилей обнаруживает, что бесконечное множество может находиться в однозначном соответствии со своей частью (множество всех натуральных чисел — корней — с множеством квадратов). Отсюда он делает вывод о неприменимости понятий равенства и неравенства к бесконечному. Передавая слова Сагрето, тем самым, вероятно, беря на себя меньшую ответственность за высказываемое, он подводит и к выводу, «что понятия «большой», «меньший», «равный» не имеют места не только между бесконечно большими величинами, но и между бесконечно большими величинами с одной стороны и конечными величинами — с другой»⁸. Сальвиати ошеломляет своих собеседников соображениями в пользу того, что «бесконечное, отыскиваемое среди чисел, как будто находит свое выражение в единице», как это несколько прощелски формулирует Сагрето⁹. Но все это не было для Галилея чем-то окончательным. Он ясно видел, что в этих вопросах истина еще не раскрылась перед ним. Ведь, начиная дискуссию, его Сальвиати говорит, что «человеческая речь не приспособлена для выражения таких понятий. Однако

я все же позволю себе изложить некоторые свои соображения, которые, хотя не исчерпывают вопроса, но могут представить некоторый интерес благодаря своей новизне»¹⁰. Сальвиати заканчивает обсуждение так: «Если это вам нравится, то примите мои выводы; если же нет, то считайте их ложными так же, как и мои рассуждения, и поищите других объяснений, более удовлетворительных. Я только напомину вам при этом два слова: «мы находимся в области бесконечных и неделимых»¹¹.

Этот лишенный всякого догматизма подход к принципиальным проблемам математики и призыв заняться ими составляет, быть может, самое ценное в том, что исторически можно назвать завещанием Галилея в математике.

¹⁰ Там же, стр. 87.

¹¹ Там же, стр. 127.

⁵ Там же, стр. 94—95.

⁶ Галилео Галилей. Соч., т. I. М.—Л., Гостехтеоретиздат, 1934, стр. 95.

⁷ Там же, стр. 95—96.

⁸ Там же, стр. 98.

⁹ Там же, стр. 115.

В. П. ЗУБОВ

АТОМИСТИКА ГАЛИЛЕЯ¹

При возрождении античной атомистики в ряде концепций XVI—XVII вв. физическая атомистика резко противопоставлялась математической. Для Галилея такое противопоставление было исключено его исходными гносеологическими принципами.

Галилей, как известно, четко определил свою гносеологическую позицию в 1623 г. в классическом произведении «Пробирщик» («Il Saggiatore»): объективно существуют пространственные и временные характеристики — формы, величины, движения; что же касается таких чувственных качеств, как цвет, теплота, вкус, запах и т. п., они всецело субъективны.

«Сразу же, когда я мыслю материю или телесную субстанцию, — писал Галилей, — я по необходимости мыслю вместе с тем, что она ограничена или определена той или иной формой (*figura*), что в сравнении с другими она велика или мала, что она находится в том или ином месте, в то или иное время, что она движется или покоится, что она прикасается или не прикасается к другому телу, что она одна или их несколько и много, и никаким воображением я не могу отделить материю от этих условий». Таковы объективные характеристики материального предмета. «Но что она материя или телесная субстанция должна быть белой или красной, горькой или сладкой, звучащей или беззвучной, иметь приятный или неприятный запах, в этом я не ощущаю никакого принуждения, заставляющего мой ум признавать, что с материей по необходимости сопряжены именно эти особенности. Более того: если бы у нас не было ощущений, то, быть может, рассудок или воображение сами по себе никогда не дошли бы до них». «Вот почему я думаю, — заключал Галилей, — что эти вкусы, запахи, цвета и т. д., по отношению к пред-

¹ Статья представляет часть книги «Развитие атомистических представлений с древности до начала XIX в.». Эта книга — итог многолетних исследований одного из крупнейших историков науки нашего времени Василия Павловича Зубова, скончавшегося в апреле 1963 г. Она закончена автором незадолго до смерти. В настоящее время книга подготовлена к печати и в 1964 г. выйдет в свет. В. П. Зубов предполагал опубликовать главу об атомистике Галилея в виде статьи, приурочив ее к 400-летию со дня рождения великого итальянского мыслителя. Поэтому публикуемая статья представляет законченный очерк, в котором освещаются взгляды Галилея на проблемы дискретности и континуума.

В статье сочинения Галилея цитируются по двадцатитомному «Национальному изданию» под редакцией Фаваро (Флоренция, 1890—1909). В скобках указываются страницы по русским переводам: «Рассуждение о телах, пребывающих в воде, и о тех, которые в ней движутся», пер. А. Н. Долгова, в книге «Начало гидростатики. Архимед, Стэвин, Галилей, Паскаль». М.—Л., 1933; «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки», пер. С. Н. Долгова. М.—Л., 1934; «Диалог о двух главнейших системах мира», пер. А. Н. Долгова. М.—Л., 1948.

В. П. Зубов в некоторых местах при сличении переводов с оригиналом внес в переводы исправления.

мету, в котором, казалось бы, они наличны, суть ничто иное, как простые слова, и пребывают они всецело в ощущающем теле, так что если удалить живое существо, то вместе с тем будут устранены и уничтожены все эти качества»².

Свой тезис Галилей пояснил следующим примером: когда прикасаются ладонью к мраморной статуе или к телу живого человека, движение самой руки остается то же самое. Однако живое тело испытывает различные ощущения в зависимости от того, к какой его части прикасаются — к ступню, колену и т. п.

Следовательно, заключал Галилей, это ощущение «всецело принадлежит нам (*è tutta nostra*)». Когда пером шекочут глаза, нос, щеки, щеко́тание почти невыносимо, между тем прикосновение его к другим частям тела едва ощущается. «Так вот, это щеко́тание всецело принадлежит нам, а не перу, и если удалить одушевленное и ощущающее тело, оно превращается в простое слово»³.

Галилей делает вывод: «Я не думаю, чтобы во внешних телах, для возбуждения в нас вкусов, запахов и звуков, требовалось что-либо иное, кроме величины, фигур, множества [тел] и движений, медленных или быстрых, и я полагаю, по устранении ушей, языков и носов остаются фигуры, числа и движения, но уже нет ни запахов, ни вкусов, ни звуков, каковые вне живого существа, думается мне, суть не более, чем слова, совершенно так же, как по более чем словом является осязание и щеко́тание после уничтожения подмышек и кожи около носа»⁴.

Конкретизацией этого общего тезиса о субъективности чувственных качеств явилась галилеевская теория теплоты и огня. Ощущение тепла производится «множеством мельчайших телец (*corpicelli minimi*)», имеющих такую-то форму и движущихся с такой-то скоростью. В огне «нет ничего, кроме формы, множества, движения, проникновения и прикосновения». Когда частицы огня находятся в покое (например, внутри куска негашеной извести), они не производят в нас ощущения тепла, и лишь тогда порождают его, когда приходят в движение (если, например, полить известь водой). Таким образом, не без основания было сказано, что «движение есть причина теплоты». «Это есть то движение, посредством которого сгорают стрелы и другие деревянные предметы, расплавляется свинец и другие металлы, — в то самое время, когда мельчайшие частицы (*i minimi*) огня, либо двигаясь быстро сами, либо, не имея достаточно собственной силы, гонимые стремительным дуновением мехов, проникают во все тела, и разлагают одни из этих тел на иные летящие минимальные частицы огня, другие — на мельчайшую мысль, а третьи расплавляют и делают жидкими как воду»⁵.

Из основного убеждения Галилея в объективности форм, величин и движений вытекал тезис, что главным орудием познания природы является математика. В том же «Saggiatore» находятся знаменитые слова: «Философия написана в величайшей книге, которая всегда открыта перед нашими глазами (я разумею вселенную), но ее нельзя понять, не научившись сначала понимать ее язык и не изучив буквы, которыми она написана. А написана она на математическом языке и ее буквы это — треугольники, дуги и

² Opere, t. VI, p. 347—348.

³ Там же, стр. 348.

⁴ Там же, стр. 350.

⁵ В более поздних сочинениях Галилей продолжал придерживаться той же точки зрения на плавление металлов, полагая, что, «получив свободу движения, частицы [металла] образуют жидкую массу и остаются в таком состоянии, пока между ними находятся частицы огня; после же того, как эти последние удаляются и оставляют прежнее пустоты, восстанавливается обычное их притяжение, а следовательно, и связность частей». Ср. Opere, t. VIII, p. 67 (русс. пер.: «Беседы...», стр. 76).

другие геометрические фигуры, без которых невозможно понять по-человечески ее слова; без них — тщетное кружение в темном лабиринте»⁶.

Для Аристотеля материя была началом несовершенства и неопределенности, вносящим элемент случайности в чистые математические формы. Математика, по Аристотелю, рассматривает в абстракции некоторые общие свойства материального предмета. В частности, она нацело отвлекается от движения. Когда приходят движение и материя, т. е. предмет становится более конкретным, он перестает быть однозначно определенным и ускользает от математического постижения. Тогда он уже является предметом «физики», т. е. науки в известном смысле противоположной математике, менее достоверной, но более конкретной.

Галилей был абсолютно чужд такому противопоставлению. В «Диалоге о двух величайших системах мира» он вложил в уста перипатетика Симплицио мнение, будто «в конце концов математические тонкости... истины в абстракции, в приложении же к чувственной и физической материи они не оправдываются»⁷. По Галилею, наоборот, «то, что имеет место в конкретном, имеет место и в абстрактном» и обратно. «Было бы большой неожиданностью, если бы вычисления и действия, произведенные над абстрактными числами, не соответствовали затем конкретным серебряным и золотым монетам и товарам». Ошибки, по Галилею, «не в абстрактном, не в конкретном, не в геометрии, не в физике, но в считающем, который не умеет правильно производить подсчет»⁸.

Так называемые «несовершенства материи», по Галилею, неспособны «запятнать чистейшие математические доказательства». Если, например, более крупные машины оказываются менее прочными, чем машины менее крупные, нельзя объяснить это тем, что первые в «большей степени причастны несовершенствам материи». Поскольку «материя неизменяема, т. е. всегда остается той же, ясно, что из нее как из вечного и необходимого состояния (affezzione) можно вывести доказательства не менее простые и чистые, чем прочие математические доказательства». По Галилею, «если отвлечься от всех несовершенств материи и предположить ее совершенной во всех отношениях, неизменяемой, лишенной всяких случайных перемен, уже одно то, что это есть материя, оказывается причиной, почему более крупная машина, построенная из того же материала, и в тех же пропорциях, что и меньшая, будет в точности соответствовать меньшей во всем, кроме прочности»⁹.

Понятно, следовательно, что Галилей не мог отгораживаться от проблем математической атомистики, решая вопросы о строении физического континуума. Математические аргументы, касающиеся «неделимых», теснейшим образом были связаны у него с проблемами строения материи. Это особенно наглядно проступает в первом же дне «Бесед», где, решая вопросы физической атомистики, он привлек старый пример «аристотелева колеса» и при его рассмотрении воспользовался античным понятием *vacuum disseminatum*.

Сначала Галилей заменяет окружности многоугольниками. Если для простоты взять шестиугольник, видно, что, двигая больший шестиугольник по прямой и заставляя последовательно совпадать с ней его стороны, при полном его обороте на линии *AS* получается отрезок, равный его периметру. Между тем точка *C* меньшего шестиугольника во время движения большего не остается на прямой *GV* и движется по искривленной линии, а потому после полного оборота отрезок на *GV*, равный отрезку на *AS*, не будет равен просто периметру меньшего шестиугольника, но периметру плюс интервалы или промежутки. Чем больше у многоугольника сторон, тем меньше эти интер-

валы или скачки, и при бесконечно-большом числе сторон число их бесконечно возрастает, а величина бесконечно убывает¹⁰.

По Галилею, «в кругах (представляющих собою многоугольники с бесконечным множеством сторон) линия, пройденная бесконечным множеством сторон большего круга, следующих непрерывно одна за другой, уравнивается по длине с линией, пройденной бесконечным множеством сторон меньшего круга, но и в этом случае со включением стольких же пустот между ними. А так как стороны не имеют величины (non son quanti) и их бесконечно много, то и их промежуточные пустоты между ними также не имеют величины и их бесконечно много. В первом случае имеется бесконечное множество точек, из которых все полные, во втором — бесконечное множество точек частью полных, частью пустых»¹¹.

То, что было сказано о линиях, применимо, по Галилею, к поверхностям и телам, если рассматривать их, как «состоящие из бесконечного множества атомов, не имеющих величины (infiniti atomi non quanti)». Разделяя их на части, имеющие величину, нельзя расположить их в большем пространстве, не образуя пустых промежутков между ними. Но если подразумевать «глубочайшее и последнее разделение на первые составные части (primi componenti), не имеющие величины (non quanti) и бесконечно-много (infiniti)», то, полагает Галилей, такие части, имея бесконечное множество пустых промежутков, лишенные величины, способны занимать разные поверхности и объемы; возможно «расширить, например, маленький золотой шарик до огромного объема, не допуская пустот, имеющих величину, однако при непрерывном допущении, что золото состоит из бесчисленного множества неделимых»¹².

Следовательно, если принять, что тела состоят из неделимых, можно, по мнению Галилея, «понять и явления разрежения и сгущения тел, не прибегая для объяснения первого к признанию пустых промежутков, а второго — к проникновению одних тел в другие»¹³.

Участник диалога, перипатетик Симплицио, искушенный в тонкостях традиционной схоластической философии, замечает, что «такое составление линии из точек, делимого из неделимых, величины (il quanto) из невеличины (non quanti) представляет непреодолимые трудности». Не менее хорошо осведомленный Сальвиати — Галилей отвечает ссылкой на то, что «мы находимся среди величин бесконечно-больших и неделимых»¹⁴. Галилею хорошо известны также старые соображения о том, что «одно неделимое, прибавленное к другому неделимому, не дает делимую величину», что «линию, состоящую из нечетного числа частиц, нельзя разделить пополам» и т. п. И в этом случае он отвечает ссылкой на то, что хотя «десять, сто и тысяча частиц не могут составить конечной делимой величины, ибо для этого их потребуется бесконечное множество»¹⁵.

¹⁰ См. рис. в кн.: «Беседа», стр. 79. Ср. более подробный вывод дальше: «меньший многоугольник опишет и пройдет по своей параллели линию, равную своему периметру; больший же пройдет линию меньшую, чем его периметр, на величину *nB*, повторенную столько раз, сколько у него сторон». Иначе говоря, «концы сторон многоугольника остаются при вращении на протяжении некоторого времени неподвижными, и этот промежуток времени равен времени полного обращения многоугольника, разделенному на число его сторон. В круге пребывания в покое концов бесчисленного множества его сторон длится одно мгновение, ибо мгновение составляет такую же часть времени, имеющего величину (tempo quanto), какую точка составляет в отношении линии, содержащей таких точек бесчисленное множество». Opera, t. VIII, p. 94—95 (русск. пер.: «Беседы...», стр. 124—125, см. рис. на стр. 123).

¹¹ Там же, т. VIII, стр. 71 (русск. пер., там же, стр. 84).

¹² Там же, стр. 72 (русск. пер., там же, стр. 85—86).

¹³ Там же, стр. 93 (русск. пер., там же, стр. 122).

¹⁴ Там же, стр. 72—73 (русск. пер., там же, стр. 86—87).

¹⁵ Там же, стр. 76 (русск. пер., там же, стр. 94).

⁶ Opera, t. VI, p. 232.

⁷ Opera, t. VII, p. 229 (русск. пер.: «Диалог...», стр. 158).

⁸ Там же, стр. 233—234 (русск. пер., там же, стр. 161).

⁹ Opera, t. VIII, p. 51 (русск. пер.: «Беседы...», стр. 49—50).

Галилей берет то понятие бесконечности, которое, как мы уже видели, столь осложняло средневековые споры о неделимых и континууме, и признает, что «бесконечное как таковое (per se solo) непостижимо, равно как неделимые»¹⁶.

Симплично повторяет старое возражение: «признание одной бесконечности, большей, нежели другая бесконечность, представляется мне совершенно непостижимым»¹⁷. Сальвиати — Галилей отвечает, что «такие свойства, как большая или меньшая величина и равенство неприменимы к бесконечному»¹⁸. «Сильно заблуждается тот, кто хочет рассуждать о бесконечных множествах (gli infiniti), прибегая к тем же самым атрибутам, которые мы прилагаем к множествам конечным, тогда как природа тех и других не имеет между собою никакого соответствия»¹⁹.

Повторяя аргументы, напоминающие рассуждения Николая Кузнецкого и Джордано Бруно о максимуме и минимуме, Галилей пытается доказать, что бесконечно большой круг «на столько меняет свое бытие (essere), что полностью теряет свое бытие и возможность своего бытия»²⁰. Если из конечных точек *A* и *B* провести попарно линии, которые относятся друг к другу, как отрезки *AC* и *BC*, то все точки пересечения этих линий будут лежать на окружности одного и того же круга. Круг этот будет тем больше, чем ближе точка *C* лежит к середине линии *AB*. Если же взять точку *O*, это будет окружность круга, который больше всех прочих больших (maggiore di tutti gli alti massimi), т. е. круга, который бесконечно велик. В то же время это будет и прямая линия²¹.

«Вдумайтесь теперь, какая разница между кругом конечным и бесконечным»²².

По Галилею, конечный континуум состоит из бесконечного множества частей, но части эти могут быть только частями, не имеющими величины, так как бесконечное множество частей, имеющих величину, дало бы бесконечно большую величину. В данном случае не играет роли традиционное перипатетическое различие актуального и потенциального: будут ли существовать части актуально или потенциально, от этого величина самого континуума не изменится, — «существуют ли обе половины, все четыре четверти и т. д. актуально или потенциально, единица остается единицей»²³.

Следовательно, «нельзя избежать заключения, что линия состоит из бесконечного множества неделимых, потому что, предполагая деление и подразделение, которое возможно постоянно продолжать дальше, мы предполагаем и бесконечное множество частей, причем эти последние, по сказанному, могут быть только частями, не имеющими величины или «неделимыми». По Галилею, «самая возможность продолжать деление на части приводит к необходимости сложения (composizione) из бесконечного множества невеличин (di infiniti non quanti)»²⁴.

¹⁶ Opera, t. VIII, p. 76 (русск. пер., там же, стр. 93).

¹⁷ Там же, стр. 78 (русск. пер., там же, стр. 95).

¹⁸ Там же. Ср. т. VIII, стр. 79—80 (русск. пер., там же, стр. 97—98).

¹⁹ Там же, стр. 83 (русск. пер., там же, стр. 105).

²⁰ Там же, стр. 85 (русск. пер., там же, стр. 108).

²¹ См. рис. в кн.: «Беседы...», стр. 106.

²² Там же, т. VIII, стр. 85 (русск. пер., там же, стр. 107—108). Ср. дальше: «Итак, бесконечное, если его искать среди чисел, как будто кончается в единице; из неделимых рождается постоянно делимое; пустота, по-видимому, оказывается неразрывно связанной с телами и рассеянной между их частями. Словом, здесь наши обычные воззрения меняются настолько, что даже окружность круга становится бесконечной прямой линией» (т. VIII, стр. 89, русск. пер., там же, стр. 115).

²³ Там же, т. VIII, стр. 80.

²⁴ Там же (русск. пер., там же, стр. 99).

Соответственно Галилей рассматривает длину окружности как периметр многоугольника с бесконечным множеством сторон (нулевой длины, т. е. не отличающихся от точки)²⁵ и пишет: «Подобно тому, как многоугольник, вращаемый на плоскости, образует последовательным прикосновением своих сторон прямую линию, равную его периметру, так и круг, катящийся по такой плоскости, вычерчивает посредством бесчисленного множества последовательных соприкосновений прямую линию, равную его собственной окружности»²⁶.

Отказ от рассмотрения бесконечных множеств с точки зрения потенциальности и актуальности и стремление «различать и разрешать все бесконечное множество частей разом» Галилей рассматривал, как «изобретение, в котором ему не следовало бы отказать», полагая, что такое решение способно удовлетворить и перипатетиков, которые, по их словам, также вправе допустить «подобное строение континуума из абсолютно неделимых атомов»²⁷.

Напомним, что приведенные рассуждения Галилея не были для него только математическими и что он вкладывал в них физический смысл. Подтверждения тому, что тела состоят из бесчисленного множества неделимых, он искал в опыте, ссылаясь, например, на опыты золочения и вычисления, что при вытягивании позолоченного серебряного цилиндра длиной в $\frac{1}{2}$ локтя и толщиной в 3—4 дюйма и превращении его в нить длиной в 20000 локтей толщина слоя позолоты составит $\frac{1}{20}$ часть толщины листка сусального золота. «Вдумайтесь, какова тонкость этого слоя, и можно ли ее представить себе без огромного растяжения (distrazione) частей? И не кажется ли вам, — этот опыт склоняет к тому, что и физические вещества состоят из бесчисленного множества неделимых?»²⁸.

По мнению Галилея, вода разлагается на мельчайшие частицы, «более тонкие, чем любой мельчайший порошок и лишённые всякой консистенции», т. е. на неделимые, «весьма отличные от мельчайших конечных и делимых частиц»²⁹. Такого взгляда он держался и в своих трудах по гидростатике, где оспаривал мнение перипатетиков, связывавших погружение и всплывание тел с их формой, способной лучше или хуже разделять среду; широкое тела разделяют среду хуже, чем узкие и тонкие, а потому и остаются на поверхности.

По Галилею, жидкость уже разделена актуально на мельчайшие частицы, а потому речь может идти не о разделении среды, а о раздвигании частиц среды. «Сопротивление, ощущаемое при движении в воде, может быть уподоблено тому затруднению, какое мы испытываем, продвигаясь вперед через большую толпу народа, где ощущаем препятствие не вследствие трудности разделения, так как мы не разделяем никого из составляющих толпу, но только вследствие необходимости раздвигать в стороны уже разделенных и не связанных друг с другом людей. Такое же сопротивление мы испытываем, вытаскивая дерево из песчаной кучи, — не потому, что надо разделять какие-либо части песка, а только потому, что надо передвигать и поднимать их»³⁰.

Правда, Галилей в 1612 г. заявлял, что «еще пока не решил окончательно, следует ли считать воду и другие жидкости, состоящими из частей непрерывных или только прилегающих друг к другу», но скорее склонен был признать второе. Он ссылаясь при этом на «большое различие, наблюдаемое между смыканием частей твердого тела и смыканием тех же частей, когда то же самое тело сделано жидким и текучим». В самом деле: если взять кусок сереб-

²⁵ Там же, т. VIII, стр. 92 (русск. пер., там же, стр. 120).

²⁶ Там же, стр. 92 (русск. пер., там же, стр. 121).

²⁷ Там же, стр. 93 (русск. пер., там же, стр. 121—122).

²⁸ Там же, стр. 98—99 (русск. пер., там же, стр. 132).

²⁹ Там же, стр. 86 (русск. пер., там же, стр. 109).

³⁰ Opera, t. IV, p. 105 (русск. пер.: «Рассуждение...», стр. 288).

ра или другого металла, холодного и твердого, то, разделяя его на две части, можно почувствовать не только сопротивление, ощущаемое при простом передвижении, но несравненно большее, зависящее от той силы, которая держит частицы связанными. Такое сопротивление будет тем меньше, чем мельче разделяемые части. «Когда же, наконец, применяя тончайшие и острейшие орудия, каковы наиболее тонкие частицы огня, посредством их мы расилавим кусок металла, быть может, до последних и мельчайших его частиц, в них уже не останется больше не только сопротивление разделению, но даже и возможность к дальнейшему разделению, во всяком случае посредством орудий более грубых, чем острые частицы огня». При этом, если «все же и останутся части, способные к дальнейшему разделению, то осуществлено оно может быть лишь посредством орудий еще более острых, чем огонь».

«Итак, — заключал Галилей, — твердые тела, погруженные в воду, только движутся, но не разделяют ее частей, которые уже разделены до крайних пределов. Вот почему, поскольку они могут быть приведены в движение вместе в большом, в малом и в очень малом числе, они сразу уступают место любому малому телу, которое в них погружается, ибо как бы мало и легко оно ни было, опускаясь в воздухе и достигая поверхности воды, оно находит частицы воды еще более мелкие и с еще меньшим сопротивлением движению и вытеснению их, чем его собственная давящая и вытесняющая сила»³¹.

С «мельчайшим и глубочайшим разложением на действительно неделимые атомы (*ultima ed altissima risoluzione in atome realmente indivisibili*)» Галилей связывал далее явления света в отличие от теплоты, представляющей, по его мнению, движение более крупных частиц³².

Наконец, в механике Галилей оперировал такими понятиями, как «бесконечное множество градусов скорости», «бесконечное множество точек», «бесконечное множество линий», «совокупность и сумма всех (мгновенных) скоростей» и т. п.³³

Во всех случаях «неделимые» оказывались величинами $n - 1$ измерения по сравнению с образуемым ими континуумом n измерений: тела состоят из поверхностей, поверхности из линий, линии из точек.

Утверждали иногда, что Галилей продолжил традицию Демокрита³⁴. С гораздо большим основанием можно говорить, однако, о традиции Архимеда³⁵. Ведь мы знаем, что по Демокриту континуум слагался из элементов того же рода (тела из мельчайших тел и т. д.), тогда как у Архимеда речь шла об элементах $n - 1$ порядка. Да и Галилей подчеркивал зависимость своих рассуждений о движении именно от Архимеда³⁶.

В «Рассуждении о телах, пребывающих в воде» Галилей не встал на точку

³¹ Opere, t. IV, p. 106 (русск. пер., там же, стр. 289—290). Позднее, в «Беседах» Галилей писал о заблуждении тех философов, которые «падают воду вязкостью (*viscosità*) или иною связностью частей, заставляющей ее противиться разделению и проникновению». Opere, t. VIII, p. 115 (русск. пер.: «Беседы...», стр. 155).

³² Il Saggiatore, Opere, t. VI, p. 352.

³³ Подробнее см. в нашей статье «У истоков механики» в книге А. Т. Григорьян, В. П. Зубов. Очерки развития основных понятий механики. М., Изд-во АН СССР, 1962, стр. 144—158.

³⁴ Наиболее прямолинейно это сделал Левенгейм (L. L ö w e n h e i m. Die Wissenschaft Demokrits und ihr Einfluss auf die moderne Naturwissenschaft. Berlin, 1914; в то же, Der Einfluss Demokrits auf Galilei. «Archiv für Geschichte der Philosophie», 1894, Bd. 7, S. 230—268). Показательно, что Левенгейм отодвигал на второй план «Discorsi» как произведение «старческого периода» и противопоставлял его произведениям «времени расцвета»; иначе он и не мог поступить, так как приведенные тексты из «Discorsi» действительно не имеют ничего общего с демокритовским атомизмом.

³⁵ Много ценных соображений по этому поводу см. у А. К о у г ё. Etudes galiléennes. Paris, 1939.

³⁶ Подробнее см. А. Т. Григорьян, В. П. Зубов. Очерки развития основных понятий механики..., стр. 114 и 143.

зрения Демокрита против Аристотеля, а объективно рассмотрел обе позиции, лишь частично соглашаясь с Демокритом по частным вопросам³⁷.

Галилей с Демокритом рождало отрицание существования «легких» тел. Уже в раннем сочинении «О движении» (относящемся примерно к 1590 г.) Галилей решительно отверг аристотелевское деление тел на тяжелые и легкие. «Ни одно тело не лишено тяжести; все тела тяжелы, одни больше, другие меньше в зависимости от того, является ли их материя более уплотненной (*constipata*) и сжатой (*compressa*), или же, наоборот, разлитой (*diffusa*) и распространенной (*extensa*). Отсюда следует, что нельзя назвать огонь абсолютно легким, т. е. лишенным всякой тяжести, ибо это есть свойство пустоты»³⁸. Галилей вспоминает о «мнении древних философов», полагавших, что материя всех тел одна и «те из тел тяжелее, которые в более тесном пространстве содержат больше частиц этой материи, как утверждали эти философы, быть может незаслуженно опровергаемые Аристотелем в книге сочинения «О небе»³⁹.

Таким образом, здесь Галилей связал свои утверждения с утверждениями древних атомистов Левкиппа и Демокрита. Но и здесь нельзя забывать, что такова была точка зрения Архимеда, не признававшего существования абсолютно легких тел.

В соответствии со своей общей механистической концепцией и отрицанием объективного существования качеств Галилей был противником представлений о всякого рода «симпатиях» или действиях, далее не объяснимых сил.

В «Беседах» в ответ на слова аристотелика Симплицио, пытавшегося свести притяжение к «симпатии», т. е. к определенному соответствию и взаимному стремлению (*appetito*), рождающемуся в вещах, сходных друг с другом по качеству, Сагрето отвечает: «Такой способ философствования, мне кажется, обладает большим сходством с живописной манерой одного моего друга, который писал на полотне мелом: «хочу, чтобы здесь был источник с Дианой и ее нимфами; там — несколько борзых; с этого края хочу, чтобы был охотник, имеющий голову оленя; остальное — поле, роща и холмики», прочее он предоставлял живописцу писать красками, и так убеждал себя, будто он сам написал случай с Актеоном, не поместив туда от себя ничего, кроме слов»⁴⁰.

Более прочное сцепление куска железа с оправой магнита, чем с самим магнитом, Галилей пытался объяснить различием в соприкосновении частиц: «субстанция железа имеет частицы более тонкие, чистые и уплотненные, чем частицы магнита, которые более грубы, менее чисты и более редки; отсюда следует, что поверхности двух приводимых в соприкосновение кусков железа, если они тщательно выровнены, вычищены и отполированы, соединяются настолько точно, что все бесчисленные точки одной встречаются с бесчисленными точками другой, и потому нитей (если можно так выра-

³⁷ Не вдаваясь в подробности, отметим лишь одну ошибку в переводе А. Н. Долгова, которая, к сожалению, была повторена в ряде книг и статей (например, в сборнике: «Демокрит в его фрагментах и свидетельствах древности». М., 1935, стр. 101 и других местах). Слова «*et, dunque, la falacia più nel discorso d'Aristotile che in quello di Democrito*» означают «ошибка скорее в рассуждении Аристотеля, чем в рассуждении Демокрита», а вовсе не «в рассуждении Аристотеля, таким образом, больше ошибок, чем в рассуждении Демокрита».

³⁸ Opere, t. I, p. 360. Ср., т. I, стр. 293: «и легчайшее тело не есть то, которое лишено всякой тяжести (ибо такова пустота, а не какое-либо тело), но легчайшее тело есть то, которое менее тяжело, чем другие, имеющие тяжесть». Также см. т. I, стр. 377: «говори совсем коротко, есть в природе нечто наиболее тяжелое и нечто наиболее легкое, т. е. наделенное наименьшей тяжестью».

³⁹ Там же, стр. 252—253.

⁴⁰ Discorsi, Opere, t. VIII, p. 436.

зяться), которые связывают оба куска железа, значительно больше, чем нитей, связующих магнит с железом».⁴¹

Непосредственно с идеями Галилея были связаны концепции его учеников Ковальери (1598—1647) и Торричелли (1608—1647) с той разницей, что понятие «неделимых» применялось обоими преимущественно при математических операциях, а физическое истолкование этого понятия, его приращение к физическому миру осталось в тени.

В 1635 г. в Болонье Кавальери опубликовал труд под заглавием «Геометрия, изложенная новым способом при помощи неделимых непрерывного»⁴². Двенадцать лет спустя, в 1647 г., посчитавшись с возражениями противников, он опубликовал другой труд под заглавием «Геометрические опыты»⁴³.

В первых шести книгах «Геометрии» и в последней седьмой Кавальери воспользовался разными методами. Разница эта была им впоследствии в «Опытах» определена так: в первом случае исходным являлось сравнение совокупностей всех линий плоских фигур или совокупности всех плоскостей тел; во втором случае — сравнение любой линии одной фигуры с линией другой, или любой плоскости одного тела с плоскостью другого. Иначе говоря, термин *omnes* в первом случае брался в коллективном или собирательном значении («все вместе»), во втором случае — в значении дистрибутивном или распределительном («все», т. е. каждый в отдельности).

Если взять две фигуры и сравнивать в них линии, параллельные некоторой данной прямой, называемой их *регулой*, то такое сравнение можно производить двояко: либо рассматривать фигуры как совокупность «всех линий» и сравнивать одну совокупность с другой, либо сравнивать в отдельности какую-либо одну линию первой фигуры с соответствующей ей линией второй фигуры. Если «все линии» одной фигуры, взятые вместе, равны «всем линиям» другой, взятым вместе, то и сами фигуры равны, и наоборот, если фигуры равны, то и «все линии» одной фигуры равны «всем линиям» (вместе взятым) другой. Таков исходный пункт первого метода. Второй метод основан на следующем положении: «если любая линия, параллельная общей регуле, при сравнении с любой линией, составляющей ее продолжение, окажется равной этой последней, то и самые фигуры будут равны». Здесь Кавальери обходился, следовательно, без понятия «все линии», во всяком случае явно выраженного.

В книге 7 «Геометрии» Кавальери объяснил, почему он ввел этот второй метод: чтобы избежать упреков противников по адресу первого и дабы показать, что оба приводят к одним и тем же результатам, и тем самым оправдана правомерность первого метода.

В обоих случаях, следовательно, «неделимые» мыслились как величины $n-1$ измерения по сравнению с континуумами n измерений. Также было у Галилея и еще раньше у Архимеда, но не у Демокрита.

По Кавальери, вовсе нет необходимости признавать, что континуум «состоит» из неделимых, чтобы решать предлагаемые им задачи. «Единственно, что мы намеревались доказать, было: отношение между континуумами соответствует отношению между неделимыми и наоборот»⁴⁴.

⁴¹ Opere, t. VIII, p. 433.

⁴² В. Cavalieri. Geometria indivisibilibus continuorum nova quadam ratione promota. Bononiae, 1635. Русский перевод С. Я. Лурье: Б. Кавальери. Геометрия, изложенная новым способом при помощи неделимых непрерывного, т. I. М.—Л., 1940.

⁴³ В. Cavalieri. Exercitationes geometricae sex. Bononiae, 1647. Поучительные соображения о методе Кавальери см. у А. Кюри. Bonaventura Cavalieri et la géométrie des continus. «Actes du VII^e Congrès international d'histoire des sciences (Jérusalem, 4—12 août 1953)». Paris, s. a., p. 405—410; то же в более подробной редакции: «Eventail de l'histoire vivante. Hommage à L. Febvre», vol. I. Paris, 1953, p. 319—349.

⁴⁴ Geometria, lib. VII, p. 2.

Предполагать ли, что континуум есть совокупность неделимых и ничего больше, или предполагать, что он есть нечто большее (т. е. между неделимыми в промежутках расположено нечто иное), указанное соотношение не изменится. В первом случае (предполагая, что континуум есть совокупность неделимых и ничего больше), если нельзя сравнивать совокупности неделимых, то нельзя было бы сравнивать и континуумы, являющиеся, по предположению, ничем иным, как эти самые совокупности. Во втором случае, «если континуум есть нечто иное помимо самих неделимых, необходимо признать, что это иное расположено в промежутках между неделимыми. Получается, следовательно, что этот континуум разъединим на составляющие его части, число которых неопределенно велико (*indefinitum*), ибо с одинаковым правом мы должны признать, что между любой парой неделимых находится нечто из того, что было допущено нами как существующее в континууме помимо неделимых (ведь на том самом основании, на каком мы вправе отрицать, что оно существует между какими-нибудь двумя неделимыми, можно будет отрицать и его существование между прочими неделимыми). А если это так, нам невозможно будет сравнивать и самые континуумы (или, что то же, и самые пространства), поскольку те части, из которых континуумы составлены и чьи совокупности сравниваются между собой, неопределенны по числу (*numero indefinitae*).

Однако нелепо утверждать, что ограниченные континуумы нельзя сравнивать друг с другом; следовательно, нелепо утверждать, что нельзя сравнивать друг с другом совокупности всех линий или всех плоскостей каких-либо двух фигур или тел, хотя бы те части, из которых эти совокупности составлены и были неопределенны по числу, ибо эта неопределенность не препятствует сравнению совокупностей, как не препятствует сравнению и самих континуумов друг с другом. Итак, независимо от того, состоит ли континуум из неделимых или не состоит, совокупности неделимых сравнимы между собой, и величины их стоят в определенном отношении друг к другу»⁴⁵.

«Я утверждаю, — писал Кавальери позднее в «Опыте III», — что если сравниваются между собой непрерывные континуумы, то с равным правом можно сравнивать между собой и совокупности (*aggregata*) неделимых и этому не противоречит то обстоятельство, что актуально континуум не разделен на бесконечное множество своих частей. Допустим, например, что равные квадраты разделены (хотя это и невозможно сделать *de facto*) на бесконечное множество своих частей, — само собой разумеется, что совокупности этих бесконечных многих частей, на которые разложены были квадраты, не отличаются по величине от самих квадратов, ибо целое равно совокупности всех своих частей, вместе взятых. Итак, поскольку самые квадраты сравнимы друг с другом, сравнимы и совокупности этих бесконечно многих частей. Следовательно, с тем же правом можно сравнивать и совокупности неделимых, хотя бы их было бесконечно много... Ведь нет необходимости все их актуально указывать в континууме для того, чтобы сравнивать их совокупности, но достаточно, чтобы интеллект на основании некоторого конечного числа их постигал самые их совокупности и обнаруживал их отношение между собой»⁴⁶. Кавальери ссылается на пример отношения иррациональных корней, например, отношения $\sqrt{20}$ и $\sqrt{5}$: точное значение обоих корней нам неизвестно, но отношение между ними равно 2.

В этом смысле Кавальери отмежевался от Кеплера, который «можно сказать, составляет (*componit*) из мельчайших тел тела более крупные и пользуется ими как слагаемыми (*tanquam concurrentibus*)»⁴⁷ вместо того,

⁴⁵ Geometria, p. 17—18 (русск. пер.: «Геометрия...», стр. 207—208).

⁴⁶ Exercitationes..., t. III, p. 204—205 (русск. пер., там же, стр. 55—56).

⁴⁷ Там же, стр. 180.

чтобы исследовать отношения между совокупностями неделимых $n - 1$ измерения.

Кавальери хорошо знал старинные «софизмы бесконечного». Его учитель Галилей предлагал «вовсе исключить бесконечность из математических рассуждений». Его противник Гульдин, держась традиционной точки зрения, возражал Кавальери, что совокупности бесконечного числа членов не могут быть сравнимы между собой⁴⁸.

Кавальери различал бесконечность абсолютную (*simpliciter*) и относительную (*secundum quid*). К первой ничего нельзя прибавить. Примером второй является бесконечность точек в конечном отрезке линии, — к такой бесконечности можно прибавлять, как это очевидно.

«Эти совокупности неделимых мы трактовали не в том смысле, что вследствие бесконечного множества линий или плоскостей они оказываются стоящими в бесконечном отношении друг к другу, а в том смысле, что им присущи некое свойство и некая природа конечности, отчего они и способны возрастать и убывать»⁴⁹.

Говоря о сравнении «всех линий», Кавальери считал нужным ввести дополнительные ограничения. Он требовал, чтобы совокупности «всех неделимых» в двух сравниваемых фигурах были «всегда составлены по некоторому однообразному правилу, или исходя из одной и той же степени густоты или частоты, какой бы эта степень ни была». Так, например, если один квадрат вырезан из более частой ткани, а другой — из более редкой, они не обладают равными между собой совокупностями ниток.

Другой пример. Предположим, что плоскость AB движется по направлению к GH , оставаясь все время параллельной своему первоначальному положению AB . «Текущая плоскость» (*planum fluens*) в любой момент (*quolibet momento*) будет обозначать прямые: на параллелограмме $KLMJ$ — прямые PQ , RS , LM на параллелограмме $KNOJ$ — прямые TV , XY , NO . Каждая линия $KLMJ$ равна соответствующей линии $KNOJ$, но «все линии» фигуры $KLMJ$ получаются из «перпендикулярного прохождения текущей плоскости», а «все линии» фигуры $KNOJ$ из «наклонного прохождения» ее же. Первый параллелограмм соответствует более частой ткани, второй — более редкой, и обе фигуры, очевидно, не равны⁵⁰.

Другое ограничение, введившееся Кавальери, становится ясным при разборе популярной в его время задачи, впервые рассмотренной Лука Валерио⁵¹. Фигура, изображенная на чертеже, вращается вокруг оси CF . Тогда фигура ADF образует «чашу», а треугольник CDF — конус. Если провести где угодно плоскость, параллельную основанию DE , то площадь любого кольцевого сечения внутри «чаши» будет равна площади соответствующего кругового сечения внутри конуса⁵². А если это так, что все сечения «чаши» равны всем сечениям конуса, т. е. «чаша» равновелика конусу.

Мы сказали: все сечения «чаши» и конуса. Но нужно исключить один случай: предельного положения AB , когда сечение «чаши» получается равным окружности радиуса AC , а сечение конуса равным точке.

Галилей, разбирая этот пример, не остановился перед парадоксальным утверждением, что и в этом предельном случае имеет место равенство: так как уменьшение обоих тел («чаши» и конуса) по мере того, как сечение производится все выше (т. е. ближе к плоскости AB), «происходит до конца (*sino all'ultimo*)» и равенство между обоими телами сохраняется «всегда»,

то «по-видимому, уместно будет сказать, что глубочайшие (*gli altissimi*) и последние (*ultimi*) границы таких уменьшений остаются равными друг другу», т. е. окружность круга равна точке. «И разве не следует их назвать равными, — спрашивал в заключение Галилей, — если они суть последние остатки и следы (*le ultime reliquie e vestigie*), оставляемые равными величинами?»⁵³.

По Кавальери, этот предельный случай «последнего сечения» не включается в понятие «все сечения»; именно: здесь отрезки линий, по его выражению, «вырождаются» (или «дегенерируют») в точки.

В письме к Галилею от 19 декабря 1634 г. Кавальери писал: «В понятие все линии какой-либо плоской фигуры или все плоскости тела не должны, согласно моим определениям, включаться крайние из них, хотя и кажется, что они принадлежат к тому же роду, так как всеми линиями плоской фигуры я называю линии пересечения плоскости с фигурой при ее движении от одного крайнего положения до другого или одной касательной до противоположной парной касательной. В самом деле, начало и конец движения не есть движение; стало быть, крайние касательные не должны включаться в число всех линий»⁵⁴.

В начале «Опытов» Кавальери признавался: «От меня не скрыто, что о строении континуума и о бесконечном весьма много спорят философы, выдвигая такие положения, которые находятся в разногласии с немалым числом моих принципов. Они будут колебаться либо потому, что понятие всех линий или всех плоскостей кажется им непонятным и более темным, чем мрак киммерийский, либо потому, что мой взгляд склоняется к строению континуума из неделимых, либо, наконец, потому, что я осмелился признать за прочнейшее основание геометрии тот факт, что одно бесконечное может быть больше другого. В отношении всего этого, защищаемого всюду в школах тысячами избитых аргументов принято считать, что даже оружие Ахилла оказывается бездейственным»⁵⁵.

Математик Кавальери, сознававший плодотворность своего нового метода, не отваживался на строго философское обоснование его, предоставляя развязать или разрубить гордиев узел будущему Александру. В той форме, которую философские споры о строении континуума приняли в его время, он склонен был видеть «пустяки». «Я не считаю правильным тратить то время, которое мне еще осталось для работы, на эти пустяки», — писал он⁵⁶.

«Здесь, может быть, зашумят философы, возопиют геометры, привыкшие черпать чистейшую воду истины из прозрачайших источников, и возразят так: «Такой способ выражения кажется весьма темным, понятие всех линий или всех плоскостей оказывается труднее, чем это допускается, вот почему уберись этот гордиев узел своей геометрии, или разруби, если не можешь его развязать». Кавальери отвечал ссылкой на практическую эффективность своего метода: «Сознаюсь, я разрубил бы этот узел, о геометры, или вовсе изъял бы его из первых книг, если бы не казалось мне низким преступлением скрыть от мудрейших мужей эти новы, если можно так выразиться, таинства геометрии. Нет, пусть лучше они когда-нибудь помогут желанному развязыванию этого узла — на основах, на которых в таком удивительном согласии зиждется столь много истинных выводов, сделанных и мною, и другими, и которые, быть может, лучше будут упорядочены чьими-нибудь иными стараниями»⁵⁷.

⁴⁸ Opere, t. VIII, p. 75 (русск. пер.: «Беседы...», стр. 90—91).

⁴⁹ «Геометрия...», стр. 48.

⁵⁰ Exercitationes, p. 2.

⁵¹ «Геометрия...», стр. 74.

⁵² Geometria, lib. VII, p. 3. Ср. высказывание Кавальери, сделанное незадолго до смерти: «Все эти придирики и споры, скорее философские, чем геометрические, для меня всегда крайне мучительны» («Геометрия...», стр. 74).

⁴⁸ См. вводную статью С. Я. Лурье к «Геометрии...».

⁴⁹ Geometria, lib. VII, p. 2—3.

⁵⁰ Exercitationes..., p. 15. См. рис. в кн.: «Геометрия...», стр. 50.

⁵¹ L. Valerius. De centro gravitatis solidorum. Romae, 1604.

⁵² См. рис. в кн.: «Беседы...», стр. 89.

Тесные дружеские связи соединяли Кавальери и Торричелли. Ему Торричелли завещал издать свои неопубликованные труды по геометрии⁵⁸. Следуя за их общим учителем Галилеем, утверждавшим, что книга природы написана на языке математики, Торричелли развил галилеевское сравнение и заявил, что «единственный алфавит и единственные буквы, при помощи которых читается великая рукопись божественной философии в книге вселенной, суть ничто иное, как те простенькие фигурки (*misero figurette*), которые вы видите в «Началах геометрии»⁵⁹.

Признавая эвристические достоинства метода неделимых и считая его вполне доказанным, Торричелли называл его «поистине царским путем» среди «математических терний» и напоминал, что открыт он был Кавальери. Вместе с тем, он не решался утверждать, что «геометрия неделимых есть совершенно новое изобретение». «Скорее я склонен думать, что древние геометры пользовались этим методом при нахождении более трудных теорем, хотя при доказательствах они предпочитали иной путь, то ли для сокрытия технического секрета (*ad occultandum artis arcanum*), то ли для того, чтобы не дать повода к возражениям со стороны завистливых недоброжелателей»⁶⁰.

В понимание метода «неделимых», несмотря на свою близость к Галилею и Кавальери, Торричелли внес много нового. Если Кавальери разлагал величины n измерений на элементарные части $n - 1$ порядка, то у Торричелли намечилось иное стремление — толковать «неделимые» как величины того же порядка. Соответственно представление о большей и меньшей «густоте» распределения неделимых замесилось у него представлением о *р а з л и ч н о й* величине этих неделимых. Отпала и необходимость сравнивать совокупности неделимых только при одинаковых условиях «прохождения» континуума.

Мнение, что «все неделимые равны между собой, т. е. точки равны точкам, линии по ширине — линиям, поверхности по толщине — поверхностям», Торричелли считал мнением, не только «трудно доказуемым», но и ложным. Свою мысль он иллюстрировал множеством примеров: если в концентрических окружностях провести «все линии» от центра ко «всем» точкам большей окружности, эти линии пройдут через «столько же» точек меньшей окружности, но каждая из этих точек будет меньше тех во столько раз, во сколько раз один диаметр меньше другого⁶¹. То же самое в случае точек гипотенузы и катета вертикальных линий квадрата и наклонных линий параллелограмма и т. п.⁶²

В наши задачи не может входить исследование дальнейшей судьбы математических «неделимых» и их роли в последующем развитии математического анализа⁶³. Дело в том, что если у Галилея, как и у его предшественников, математические проблемы «неделимых» были теснейшим образом связаны с проблемами физики, то уже у его учеников возникли свои специфические математические проблемы, рабочие приемы и схемы, вопрос о применимости которых уже решался вне апелляции к физическим доводам.

⁵⁸ Эта последняя воля его осталась несущественной, так как Кавальери умер в том же 1647 г., что и Торричелли.

⁵⁹ E. Torricelli. *Lezioni accademiche. Opere*, vol. II, Faenza, 1919, p. 70.

⁶⁰ E. Torricelli. *Quadratura parabolae per novam indivisibilium geometriam pluribus modis aucta. Opere*, vol. I, parte 1; Faenza, 1919, p. 139—140.

⁶¹ Ср. И. Барроу. *Lectiones mathematicae* (London, 1683). *The mathematical works*. Cambridge, 1860.

⁶² *De infinitis parabolis. Opere*, vol. I, parte 2. Faenza, 1919, p. 320—321; *De infinitis hyperbolicis*. Там же, стр. 259. Ср. толкование случая квадрата и параллелограмма у Кавальери.

⁶³ Отослём в данном случае к книге С. В. Воуэга. *The concepts of the calculus*, 1939; изд. 2 под заглавием: «*The history of the calculus and its conceptual development*», N.Y., 1959.

С другой стороны, известно заявление Гассенди о том, что мир математиков «как бы особое царство» абстракций, и что судьба понятий о физических атомах не зависит от исхода старых философски математических споров о «строении континуума». Показательно, что и у математика Декарта, и у физико-химика Бойля математическое выражение и математическая обработка физических наблюдений находились на втором плане. В физике Декарта чрезвычайно мало математически выраженных законов (таковы закон преломления, теория радуги), а еще менее их у Бойля. И у того, и у другого первое место занимают механически наглядные модели, имеющие целью показать, что в невидимом мире малых частиц происходит то же самое, подчиненное тем же механическим законам, что и в «макромире» явлений, доступных чувствам. Математический аппарат, основанный на принципе непрерывности, развивается независимо от физической атомистики, как и эта последняя независимо от него, разумеется, до поры до времени, когда вопрос о их взаимоотношении вновь встанет со всей остротой.

Н. И. ИДЕЛЬСОН

ГАЛИЛЕЙ В ИСТОРИИ АСТРОНОМИИ¹

IV

Когда и как Галилей стал подходить к проблемам космологии, установить теперь довольно трудно. Во всяком случае его первые работы относятся сплошь к механике и к прикладным задачам. Это были «Теоремы о центрах тяжести твердых тел» (около 1585), «Гидростатические весы» («*Bilancetta*», 1586), «Трактат о движении» («*De Motu*», 1590, в котором резко обнаруживаются первые расхождения с аристотелевой динамикой), «Краткие инструкции по военной архитектуре» и «Трактат по фортификации» (1592 и 1593); «Механика» («*Le Meccaniche*», между 1593 и 1599 гг., где содержится первая формулировка так называемого золотого правила Галилея и впервые применяется термин «момент» силы). Перечисленные произведения не были опубликованы при жизни Галилея. После них с довольно большим интервалом следует «Геометрический и военный циркуль» («*Del compasso geometrico e militare*», 1606 — пропорциональный циркуль, остроумно приспособленный для решения тригонометрических задач).

Уже заглавия перечисленных работ показывают, куда были устремлены основные искания Галилея. Однако как всякий математик того времени он не мог остаться в стороне от проблем астрономии²; его подготовительные записки по этому курсу, составленные не позже 1595 г., были изданы посмертно

¹ Статья проф. Н. И. Идельсона, написанная для сборника, вышедшего в 1943 г., к 300-летию со дня смерти Галилея и давно ставшего библиографической редкостью, публикуется в сокращенном виде. Публикуемые параграфы (IV—VIII) сохранили полностью свое значение как один из наиболее ценных в мировой литературе исторических очерков, посвященных астрономическим идеям Галилея. Все ссылки на произведения и письма Галилея даются здесь по «Национальному изданию» его трудов (Ed. Naz.); оно выходило в 20-ти томах во Флоренции в 1890—1909 гг.

² В актах Падуанского университета сохранились списки поручений Галилею по кафедре математики; он читал: «О сфере Эвклида» (1593); «Нитую книгу Эвклида и теории планет» (1594); «Элементы Эвклида и механические проблемы Аристотеля» (1598) и т. д.; под «сферой», которая включена и в поручения 1599 г., надо понимать комментированное изложение Птолемея и трактата «*De Sphaera*» Sacrobosco — классического руководства средневековья, составленного английским монахом Holywood примерно в 1250 г. О нем упоминает и Леонардо да Винчи. Как лектор Галилей имел огромный успех. Даже если не доверять словам его первого биографа Viviani, проводившего при Галилее в качестве его ученика последние два с половиной года его жизни, о том, что Галилею дважды приходилось менять аудиторию, причем последняя вмещала более тысячи человек (Ed. Naz., XIX, 628), то следует помнить слова Галилея. Он говорил, что о новой звезде 1604 г. он читал «три длинных лекции более чем перед тысячей слушателями» (Ed. Naz., II, 520). Упомянем, что в 1892 г. в Падуанском университете состоялось торжество в память 300-летия вступительной лекции Галилея (7/XII 1592). Командированный тогда в Падую от Казанского университета проф. Д. И. Дубяго привез материалы, с которыми мы могли теперь ознакомиться благодаря любезности его сына, проф. Казанского университета А. Д. Дубяго.

по в 1656 г. под названием «*Trattato della Sfera ovvero Cosmografia*» («Трактат о сфере или Космография»). В трактате даются (в современной терминологии) только основы сферической астрономии, математической географии, краткие сведения о затмениях и т. п. Галилей еще не находил пугным излагать коперниканскую точку зрения и в главе «О том, что Земля стоит неподвижно»³ он писал:

«Настоящий вопрос заслуживает рассмотрения, так как имеется достаточно значительное число великих философов и математиков, которые, считая Землю планетой, придали ей движение. Тем не менее мы, следуя за Аристотелем и Птолемеом, приведем здесь некоторые рассуждения, на основании которых можно полагать (*si possa credere*), что она совершенно неподвижна».

Далее Галилей приводит известные доводы Птолемея против гипотезы о суточном вращении Земли⁴.

С другой стороны, у нас есть веское доказательство, что еще в эпоху чтения этого курса Галилей был «скрытым», если так можно выразиться, коперниканцем; об этом свидетельствует его письмо к Кеплеру от 4/VIII 1597 г., написанное в ответ на получение от Кеплера экземпляра «*Mysterium Cosmographicum*» (1596), Галилей, поздравляя себя с тем, что встречает такого союзника в исследованиях истины, пишет:

«Твою книгу я прочту с тем большей охотой, что на точку зрения Коперника я встал уже много лет тому назад, и мне удалось на основе ее найти объяснение многим явлениям природы, которые, без сомнения, не могут найти объяснения на основе общепринятых положений. Я записал много доказательств и много опровержений рассуждений, основанных на противоположной точке зрения; но выпустить все это в свет я не решался, устрешенный судьбой Коперника, нашего учителя, который хотя и заслужил себе бессмертную славу у немногих, но со стороны бесчисленного числа людей (ибо так велико число глухцов) подвергся лишь насмешке и освисту. Я решился бы, действительно, продолжать мои рассуждения, если бы существовало много людей, подобных тебе, Кеплер; но их нет, и я откажусь от этих занятий»⁵.

Сейчас невозможно сказать, было ли искренним это решение Галилея отойти от проблем мироздания или последние фразы письма надо понимать как подчеркнутый комплимент Кеплеру; но так или иначе, отказаться от этих занятий Галилею не пришлось, к счастью, для нашей науки⁶. Его изобретательский гений натолкнул его на усовершенствование телескопа, и первые же наблюдения дали ему столь значительный доказательный материал в пользу доктрины Коперника, что утверждение ее становится одной из главных жизненных задач Галилея, не менее важной, чем проблемы механики, гидростатики или сопротивления материалов.

Первый цикл наблюдений Галилей провел в Падуе с 7 января по 2 марта 1610 г. Почему и как он их начал?

«Месяцев десять тому назад, — пишет он в «*Sidereus Nuncius*», — до моего сведения дошло, что некий нидерландец (*Belga quidam*) изобрел «перспективу»⁷, с помощью которой земные предметы, хотя бы и значительно

³ Che la Terra stia immobile. Ed. Naz., vol. II, p. 223.

⁴ Их изложение и анализ можно найти у Duhem. *Le Système du Monde*, vol. 1, p. 480—484.

⁵ Ed. Naz., vol. X, p. 67.

⁶ Мы оставляем в стороне все выступления Галилея по поводу новой звезды 1604 г. и созвездия Змееносца, так как его соображения о новых звездах (тогда была еще в памяти знаменитая новая звезда 1572 г. в Кассиопее) совершенно устарели и не представляют сейчас интереса.

⁷ Название «телескоп» было придумано несколько позже филологом Demesiani (1576—1614) по просьбе председателя римской Academia dei Lincei (Академия рысьеглазых), князя Federico Cesi; Галилей пользуется в первых работах либо словом *Perspicilla*

удаленные от глаза наблюдателя, могли быть отчетливо видны как бы близкие...; это и послужило причиной к тому, что я целиком отдался такой задаче: найти основы устройства подобного инструмента и выяснить также, из каких материалов я мог бы построить его... И это удается Галилею; не щадя, как он говорит, «ни труда, ни средств», он добился конструкции, которая соответствовала приближению предметов более чем в 30 раз по сравнению с наблюдениями невооруженным глазом. «Перечислять, — продолжает Галилей, — какие именно и сколь значительные преимущества доставляет такой инструмент в делах сухопутных и морских, является совершенно излишним. Но я, оставив в стороне земное, обратился к наблюдениям неба».

И вот в достопамятную ночь 7 января 1610 г. человек впервые начинает изучать небо вооруженным глазом. То, что раскрылось перед ним, каждый из нас видел в молодости, скажем, в трехдюймовую школьную трубу, но каждый из нас знал наперед, что именно он увидит, а Галилей этого не знал. Перед ним неожиданно раскрылся изумительный, до сих пор до конца не разгаданный лунный ландшафт с роскошной картиной медленных восходов и заходов Солнца над кратерами, валами, пиками и хребтами лунной поверхности. Галилей сразу заметил значительное число слабых звезд, недоступных простому глазу. Млечный Путь, как оказалось, почти везде представляет скопление звезд, сгущенных и неразличимых без помощи перспективы. И, наконец, самое удивительное: вблизи Юпитера при первых же наблюдениях обнаружилась какие-то особые звездочки. Когда на следующую ночь Галилей повторил наблюдение Юпитера, звездочки уже сместились со своих прежних положений относительно планеты. То же самое наблюдалось на третью и на следующие ночи. Скоро Галилей убедился в том, что эти замечательные звездочки — подвижные небесные тела, новые планеты — спутники Юпитера, о существовании которых никто никогда не подозревал.

Действительно, было от чего прийти в экстаз и в восхищение; вдали уходили схемы Аристотеля и Птолемея; как дым рассеивалась мистическая надстройка над Коперником, которую предлагал Кеплер; новый мир, реальный и величественный, открывался перед человеком; материя этого мира представлялась в богатстве и в разнообразии, которое надеждало теперь осознать.

Об этих открытиях Галилей пишет на утро после первых наблюдений детальное письмо во Флоренцию⁸ и сразу же приступает к составлению своего «Послания от звездного мира» (*Sidereus Nuncius*), Венеция, март 1610 г.). Замечательны в этом письме и в книге спокойный, деловой тон, стиль научного описания, снабженного рисунками, нет никаких экстазов, лирических отступлений или столь неизбежных в ту пору восхвалений творца, ссылок на тексты Писания и т. п. Это удивительный по точности отчет и дневник наблюдений с включением в него некоторых общих выводов и замечаний.

Так, в отношении Луны говорится:

«Из наблюдений, неоднократно повторенных, мы пришли к тому заключению, что поверхность Луны не гладкая и не ровная и не в совершенстве сферическая, как полагал в отношении ее великий легион философов (*magna*

cilium, либо названном *oschiale*, — подзорная труба, на современном итальянском языке — окуляр. Слово *Perspicillum*, передается, как указал С. И. Вавилов, названием «перспектива», которым часто в качестве технического термина пользовались еще Ньютон и Ломоносов. В упомянутом памфлете «Il Saggiatore» (1623) Галилей описывает более подробно, как шли его работы по усовершенствованию телескопа (Ed. Naz., vol. VI, 258). Кеплер после получения инструмента Галилея, представлявшего бинокль, в «*Diopticae*» (Augsburg, 1611) изложил принципы устройства астрономического (обращающего) окуляра. К кеплерову (двойковыпуклому), но не к галилееву (двойковогнутому) окуляру оказалась возможной приспособить микроскоп (Gascoigne, 1667), что составило эпоху в наблюдательной астрономии; отзыв Галилея о «Диоптрике» Кеплера приводился ранее.

⁸ Письмо к Antonio Medici 7/1 1610; Ed. Naz., vol. X, p. 273.

philosophorum cohors), а, напротив того, перовная, шероховатая, испещренная углублениями и возвышенностями, наподобие поверхности Земли».

Галилей показывает, как определять высоту лунных гор по длине их тени, и говорит, что наибольшая высота получилась у него в 4 итальянских мили (примерно на $\frac{1}{10}$ меньше, чем дают современные наблюдения — Н. И). Далее оказывается, что если Луна подобна Земле по структуре поверхности, то и Земля подобна Луне, будучи как и она, непрозрачным телом, отражающим солнечные лучи. «Когда Луна, — поясняет Галилей, — находится близко к соединению с Солнцем, то с нее усматривается почти полностью то полушарие Земли, которое ярко освещено его лучами, и на Луне воспринимается отраженный Землею свет; поэтому нижнее (т. е. обращенное к Земле) полушарие Луны, хотя и лишнее солнечного света, светится довольно значительным свечением»⁹.

На этих соображениях часть «Послания», относящаяся к Луне, заканчивается; Галилей обещает (и это биографически очень важно) вернуться в будущем к этой теме в книге о «Системе Мира».

Затем Галилей устами «Послания» повествует о мире звезд. Громадное число их, превосходящее почти в десять раз число звезд, видимых простым глазом, сразу раскрывается в перспективу; особенно изумительны их скопления в созвездиях Рака, в Плеядах, в Орионе; к тому же и в перспективу звезды представляются искрящимися точками, совершенно непохожими на спокойно сияющие диски планет. И далее:

«Мы обратились к наблюдению того, что относится к сущности или к веществу (*essentia seu materies*) Млечного Пути, и обнаружили с помощью перспективы возможность сделать ее столь доступной нашему зрению, что все споры, которые в течение веков мучили философов, умолкли сами собой при наличии наглядной очевидности, да и мы сами освобождаемся от многословного диспута. Действительно, Галактика не представляет собой ничего иного, как скопление бесчисленного множества звезд, как бы расположенных в кучах; в какую бы область ее ни направить перспективу, сейчас же становится видимым огромное число звезд, из которых весьма многие достаточно ярки и вполне ясно различимы; количество же звезд более слабых не допускает вообще никакого подсчета»¹⁰.

Наконец, от звездного мира «Послание» переходит к новым планетам, обрастающим вокруг Юпитера (термином «спутник» Галилей здесь еще не пользуется). То, что здесь сказано об их открытии, превосходно дополняется дошедшим до нас подлинным дневником наблюдений Галилея. И то и другое раскрывает перед нами как бы все его переживания в эти волнующие ночи: уже в первый вечер наблюдений, 7 января 1610 г. Галилей принимает три замеченные им спутника за три неподвижные звездочки, расположенные, как сказано в «*Sidereus Nuncius*», по прямой, параллельной эклиптике; они «были более ярки, чем звезды такой же величины». На следующую ночь он обнаруживает, что звездочки сместились по отношению к Юпитеру на запад; и он не может истолковать это иначе, как допустить, что Юпитер сместился

⁹ Ed. Naz., vol. III, p. 62, 71, 74. О лунной поверхности у Галилея имеется обширная переписка. Отметим уточнение вычисления высоты лунных гор, предложенное старбургским математиком Verneger и ответ ему Галилея от 8/XI 1610 г. (Ed. Naz., vol. X, p. 460—462 и 466—473); подробное письмо Галилея к астроному патеру Gremberger из Коллегии иезуитов в Риме от 7/IX 1611 г. (Ed. Naz., vol. XI, p. 178—203). К концу жизни у Галилея началась переписка по тому же вопросу, вызванная появлением фантастичной у Галилея теория «непального света» («болонский камень» на Луне), предложенной F. Liceti, бывшим лектором философии в университете в Падуе; см. детальное письмо Галилея к герцогу Леопольду Тосканскому (31/III 1640 г.; Ed. Naz., vol. V, p. 489—541, особенно 502 и след.). Как известно, «непальный свет» Луны был правильно объяснен еще Леонардо да Винчи (см. Леонардо да Винчи. Избр. соч., т. I. М., 1935, стр. 193).

¹⁰ Ed. Naz., vol. III, p. 75.

к востоку, т. е. двигался прямым движением, что, однако, было невозможно, так как в действительности Юпитер смещался в то время на запад. Еще на третью ночь Галилей принимает исчезновение одной из звездочек за эффект такого же «покрытия» ее Юпитером, какие постоянно наблюдаются при прохождении Луны между глазом наблюдателя и звездами. Однако он уже явно предчувствует здесь нечто необычайное; так, в записи дневника рядом со словом «покрытие» осторожно добавлено: «насколько можно думать». Но на четвертую ночь, 11 января, Галилею уже становится ясно, что видимые изменения положений принадлежат не Юпитеру, а звездочкам, и тогда, «переходя уже от загадки к чувству восхищения» (*iam ambiguitatem in admirationem permittans*, как сказано в «*Sidereus Nuncius*»), он окончательно убеждается в том, какое удивительное открытие им сделано. Наконец, 13 января Галилей впервые замечает все четыре спутника и начинает вести регулярные наблюдения, описанные в «*Sidereus Nuncius*» (до 2 марта 1610 г.). И тут, наряду с изложением наблюдений, «Посланец» впервые упоминает об учении Коперника. Действительно, в этой системе многие усматривали ту трудность, что Луна, обращаясь в течение месяца вокруг Земли, вместе с Землей в течение года делает оборот вокруг Солнца (так что ее орбита, пользуясь терминологией древних, есть эпицикл). Но теперь в системе Юпитера, говорит Галилей, «мы имеем уже не одну, а целых четыре планеты, движущиеся вокруг Юпитера, подобно тому, как Луна движется вокруг Земли, и в то же время описывающие вместе с Юпитером в течение двенадцатилетнего периода его большую орбиту вокруг Солнца». Галилей, очевидно, хочет здесь сказать, что система Коперника не исключает существования планет со спутниками и что в этом отношении Земля является такой же планетой, как и Юпитер¹¹.

На этих замечаниях о спутниках Юпитера «*Sidereus Nuncius*» как бы обрывается; Галилей заявляет, что и о них речь будет идти в его книге о «Системе Мира».

Таково основное содержание «Посланца». Он произвел подлинный переворот в астрономии: перед ней начинают «отступать стены мира». И, естественно, что с 1610 г. автор этой небольшой книги уже не только профессор Падуанского университета, знаменитый лектор по математике и астрономии; это, как тогда говорили, «Колумб неба». И несмотря на злобный шепот завистников, из которых одни не умели пользоваться галилеевым инструментом, другие считали, что всё видимое в него есть только оптический обман и иллюзия, третьи боялись приложить глаз к окуляру, четвертые просто отказывались смотреть в телескоп¹², — слава Галилея растет далеко за пределами Италии. В сентябре 1610 г., бросив свою профессуру на службе у *Serenissima*,

¹¹ Ed. Naz., vol. III, p. 95—96. Над спутниками Юпитера Галилей продолжал работать долгие годы. Он первый определил (приблизительно) периоды их оборотов и начал составлять графики их положений относительно Юпитера на будущее примерно так, как это делается и сейчас в больших астрономических ежегодниках (например в «*Nautical Almanac*). Не оставляя в стороне практическую сторону дела, он полагал возможным применить наблюдения спутников Юпитера для определения долгот, особенно в море. Об этом проекте он вел переписку с правительствами морских держав (с Испанией и Генеральными штатами Соединенных нидерландских провинций). В ту эпоху проблема долгот была одной из важнейших и труднейших задач мореходной астрономии, за правильное и удобное решение которой в XVII и XVIII вв. назначались крупные премии. Однако для этой цели способ Галилея оказался малоприменимым; к тому же переговоры Галилея с Испанией и со Штатами по разным причинам закончились безрезультатно.

¹² Из письма Галилея от 17/XII 1610 г. к Paolo Gualdo: «В Пизе скончался философ Либри, с такой страстью борющийся против этих моих безделушек *queste mie sciocchezze* (подразумеваются спутники Юпитера); и так как он никогда не хотел посмотреть на них с Земли, то, быть может, он их увидит, направляясь на небо» (Ed. Naz., vol. X, p. 484); см. также характерное письмо Галилея к Кеплеру от 16/VIII 1611 г. (Ed. Naz., vol. X, p. 420).

Галилей возвращается как триумфатор¹³ в родную Тоскану, ко двору миллионеров-герцогов и получает должность первого математика и философа у Cosimo II Medici; ему и был посвящен «*Sidereus Nuncius*», в честь него Галилей, послушавшись совета государственного секретаря флорентийского двора Belisario Vinta, уже назвал спутников Юпитера «планетами Медичи» (*Sidera Medicea*).

Какая-то особенная нервная обстановка создается вокруг его открытий¹⁴. Венецианские сепаторы, римские кардиналы, германские прелаты, эрудиты всех стран Европы стремятся получить телескоп и посмотреть в него на земные и небесные дали.

Галилей в это время идет дальше: он открывает последовательно необычный вид Сатурна, фазы Венеры и солнечные пятна.

Сатурн Галилей воспринимает как тройничную звезду¹⁵. «*Altissimam planetam tergemina observavi*» — гласит его запись, посланная анаграммой Кеплеру, которой тот не смог разгадать. Кольцо Сатурна ему представлялось в виде двух звездочек, по одной с каждой стороны у планеты. Он шуточно писал к Giuliano Medici — тосканскому послу при императоре в Праге: «Я нашел целый двор у Юпитера и двух прислужников у старика (Сатурна); они его поддерживают в шествии и никогда не отскакивают от его боков»¹⁶. Однако через два года Галилей к величайшему изумлению увидел Сатурн одиноким и не смог объяснить это явление¹⁷.

Открытие фаз Венеры имело в тот момент, пожалуй, наибольшее значение; Галилей писал о нем:

«...Я посылаю Вам в зашифрованном виде известие о некотором новом моем наблюдении, из которого вытекает разрешение весьма существенных контроверз в астрономии и которое, в частности, заключает в себе решительный аргумент (*un gagliardo argomento*) в пользу пифагорейской и коперниканской системы»¹⁸.

Через три года Галилей выступает с еще более значительным и ответственным заявлением в книге о солнечных пятнах (1613):

«Эти явления — фазы Венеры — не оставляют никакого сомнения в том, как происходит движение Венеры; мы с абсолютной необходимостью приходим к выводу, соответствующему положением пифагорейцев и Коперника, что она обращается вокруг Солнца, подобно тому, как вокруг него же как центра обращаются и прочие планеты»¹⁹.

Трудно, пожалуй, было бы Галилею найти более решительные и четкие

¹³ Письмо венецианца Giovanni Sagredo к Галилею от 13/VIII 1611 г. (Ed. Naz., vol. XI, p. 172); то был искренний друг Галилея, только что вернувшийся из путешествия в Левант. После описания возможных превратностей придворной службы Sagredo замечает: «К тому же меня весьма огорчает, что Вы будете пребывать там, где, как говорят, друзья Берлинзоны находятся в большой силе». Sagredo имеет в виду иезуитов, изгнание которых из Венеции тогда уже состоялось; оно красочно описано в письме Галилея от 11/V 1606 г.; Ed. Naz., vol. X, p. 155).

¹⁴ Письмо к Галилею от Alessandro Sertini из Флоренции в Падую от 27/III 1610 г. «Вчера, подойдя к новому рынку, я встретил Ф. Манелли, который сообщил мне, что брат его, Пьетро, написал ему, что почтовый курьер из Венеции привез для меня посланку от Вас. Это известие распространилось (*si divulgò*) и притом так, что я не мог защитить себя от людей, желавших узнать, что в ней такое, и думавших, что это — Ваша книга, то и тогда любопытство не прекратилось, особенно со стороны интеллигентов (*uomini di lettere*)» (Ed. Naz., vol. X, p. 305).

¹⁵ Первое упоминание о Сатурне в письме Галилея к упомянутому Belisario Vinta от 30/VII 1610; Ed. Naz., vol. X, p. 409.

¹⁶ Письмо от 13/XI 1610 г.; Ed. Naz., vol. X, p. 474.

¹⁷ Ed. Naz., vol. V, p. 238. Только через 45 лет, в 1655 г., Христиан Гюйгенс дал правильное описание кольца Сатурна и показал возможность его исчезновений для земного наблюдателя, когда кольцо Сатурна усматривается «в ребро».

¹⁸ Письмо от 11/XI 1610 г.; Ed. Naz., vol. X, p. 483.

¹⁹ Ed. Naz., vol. V, p. 99.

слова для заявления своих коперниканских убеждений; к тому же в данном случае речь шла вовсе не о неожиданном наблюдении. Фазы Венеры были единственным из всех его открытий, которое он как коперниканец мог предсказать наперед, прежде чем он увидел тонкий серебристый серп планеты в свой телескоп²⁰. «Действительно, при наличии этих явлений, — пишет Галилей в другом месте, — нет иного выхода, как признать, что Венера обращается по окружности вокруг Солнца. В самом деле, эта окружность не может охватывать и заключать внутри себя Землю или же лежать ниже Солнца, т. е. проходить целиком между Солнцем и Землей, или лежать за Солнцем: она не может охватывать Землю, потому что в этом случае Венера могла бы появляться в противостоянии с Солнцем; она не может лежать ниже Солнца, потому что в этом случае Венера в обоих соединениях представлялась бы нам в виде серпа; наконец, эта окружность не может лежать и за Солнцем, так как в этом случае Венера имела бы всегда вид круглого диска и никогда не представлялась бы серпом»²¹.

Если открытие фаз Венеры шло, таким образом, навстречу теоретическим ожиданиям коперниканцев, то открытие солнечных пятен явилось таким же неожиданным и чудесным, как и открытия в ночь на 7 января 1610 г. Однако здесь возникала задача совершенно иного рода, чем прежде: предстояло еще определить, что представляют эти темные пятна, видимые на ярком солнечном диске, появляющиеся, меняющие форму и затем исчезающие, но всегда постепенно сменяющиеся по диску Солнца в направлении с востока на запад. Были ли то посторонние небесные тела, заслоняющие собой при прохождении перед диском Солнца его свет? Так полагал, например, увверенный в школьной доктрине об извечной неизменности Солнца астроном патер Шейнер из ордена иезуитов, наблюдавший в 1611 г. солнечные пятна в Ингольштадте. Или, напротив, как заключал Галилей, не являются ли солнечные пятна какими-то образованиями, возникающими и уничтожающимися или на самом Солнце, или в непосредственной близости к нему, вроде облаков в его атмосфере? Как объяснить тот факт, что видимые траектории пятен по диску Солнца только дважды в году (около 10 июня и около 10 декабря) представляются для земного наблюдателя прямыми линиями, а в прочее время года проектируются на диск Солнца в виде кривых, непрерывно меняющих свою кривизну и достигающих наибольшего искривления посредине между указанными датами, т. е. около 10 марта и 10 сентября?

При жизни Галилея шел ожесточенный спор даже относительно самого приоритета открытия солнечных пятен. Для нас этот спор имеет теперь интерес лишь постольку, поскольку от него падает тяжелая тень, омрачающая последние годы жизни Галилея. Несомненно одно: первенство правильного о б њ я с н и я явления пятен принадлежит только Галилею; он первый раскрыл их основную природу, их принадлежность самому Солнцу. Многочисленными наблюдениями он установил, что пятна возникают и исчезают только в ограниченной экваториальной зоне солнечной поверхности. Анализируя их движения, Галилей вывел, что само Солнце вращается вокруг оси с периодом приблизительно в 28 дней (по современным определениям в 27—28 дней). Наконец, он дал правильное объяснение указанному своеобразному и изменчивому для земного наблюдателя виду траекторий пятен по диску Солнца, выяснив, что это есть следствие наклона плоскости солнечного

экватора к плоскости эклиптики под небольшим углом (по современным данным $7\frac{1}{4}^\circ$). Дискуссия о явлениях пятен при ясно выраженном убеждении, что говорить об их существовании, т. е. об их физической природе, было бы преждевременно, — все это вместе взятое относится к самым мастерским и блестящим моментам творчества Галилея.

Значительно позже, в эпоху создания «Диалога» (1630), Галилей считал возможным извлечь из своего открытия нечто большее. Он находил, что своеобразный характер траекторий пятен по диску Солнца служит доказательством, правда косвенным, того, что Земля обращается вокруг Солнца, а не Солнце вокруг Земли, т. е. он мыслил найти здесь совершенно новое и неожиданное утверждение системы Коперника. Его рассуждение (на этот раз ошибочное) сводилось к тому, что для сохранения наблюдаемого, изменчивого в течение года вида траекторий пятен пришлось бы дать Солнцу «третье» движение, при котором его ось вращения должна была в течение года совершать обращение по конусу с половиной раствора, равной углу наклона экватора Солнца к эклиптике. Иначе, думал он, траектории пятен носили бы в течение года одинаковый характер, т. е. были бы либо прямыми, либо кривыми с неизменяющейся кривизной; но так как между периодом вращения Солнца вокруг его оси (27—28 дня) и периодом его предполагаемого годичного движения по эклиптике вокруг Земли (365, 24 дня) никакой необходимой связи и зависимости не имеется, то удержать птоломееву систему можно было бы только ценой ничем не оправдываемого осложнения обстоятельств движения Солнца. Между тем в системе Коперника достаточно дать Солнцу только одно вращение вокруг неподвижной оси, чтобы «легко спасти все странности видимого движения пятен, так что найти иной выход, по-видимому, не удастся»²². Таким образом, по мысли Галилея, и фазы Венеры, и движения сол-

²⁰ «Dialogo», Ed. Naz., vol. VII, p. 380—383; эти рассуждения Галилея не нашли достаточного обсуждения в истории астрономии (см. по этому поводу немецкое комментированное издание Galileo Galilei. Dialog über die beiden hauptsächlichsten Welt-systeme. Ed. E. Strauss. Leipzig, Teubner, 1891, S. 556—557). Ошибочность их ясна: будет ли Земля вращаться по эклиптике, сохраняя параллельным направление своей оси в пространстве вокруг неподвижного Солнца, или, напротив, будет ли Солнце обращаться вокруг неподвижной Земли по той же эклиптике, сохраняя параллельной свою ось вращения, характер траекторий пятен и их изменчивого вида для земного наблюдателя был бы в обоих случаях одинаковым. Эта ошибка Галилея тем более удивительна, что сам он доказал непустоту «третьего» движения Земли в системе Коперника (см. выше). Присоединим сюда несколько необходимых замечаний о приоритете открытия пятен и о последствиих возникшего по этому поводу спора Галилея с иезуитами.

Галилей устами Сальвиати утверждает в «Диалоге»: «Он (Галилей) открыл их в 1610 г., будучи лектором математики в университете в Падуе, и он говорил о них как в Падуе, так и в Венеции со многими лицами, из которых некоторые еще живы» (Ed. Naz., vol. VII, p. 372). Первый биограф Галилея Viviani сообщает, что Галилей наблюдал эти пятна еще в Падуе, но не пожелал тогда опубликовать открытие, «которое могло навредить на него зависть и преследование упрямых перипатетиков» (Ed. Naz., vol. XIX, p. 511). Во всяком случае несомненно, что Галилей демонстрировал солнечные пятна в Риме (март — июнь 1611 г.). Первое упоминание о пятнах в печати Галилей сделал во введении к трактату «О плавающих телах» (1612). Уже в январе 1612 г. в Аугсбурге вышло сочинение анонимного автора о пятнах, составленное в виде писем в Marc Welsger (аугсбургскому богачу и в то время бургомистру, много путешествовавшему по Европе, владевшему итальянским языком и сохранившему обширные культурные связи с Италией). Из слов автора, оказавшегося патером Шейнером из ордена иезуитов, вытекало, что он наблюдал пятна в марте 1611 г.; Вельзер просил Галилея высказаться по поводу этой книги, посылая ему ее экземпляр. Галилей ответил тремя письмами от 4/V, 14/VIII и 1/XII 1612 г. Эти письма вместе с письмами Вельзера опубликованы Галилеем в Риме в 1613 г. под заглавием «Istorie e Dimostrazioni intorno alle macchie solari» («Описания и доказательства, относящиеся к солнечным пятнам»).

Таким образом, приоритет опубликования, по-видимому, принадлежит патеру Шейнеру, но приоритет наблюдения принадлежит либо Галилею, либо астроному Иоганну Фабрициусу (Io Fabricii Frisii, Maculis in Sole observatis et apparente earum cum Sole conversione ratio, Wittenberg, 1611). Днем первого наблюдения пятен Фабрициусом читается 9/III 1611 г., однако Фабрициус только констатировал наблюдаемое явление,

²⁰ Так, например, ученик Галилея по Падуанскому университету бенедиктинец патер Castelli, автор книги по гидравлике («Della misura delle acque correnti», 1628), такой же коперниканец, как и его учитель, в письме от 5/X 1610 г., не зная об открытии фаз Венеры, просил Галилея пропустить ее наблюдения в телескоп. Он был уверен, что наблюдения «без сомнения, дадут верное средство для убеждения сколь угодно упрямого человека». Ed. Naz., vol. X, p. 480.

²¹ Ed. Naz., vol. VII, p. 351.

печных пятен являлись равноценными доказательствами коперниканской системы.

После бессмертных открытий 1610 г. Галилей сделал в дальнейшем, уже значительно позже, всего лишь одно, но, пожалуй, самое трудное из всех с точки зрения наблюдательного искусства — он открыл либрацию Луны. О ней сообщается, и то как бы вскользь, в «Диалоге», где говорится «об одном особенном явлении, наблюдаемом недавно нашим академиком (т. е. Галилеем), из которого проистекают два следствия: первое, что мы наблюдаем несколько больше (*qualche cosa di più*) половины Луны, и второе, что движение Луны в точности относится к центру Земли»²³. Последним Галилей хотел подчеркнуть тот факт, что период обращения Луны вокруг Земли (так называемый звездный месяц) в точности равен периоду вращения Луны вокруг ее оси. Иначе в течение больших интервалов времени к Земле обращалась бы последовательно вся поверхность Луны; на самом деле, точка, находящаяся в центре видимого нам лунного диска, совершает только периодические колебания вокруг ее среднего положения, открывая земному наблюдателю не половину, а приблизительно $\frac{6}{10}$ лунной поверхности. Это явление либрации (которую Галилей называет титубацией Луны) было открыто им при наблюдении двух деталей лунной поверхности: это были, по современным названиям, *Mare Crisium*, близкое к западному краю диска, и кратер *Crimaldi* у восточного края. Либрация, приписывая одну из этих деталей к видимому краю диска, отодвигала другую, открывая тем самым еще часть лунной поверхности. Позднее в подробном письме об этих наблюдениях Галилей ищет и самую причину явления. Однако объяснение, которое он дает, недостаточно: оно вскрывает только незначительную часть полного эффекта либрации²⁴.

не сделал выводов. Ни Галилей, ни Шейнер о Фабрициусе ничего не знали, но Кенлер о нем знал (Ed. Naz., vol. XI, p. 537).

В дальнейшем после периода корректной переписки между Галилеем и Шейнером возникла полемика. Галилей заострил ее в памфлете «*Il Saggiatore*» (1623), о котором см. ниже. Шейнер резко обрушился на Галилея в своей «*Rosa Ursina*» (1630). Галилей писал о Шейнере 9/II 1636 г. к Fulgenzio Micanzio: «этот поросенок и лукавый оселедок составляет теперь перечень того, чего я не знал в свое время; но все это произошло потому, что вначале ни я, ни он не знали одного обстоятельства, именно весьма малого наклона тела Солнца к плоскости эклиптики; но и открыл это, заявляю уверенно, раньше его; однако я не имел случая говорить об этом до «Диалога» (Ed. Naz., vol. XVI, p. 390).

На темную роль Шейнера в судьбе Галилея указывает страсбургский математик *Bernegger* в письме от 31/VII 1638 г. «Он (Галилей) обнаруживает (в письмах), что переносит спокойно всю эту грязь и эти преследования (которые, вероятнее всего, имели своим возбудителем и вдохновителем некоего иезуита Шейнера)» (Ed. Naz., vol. XVII, p. 365). Характерно письмо Галилея к *Diodati* от 25/VII 1634 г., где говорится, что один из его друзей имел недавно в Риме беседу с *Gremberger*, математиком коллегии иезуитов, который сказал: «Если бы Галилей сумел сохранить расположение к себе со стороны этой коллегии, то жил бы он в славе на свете и не случилось бы с ним ни одного из его несчастий, и он мог бы писать по желанию о любом предмете, в том числе о движении Земли и т. д.» Галилей заключает: «Вы видите, что война против меня велась и ведется не за те или другие мои мнения, но за то, что я в немилости у иезуитов» (Ed. Naz., vol. XVI, p. 117). Так или иначе, но темные предчувствия его друга Сагрето, по-видимому, сбылись.

²³ Ed. Naz., vol. VII, p. 90.

²⁴ Письмо Галилея от 20/II 1638 г. к *Alfonso Antonini*, помеченное, как и многие письма Галилея последней эпохи: «Из моей тюрьмы в Арчетри» (Ed. Naz., vol. XVII, p. 291—297); Галилей рассматривает здесь либрацию только как эффект параллакса. В конце письма говорится, что он должен был прекратить наблюдения из-за болезни глаз, «которая уже два месяца тому назад перешла в полную слепоту, затемнив свет глаз весьма плотными катарактами». Этими словами, кстати сказать, опровергается утверждение, которое иногда приходится читать, будто Галилей потерял зрение, наблюдая солнечные пятна через ничем не защищенный окуляр; к тому же из повествования французского каноника *Jean Tarde*, о котором мы говорили выше, видно, что Галилей применял четыре способа наблюдения Солнца и его пятен, в том числе отбрасывание его изображения на экран, или помещая между глазом и окуляром зеленые очки, чтобы ослабить действие лучей (*pour esmousser la pointe du rayon*). Ed. Naz., vol. XIX, p. 592—593.

Все перечисленные открытия Галилея составляют его основной вклад в астрономию, вклад непреходящего значения. Они дали первый толчок тому грандиозному развитию этой науки, которое было достигнуто в течение следующих трех веков. Каждый астроном, работающий теперь на мощных рефлекторах и рефлекторах обсерваторий, продолжает дело, начатое Галилеем с его скромной трубой в ночь на 7 января 1610 г. Однако роль Галилея в истории астрономии этим не исчерпывается. То объединяющее изложение, появившееся «Посланием» в своем знаменитом «Диалоге о двух системах»; но он сделает это, только пройдя через тревоги и испытания, которым мы должны уделить здесь хотя бы немного строк.

V

Галилей демонстрирует свой телескоп, показывает и разъясняет свои открытия в 1610—1612 гг. в Падуе, Венеции, Флоренции и в Риме. Он показывает их и ученым, и людям, которым «неясно, что Марс и Юпитер — планеты»²⁵; он дает свои разъяснения с тем лекторским талантом, о котором мы уже знаем. Восхищение его учеников и его слушателей, включая и римских кардиналов, все усиливается; число адептов новой астрономии растет. Галилей ищет: «Весьма многих мог бы я назвать последователей этой доктрины, хотя и не выступавших по ее поводу публично; они имеются в Риме, во Флоренции, Венеции, Падуе, Неаполе, Пизе, Парме и в других местах»²⁶. Но одновременно с этим сгущается атмосфера в противоположном лагере, в лагере твердолобых схоластов (*vulgus philosophorum*), в стане догматиков, вообще всех, кому было интересно и выгодно держать закрытой от человека великую книгу природы — ту самую, которую, как мы знаем, Галилей считал всегда открытой перед ним, — и подменить ее книгами Писания и древних авторитетов, в которых католическая церковь видела тогда свою научную базу и основу.

В самом деле, им было от чего всполошиться: пока фоллант Коперника, написанный на «воис», пылился на полках у эрудитов, это было одно положение вещей. Но когда толпа людей гоится, например, за *Sertini*, думая, что он получил телескоп, или когда каждый может прочесть на чудесном родном языке «Письма о солнечных пятнах», насыщенные коперниканской доктриной, — положение становится иным. Или Галилей выбьет у них почву из-под ног, или они справятся с новым учением и прежде всего с ним самим. И вот до Галилея с разных сторон доходят сведения, что его положение осложняется²⁷. Он должен был искать какой-то выход. Таких выходов могло на-

²⁵ Письмо Галилея к Кенлеру от 19/VIII 1610 г. Ed. Naz., vol. X, p. 422.

²⁶ Из неопубликованной при жизни Галилея «*Considerazioni circa l'opinione copernicana*» (1615). Ed. Naz., vol. V, p. 352.

²⁷ Так, его ученик *патер Castellini* сообщает в письме от 6/XI 1613 г. из Пизы, что кардинал *Arturo d'Elci* дал ему указание не входить при преподавании в рассуждения относительно движения Земли и т. п. (Ed. Naz., vol. XI, p. 589); к тому же Галилей получил от кардинала *Carlo Conti* в ответ на вопрос о возможности согласования Писания и новой астрономии весьма сдержанный и уклончивый ответ: такие толкования Писания без большой необходимости не должны быть допускаемы (Ed. Naz., vol. XI, p. 355). В 1614 г. доминиканец *патер Saccini* — будущий доносчик на Галилея — держит в *Santa Maria Novella* во Флоренции резкую проповедь против математики и математиков, давая ясно понять, кого он имеет в виду в первую очередь. И хотя расположенный к Галилею *патер Luigi Maraffi*, старший проповедник ордена, ищет Галилею 10/I 1615 г., «что он — на его несчастье — стоит в стороне от всего того зла (bestialità), которое могут творить и творят тридцать или сорок тысяч братьев-монахов» (Ed. Naz., vol. XII, p. 127), положение от этого не проясняется, так как *патер Saccini* не только не подвергается изгнанию, но командирован в Рим проповедником в монастырь *Santa Maria Sopra Minerva*, тот самый, где 22 июля 1633 г. произошла отвратительная и мучительная сцена отречения Галилея. Другой доносчик на Галилея, доминиканец *патер Lorini*, отрицающий в письме

метиться только два: первый — это встать на точку зрения, высказанную еще Коперником в конце посвящения его книги папе Паллу III, а именно — что его система и Писание, если только правильно и непредубежденно толковать последнее, ни в каком противоречии не находятся; второй выход — пойти вслед за теми, кто продолжал считать, что задача астронома состоит в «спасении явлений» ценой каких угодно гипотез, но при условии не входить в их сущность, т. е. не высказываться о действительных движениях Земли и светил. На такой позиции стоял, например, кардинал Bellarmino, игравший виднейшую роль в коллегии иезуитов, в конгрегации инквизиции, в римской курии вообще. В одном весьма примечательном письме на имя патера P. Foscarini²⁸ от 12/VI 1615 г. этот кардинал писал:

«Мне кажется, что Вы и синьор Галилео поступили бы осторожно, если бы удовлетворились высказываниями «ex suppositione» (предположительно), но не абсолютно; так говорил, как я всегда думал, и Коперник. Действительно, когда утверждают, что в предположении, будто Земля движется и Солнце стоит неподвижно, все наблюдаемые явления спасаются лучше, чем при задании эпициклов и эксцентров, то это прекрасно сказано и не включает в себе никакой опасности; а этого достаточно для математики; но когда начинают говорить, что Солнце в действительности (realmente) стоит в центре мира и что оно только вращается вокруг самого себя²⁹, но не движется с востока на запад и что Земля находится на третьем небе (третья по порядку планета от Солнца) и с большей скоростью вращается вокруг Солнца, то это вещь очень опасная и не только потому, что она раздражает всех философов и ученых богословов (teologi seclastici), но и потому, что она вредит св. вере, поскольку из нее вытекает ложность Св. Писания»³⁰.

Едва ли возможно было в более яркой и отчетливой форме переложить слова Платона и Симплиция на язык кардинала из ордена иезуитов на рубеже XVII в. Однако эта точка зрения, бывшая необходимой и даже неизбежной в мышлении астрономов и философов Греции, в эпоху Галилея могла быть уже только лицемерием в стиле Оснандера. Галилей ощущал это чрезвычайно остро; в специальной записке «Considerazioni circa l'opinione sopra l'opinionem»³¹ он доказывал, что задачей Коперника отнюдь не являлось формальное и гипотетическое «salvare apparentias», а утверждение действительной, реальной системы мира; в заключение статьи он пишет:

«Во всем, что касается остальных вопросов этой заслуживающей восхищения системы, всякий, кто пожелает ознакомиться с мнением самого Копер-

ника Галилею от 5/XI 1612 г., что он выступал против него с амвона, признавался, что ему пришлось в одном споре сказать пару слов «об этом Ипернике или как он там называется» (quell'Ipernico, o come si chiama), и о том, что его учение противоречит Писанию (Ed. Naz., vol. XI, p. 427). Галилей, сообщая об этом человеке и об его «Ипернике» князю (Federico Cesi, основателю и председателю Accademia dei Lincei в Риме, говорит: «Теперь Вы можете видеть, что за люди перебрасываются бедной философией, как мячиком (da chi vien trabalzata la povera filosofia)» (Ed. Naz., vol. XI, p. 461). Разумеется, в рамках настоящей статьи невозможно показать сложную ситуацию, которая возникла в Риме и во Флоренции в связи с выступлениями Галилея на общем фоне политики и дипломатии в эпоху контрреформации.

²⁸ Патер П. Фоскарини (из ордена кармелитов) был коперниканец, Галилею неизвестный. В 1615 г. в Неаполе вышло его небольшое сочинение «Lettera del R. P. Paolo Foscarini sopra l'opinione di Pitagoreici e del Copernico della mobilita della Terra». В нем Фоскарини пытался доказать отсутствие противоречий между доктриной Коперника и доктриной церкви. По декрету конгрегации индекса запрещенных книг от 5/III 1616 г., сочинение Фоскарини было «совершенно запрещено и осуждено». Копия письма Беллармино к Фоскарини имелась у Галилея, как он показал потом во время процесса 1633 г.

²⁹ Кардинал Беллармино обнаруживает здесь знакомство с «Письмами о солнечных пятнах» Галилея (1613).

³⁰ Ed. Naz., vol. XII, p. 171.

³¹ При жизни Галилея не опубликовано, написано около 1615 г.; Ed. Naz., vol. V, p. 349—365.

ника, должен прочесть не пустые писания того, кто отдал книгу в печать (una vana scrittura del stampatore), но все произведение самого автора; тогда, без сомнения, он как бы рукой нащупает, что для Коперника неподвижность Солнца и движение Земли были положениями истиннейшими (verissima)».

Даже значительно позднее в «Диалоге», когда Галилею приходилось уже отчасти пользоваться «эзоповым языком», он устами Сальвиати издевается над астрономами, главная задача которых состоит в представлении наблюдаемых движений при помощи сочетаний движений круговых, «мало забожения, которые в других отношениях заключают в себе действительные трудности»³².

Таким образом, пойти за Беллармино Галилей в 1615 г. решительно не мог, поэтому он встал на точку зрения Коперника и в письмах стремился разъяснить и этим убедить хотя бы культурных людей своей эпохи в отсутствии неустранимых противоречий между коперниканской доктриной и писанием. Так возникли его письма к Castelli (24/XII 1613 г.), к кардиналу Pietro Dini (16/II 1615 г. и 23/III 1615 г.) и знаменитое письмо к герцогине — матери Христине Лотарингской. Все эти послания в то время не были напечатаны, но они ходили по рукам в многочисленных списках. Написанные блестящим стилем, они поражают нас теперь значительной богословской эрудицией, которую обнаружил Галилей. Заметим, кстати, что в письме к герцогине Христине Галилей, по-видимому, один из первых, высказывает мысль, что у науки есть область, где она независима и суверенна, где вмешательство богословия недопустимо:

«Предписывать, — пишет он, — самим профессорам астрономии, чтобы они своими силами искали защиты против их же собственных наблюдений и выводов, как если бы все это были один обман и софистика, означало бы предъявлять к ним требования более чем невыполнимые; это было бы все равно, что приказывать им не видеть того, что они видят, не понимать того, что им понятно, и из их исследований выводить как раз обратное тому, что для них очевидно»³³.

Каков бы ни был успех и значение писем Галилея, написанных им с этой новой позиции, его усилия были напрасными. Уже с февраля 1615 г. в Риме начал тлеть процесс, который, как мы видели, промчался бурей над коперниканской доктриной в феврале — марте 1616 г. Этот процесс начался с подготовки и проверки в инквизиции материалов, направленных лично против Галилея: тут были доносы двух доминиканцев (патеров Saccini и Lorini), допросы свидетелей во Флоренции, изучение богословом-экспертом письма Галилея к Castelli и т. д. На всех этих моментах мы останавливаться не будем, тем более, что эта стадия процесса для Галилея последствий не имела. Процесс принимает более быстрый характер, когда Галилей в декабре 1615 г. появляется в Риме. Была ли его поездка в «Вечный город» на этот раз добровольной или вынужденной, судить трудно³⁴. Во всяком случае для Галилея несомненно, что замышляется нечто серьезное; и кто может сказать — только ли против доктрины Коперника или вместе с ней и против него самого? Разве у него нет данных, чтобы тревожиться? Разве дым от того костра, на котором сгорел в Риме 16 лет тому назад Джордано Бруно, мог уже разветвиться в сознании людей передовой науки и культуры в Италии?

³² Ed. Naz., vol. VII, p. 369.

³³ Ed. Naz., vol. V, p. 325—326.

³⁴ Имеется письмо прелата Antonio Quarengo к его покровителю кардиналу Alessandro d'Este от 1/I 1616 г., где говорится: «К тому, что я писал раньше, теперь добавляю, что его (Галилея) приезд в Рим не является, как предполагали, добровольным, но что от него желают получить отчет о том, как он сочетает движение Земли с совершенно противоположным учением Св. Писания» (Ed. Naz., vol. XII, p. 220); см. также дальше значительно более позднее письмо Niccolini (от 11/IX 1632 г.).

И все же среди этих тревог и волнений Галилей находит возможность и время направить послание к кардиналу Орсини «О приливах и отливах моря». В этом письме (помеченном: «Рим, 6/1 1616») раскрывается заветная и сокровенная мысль Галилея: дать механическое доказательство движения Земли. Через 15 лет это письмо составит самый нерв его «Диалога». О нем мы будем говорить далее.

Довольно скоро Галилей успокоился за себя: пользуясь большими связями, он узнает об этом в начале февраля³⁵. О том, что произошло далее в инквизиции, мы можем судить теперь по немногочисленным документам так называемого «процесса 1616 г.»³⁶. Мы находим в них прежде всего экспертизу 11 богословов (в большинстве доминиканцев) по двум основным положениям коперниканского учения; в ней доктора богословия, консультанты инквизиции, с молниеносной быстротой, со злобностью и легкостью мыслей необычайной, творя волю пославшего их, единогласно нашли, что учение Коперника «глупо; бессмысленно, формально еретично и по меньшей мере ошибочно в отношении веры»³⁷. Мы узнаем далее — и это центральный момент процесса 1616 г., — что уже через два дня после получения этих заключений Галилей по приказанию папы Павла V был вызван во дворец кардинала Беллармино, и здесь 26 февраля 1616 г. этот кардинал «увещевал Галилея об ошибочности упомянутого учения и о том, чтобы он, Галилей, от этого учения отошел (ut illam opinionem diserat)», после чего патер-комиссар инквизиции «предписал и приказал ему от имени папы и всей конгрегации инквизиции, чтобы он упомянутое учение, а именно, что Солнце — центр мира и неподвижно, а Земля движется, совершенно оставил и его каким бы то ни было образом не придерживался, не преподавал и не защищал словесно или письменно; иначе против него будет начато дело в инквизиции (procederetur in Santo Officio). С этим предписанием Галилей согласился и обещал повиноваться»³⁸.

³⁵ Письмо Галилея к Curzio Picchena, новому государственному секретарю флорентийского двора, от 6/11 1616 г.: «Сообщаю, что дело обо мне совершенно закончено, поскольку оно касается моей личности индивидуально (Il mio negozio esser del tutto terminato, in quella parte che riguarda l'individuo della persona mia); Ed. Naz., vol. XII, p. 220.

³⁶ Об этих документах, впервые опубликованных в 1850 г., существует обширная литература: См. М. Я. В ы г о д с к и й. Галилей и инквизиция. Соч., М. — Л., ГТТИ, 1934, стр. 166—167 и 182—216.

³⁷ По вопросам, поставленным 19 февраля 1616 г., в очень небрежной формулировке (воспроизводящей отчасти слова доносчика патера Saccini), уже 24 февраля было получено заключение экспертов. По первому вопросу (о неподвижности Солнца): «Hanc propositionem esse stultam et absurdam in philosophia et formaliter haereticam...»; по второму вопросу (о движении Земли, но конкретно, какому годичному или суточному): «Hanc propositionem recipere eandem censuram in philosophia et spectando veritatem theologiam ad minus esse in Fide erroneam» (Ed. Naz., vol. XIX, p. 320—321); для Галилея это заключение осталось тайной вилоты до упоминания о нем в приговоре 1633 г.

³⁸ Значение этого акта от 26/11 1616 г. (Ed. Naz., vol. XIX, p. 321—322) огромно главным образом потому, что осуждение Галилея в 1633 г. последовало в конечном счете только за осуждением предписания «не придерживать» и т. д. (полный приговор над Галилеем читатель найдет в кн.: Ц е й т л и н. Галилей. М., 1935, стр. 218—226). Однако на следствии 1633 г. Галилей не мог припомнить, чтобы в 1616 г. с ним говорили во дворце Беллармино кто-либо, кроме самого кардинала; далее, акт 26 февраля — никак не подписанный! — в его второй части (выступление патера-комиссара) трудно связать с другими моментами процесса 1616 г. Вот почему еще в 1870 г. Wohlwill было высказано предположение, что этот акт подложен и во второй своей части сфабрикован в 1633 г. На такой точке зрения стоит и большинство историков процесса. Анализ этого трудного момента к теме настоящей статьи не относится; мы предложим только читателю продумать внимательно содержание депеш флорентийского посла в Риме Niccolini и Andrea Cioli от 11/IX 1632 г.: «Сверх всего этого, говорит с обычной конфиденциальностью и секретностью, что в актах инквизиции найдено, что лет 12 (sic!) тому назад, когда донло сведение, что Галилей придерживается этого учения и сеет его во Флоренции, и когда поэтому он был вызван в Рим, ему было запрещено кардиналом Беллармино от имени папы и инквизиции продолжать держаться этого учения; уже одного этого обстоятельства достаточно, чтобы погубить его совершенно (rovinarlo affatto); Ed. Naz., vol. XIV, p. 389.

Далее, в тех же актах 1616 г. имеется протокол пленарного заседания конгрегации инквизиции в Ватикане в присутствии папы Павла V³⁹. Здесь кардинал Беллармино сообщил, что «математик Галилей, будучи предупрежден о приказании конгрегации инквизиции (monitus de ordine) отойти от учения, которого он до сих пор придерживался, именно, что Солнце есть центр сфер и неподвижно, а Земля движется, с этим согласился». На том же заседании папа утвердил для опубликования текст того декрета конгрегации индекса, который был издан ею 5/III 1616 г. Силой этого декрета, являющегося заключительным моментом процесса 1616 г., бессмертная книга Коперника была, как мы помним, «задержана впредь до исправления» наряду с произведением мало кому тогда известного Дидака Астуника⁴⁰, в то время как написанное в «примиренческом» духе письмо Фоскарини было совершенно «запрещено и осуждено».

Таким образом, сведения, которыми располагал Галилей в начале февраля 1616 г., оказались правильными и достоверными. Его личность, действительно, оказалась незатронутой; и что бы ни произошло во дворце Беллармино 26 февраля, — все равно это останется тайной между ним и инквизицией. Но в единственном опубликованном документе — в декрете конгрегации индекса от 5/III 1616 г. — не только не упомянуто его имя, но в перечне задержанных и осужденных книг ни его «Посланец от звездного мира», ни его «Письма о солнечных пятнах» не значатся⁴¹.

И тем не менее исход процесса 1616 г. — это жестокий удар, удар прежде всего по самому Галилею. Еще так недавно он писал герцогине Христине: «Запретить Коперника теперь, после того, как в многочисленных наблюдениях и в исследованиях его труда учеными со дня на день все больше раскрывается истинность его утверждений и все более укрепляется его доктрина; запретить его после того, как его допускали в течение стольких лет, когда ему уделялось и меньше внимания, и меньше находили подтверждений, — это было бы, по моему мнению, преступлением против истины; это доказывало бы стремление прятать и уничтожать ее с тем большей силой, чем более она становится очевидной и ясной»⁴².

Но вот теперь именно это и произошло: из-за его собственных открытий, из-за того напряженного внимания, которое они вызывают, из-за той наглядной ясности, которую он внес в великую проблему мироздания, сделал ее и заманчивой и доступной для значительно более широких общественных слоев, чем раньше, вся коперниканская доктрина объявлена под запретом.

³⁹ Ed. Naz., vol. XIX, p. 278; М. Я. В ы г о д с к и й. Галилей и инквизиция. Соч., стр. 185—186.

⁴⁰ О нем см. D r e u e r. History of Planetary Systems. Cambridge, 1906, p. 353.

⁴¹ Так старается показать исход процесса 1616 г. Галилей в своих сообщениях во Флоренцию государственному секретарю Curzio Picchena. 6/III 1616 г., т. е. на другой день после опубликования декрета, Галилей пишет ему, что весь вопрос теперь будет только в самых незначительных исправлениях текста книги Коперника, порученных кардиналу Gaetano, но что враги Галилея, совершенно посрамлены (Ed. Naz., vol. XII, p. 243). Кстати, до конца своих дней Галилей не сможет подняться над этой точкой зрения и всю трагедию своей жизни он будет приписывать только просякам своих личных врагов. Еще характернее письмо от 12/III 1616 г., в котором Галилей, описывая милостивую аудиенцию, данную ему накануне папой Павлом V, говорит: «Когда в заключение я указал, что остаюсь в некотором беспокойстве, опасаясь возможности постоянных преследований со стороны неумолимого коварства людей (l'implacabile malignità), папа утешил меня словами, что я могу жить в спокойном настроении (l'animo riposato), так как обо мне у его святейшества и у всей конгрегации остается такое мнение, что нелегко будут прислушиваться к словам клеветников; так что, пока он жив, и могу чувствовать себя в безопасности...» (Ed. Naz., vol. XII, p. 247). И это говорил тот самый Павел V, который в предписании о вызове Галилея к Беллармино дал распоряжение заключить Галилея в тюрьму, если только он не согласится отказаться от защиты преподавания или изложения коперниканского учения (Ed. Naz., vol. XIX, p. 321).

⁴² Ed. Naz., vol. V, p. 328—329.

Ему не дано больше права приводить доказательства в ее утверждение, например, развивать свои мысли о приливах. Для Галилея, как ученого, декрет 5/III 1616 г. — это катастрофа, что бы ни говорил он сам и что бы ни говорили вокруг него. Более того, декрет 5/III 1616 г. — это удар отнюдь не по одному Галилею; это суровое испытание для науки и культуры в странах католицизма, где развитие новой астрономии приостанавливается приблизительно на 200 лет; где оно искусственно и умышленно задерживается, чтобы дать некоторое время безраздельно господствовать над умами представителям отживающих мировоззрений⁴³.

VI

После зловещего 1616 г. напряженность и самый характер творчества Галилея существенно меняются. На шесть-семь лет он умолкает совершенно, чего с ним еще не бывало; позднейшие же его выступления по астрономии носят в основном литературный характер. О его единственном открытии, сделанном после 1616 г., — о либрации Луны, Галилей, как мы видели, ничего не сообщает вплоть до появления «Диалога» в 1632 г.

Из литературно-полюемических трудов Галилея в эту эпоху на первом месте стоит его знаменитый памфлет под названием «Il Saggiatore» («Пробирщик золота», 1623). Это едкая, местами остроумная полемика Галилея с его давнишними оппонентами-иезуитами, вызванная выступлением римского патера иезуита Grassi по вопросу о природе комет. В 1618 г., к изумлению всей Италии, к ужасу всех суеверных, их появилось целых три! Галилей, опасно больной, сам этих комет не наблюдал, но он, очевидно, решил не оставлять без возражений выпадов Grassi, направленных лично против него. Точка зрения Галилея была высказана его учеником Марио Джудуччи в речи, произнесенной в 1619 г. во Флорентийской Академии. Взгляды Галилея по кометной проблеме не поднимались над общим уровнем эпохи и сейчас большого интереса не представляют. Если еще Пушкин мог говорить «Как беззаконная комета в кругу расчисленном светилах»⁴⁴, то тогда, в начале XVII в., кометная проблема представляла просто клубок загадок, вокруг которых довольно беспомощно блуждали мысли астрономов.

Что такое кометы? Существуют ли они только, пока видимы, или как небесные тела они существуют от века до века? Где они появляются — в подлунном или в надлунном мире? Как и куда направлены их движения? За соображениями Галилея по этим вопросам следить особенно трудно, потому что он, не высказывая их с полной определенностью, полемизирует со всеми авторитетами — с Аристотелем, с Тихо Браге (за которого держались иезуиты), с Кеплером. Особенно неприятно то, что Галилей не придает значения крупнейшим результатам, полученным Тихо Браге (что параллакс кометы 1577 г. оказался порядка 2', в то время как параллакс Луны 57', так что комете надлежало помещать в пространстве далеко в надлунную сферу). Но Галилей не считает доказанным, что кометы суть материальные тела и потому отрицает значение этого результата. Он говорит (устаами Джудуччи): «Малость параллакса не может быть действительным аргументом в этом вопросе, пока не доказано, что кометы представляют собой не явления, вызванные отражением света, но суть объекты цельные, определенные, действительные, неизменные»⁴⁵.

⁴³ Декрет от 5/III 1616 г. был впервые «опущен» в 1757 г. при составлении нового индекса запрещенных книг (декрет конгрегации индекса от 16/IV 1757 г. при папе Бенедикте XIV. Ed. Naz., vol. XIX, p. 419). Но только в индексе издания 1835 г. не встречаются имена Коперника, Дидака Астушка, Фоскарини, Галилея и Кеплера.

⁴⁴ А. С. Пушкин. Одномыслие. М., 1936, стр. 401.

⁴⁵ Ed. Naz., vol. VI, p. 71.

Для Галилея кометы — оптические явления, вызванные отражением солнечных лучей в испарениях, отделяющихся от Земли, и в поисках аналогий он художественно описывает картину тех длинных солнечных лучей, которые прорываются из-под кромки облаков, освещенных заходящим Солнцем.

Таким образом, точка зрения Галилея — это один из вариантов «оптической теории комет», распространенной в XVII в.⁴⁶ Однако Галилей не выдает своих взглядов за окончательные: «я никогда не утверждал, — пишет он, — что я определяю условия происхождения комет, зная, что они могут возникать и такими способами, которые весьма далеки от всего, что мы можем вообразить»⁴⁷.

Помимо кометных вопросов «Il Saggiatore» затрагивает массу других материй: здесь и спор Галилея с бессовестным плагиатором Simon Mario, пытавшимся присвоить первенство открытия спутников Юпитера; вопросы о действиях телескопа, о самом понятии «увеличения»; о природе тепла и многое другое, что мы должны оставить вне поля нашего зрения; скажем только, что «Il Saggiatore» написан «по пунктам» (всего их 53) и что эта растянутая, почти непрерывная полемика действует на современного читателя, на наш взгляд, несколько утомительно, несмотря на блеск стиля Галилея и силу его аргументации.

«Проклятые» вопросы, подпадающие под действие декрета от 5/III 1616 г., в нем старательно обходятся⁴⁸.

Напротив, эти вопросы снова встают в послании Галилея к Francesco Ingoli, написанном в сентябре 1624 г. Адресат послания, Инголи, был ученый богослов, полиглот и юрист из Равенны; во время пребывания Галилея в Риме в 1616 г. он направил Галилею послание под названием «De situ et quietae Terrae contra Copernici Systema Disputatio» («Рассуждение о месте Земли и об ее неподвижности против системы Коперника»).

В ту пору Галилей оставил «Рассуждение» Инголи без ответа: по теперь, все еще продолжая верить в новые веяния в Риме, он вернулся к этой теме и написал свое возражение⁴⁹.

⁴⁶ Бредихин. О хвостах комет. М., 1934, стр. 120—132.

⁴⁷ Il Saggiatore. Ed. Naz., vol. VI, p. 281.

⁴⁸ «Il Saggiatore» был выпущен в Риме в 1623 г. с посвящением папе Урбану VIII (но не от самого Галилея, а от римской Academia dei Lincei). Под именем Урбана VIII на папский престол вступил 6/III 1623 г. кардинал Matteo Barberini из семьи богатейших римских патрициев и меценатов. Галилей имел все основания считать этого кардинала, писавшего, между прочим, и стихи в его честь, — весьма расположенным к нему и, пожалуй, более терпимым к коперниканству. В 1624 г. Галилей предпринял поездку в Рим (с 25/IV до 10/VI 1624 г.), где, несомненно, надеялся добиться ослабления действия декрета от 5/III 1616. Однако эта поездка осталась безрезультатной. 8/VI 1624 г. Галилей сообщил князю Federico Cesi: «Кардинал Zoller (Hohenzollern) передал мне, что он имел беседу с его святейшеством относительно Коперника и сказал папе, что, поскольку все еретики (протестанты) придерживаются коперниканского учения, которое они считают достовернейшим, то, принимая то или иное решение, здесь нужно действовать весьма осмотрительно. На это папа ответил: «Св. церковь не осуждала и не предлагает осуждать это учение как еретическое, но только как необоснованно смелое (temeraria); однако (добавил папа) не следует опасаться, что кому-нибудь удастся доказать, что это учение есть необходимо истинное (necessariamente vera)» (Ed. Naz., vol. XIII, p. 182).

При отъезде Галилея из Рима Урбан VIII снабдил Галилея так называемым «бrevet» на имя герцога Тосканского, где Галилею расточались высокие похвалы: «Уже давно мы с отеческим благоволением на мужа, слава которого сияет в небесах и распространяется по всей земле» (Ed. Naz., vol. XIII, p. 183). Все это не помешало Урбану VIII через восемь лет оказаться главным инициатором позорного процесса против Галилея, а после осуждения его — проявить себя мучителем великого старца до самой его смерти.

⁴⁹ В Приложении дается перевод послания Галилея к Инголи; мы ограничиваемся лишь некоторыми выдержками из него.

Значение этого послания к Инголи в развитии творчества Галилея огромно. Оно содержит как бы краткий эскиз «Диалога», появившегося через восемь лет; в нем проходит вся основная аргументация «Диалога» и, между прочим, вся теория относительности Галилея. Послание начинается с вещей простых и элементарных: с объяснения понятия параллакса и его действия на наблюдаемые положения светил и т. п. Затем мало-помалу тематика послания явно перерастает уровень астрономического развития адресата: Галилей впервые оставляет здесь пределы солнечной системы и начинает говорить (притом гораздо определеннее, чем в «Диалоге») о звездах, о проблеме строения и размера вселенной. Начать с того, что «неподвижные звезды светятся их собственным светом, так что ничто не мешает нам называть и считать их солнцами; они должны быть ярки, как Солнце; если же, однако, свет, исходящий от всех звезд в совокупности, и их видимая величина не достигают десятой части видимой величины Солнца и света, доходящего к нам от него, то единственной причиной этого являются их расстояния от нас»⁵⁰.

Высказывать такие мысли означало приближаться к мировоззрению Джордано Бруно, хотя имени его Галилей ни разу не упоминает ни в своей переписке, ни в трудах! Но где же находятся во вселенной эти бесчисленные, столь удаленные от нас солнца? Аристотель и Птоломей помещали их все в единую сферу, на так называемое «восьмое небо». Галилей не мог с этим согласиться. «Но это столь сомнительное утверждение, — говорит он, обращаясь к Инголи, — что ни Вы и никто другой не сможете доказать этого вовеки; ... оставаясь же в области допустимого и вероятного, я скажу, — продолжает он, — что среди любых четырех звезд, не говоря уже обо всех, не найдется и двух, одинаково удаленных от любой точки, которую вы пожелаете избрать во Вселенной»⁵¹.

Отсюда один шаг к постановке вопроса о конечности или бесконечности мира; Галилей в послании к Инголи подходит к нему следующим образом.

«Разве вы не знаете, что до сих пор еще не решено (и я думаю, что человеческая наука никогда не решит), конечна ли Вселенная или бесконечна? Но если допустить, что она действительно бесконечна, как можете вы утверждать, что размеры звездной сферы непропорциональны по сравнению с орбитой Земли, если сама эта сфера неподвижных звезд по отношению к Вселенной оказалась бы гораздо меньшей, чем пшеничное зерно по сравнению с ней... Что касается до меня, то когда я рассматриваю мир, границы которому положены нашими внешними чувствами, я совершенно не могу сказать велик он или мал; разумеется, я скажу, что он чрезвычайно велик по сравнению с миром дождевых и пчел червей, которые, не имея других средств к его измерению, кроме чувства осязания, не могут считать его большим того пространства, которое они сами занимают; и мне вовсе не претит мысль о том, что мир, границы которому положены нашими внешними чувствами, может оказаться столь же малым по отношению к Вселенной, как мир червей по отношению к нашему миру»⁵².

Представление о том, что вселенная (в прямом противоречии с тем, чему учил Аристотель⁵³) может оказаться актуально бесконечной, отнюдь не страшит Галилея. В «Диалоге» он устами Сальвиати бросает замечание: «Можно еще спорить о том, существует ли вообще в природе центр мира, так как ни Вами (Симплицио) и никем другим никогда не было доказано, что

мир конечен и имеет определенную форму или же, напротив, что он бесконечен и безграничен»⁵⁴.

Через 15 лет после послания к Инголи Галилей снова возвращается к той же проблеме. В одном из писем он говорит:

«Весьма тонкие доводы представляются нам в пользу того и другого мнения (конечен ли мир или нет); но в моем сознании ни те, ни другие не ведут к обязательному заключению, так что я остаюсь в перешестости, какое рассуждение заставляет меня склоняться больше к решению о бесконечности, чем к ограниченности мира: действительно, я не знаю, каков он, и не могу вообразить его ни ограниченным, ни безграничным и бесконечным, а так как бесконечное по своему существу (ratione sui) не может быть постигнуто нашим ограниченным интеллектом, что не имеет места по отношению к конечному и ограниченному пределам, — то самую невозможность познания я должен отнести к непознаваемой бесконечности мира, но не к его ограниченности, так как для последней оснований к непознаваемости не требуется»⁵⁵.

Таковы более поздние попытки Галилея логически обосновать решение фундаментальной космологической проблемы, им впервые поставленной в неопубликованном послании к Инголи. И в этом трудном вопросе он шел по стопам авторитетов, а искал самостоятельного решения. Вот почему мы выделяем здесь этот основной вопрос из всего содержания послания; разумеется, этим оно не исчерпывается; многое будет повторено, многое дополнено в «Диалоге». Галилей, заканчивая свое послание, говорит: «Вы увидите, что все эти вопросы будут рассмотрены значительно более подробно, если только у меня останется достаточно времени и сил, чтобы довести до

⁵⁰ Ed. Naz., vol. VII, p. 347; об отсутствии центра мира учил еще Николай Кузанский («De docta Ignorantia»).

⁵¹ Письмо к Fortunio Liceti от 24/IX 1639 г. (Ed. Naz., vol. XVIII, p. 106). Напомним, что Кеплер в отличие от Галилея определенно стоял на точке зрения конечности мира (см. его письмо Галилею от 19/IV 1610 г.; Ed. Naz., vol. X, p. 333). Когда в Прагу до Кеплера и до его окружения дошли слухи о первых телескопических открытиях Галилея, они вызвали большое волнение. Так, в «Dissertatio cum Nuncio Sidereo», которую Кеплер издал в Праге в том же 1610 г., говорится, что некий советник Вакер «предполагал, что эти новые планеты обращаются вокруг одной из неподвижных звезд (подобно тому, — замечает Кеплер, — как это уже давно явилось для меня следствием рассуждений кардинала Кузанского и Джордано Бруно); и если до сих пор были неизвестными четыре планеты, то что нам мешает считать, что вслед за этим началом в будущем не будет открыто бесчисленное множество других? И, наконец, не будет ли и мир бесконечным, как полагали Меллес (древний философ) и англичанин Вильям Гильберт, автор исследований по магнетизму; или же — согласно тому, как считали Демокрит и Левкипп, а из новых Бруно и Бруций (Edmund Bruce), наш общий друг с тобой, о Галилей, — что существует бесчисленное множество миров (или земель, как говорил Бруно), подобных этому нашему миру?» (Ed. Naz., vol. III, p. 106). Однако когда из полученной книги Галилея выяснилось, что новые планеты — спутники Юпитера, Кеплер вздохнул облегченно; он пишет в той же «Dissertatio»: «Если бы ты действительно открыл, что новые планеты обращаются вокруг одной из неподвижных звезд, то мне пришлось бы обречь себя на окопы, на темницу в бесчисленных мирах Бруно и даже более того, на изгнание в эту бесконечность. Таким образом, ты спас меня теперь от великого страха, овладевшего мной после первых слухов о твоей книге, при торжестве моего противника (Вакера)» (Ed. Naz., vol. III, p. 119).

Во всех этих напечатанных высказываниях Кеплера с подчеркнутым повторением имени Джордано Бруно нельзя не уловить его призыв к Галилею быть осторожным, говоря о вопросах подобного рода. Во всяком случае Галилей никогда не увлекался фантазиями об обитаемости других миров. Так, в отношении Луны он писал некоему G. Muti 28/II 1616 г. (т. е. через два дня после злощастного вызова к кардиналу Беллармино): «Я могу доказать, что на луном шаре не могут существовать не только люди, но и животные и растения, одинаковые или подобные тем, которые имеются на Земле» (Ed. Naz., vol. XII, p. 240). О том же в «Dialogo» (Ed. Naz., vol. VII, p. 86): «на Луне нет ни земли, ни воды» (Ed. Naz., vol. VII, p. 125).

⁵² Ed. Naz., vol. VI, p. 525—526; оценка в одну десятую значительно преувеличена: Галилей мог бы оставить здесь одну стомилионную.

⁵³ Ed. Naz., vol. VI, p. 523.

⁵⁴ Ed. Naz., vol. VI, p. 529—530.

⁵⁵ «De Caelo», lib. I, cap. VI et VII.

конца мое рассуждение о приливах и отливах моря, где, приняв за гипотезу те движения, которые приписываются Земле, я получаю широкую возможность исследовать все, что было написано по этому вопросу»⁵⁶.

VII

Так постепенно мы подошли к произведению Галилея, венчающему все его творчество по астрономии: это и есть «Диалог»; вышедший в 1632 г. с девятилетним перерывом после появления «Il Saggiatore». Полное заглавие этой знаменитой книги длинно и сложно:

«Диалог Галилео Галилея [академика] Линчес, экстраординарного математика университета в Пизе, философа и старшего математика Его Светлости Великого Герцога Тосканского, где в собраниях, четыре дня продолжавшихся, ведутся рассуждения о двух наиболее выдающихся системах мира, Птоломеевой и Коперниканской, причем неопределительно предлагаются доводы столько же для одной из них, сколько и для другой».

В такую форму оказалось облеченным произведение, над которым Галилей размышлял едва ли меньше 30 лет. Несомненно, в него вошли и те доказательства истинности коперниканского учения, о которых Галилей писал Кеплеру еще в 1597 г. Это и есть та книга о «Системе Мира», которую он обещал читателю в своем «Sidereus Nuncius» в марте 1610 г. и о которой он писал два месяца спустя во Флоренцию государственному секретарю Belisario Vinta: «Труды, которые мне предстоит довести до конца, суть прежде всего две книги «De Systemate seu constitutione Universi» (О системе или строении Вселенной), огромный замысел, исполненный философии, астрономии и геометрии»⁵⁷, о нем же под названием «Рассуждение о приливах и отливах» говорится, как мы видели, в конце послания к Инголи (1624).

По письмам Галилея известно, что тогда же, в 1624 г., он решил придать своему сочинению форму диалога о приливах и отливах⁵⁸, с этого момента за его работой над книгой можно следить по переписке почти что из года в год. В конце 1629 г. она была закончена, за исключением «церемониального введения» и некоторых деталей⁵⁹. Затем начались перипетии, связанные с разрешением книги к печати, во время которых Галилею пришлось изменить предполагаемое заглавие и предпослать тексту еще «Предисловие к благосклонному читателю» (Al discreto Lettore), едва ли им самим полностью составленное и во всяком случае действующее весьма неприятно на современного читателя. Однако все эти моменты теснейшим образом переплетаются с процессом Галилея в 1632—1633 гг. Изучение его стоит вне плана настоящей статьи, в силу чего на всех этих моментах мы не останавливаемся⁶⁰.

⁵⁶ Ed. Naz., vol. VI, p. 561.

⁵⁷ Знаменитое письмо из Падуи от 7/V 1610 г., где Галилей возбуждает вопрос о переходе на службу к Медичи и развивает обширную программу своих будущих работ (Ed. Naz., vol. V, p. 348—353).

⁵⁸ Письмо Галилея к Cesare Marsili от 7/XII 1624 г.: «Пока что я продвигаю вперед мой «Диалог о приливах и отливах», а с тем вместе продвигается соответственно и коперниканская система...» (Ed. Naz., vol. XIII, p. 236).

⁵⁹ Письмо Галилея к князю Federico Cesi от 24/XII 1629 г., где говорится еще: «Я довел почти до пристани мой «Диалог» и раскрыл весьма явственно многое, что мне казалось почти необъяснимым» (Ed. Naz., vol. XIV, p. 60). А уже 5/I 1630 г. G. Ciampoli в письме из Рима поздравлял Галилея со «счастливым окончанием «Диалога»» (Ed. Naz., vol. XIV, p. 64).

⁶⁰ Заметим только, что из имеющихся на книге пяти разрешений (два в Риме, без даты, и три во Флоренции) последнее помечено 12/IX 1630 г. Затянувшееся печатание закончилось у Landini во Флоренции в феврале 1632 г.; издание вышло с красивым фронтисписом, изображающим беседующих Аристотеля, Птолемея и Коперника. Осенью 1632 г. продажа книги была запрещена, и в заседании конгрегации инквизиции 23/IX 1632 г. должно было приказание папы Урбана VIII сообщить инквизитору во Флоренцию о вызове Галилея в Рим в течение октября (Ed. Naz., vol. XIX, p. 279).

Естественно, что после декрета 5/III 1616 г. Галилей не мог уже выступать открытым защитником коперниканской доктрины. Но он, «этот упрямый Галилей», по меткому слову Пушкина⁶¹, либо вообще не хотел считаться с процессом 1616 г., либо принимал за чистую монету прием, оказанный ему в Риме в 1624 г., либо слишком доверчиво отнесся к сообщению его любимого ученика Castelli в письме от 16/III 1630 г. о том, будто папа Урбан VIII сказал⁶²: «Это (запрещение Коперника) никогда не было нашим намерением, и если бы зависело от нас, тот декрет не был бы издан». Так или иначе, решив еще раз выступить со своим *scedo* перед миром, Галилей мог сделать это теперь только с некоторой новой позиции; та, которую он выбрал, не есть целиком точка зрения Осандера-Беллармино: «Спасайте явления какой угодно ценой, но только не затрагивайте их сущность»; такая нота, если и звучит в «Диалоге», то чрезвычайно слабо.

Здесь, как в «Послании к Инголи», так и в предисловии к «Диалогу» Галилей становится на национально-религиозную точку зрения. Учение Коперника теперь под запретом в Италии и в странах католицизма; но пусть не думают иные, и прежде всего протестанты, что это произошло лишь потому, что в Риме не в состоянии понять и изучить доктрину Коперника, что там царит темнота и ослепление; нет, эрудиция и таланты живы и в Италии. Итальянский ученый должен прежде всего изучить и понять до конца это учение, он не может оставлять без ответа невежественные утверждения, выдаваемые за научные опровержения Коперника⁶³.

Вероятно по той же причине, чтобы облегчить себе высказывания за новую астрономию, наряду с неизбежной уже теперь аргументацией против нее, Галилей и придал своей книге форму «Диалога»⁶⁴. Участники диспута могли придерживаться любой точки зрения. Эта форма открывала перед автором возможность проявить во всем блеске искусство вести диспут и лекцию; обрисовать красочные и жизненные облики участников спора и, наконец, создать несколько характерных, близких к комическим положений (известно, что и драматическое творчество не было чуждо Галилею).

Место действия «Диалога» — «изумительный город Венеция (la meravigliosa città di Venezia)», как говорит Галилей, эта жемчужина Адриатики, где над паутиной каналов сохранились все архитектурные стили, начиная от XI—XII вв., где не только развивается великая художественная школа — обоим Беллини, Джорджоне, Тициана, но где с незапамятных времен существует знаменитый арсенал, в непрестанной и изумительной работе которого коммерческий гений венецянцев утверждал свое морское владычество⁶⁵;

⁶¹ А. С. Пушкин. Одиотомник. М., 1936, стр. 376; разумеется, Пушкин имел в виду легенду о словах, будто бы сказанных Галилеем по выслушании приговора 22/VI 1633 г. — легенду, бесповоротно разрушенную после опубликования актов процесса. Тем не менее эпитет, данный им Галилею, превосходно характеризует всю силу упорства последнего в борьбе за коперниканскую истину.

⁶² Ed. Naz., vol. XIV, p. 88.

⁶³ Эти мысли развиты Галилеем с необычайным блеском в «Послании к Инголи» (Ed. Naz., vol. VI, p. 511—512) и весьма кратко повторены в предисловии к «Диалогу» (Ed. Naz., vol. VII, p. 30).

⁶⁴ Впрочем, эта форма была популярной в эпоху Ренессанса после появления переводов «Диалогов» Платона; в форме диалога писал Джордано Бруно; отец Галилея Vincenzo Galileo составил в такой же форме трактат по истории музыки (см. об этом Ольшкн, цит. соч., т. II и III).

⁶⁵ Прочтите описание венецианского арсенала около 1300 г. у Данте («Ад», песнь XXI, например, в пер. М. Лозинского. М., 1940, стр. 180). О том значении, которое для Галилея как механика имело знакомство с мастерами арсенала и их работой, он говорит в своих знаменитых «Беседах и математических доказательствах, касающихся двух новых отраслей знания» (1638; русск. пер.: Галилео Г а л и л е й. Соч., т. I. М., 1940, стр. 47). Об интенсивности работ арсенала достаточно говорит тот факт, что в конце XVI в., в эпоху напряженной борьбы с турками, венецианский арсенал выпускал по одной готовой галере в течение ста дней подряд.

куда столько раз из Падуи наезжал и сам Галилей в счастливые и далекие уже годы его падуанской профессуры⁶⁶. И вот теперь в Венеции, в Palazzo Sagredo, стены которого и до сегодняшнего дня отражаются в зеленоватых волнах Canal Grande, четыре дня подряд собираются трое. Один из них — личность, измышленная Галилеем, возложившим на нее нелегкую задачу быть представителем и защитником школы Аристотеля и Птолемея — фактически быть их последним защитником; имя его Симплицио. Оно созвучно с именем знаменитого комментатора Аристотеля, но — увы! — оно же каждым итальянцем воспринимается прежде всего в его прямом смысле — «простака». Двое других — это тени галилеева прошлого. Один из них носит имя Сагрето, владельца того палаццо, где беседуют трое; это умерший еще в 1620 г. друг Галилея; венецианский консул в Леванте, который в 1611 г. предупреждал его относительно провратностей придворной службы и опасности жить там, где еще в силе иезуиты. Наконец, третий — Сальвиати — был учеником Галилея в Падуе и сохранил затем с ним искреннюю дружбу; он умер в 1614 г. во время путешествия в Испанию⁶⁷.

В их беседах и спорах Галилей от своего имени, естественно, не выступает. Его точку зрения развивает Сальвиати; Сагрето очень быстро все усваивает, иногда дополняет, Симплицио возражает. Когда речь заходит о Галилее, об его открытиях, о нем упоминают под именем «Academico Linseo» или просто «Academico», иногда «Наш общий друг» и т. п.

Беседы троих составляют толстую книгу, около пятисот страниц in quarto. За эту книгу — этот злосчастный «Диалог»⁶⁸ — Галилей в возрасте семидесяти лет будет отвечать на инквизиционном следствии, притом один раз под прямой угрозой пытки⁶⁹, угрозой, которая не может и не должна страшить его, если он добрый католик. За нее он будет приговорен к заключению в тюрьмах инквизиции на неопределенный срок⁷⁰. Он прочтет и подпишет перед глазами жадной до зрелищ толпы уничижительную формулу отречения (22/VI 1633 г.). Но именно с этого момента «Диалог» трех собеседников войдет в историю культуры не только как одно из замечательных произведений итальянской литературы и мировой науки, но и как книга, отмеченная печатью личных страданий Галилея, как символ борьбы передовой науки с обветшалыми доктринами, не отдающими без боя своих последних позиций...

Перелистывая теперь эту книгу, читатель сразу убедится, что в нее, как мощные пласты, вошли почти все предыдущие произведения Галилея. Это прежде всего «Sidereus Nuncius», затем очень важный, написанный в молодости, но не опубликованный «Трактат об ускоренном движении» («De motu accelerato»)⁷¹, «Письма о солнечных пятнах», «Послание к Инголии», «Послание к кардиналу Орсини о приливах и отливах», — одним словом, все творчество Галилея от 1590 до 1625 г. Вообще оно развито здесь только в очень немногих направлениях, но объединено одной великой целью: пред-

⁶⁶ Галилей описывает, как для едущего на барке из Падуи в Венецию по чудесным берегам Брента кажутся различно убегающими близкие и далекие предметы, от прибрежных деревьев до отдаленных склонов Альп («Послание к Инголии», Ed. Naz., vol. VI, p. 550).

⁶⁷ Ко времени выхода в свет «Диалога» (1632) мир уже начал сильно пустеть вокруг Галилея; кардинал Беллармино, от которого теперь могло зависеть очень многое, умер в 1621 г.; покровитель и друг Галилея, князь Federico Cesi — в 1630 г., Кеплер — в том же, 1630 г.

⁶⁸ Il mio Dialogo sfortunato (письмо Галилея к F. Liceti, январь 1641. Ed. Naz., vol. XVIII, p. 244).

⁶⁹ Допрос 21/VI 1633 г., Ed. Naz., vol. XIX, p. 362.

⁷⁰ Приговор. Ed. Naz., vol. XIX, p. 406; см. Цейтлин. Галилей. Серия «Жизнь замечательных людей». М., 1935, стр. 225.

⁷¹ Этот трактат широко использован Галилеем не только в «Диалоге», но и в «Беседах о двух новых отраслях знания» (см. выше), стр. 282—300.

ставить не только астрономические, но и механические доводы в доказательство коперниканской истины; выслушать и разбить, оставаясь в неизбежных уже рамках формальной объективности⁷², те возражения, которые может выдвинуть старая школа устами Симплицио. Соответственно этому в четырех днях бесед и споров развиваются четыре основные темы. Первая: между Землей и небесными телами нет столь существенных и коренных различий, чтобы предположение о возможных движениях Земли было принципиально неприемлемо. Вторая: одно из этих движений, именно суточное вращение, не только имеет астрономически значительную долю вероятности, но оно оказывается совместным с законами движения тел у земной поверхности. Третья: другое движение Земли — годичное обращение вокруг Солнца — неизбежно подсказывается всей совокупностью наблюдаемых астрономических явлений. Четвертая: оба эти движения, взятые вместе, вызывают как следствие определенное механическое явление, наблюдаемое на Земле: это приливы и отливы моря. Изучая его мы и получим, как думает Галилей, завершающее механическое доказательство всей коперниканской системы.

Но эта архитектоника «Диалога», столь стройная и целостная в ее общем плане, не всегда выдерживается в беседах и в спорах троих. Очень часто они отходят в сторону от той или другой темы, затем решают к ней вернуться, нередко повторяются и об одних и тех же явлениях без видимой необходимости рассуждают дважды. Что все эти отступления довольно тягостно действуют при чтении книги, отметил еще Декарт⁷³. Однако для современного читателя и в первую очередь для астронома главная особенность, пожалуй, даже странность «Диалога» лежит в ином.

Галилей представляет все положение вещей так, как будто для перехода к системе Коперника достаточно принять несколько круговых орбит с Солнцем в их общем центре⁷⁴ и дать каждой из планет равномерное движение по соответствующей окружности. Но он оставляет без внимания основную характеристику планетных движений, именно их неравномерность. Она была раскрыта, как мы помним, еще греками. Кроме того, греческим астрономам удалось в сложном видимом движении планет выделить два неравенства: первое — соответствующие неравномерности движения планет в их орбитах и второе, к которому относились прямые и обратные движения планет, их стояния и т. п. Именно в этом и состояло одно из крупнейших математических достижений древней астрономии.

Чтобы учесть оба эти «неравенства», Птоломей, помещая Землю в центре, вводил в свою систему эксцентры, эпициклы и экванты. Коперник, полагая в центре движений Солнце, устранял этим второе «неравенство». Но первое, разумеется, оставалось, и учет его требовал у Коперника столь же сложного аппарата, как у Птолемея. Поэтому Коперник вынужден был пользоваться эпи-эпициклами, эксцентр-эпициклами или эксцентами эксцента. Эту основную трудность всех планетных теорий Галилей игнорирует в «Диалоге»

⁷² Эта объективность выдержана в «Диалоге» очень относительно. Инквизитор, рассматривавший книгу в 1632 г., нашел, что «заключительное противоядие вложено здесь в уста дурака и притом в таком месте книги, что его и найти трудно». Ed. Naz., vol. XIX, p. 326.

⁷³ Находясь в добровольном изгнании в Амстердаме, Декарт в 1634 г. получил на тридцать часов экземпляр «Диалога», тогда уже запрещенной книги; он писал по поводу ее Mersenne: «Его [Галилея] доводы для доказательства движения Земли очень хороши; но мне кажется, что он не так излагает их, как нужно, чтобы убеждать; отступления, которые он вставляет, служат причиной, что о первых доказательствах забываешь, читая последние» (Ed. Naz., vol. XVI, p. 124). Из того же письма видно, что под впечатлением приговора над Галилеем Декарт отказался от мысли создать свой собственный труд о системе мира; см. также другое письмо Декарта к Mersenne (Ed. Naz., vol. XVI, p. 50).

⁷⁴ См. чертеж в «Dialogo». Ed. Naz., vol. VII, p. 531; ed. Strauss, p. 338.

совершенно; так он игнорирует и то окончательное решение планетной задачи, которое дано Кеплером. Более чем за 20 лет до появления «Диалога» Кеплер установил в «*Astronomia Nova*» (1610) применительно к планете Марс, что орбита ее есть эллипс, в одном из фокусов которого находится Солнце. Он установил также, что скорость планеты в любой точке ее орбиты обратно пропорциональна длине перпендикуляра, опущенного из этого фокуса на касательную к эллипсу в той его точке, где находится планета (так называемый «закон площадей»). На все эти важные обстоятельства Галилей в «Диалоге» закрывает глаза. Только один раз, в конце книги, Сальвати довольно неожиданно начинает говорить о том, что Солнце одну половину орбиты проходит почти на девять дней скорее, чем другую (вспомним Калиппа!). Но, продолжает он, имеет ли место при прохождении меньших частей орбиты равномерное или неравномерное движение, «этого до сих пор еще не установили, быть может, и не исследовали»⁷⁵. В связи с этими, уже совершенно непонятными словами, высказывалось мнение, что Галилей вовсе не читал «*Astronomia Nova*» Кеплера. Однако с этим трудно согласиться, так как в том же месте «Диалога» говорится о Марсе, «который так мучает современных астрономов»⁷⁶.

Все это можно пытаться объяснить тем, что Галилей имел в виду дать в «Диалоге» отнюдь не ученый трактат по астрономии, но что, верный своему девизу быть понятным возможно более широким кругам, он создавал здесь одну из первых научно-популярных книг. Действительно, во всем «Диалоге» нет ни одной формулы, а численные данные и результаты вычислений приводятся в нем редко и скупо. Но, на наш взгляд, причина этих странностей лежит не в этом и даже не в общем расхождении установок Галилея и Кеплера, а значительно более глубоко; равномерные круговые движения играли, как мы сейчас увидим, столь важную роль в механических построениях Галилея (именно тех, которые он развивает в «Диалоге», но о которых уже не будет речи в его классических «Беседах о двух новых отраслях знания», 1638), что порвать с этой схемой Галилей принципиально не мог. Однако из одних равномерных обращений по круговым орбитам теорию планетных движений создать невозможно; еще менее возможно построить планетные таблицы. Между тем еще в 1627 г., т. е. за пять лет до появления «Диалога», Кеплер издал свои знаменитые «Рудольфины» («*Tabulae Rudolphinae*», Ulm, 1627). Это были планетные таблицы, основанные на кеплеровых законах движения⁷⁷. Таким образом, по странной иронии судьбы, планетные схемы Галилея оказались в таком же отношении к теории Кеплера, в каком схема концентрических сфер Евдокса — Калиппа — Аристотеля находилась по отношению к построениям и таблицам Альмагеста.

В чем же отличие между основными механическими началами, которые Галилей развивает в своем «Диалоге» и в «Беседах»? В последних Галилей излагает («День третий» и «День четвертый») теорию равноускоренного движения, в частности, законы падения тел, исключительно в применении к явлениям земным. Вообще в «Беседах» об астрономии не могло быть и речи и

⁷⁵ Ed. Naz., vol. VII, p. 481; ed. Strauss, p. 476.

⁷⁶ Ed. Naz., vol. VII, p. 480; ed. Strauss, p. 476. Имеется еще одно указание на то, что об эллиптических орбитах было известно в кругах Галилея: в книге его ученика Cavalieri «О зажигательном зеркале» («*Lo specchio ustorio*», Bologna, 1632) упоминается об эллиптической орбите Марса; Галилею эта книга была известна (см. письмо Cavalieri к Галилею от 31/VIII 1632 г.; Ed. Naz., vol. XIV, p. 378). Это интересное замечание принадлежит Ольки (цит. соч., т. III, стр. 396).

⁷⁷ «Рудольфины» Кеплера пришли на смену тем «*Tabulae Drutenicae*», которые Rhinhold составил на основе теории Коперника и издал в 1551 г. И те и другие таблицы были известны Галилею, так как в сентябре 1632 г. он получил запрос от Cesare Marsili о некоторых затруднениях, встреченных при пользовании ими (Ed. Naz., vol. XIV, p. 396).

ее нет. Все, что он здесь говорит, безошибочно и классично и по праву вызвало ту восхищенную оценку, которую Лагранж дал этим открытиям Галилея⁷⁸. Но в «Диалоге» механика была впервые призвана играть некоторую космическую роль; для этого не настало еще время!

В самом начале «Диалога» Галилей, борясь со страшными динамическими воззрениями Аристотеля, налагает устами Сальвати открытия «нашего академика» о движении тел, падающих с высоты вертикально вниз или по наклонной плоскости. Он устанавливает, что скорость, приобретенная телом на одинаковой высоте, в обоих случаях равна (и это есть первое применение закона живых сил). Он развивает положение о том, как увеличивается время падения по мере уменьшения наклона плоскости. Когда ему остается только перейти к пределу, Галилей высказывает следующее неожиданное положение:

*«Но движение по линии горизонтальной, которая не опускается и не поднимается, есть круговое движение вокруг центра; следовательно, круговое движение никогда естественным образом не может быть приобретено без предшествующего (прямолинейного) движения; но, будучи однажды приобретено, оно продолжается вечно [perpetuamente] с неизменной скоростью»*⁷⁹.

Мы будем называть этот своеобразный принцип Галилея «началом космической инерции». Пользуясь им, Галилей представляет упорядоченную систему мира как строй планет, движущихся по круговым орбитам с постоянной скоростью. Прямолинейное движение является как бы регулятором этого порядка; оно превращает мир из хаоса в космос.

«Согласно этому, я заключаю, — продолжает Сальвати, — что только одно круговое движение естественным образом соответствует тем телам природы, которые входят как составная часть во Вселенную, когда они находятся в порядке совершенном; но прямолинейное движение предназначается природой для ее тел и их частей в крайнем случае тогда, когда они оказываются не на их месте, расположенные с нарушением порядка, и когда требуется привести их кратчайшим образом к их естественным местам»⁸⁰.

Таким образом, не гармония чисел или звуков статически отображается в мире; его бытие как космоса есть равномерное круговое движение его частей. Естественно, что при такой космологической схеме переход к неравномерным движениям, в частности к кеплеровым эллипсам, был для Галилея совершенно закрыт. В этом, по нашему мнению, и заключается причина той странности и особенности «Диалога», о которой было сказано. Но это положение вещей появилось отнюдь не вследствие отвлеченных философских концепций Галилея. Напротив, оно возникло потому, что он, следуя своему призванию механика и инженера, стал немедленно применять найденные им законы движения тяжелых тел к мировой материи в целом⁸¹. Но в этих приложениях его «принцип космической инерции», который, как некий Янус, одним ликом был обращен к Аристотелю, а другим к Ньютону, неизбежно должен был сыграть тяжкую роль. Приведем два примера.

⁷⁸ Лагранж. Аналитическая механика, т. I. М., 1938, стр. 166—167; см. А. Н. Крылов. Сборник, посвященный 300-летию годовщине со дня смерти Галилео Галилея. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1943, стр. 57—67.

⁷⁹ Ed. Naz., vol. VII, p. 53; ed. Strauss, p. 30.

⁸⁰ Ed. Naz., vol. VII, p. 56; ed. Strauss, p. 34. Роль прямолинейного движения определена Галилеем, как у Коперника («*De Revolutionibus*», lib. I, p. 8). О том же мимоходом говорится и в «Беседах»; но тут Сальвати решает оставить в стороне все космогонические приложения законов падения: «Столь глубокие соображения, — говорит он, — относятся уже к наукам более высоким, чем наша» («Беседы», стр. 343—344). По вопросу о применении космического принципа инерции Галилея к проблеме происхождения мира см. также любопытное письмо Merseune от 4/XII 1634 г. (Ed. Naz., vol. XVI, p. 169).

⁸¹ Так, например, характерно и показательно вычисление, при помощи которого Галилей находит, что тело, падающее с Луны до земной поверхности, должно пройти это расстояние в 3 часа 22 мин. 4 сек., двигаясь равноускоренно (Ed. Naz., vol. VII, p. 250; ed. Strauss, p. 238).

Одно из самых глубоких открытий Галилея, которое мы назовем теперь принципом относительности классической механики, изложено Галилеем в «Диалогах». Этот принцип высказан не в виде формул и теорем, а в виде красочного описания явлений, происходящих в закрытой каюте под палубой корабля. В этой каюте по различным направлениям летают бабочки, рыбки в маленьком бассейне плавают в разные стороны, капли воды падают вертикально на подставку из отверстия в сосуде, два человека перебрасываются мячом, сообщая ему одинаковую скорость, но в разных направлениях и т. п. Галилей пишет: «Когда вы внимательно пронаблюдаете все эти явления, так что во всем этом, пока корабль остается на месте, не останется никакого сомнения, дайте кораблю движение с какой угодно скоростью; и тогда, если только движение его равномерно и оно не отклоняется ни в ту, ни в другую сторону, вы не обнаружите ни малейшего изменения во всех указанных явлениях, и ни по одному из них вы не сможете судить, движется ли корабль или стоит на месте»⁸².

Из подчеркнутых нами слов Галилея видно, что мы несколько не узурируем историю и не модернизируем Галилея, когда называем теперь галилеевыми (или инерциальными) осями всякую систему осей, движущихся в пространстве равномерно и прямолинейно. Но здесь, к нашему удивлению, обнаруживается, что тот раздел «Диалогов», где приведено это замечательное предложение, дан с такой пометкой на полях книги: «Опыт, который один доказывает ничтожность всех тех [опытов], какие приводятся против движения Земли»⁸³. Таким образом, Галилей применяет принцип относительности к явлениям на вращающейся Земле. Он считает, очевидно, «инерционным» всякое движение, сообщаемое Землей телам, находящимся на ее поверхности. Поэтому многочисленные примеры, рассматриваемые на протяжении «Второго дня», — падение груза с высокой мачты, стрельба из орудия как горизонтально по разным направлениям, так и вертикально и др., и все те рассуждения, которыми Галилей опровергает доводы Птолемея о том, что вращающаяся Земля обгоняла бы предметы, брошенные с ее поверхности, или отставала от них, и т. д. — все это получается как бы не на месте и может читаться современным механиком только с существенными оговорками.

Другой пример: Галилей как практик отдавал себе отчет о проявлении центробежной силы там, где речь идет о предметах, вращаемых на шнуре, выбрасываемых из быстро вращаемой трубки, и т. п.⁸⁴, хотя формула для центробежного ускорения была дана не Галилеем, а несколько позднее Гюйгенсом, тем не менее в соответствующих местах «Диалогов» имеются важные положения, например, о прямолинейном движении вращаемого тела по касательной к окружности в точке отрыва⁸⁵. Но как только возникает вопрос о телах, находящихся на Земле, Галилей оставляет в стороне эти простые и ясные соображения. С помощью довольно сложных умозаключений, в которых фигурируют бесконечно малые величины различных порядков, он пытается доказать, что вес тела, как бы он ни был мал, превышает действие центробежной силы и лишает тело возможности оторваться от Земли⁸⁶. Когда

⁸² Ed. Naz., vol. VII, p. 213; ed. Strauss, p. 197; это место — повторение из «Послания к Инголина»; Ed. Naz., vol. VI, p. 547—548.

⁸³ Такие пометки на полях, вроде небольших заголовков (postille) — маргиналии — даны по всему тексту «Диалогов»; см. Ed. Naz., vol. VII, p. 412; ed. Strauss, p. 197; цитируется из «Второго дня», где речь идет только о вращении Земли.

⁸⁴ Ed. Naz., vol. VII, p. 216; ed. Strauss, p. 201.

⁸⁵ Ed. Naz., vol. VII, p. 219; ed. Strauss, p. 204.

⁸⁶ Ed. Naz., vol. VII, p. 221; ed. Strauss, p. 206.

Приведенный к убеждению Симплицио, — что камень не отделяется от Земли, потому что его удаление вначале будет настолько малым, что, пожалуй, в тысячу раз сильнее будет стремление камня двигаться к центру Земли; доказательство на стр. 223—229; ed. Strauss, p. 208—214.

речь идет о небесных телах, то самая мысль о том, что и в их движении может проявляться действие центробежной силы, Галилею кажется нелепой: «Разве не говорят философы, что Луна и другие планеты не падают, потому что их удерживает скорость их движения. О, что за глубокие соображения!»⁸⁷

В манускриптах Леонардо да Винчи, на чертаных его знаменитыми письменах «в зеркальном отображении» (a rovescio), имеется такая запись⁸⁸.

«La luna densa e grave, come sta, la luna? «Луна, плотная и тяжелая, на чем она держится, эта Луна?»

На этот вопрос, поставленный задолго до Галилея грядущим поколением астрономов, космическая механика Галилея, как мы видим, никакого ответа не дает. История науки будет ждать этого ответа еще около полустолетия, пока, наконец, гением Ньютона двуликий принцип инерции Галилея будет выправлен до конца и на этой почве будет достигнут синтез механики земной, созданной Галилеем, и механики небесной, незываемое начало которой положил Кеплер.

Оставаясь все в том же цикле механических построений Галилея, мы переходим теперь к его попытке дать одновременное, «по необходимости истинное», доказательство обоих движений Земли, основанное на теории приливов. Что над этим явлением Галилей размышлял очень давно, видно из того, что в упомянутом его письме к Belisario Vinta от 7/V 1610 г. среди мелких работ, им законченных, указывается сочинение «De maris aestu» (О приливе моря); помимо этого, когда Галилей писал Кеплеру еще в 1597 г., что он «записал много доказательств» коперниканского учения, то таким могла являться только теория приливов, так как все прочие доказательства, приводимые в «Диалогах», основаны на телескопических открытиях Галилея и, следовательно, в 1597 г. ему еще не были известны.

Окончательное выражение своим мыслям о приливах Галилей дал, как было упомянуто, в 1616 г. в Риме, изложив его в «Послании к кардиналу Орсини»⁸⁹. Теория, которую он здесь излагает, не подкреплена, да и не могла быть подкреплена в ту пору численными выкладками и результатами. Она есть просто некоторая механическая интуиция, и хотя в данном случае эта интуиция обманула Галилея, тем не менее он здесь поставил вполне правильную и осмысленную задачу, решение которой (ищем еще до конца не проведенное) могло бы иметь в других случаях большое значение.

Считая, что принцип относительности устраняет возможность обнаружить движение Земли при помощи опытов над движением твердых тел, Галилей, естественно, приходит к выводу, что только «жидкие массы на земной поверхности, имеющие на ней столь большое распространение и не так тесно связанные с земным шаром, как его твердые составные части, одни только и могут дать нам указание о том, движется ли Земля или находится в состоянии покоя»⁹⁰.

Рассмотрим поэтому движение жидкой частицы; она участвует во вращении Земли, так что направление ее скорости (относительно неподвижных звезд) через каждые 12 часов меняется на обратное. Вместе с тем эта же частица участвует и в годичном движении Земли, направленном в течение суток все время в одну сторону. Поэтому, если в данный момент обе эти скорости параллельны между собой, то через 12 часов они будут направлены антипараллельно, и в первом случае абсолютная скорость частицы будет равна сумме, во втором — разности скоростей. Таким образом, в течение суток

⁸⁷ Письмо Галилея к Fulgenzio Micanzio от 15/III 1636 г., Ed. Naz., vol. XVI, p. 406.

⁸⁸ Приводимая цитата из Леонардо да Винчи в указанном русском издании не помещена: см. итальянское издание (Solmi) или немецкое (Marie Herzfeld).

⁸⁹ «Del Flusso e riflusso del Mare», Ed. Naz., vol. VII, p. 395; оно составляет основу содержания «Дня четвертого» «Диалогов» и местами воспроизведено в нем дословно.

⁹⁰ Ed. Naz., vol. VII, p. 422; ed. Strauss, p. 431.

величина и направление абсолютной скорости жидкой частицы непрерывно меняются; ее движение будет ускоренным или замедленным⁹¹. В силу этого движение воды в каком-либо морском бассейне (в особенности если он расположен в направлении параллели земного шара) будет в общих чертах таким же, каким мы наблюдаем, например, движение воды, налитой в трюм большой барки, когда движение последней ускоряется или замедляется. «При ускоренном движении, — говорит Галилей, — вода несколько поднимается у кормы и опускается у носа, а затем мало-помалу приходит к подчиненному движению всего вместилища и уже совершенно не меняет уровня, пока движение его происходит спокойно и равномерно⁹². При замедленном движении происходят обратные явления. Таким образом, периодические ускорения и замедления движения воды служат причиной основного, полусуточного прилива, максимумы которого отделены двенадцатичасовыми промежутками.

Такова основная схема галилеевой теории приливов. Хотя в условиях Земли она совершенно не соответствует действительности, но считать ее ошибочной и механически неприемлемой, разумеется, нельзя. Напротив, для истории гидромеханики весьма интересны некоторые соображения, которые попутно развивает Галилей. Так, он отчетливо владеет понятием собственного периода колебаний бассейна. К главной причине колебаний с периодом в 12 часов присоединяется, действуя против нее, еще другая: «эта последняя, — говорит Галилей, — зависит от собственного веса воды и соответственно длине и глубине вместилища обладает временем колебаний в 1, 2, 3 или 4 часа и т. д.; действуя против первой причины, она возмущает ее и устраняет ее действие, не давая воде возможности дойти до предела или даже до середины соответствующего движения...; от такого противопоставления действий явления прилива и отлива или совершенно уничтожатся или будут значительно затемнены⁹³. Аналогично Галилей дает описание явлениям биений в колебаниях бассейна: «Если вторичное действие имеет свой период, например, в 5 часов, то в некоторых случаях первичное и вторичное действие будет согласованно давать импульсы в одну и ту же сторону, и при таком соединенном и, так сказать, едином их устремлении приливы будут велики...; в противоположных случаях движения воды будут ослаблены и море приведено к состоянию спокойствия и почти полной неподвижности⁹⁴».

Из этих немногих ссылок становится очевидным, что галилеева теория приливов, на дальнейших развитиях и осложнениях которой здесь нет оснований останавливаться, есть чисто динамическая схема явления, основанная исключительно на учете инерции вод океана. «Выведенная из состояния равновесия, — образно говорит Галилей, — вода не только будет стремиться вернуться к нему, но, увлекаемая собственным импульсом пройдет через это состояние, поднимаясь в той части, где она стояла ниже всего; но и здесь вода не остановится, а снова вернется обратно; многими повторениями этих

⁹¹ Скорость суточного вращения частицы на экваторе 0,5 км в секунду; скорость годичного движения Земли — 30 км в секунду. Поэтому отношение наибольшей абсолютной скорости к наименьшей численно равно 1,03. Соответствующее значение, по Галилею, можно оценить следующим образом: среднее расстояние от Земли до Солнца он принимает, следуя Копернику, равным 1208 радиусов земного экватора (Ed. Naz., vol. VII, p. 386; ed. Strauss, p. 375), вместо современного значения 23 400. Поэтому скорость движения Земли в орбите должна быть у него в 19,4 раза меньше надлежащей, т. е. порядка $1\frac{1}{2}$ км в секунду, так что отношение наибольшей к наименьшей абсолютной скорости должно было бы получиться порядка 2 : 1. Но Галилей это отношение не приводит и ограничивается замечанием, что «один раз в сутки движение происходит с наибольшей скоростью, один раз с наименьшей и дважды со средней» (Ed. Naz., vol. V, p. 383).

⁹² Ed. Naz., vol. V, p. 380.

⁹³ Ed. Naz., vol. VII, p. 458; ed. Strauss, p. 452.

⁹⁴ Ed. Naz., vol. VII, p. 460; ed. Strauss, p. 455.

перемещений вода укажет нам, что она как бы вовсе не желает сразу вернуться от полученной ею скорости движения к отсутствию таковой⁹⁵».

Соответственно этой основной установке теория Галилея исключает действие какой бы то ни было приливообразующей силы. Возможность действия таких сил Галилей решительно отрицает с некоторым затаенным гневом. От его имени Сальвиати говорит: «Признать, что тут действуют Луна и Солнце и что они вызывают подобные явления, все это совершенно претит моему рассудку». Он считает, что движение морей есть местное явление, ощущаемое нашими чувствами (sensato) и происходящее в огромных количествах воды: «Мой рассудок не может приспособиться к тому, чтобы подписаться под действием света, темперированного тепла или возбуждения явлений через скрытые качества [qualita occulte] и прочими тому подобными бреднями; все это не только не является, но и не может явиться причиной прилива; скорее это обратное, прилив в мозгах ведет здесь к этой болтовне и к крикливым суждениям, а не к размышлениям над более глубокими явлениями природы и к их исследованиям⁹⁶».

В этих словах Галилей объявляет войну той доктрине средневековья, которая, как мы видели, приписывала приливы таинственному влиянию Луны, доктрине, за которой шел и Кеплер.

Все это характерно для понимания исходных установок Галилея. Для него мир рационален, больше того, он «ослепает», в нем нет скрытых влияний, нет дальностей. Как в планетной теории, так и в теории приливов для пояснения космоса, его бытия и, может быть, даже его происхождения, по Галилею, достаточно задаться материей, ее равномерными круговыми движениями и их регулятором — движениями прямолинейными, равнозамедленными или равноускоренными.

Все эти схемы Галилея оказались, однако, только эскизом космической механики, не нашедшей подтверждения и оправдания в наблюдениях и опыте.

Ньютон в единой формуле дальностей, над раскрытием сокровенного смысла которой человеческая мысль работает и по настоящее время, объединил законы движения планет, их спутников и комет, приливы вод океана. Явление приливов оказалось обусловленным именно притяжением Луны; сила притяжения теперь снова появилась как орудие познания природы, будучи очищена от той таинственной окраски, которую наложило на нее мистическое мышление средних веков и которая так отталкивала Галилея.

С этого момента стало очевидным, что галилеево однообразие и его доказательство двойного движения Земли ничтожно и что его теория приливов может в лучшем случае служить для пояснения некоторых частных явлений, каким оно наблюдается на Земле⁹⁷.

Таким образом, космическая механика Галилея оказалась не в состоянии решить стоявшие перед ней задачи; в переходе от нее к диаметрально противоположной небесной механике Ньютона, являющейся применением закона всемирного тяготения к планетной системе, диалектика развития нашей науки проявила себя во всей ее непреложной необходимости.

⁹⁵ Ed. Naz., vol. VII, p. 442; ed. Strauss, p. 448.

⁹⁶ Ed. Naz., vol. VII, p. 470; ed. Strauss, p. 465.

⁹⁷ Напомним, что теория приливов, данная Ньютоном, статическая, так как в ней предполагается, что воды океана, лишённые инерции, непрерывно принимают форму поверхности уровня по отношению к потенциалу — возбудителю прилива. Начало динамической теории приливов, в которой инерция вод океана учитывается, положено Лапласом. До сих пор неизвестно механическое явление, которым можно было бы доказать одновременно оба движения Земли — суточное и годичное. Для механического доказательства первого из них служит маятник Фуко; второе обнаруживается только в aberrации неподвижных звезд и в их годичном параллаксе. То, что не удалось Галилею, не удалось и в последующие три столетия.

Если современный астроном снимет «Диалог» Галилея с его недостаточно прочного механического фундамента, что же может продолжать действовать на него в этой знаменитой книге? Уже довольно многое из ее содержания прошло перед нами на предыдущих страницах: Луна, изучение ее поверхности, пепельный свет, явление либрации; солнечные пятна и вращение Солнца; фазы Венеры; поступательное движение земной оси и смена времен года⁹⁸. Все это сейчас общезвестно и вошло в учебники; относиться к этим вопросам так, как к ним относились современники Галилея, мы больше не можем. Когда Сагрето, всмотревшись в тот классический чертеж, которым поясняется смена освещения Земли по четырем временам года, говорит: «Признаюсь, я никогда не слышал ничего более замечательного, и я не могу поверить, чтобы человеческий разум когда-либо углублялся в более тонкие размышления»⁹⁹, то мы меньше удивляемся чертежу и рассуждениям Галилея, чем словам Сагрето: слишком давно уже все это было впитано нашей культурой¹⁰⁰.

Поэтому, казалось бы, «Диалог» может оставаться ценным только под углом зрения чистой истории науки, где всякое высказывание, простое или сложное, правильное или неверное, имеет ценность в ретроспективном и осмысленном познании развития науки. Но это не так!

В «Диалоге» Галилея имеется некоторая общая установка, делающая его живым и современным даже теперь, когда со дня смерти Галилея прошло 300 лет. Эту установку мы усматриваем в том, как относился автор «Диалога» к будущему своей науки и к решению некоторых, совершенно недоступных в его время проблем.

Как Вселенная для Галилея безгранична в пространстве, так и безграничны для него в будущем возможности астрономии. «Когда же наступит, — спрашивает Сагрето, говоря о телескопе, — предел наблюдениям и открытиям с этим изумительным инструментом?» — «Если успехи в этой области, — отвечает Сальвиати, — будут развиваться так же, как в отношении других великих изобретений, то можно надеяться, что с течением времени нам удастся обнаружить многое, чего пока еще мы не в состоянии себе вообразить»¹⁰¹.

Это «многое», естественно, лежит за пределами планетной системы и составляет то, что во времена Галилея можно было бы назвать Большой Вселенной.

«Кто решится утверждать, что пространство между Сатурном и неподвижными звездами, которое кажется им [перипатетикам] пустым и бесполезным, свободно от других небесных тел? Не потому ли, что мы их не видим? Что же, разве четыре спутника Юпитера и спутники Сатурна¹⁰² только тогда появились на небе, когда мы их впервые увидели, и отнюдь не раньше? Пожалуй, и бесчисленные неподвижные звезды тоже не существовали, пока их люди не

⁹⁸ К удивлению, о спутниках Юпитера в «Диалоге» упоминается только мимоходом, так что Галилей как бы забывает обещание, данное им в «Sidereus Nuncius» вернуться к ним в книге о «Системе Мира».

⁹⁹ Ed. Naz., vol. VII, p. 423; ed. Strauss, p. 415. Кстати, в одном месте «Диалога» Сальвиати говорит: «Смотрите, как все это легко понять». — «Да, — отвечает Сагрето, — таковы все истинные положения после того, как они найдены; вся трудность в том, чтобы уметь их найти» (Ed. Naz., vol. VII, p. 254; ed. Strauss, p. 239).

¹⁰⁰ Здесь уместно вспомнить слова Л. Толстого о том, что многие, и даже лица с высоким образованием, обычно начинают очень уверенно объяснять «времена года», но потом безнадежно запутываются (см. «Яснополянская школа». Соч. под ред. Бирюкова, т. XIII. М., 1913, стр. 203).

¹⁰¹ Ed. Naz., vol. VII, p. 91; ed. Strauss, p. 70.

¹⁰² Галилей принимал за спутников Сатурна его кольцо.

увидели... О, что за высокомерное и даже больше, что за легкомысленное невежество людей!»¹⁰³.

Этими словами великий астроном дает ясно понять, что он допускает возможность открытия засатурновых планет; он высказывает здесь мысль, которая была бы просто страшна в рамках средневековой культуры. Галилей знает также, что когда наука выйдет за пределы планетной системы и приступит к определению расстояния от Земли до неподвижных звезд, технически говоря, когда она подойдет к проблеме звездных параллаксов, она столкнется с огромными трудностями, потому что эти параллаксы чрезвычайно малы. Но он не только не складывает оружия перед этой задачей, а поучает будущих астрономов, каким путем ее удастся решить и обнаружить годичное параллактическое смещение звезды; к тому же это смещение послужит окончательным доказательством годичного обращения Земли вокруг Солнца.

«По моему мнению, — говорит Сальвиати, — звезды вовсе не рассеяны на одной сфере и не находятся в одинаковых расстояниях от единого центра; их расстояния от нас очень различны, так что некоторые из них могут быть в два или в три раза дальше, чем другие»¹⁰⁴. Поэтому если бы при помощи телескопа было обнаружено, что очень слабая звезда находится чрезвычайно близко от более яркой, так что расстояние первой было бы значительно больше, то могло бы случиться, что в их взаимном расположении происходили бы [в течение года] заметные изменения, соответственно явлениям, обнаруживаемым у верхних планет»¹⁰⁵.

Эти слова Галилея оказались пророческими: именно таким путем, сравнивая положения звезды, предполагаемой весьма удаленной от находящейся «рядом» с ней звездой, предполагаемой более близкой, Бессель в 1838 г. обнаружил параллакс 61-й Лебеда и впервые промерил расстояние между Землей и звездой. Галилей отчетливо сознавал, какие огромные трудности предостоят превозмочь наблюдательной астрономии в вопросах, касающихся звезд. Он особенно подчеркивал это в отношении измерения их угловых диаметров, проблемы, которую удалось решить только в XX в. в отношении очень немногих звезд и притом отнюдь не непосредственным измерением их угловых диаметров через телескоп. По этому вопросу до Галилея имелись только совершенно фантастические оценки. Тихо Браге, величайший наблюдатель в дотелескопическую эпоху, считал, что угловые диаметры звезд имеют порядок 2' и даже 3'. Галилей первый установил, что здесь скрыта существенная ошибка и что диаметры звезд в десятки раз меньше такой величины¹⁰⁶.

Все эти примеры, число которых можно было бы умножить, достаточно ярко обнаруживают, насколько возвышался Галилей над общим уровнем современной ему астрономической культуры. Сила его уверенности в безграничных возможностях науки нас изумляет. Вот почему его «Диалог» отмечен печатью вечной жизни в сознании всех, кто работал и кто будет работать по астрономии. Ошибки, которые обнаружены позднее в «Диалоге», его величия умалить не могут.

За эту бессмертную книгу «неумолимое коварство» людей, о котором Галилей когда-то говорил папе Павлу V, будет преследовать Галилея вплоть

¹⁰³ Ed. Naz., vol. VII, p. 396; ed. Strauss, p. 385.

¹⁰⁴ Мы теперь сказали бы «в сотни и в тысячу раз дальше, чем другие».

¹⁰⁵ Ed. Naz., vol. VII, p. 409; ed. Strauss, p. 400.

¹⁰⁶ Ed. Naz., vol. VII, p. 386, 389; ed. Strauss, p. 375 и 379; здесь Галилей все еще чрезмерно преувеличенно оценивает угловой диаметр «звезды первой величины в 5'', звезды шестой величины — в шесть раз меньше». О том же см. в «Послании к Инголи», Ed. Naz., vol. VI, p. 523. Напомним, что наибольший из угловых диаметров, измеренных в 20-х годах нашего века интерферометром Майкельсона, оказался равным 0'05". Способ определения этих диаметров Галилеем описан в статье С. И. Вавилова.

до конца его дней. На этих страданиях цикл его астрономического творчества замкнут и закрыт; но тогда, поднимаясь с изумительной духовной мощью над «высокомерным невежеством», из-за которого он страдает, Галилей на склоне лет возвращается к творчеству в той области, с которой он начал свой жизненный путь: он не только астроном, он практик, механик и инженер. Как великий новатор он и здесь идет навстречу жизни с решением важнейших технических и механических задач; он сознает их огромную ценность. В связи с отправкой в Голландию рукописи его «Бесед» Галилей в одном из своих писем 1636 г. говорит: «Эти вторые мои Беседы содержат две новые науки, относящиеся к движению и к сопротивлению твердых тел разному, вместе с некоторыми геометрическими вопросами; все эти построения являются самым ценным плодом моих исследований за всю мою жизнь¹⁰⁷».

Пусть так! Но здесь, подводя итоги, мы должны поставить вопрос: какое же место принадлежит Галилею не в истории динамики или теории упругости, а в истории астрономии прежде всего?

В медленном развитии науки к астрономам XVII в. от древней Греции и от Коперника перешла проблема планетной астрономии, проблема строения солнечной системы и движения планет. Эта задача имела двойной смысл: математически она ставилась (до Кеплера) так, что к действительному, неравномерному движению планет в эллипсе надо было приблизиться при помощи движений круговых; иными словами, нужно было найти некоторое число членов разложения долготы планеты и ее радиуса-вектора в тригонометрический ряд, чтобы их суммой можно было достаточно точно представить наблюдаемое движение; физически нужно было решить, что же представляет Земля, в какой мере и ее можно причислить к системе планет и приписать ей движения в пространстве; этот второй вопрос, разумеется, имел первоочередное мировоззренческое значение.

Что же дал Галилей по каждому из этих направлений? Рассматривая его «Диалог», мы убедились, что по первому он не внес, практически говоря, ничего, просто отменяя от себя всю проблему неравномерных движений. То же выражено и в его предшествующем творчестве. Довольно рано он встал на ту точку зрения, что в системе Птолемея эпициклы и эксцентры вводятся «чистыми астрономами» просто как рабочая гипотеза, никакого отношения к внешней реальности не имеющая¹⁰⁸. Но как надо было поступать, чтобы в схеме Птолемея учесть хотя бы одно «первое неравенство», об этом Галилей нигде и ни разу не говорит. Когда он рассуждает с коперниканской точки зрения, то оказывается как раз обратное: и эпициклы, и эксцентры суть не только реальные, но и единственно возможные формы движений в планетной системе. Так, орбиты спутников Юпитера — эпициклы по отношению к Солнцу; орбиты Меркурия и Венеры — эпициклы по отношению к Земле; орбита Марса вокруг Солнца — эксцентр по отношению к Земле¹⁰⁹, однако все это, очевидно, не больше, как игра определений и словами, не вносящая никакой ясности в кардинальный вопрос планетной астрономии. Таким образом, мы вправе сказать, что от задачи о неравномерном движении планет Галилей стоял так же далеко во всем своем творчестве, как и в «Диалог».

¹⁰⁷ Письмо к Bernegger от 12/VII 1636 г., Ed. Naz., vol. XVI, p. 452.

¹⁰⁸ См., например, первое письмо о солнечных пятнах. Ed. Naz., vol. V, p. 102—103.

¹⁰⁹ Так именно составлен ответ Галилея от 30/VI 1612 г. (Ed. Naz., vol. XI, p. 344) на вполне основательно поставленный вопрос князем Cesi: нельзя ли совершенно освободить систему Коперника от эксцентров и эпициклов? (письмо к Галилею от 20/VI 1612 г.; Ed. Naz., vol. XI, p. 332). То же утверждает Галилей в письме к кардиналу Pietro Dini от 23/III 1615 г., (Ed. Naz., vol. V, p. 298) или в «Considerazioni circa l'opinione copernicana» (1615), где говорится: «Коперник задается эпициклами и эксцентрами; однако вовсе не они служат причиной того, что система Птолемея отвергается (так как и те и другие, несомненно, имеются на небе), но иные его чудовищные положения (esorbitanze)» (Ed. Naz., vol. V, p. 367).

Но мы не должны здесь забывать и того, что как раз движения открытых им спутников Юпитера, из которых Галилей имел в виду извлечь только практически полезный метод определения долгот, послужили основой для глубоких выводов и обобщений, приведших к ответу на вопрос Леонардо и к окончательному решению планетной проблемы. Так уже Кеплер вскоре после открытия им «третьего закона» (1619) нашел, что квадраты времен обращения спутников вокруг Юпитера пропорциональны кубам их расстояний от планеты¹¹⁰. Таким образом, в системе спутников имеет место та же зависимость между периодами и расстояниями, которая связывает расстояния самих планет от Солнца с периодами их обращений в орбитах. Далее, теорию спутников развивал Дж. Борелли¹¹¹. Он высказал мысль, что некоторая сила притягивает спутников к их планетам, а планеты к Солнцу и что эта сила уравнивается центробежной силой, возникающей при круговом движении. Так постепенно Галилей — Кеплер — Борелли подготавливали почву для заключительного открытия Ньютона¹¹².

Если мы перейдем к физической стороне планетной проблемы, то не должно оставаться сомнений, что именно Галилей больше чем кто-либо сделал для ее правильного решения: почти все его открытия служат к утверждению космического единства солнечной системы. Земля — такое же непрозрачное и отражающее свет тело, как Луна, Венера и Юпитер; ей присущи те же движения в пространстве, как и другим телам этой системы. Со своим обычным мастерством стилиста Галилей утверждает это положение устами Сальвиати:

«Что же касается до Земли, то мы стремимся облагородить и поставить ее в условия большего совершенства, стараясь установить ее подобие небесным телам и тем самым как бы поместить ее на небо, откуда ее изгнали ваши философы»¹¹³.

Именно это убеждение Галилея в физической однородности планет являлось основой его взглядов на природу комет: будучи уже de visu объектами, столь отличными от «плотных» тел солнечной системы, кометы вообще не могут быть материальными телами: это временные, оптические явления, вроде галосов и паргелиев. Вот почему в «Диалог», где сопоставляются две системы строя материального мира, о кометах говорится только мимоходом и вскользь.

Остаиваясь подробно на том, как именно эта сторона учения Галилея, подкреплённая его открытиями и запечатлённая его личной судьбой, должна была действовать на современников, означало бы повторять многое из сказанного на страницах этой статьи¹¹⁴. Несомненно, что Галилей нес человечеству новое мировоззрение, он указывал Земле и человеку совершенно не то место во вселенной, о котором его учили в течение веков. Вот почему Урбан VIII был со своей точки зрения прав, когда говорил, что учение

¹¹⁰ Kepler, Epitome Astronomiae Copernicanae (Linz u. Frankfurt, 1618—1621), vol. IV, p. 2; ed. Frisch, vol. VI, p. 361.

¹¹¹ G. Borrelli, Theoricarum Medicarum Planetarum. Florentiae, 1666.

¹¹² В «Математических началах натуральной философии» Ньютона (1687) обстоятельно движения спутников Юпитера приводятся как первое из тех «явлений», из которых Ньютон выводит закон всемирного тяготения (всего таких явлений Ньютон упоминает шесть); (см. А. Н. Крылов: Собр. тр., т. VII. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1936, стр. 504—510). В перечне определенных расстояний спутников от центра Юпитера Ньютон приводит и данные Борелли (см. там же, стр. 506).

¹¹³ Dialogo, Ed. Naz., vol. VII, p. 62.

¹¹⁴ Наиболее трудное в изложении истории науки — это отрешиться от современных понятий. Галилей во многих местах говорит о сложении движений и приводит простые примеры геометрического сложения скоростей; Merenne, издавал в 1634 г. французский перевод галилеевой «Della Scienza Meccanica», называет в предисловии эти явления «достойными изумления».

Галилея для католической церкви «опаснее, чем писания Кальвина и Лютера».

Наконец, последнее: это грандиозное расширение вселенной; когда Галилей говорит о возможности существования засатурновых планет; когда он подчеркивает неизбежную малость звездных параллаксов и вместе с тем предсказывает метод их определения, это роднит его с нами, пожалуй, более, чем все остальное. Для нас вовсе не должны звучать как преувеличение слова, которые вырываются у него, когда в январе 1638 г. он сообщает Elio Diodati о полной и безвозвратной утрате зрения:

«Вы можете себе представить, как я горюю, когда я сознаю, что это небо, этот мир и вселенная, которые моими изумительными наблюдениями и ясными доказательствами расширены в сто и в тысячу раз по сравнению с тем, какими их считали люди науки во все минувшие столетия, — теперь для меня так уменьшились и сократились»¹¹⁵.

Нет, эти слова правдивы и правильны! Галилей в истории астрономии — это синтез учений о космическом единстве Земли и всей материи мира; об относительности человеческих оценок и определений, но вместе с тем это и подчеркнутое утверждение силы человеческого познания¹¹⁶. Это тезис о безграничности внешней вселенной, и метод, которым он пришел к своим «ясным доказательствам», есть именно тот, о котором говорил Лобачевский в стенах Казанского университета: «Читайте природу внимательным оком, и она даст вам ответ, непререкаемый и удовлетворительный...»

¹¹⁵ Письмо от 2/I 1638 г.; Ed. Naz., vol. XVII, p. 247.

¹¹⁶ Об этом имеется замечательное место в конце «Первого диалога» «Диалогов».

О. П. МИРИДОНОВА

ПЕРВЫЕ ШАГИ ФИЗИЧЕСКОЙ АКУСТИКИ В ТРУДАХ ГАЛИЛЕЯ И МЕРСЕННА

Основы акустики благодаря ее связи с музыкой уходят в глубокую древность. Конструирование музыкальных инструментов, попытки выяснить физическую природу консонантных и диссонантных созвучий способствовали накоплению практических сведений и различных догадок о природе звука.

Музыканты Ассирии-Вавилонии, Индии, Китая, Египта и Греции знали, что отношение между звуками, создающими музыкальный интервал, зависит в струнных инструментах от длины струн (октава — $\frac{1}{2}$; кварта — $\frac{2}{3}$, квинта — $\frac{3}{4}$ и т. д.). Архит Тарентский (440—360 гг. до н. э.) впервые высказал мысль, что высокие звуки получаются от быстрого «движения» звучащих тел, низкие — от медленного.

Согласно Аристотелю (384—322 гг. до н. э.), звук — это колебательный процесс. Однако понятия скорости распространения звука и частоты колебания не различались.

В XVII в. в различных областях физики, в частности, в области акустики начались экспериментальные исследования, что привело к новым открытиям. Наиболее значительные принадлежат Галилео Галилею (1564—1642 гг.) и Марену Мерсенну (1588—1648 гг.).

Галилей, много занимавшийся музыкой, сосредоточил внимание на изучении сущности музыкальных созвучий. Его эксперименты привели к открытию частоты звука. Галилей чистил долотом латунную пластинку и заметил, что пластинка звучит, причем звук был выше или ниже в зависимости от того, быстрее или медленнее проводил он долотом по пластинке.

Галилей заметил, что пластинка колеблется и что пылинки металла располагаются на ней параллельными рядами. Он отметил, что «при более высоких тонах штрихи получались более сближенными, а при низких — более редкими»¹.

Затем он подобрал два звука, составляющие музыкальный интервал квинту и обнаружил, что каждый звук дает определенное число пыльных штрихов, а измерив число штрихов, получил квинтовое отношение — $\frac{3}{5}$. Исходя из этого, он пришел к важному выводу: «непосредственная причина формы музыкальных интервалов... заключается в отношении между числами колебаний»². Необходимо было определить число колебаний какого-нибудь звука; тогда, зная отношения чисел колебаний в музыкальных интервалах, можно было бы найти частоту любого звука. Но Галилей не смог решить эту

¹ Г. Г а л и л е й. Соч., т. 1. М.—Л., Гостехтеоретиздат, 1934, стр. 204.

² Там же, стр. 206.

задачу. Он писал: «сосчитать колебания струны, которая, давая звук, вибрирует с большой быстротой, совершенно невозможно...»³.

Таким образом, Галилей правильно подошел к определению частоты звука, используя знания музыкальных созвучий, но определить частоту любого звука он не сумел. В то время исследования колебаний маятников способствовали изучению законов колебания струн, а следовательно, нахождения частоты любого звука. Решением этих вопросов занимался Марен Мерсенн.

В современной литературе существуют разноречивые мнения относительно того, кто первый, Галилей или Мерсенн, нашел законы колебания струн, которые читаются так. 1. Частота колебаний любого звука обратно пропорциональна длине струны, если натяжение ее, удельный вес и диаметр одни и те же. 2. Частота колебаний прямо пропорциональна корню квадратному из натягивающей струну силы (при прочих равных условиях). 3. Частота колебаний обратно пропорциональна корню квадратному из удельного веса струны (при прочих равных условиях). 4. Частота колебаний обратно пропорциональна диаметру струны (при прочих равных условиях).

Мерсенн вел деятельную переписку с Галилеем. Возможно, что основная идея законов колебания струн была изложена Галилеем Мерсенну, но окончательное завершение этой работы принадлежит Мерсенну. Об этом можно судить по глубине и тщательности описания Мерсенном каждого опыта. Мерсенн в течение многих лет занимался этим вопросом. Так, в 1616 г. он уже демонстрировал свои опыты Бекману, а в 1618 г. — Декарту⁴. Впервые он описал законы колебания струн в 1627 г. в первом трактате «Traité de l'Harmonie», а затем в 1634 г. в сочинении «Harmonie Universelle». «Беседы» Галилея были изданы в 1638 г. Мерсенном в Лейдене. Эти законы Галилей излагает в виде практических советов.

Основание первого закона было известно фактически в глубокой древности. Музыканты, уменьшая длину струны, получали более высокий звук. Пифагорейцы применяли это явление при построении гамм. Они знали, что если струны укоротить в два раза, получается октава. Это правило было известно и Галилею, и Мерсенну. Мерсенн изучал зависимость частоты звука от длины струны и нашел способ определения абсолютной частоты звука. Он подбирал длину струны так, чтобы она давала какой-либо тон музыкальной гаммы, а затем увеличивал длину струны, не меняя ее натяжения до тех пор, пока ее колебания не замедлялись настолько, что их можно было сосчитать. Так, Мерсенн экспериментировал с медной струной длиной в $\frac{3}{4}$ фута, натянутой грузом в $6\frac{1}{2}$ фунта. Та же струна из того же материала, натянутая тем же грузом, но длиной в 15 футов (т. е. в 20 раз длиннее первой) делала 10 полных колебаний в секунду. Отсюда он заключал, что число колебаний короткой струны должно быть в 10 раз больше, чем длинной, т. е. короткая струна должна делать 200 колебаний в секунду⁵. У Галилея записан фактически частный случай первого закона: «Сохраняя одну и ту же толщину и степень натяжения, мы должны, если хотим получить октаву, разделить ее подпоркою пополам и сначала заставить звучать всю струну, а затем половину ее»⁶. У Мерсенна определение более общее: «число колебаний тем больше, они происходят тем быстрее, чем короче струна»⁷.

Открытие закона натяжений также имеет свою историю. Известно, что пифагорейцы изучали звуки, меняя натяжение струны, но закон не вывели; хотя, если рассматривать легенду о Пифагоре и кузнечных молотах как действительное происшествие, то, по Пифагору, высота тона и натяжение струны должны находиться в отношении прямой пропорциональности. До своих опытов Мерсенн тоже был с этим согласен⁸.

Очевидно, и Галилей разделял это мнение, так как, можно думать, что в противном случае он сообщил бы правильную формулировку Мерсенну, именному с ним постоянную связь. Проведенные Мерсенном опыты заставили его изменить это мнение и записать закон в следующем виде: «Число колебаний струны прямо пропорционально корню квадратному из ее натяжения»⁹.

Сравним опытные данные Мерсенна и Галилея. Мерсенн считает, что, если струна дает звуки низкие: ре, соль, до, то, чтобы получить верхнюю октаву, надо натягивать струну гирей в 4 фунта, вместо однофунтовой гири, которой была натянута струна в первом случае¹⁰. Галилей отмечает, что если струна была первоначально натянута грузом, например, в один фунт, то, чтобы получить октаву, необходимо подвесить груз в четыре фунта¹¹.

Интересно повторение цифр: 4 фунта фигурируют и у Мерсенна, и у Галилея. Между прочим, историограф Мерсенна Гельмут Людвиг утверждает, что закон натяжения долгое время носил имя Мерсенна¹².

Закон зависимости частоты от удельного веса Мерсенн дает в виде таблицы и говорит: «Одинаково звучит струна: кишечная толщиной в $\frac{1}{8}$ линии, натянутая 7 фунтами, из золота той же толщины, натянутая 23 фунтами, также и серебряная; медная — 18-ю; железная — 19-ю»¹³. Он указывает: «струны из золота и серебра дают октаву и кварту, а железная и медная — квинту»¹⁴. Аналогичная запись есть и у Галилея: «... если я хочу получить октаву из струн — одной латушной, а другой — жильной..., необходимо только, чтобы одна была в четыре раза тяжелее другой...»¹⁵.

Рассмотрим последний закон — зависимость частоты от диаметра струны. У Мерсенна «струны толщиной в 1 линию, увеличенные до 4 линий в толщину, дают звуки низкой октавы, убавляемые до $\frac{1}{4}$ части линии дадут высокую» (октаву. — О. М.)¹⁶. Галилей считает: «... чтобы получить октаву, сохраняя ту же длину и степень натяжения, надо взять более тонкую струну, которая составит по толщине четвертую часть первоначальной толстой струны»¹⁷.

Как видно, эти два варианта аналогичны, кроме того, они имеют одну и ту же ошибку, так как фактически читаются так: при равных длинах и натяжениях струн частоты колебаний обратно пропорциональны квадратным корням из их толщин. Правильно надо было написать — обратно пропорциональны просто толщинам.

П. Даген писал, что в 1636 г. Мерсенн заметил, что закон диаметров не совсем верен: «Чем короче струна, тем больше разногласий между теорией и опытом. Более высокий звук из двух сравниваемых всегда бывает ниже

⁸ H. Ludwig. Mersenne und seine Musiklehre. Berlin, 1935, S. 50.

⁹ Там же, стр. 50.

¹⁰ M. Mersenne. Harmonicorum libri XII. Liber secundus. Parisiis, 1648, p. VIII, p. 12.

¹¹ Г. Галилей. Соч., т. I..., стр. 201.

¹² H. Ludwig. Mersenne und seine Musiklehre. Berlin, 1935, S. 50.

¹³ P. M. Mersenni. Cogitata Physico-Mathematica. Harmoniae. Liber I. Parisiis, 1644, articulus IV, 1 propositio, p. 271.

¹⁴ Там же.

¹⁵ Г. Галилей. Соч., т. I..., стр. 205.

¹⁶ P. Marini Mersenni. Cogitata Physico-Mathematica. Harmoniae. Liber I. Parisiis, 1644, articulus III, propositio II, p. 268.

¹⁷ Г. Галилей. Соч., т. I..., стр. 201.

³ Г. Галилей. Соч., т. I..., стр. 202.

⁴ P. Tappery. Correspondance du p. M. Mersenne, vol. 1. Paris, 1943, p. 136.

⁵ P. M. Mersenne. Harmonicorum libri XII. Liber secundus. Parisiis, 1648, p. XXI, p. 14.

⁶ Г. Галилей. Соч., т. I..., стр. 201.

⁷ P. Mersenni. Cogitata Physico-Mathematica. Harmoniae. Liber I, art. III. Parisiis, 1644, p. 268.

выведенного теорией¹⁸. Правильная формулировка этого закона принадлежит Соверу (1635—1716 гг.).

Наличие у Галилея и у Мерсенна одной и той же ошибки, одинаковость примеров могут рассматриваться как доказательство заимствования. Отсутствие в ранних трудах Галилея («Лекции о механике» и др.) упоминаний об этих законах, тщательность опытов Мерсенна и описание их в его ранних произведениях (1627), наконец, демонстрация законов колебания струн в 1616 г. Бекману и в 1618 г. Декарту, о чем пишет Таннери в комментариях к письмам Мерсенна¹⁹, дают основание считать, что законы вывел Мерсенн.

До Мерсенна существовало мнение, что скорость звука в воздухе не одинакова для высоких и низких звуков. Это мнение древних ученых, главным образом Аристотеля, никем не оспаривалось. Современник Мерсенна Декарт разделял взгляд Аристотеля.

В письме к Мерсенну Декарт упоминает об этом. Сначала Мерсенн был согласен с Декартом, но позднее, проведя много опытов, пришел к выводу, что скорость звука одинакова для низкого и высокого звуков²⁰.

Определение скорости звука производилось Мерсенном по способу, предложенному еще Ф. Бэконом. Он заключался в том, что измерялось время между наблюдением вспышки света при выстреле и восприятием звука выстрела. Зная расстояние между местом, где производится выстрел, и местом наблюдателя, легко определить скорость звука. Мерсенн нашел, что скорость звука в воздухе равна 230 туазам в секунду, или 448 м/сек, или 1380 парижским футам в секунду, или, наконец, 1473 английским футам в секунду. Мы приводим все эти цифры потому, что знание их позволит разрешить несколько спорных вопросов, касающихся приоритета Мерсенна.

Одни историки приписывают приоритет открытия скорости звука Мерсенну, другие — Гассенди (1592—1665). Последние утверждают, что сначала Гассенди нашел скорость звука равной 1473 футам в секунду, а затем Мерсенн получил значение 1380 футов в секунду. О каких футах идет речь, парижских или английских, не говорится.

Оказывается, если перевести 1473 английских фута и 1380 парижских футов в метры, получится одна и та же величина — 448 м²¹. И далее, 230 туазов составляют 1380 парижских футов. Таким образом, мы имеем дело с одной и той же величиной. Можно думать, что один и тот же результат был записан в единицах разных наименований. Обратимся к трудам обоих ученых. Мерсенн неоднократно сообщал об опытах, проведенных им для нахождения скорости звука. Об этом можно прочесть в его труде «Баллистика»²², где он писал, что получил 230 туазов в секунду.

Труды Гассенди были изданы в Лейдене после его смерти. Вторично они издавались во Флоренции в 1727 г. Кроме этого, в 1676 г. Бернье в восьми небольших томах дал сокращенное изложение философии Гассенди²³. В сочинениях Гассенди и его друга Бернье говорится, что Мерсенн высчитал точно скорость звука, установив, что за секунду звук проходит 230 парижских туазов.

Трудно в настоящее время найти виновника этой путаницы. Отметим, однако, что в сочинениях Мушенброка (1692—1761 гг.) говорится: «Кажется,

¹⁸ П. Дарен (1814—1884) — профессор физики в Тулузе и Париже. П. Дарен. Учение о звуке. СПб., 1861, стр. 155.

¹⁹ Р. Таннери. Correspondance du p. Mersenne, t. I. Paris, 1943, p. 136.

²⁰ Там же, стр. 368.

²¹ 1 туаз равен 6 парижским футам (Le grande Encyclopédie, t. 31. Paris, p. 140) или равно 1,949 м (БСЭ, т. 51, изд. 2, стр. 326). 1 англ. фут равен 0,3048 м (БСЭ, т. 51, изд. 2, стр. 326). Тогда: 230 туазов равно 1380 парижским футам, или 448 м; 1473 англ. фута равно 448 м.

²² P. M. Mersenni. Ballistica. Parisiis, 1644, propositio 35, p. 139.

²³ P. Gassendi. Opera Omniae 1—6. Lugduni Batavorum, t. I. 1658, caput X, p. 418; Abrégé de la philosophie de Gassendi, par F. Bernier. Lyon, 1676, p. 379.

Гассенди первый нашел, что звук движется со скоростью в 1473 фута в секунду»²⁴. Это замечание, по-видимому, и положило начало путанице. Надо подчеркнуть, что ошибка до сих пор не исправлена. Так, в юбилейном сборнике, изданном в 1959 г., сообщается, что Гассенди получил для скорости звука 1473 фута в секунду, а каких футов — не указывается²⁵.

В 1959 г. Пьер Гайлье в «Истории физики» утверждал, что скорость звука определил Гассенди (1473 фута), опять без указания, каких именно футов²⁶.

Исследуя законы колебания струн, Мерсенн сделал несколько открытий: он нашел нижний предел слышимости для человеческого уха — 16 колебаний в секунду. «Если струна слабо натянута и если она толста, и она дает 16 колебаний в секунду, и колебания эти будут едва заметны; звук или вовсе не будет слышен, или будет очень низким»²⁷. В дальнейшем это открытие Мерсенна приписывалось Феликсу Савару.

Мерсенн рассматривает новую характеристику звука «силу звука», которая, как он считает, зависит от количества перемещенного воздуха, получающего толчки от колеблющейся струны.

Ценность высказывания Мерсенна «сила звука зависит от количества смещенного воздуха» заключается именно в догадке, которая приводит к правильной оценке зависимости «силы звука» (энергии звуковой волны) от амплитуды колебания.

Не менее интересны работы Мерсенна, приведшие к открытию гармонических обертонов. Любой музыкальный звук можно математически изобразить в виде суммы основного тона и ряда гармонических обертонов. Обертоны, таким образом, являются составляющими сложного колебания, имеющими более высокие частоты, чем основная частота. Частота обертонов превышает частоту основного тона в 2, 3, 4, 5 и т. д. раз. Состав обертонов определяет качественную окраску звука, т. е. его тембр.

Об обертонах можно прочесть в переписке Декарта и Мерсенна.

В письме Декарта к Мерсенну от 22 июля 1633 г. говорится: «Мне также приходилось иногда наблюдать, как одна и та же струна издает различные звуки..., производя основной звук (тон), который является естественным для нее, но между тем вследствие неравномерности частей (струны) появляются другие колебания... (благодаря которым)... рождаются звуки очень высокие»²⁸. Приоритет Мерсенна в построении обертонового ряда и объяснении его возникновения не встречает возражений. Как пишет Хельмут Людвиг²⁹, суть этого объяснения сводится к следующему: «обертоны воспринимаются лучше всего при звучании струн низкого тона. Их колебания находятся в отношениях 1 : 2 : 3 : 4 : 5 и являются, таким образом, следующими тонами: основной тон, октава, дуодецима, вторая октава и т. д.» Таким образом, Мерсенн дал правильную последовательность обертонового ряда.

Мерсенн изучал явление эхо; ему удалось определить скорость отраженного звука (317 м/сек)³⁰. Он рассматривал это в отражающих телах особых форм, применяя предложенный им математический метод. Этим методом пользовались впоследствии при расчете и сооружении концертных зал, церквей и других сооружений.

Большую работу проделал Мерсенн при сравнении частоты колебаний труб и струн. Он сравнивал закрытые и открытые трубы со звучащей стру-

²⁴ P. Musschenbroek. Elementa Physicae... Lugduni Batavorum. 1734, § 839.

²⁵ P. Gassendi. Sa vie et son oeuvre. Paris, 1959, p. 63.

²⁶ P. Guayllor. Histoire de la Physique. Paris, 1959, p. 38.

²⁷ M. Mersenni. Cogitata Physico-Mathematica. Harmoniae. Liber I. Parisiis, 1644, articulus IV, p. 273.

²⁸ P. Tanneru. Correspondance du p. M. Mersenne, t. III. Paris, 1946, p. 457.

²⁹ H. Ludwig. Mersenne und seine Musiklehre. Berlin, 1935, S. 54.

³⁰ Там же, стр. 138.

пой, настраивая струну в унисон с закрытой однопутовой трубой³¹. Мерсени пришел к выводу о том, что числа колебаний обратно пропорциональны длинам труб.

Практическое применение работы Мерсени нашли в конструировании струнных музыкальных инструментов. В его «*Harmoniae libere*» этому вопросу отведена глава 4, причем даны зарисовки различных инструментов, в том числе и труб.

Исследуя скорость звука, Мерсени отмечал, что на нее влияют направление ветра и особенности воздушной среды (давление и влажность). От этих факторов зависит и дальность распространения звука, которую можно искусственно увеличить, если ориентировать звук при помощи соответствующего прибора в определенном направлении. Такой прибор — рупор («говорная труба») вскоре был изобретен Самуилом Морландом. В 1670 г. в Диле в присутствии английского короля Карла II он проводил свои опыты. Трубой служил сделанный из меди усеченный конус длиной в 1,68 м. Звук был слышен на три английских мили³². Спустя 20 лет Афанасий Кирхер предложил пользоваться изобретенной им слуховой трубкой, также имевшей конусообразную форму; острый конец ее вставлялся в ухо, а в широкий произносились слова. Звук усиливался благодаря многократному отражению от стенок трубки.

Мерсени, стремясь применить на практике свое открытие, предложил устроить звуковой телеграф по аналогии со световым телеграфом, существовавшим еще в древние времена. «Если установить звуковую почту от Рима до Парижа, то можно отовсюду быстро получать новости, т. к. звук в течение 55 минут делает 300 лье»³³.

Значение работ Мерсени огромно. Он наметил проблемы акустики, которыми в дальнейшем занимались многие физики. Так, Вивиани и Борелли продолжали заниматься измерением скорости звука; Эйлер и Тейлор придали законам колебания струн математическую форму. Открытие обертонов послужило Соверу, Савару и Гельмгольцу для более глубокой разработки проблем гармонии и дисгармонии, комбинационных тонов.

³¹ M. Mersenni. *Cogitata Physico—Mathematica. Harmoniae. Liber I. Parisiis, 1644, articulus IV, p. IV, p. 273.*

³² Промышленность и техника, т. II, СПб., 1904, стр. 261.

³³ R. Lenoire. *Mersenne ou la naissance du mécanisme. Paris, 1949, p. 489.*

Л. В. ЖИГАЛОВА

ПЕРВЫЕ УПОМИНАНИЯ О ГАЛИЛЕЕ В РУССКОЙ НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЕ

Первые упоминания о телескопических наблюдениях Галилея мы находим уже в рукописных сочинениях Московской Руси. В астрологической компиляции «Сказание царя Соломона, что есть печать большая, откуда, как ему приде» (известной под названием «Премудрости Соломона»), при описании планеты Зевеса (Юпитера) говорилось, что он (Зевес) «ходит в четырех звездах, сама пятая». Здесь, видимо, речь шла о четырех спутниках Юпитера открытых Галилеем в 1610 г. В этой же рукописи приводилось описание планеты Крона (Сатурна) с рисунком: «а дано ей хождение таково: две звезды по сторонам, а она среди них третия, сим образом, якоже зриши zde...». Скорее всего здесь имелось в виду открытое Галилеем кольцо Сатурна, которое он наблюдал в виде придатков по сторонам планеты. (Ясно рассмотрел кольцо только Х. Гюйгенс в 1659 г.). Все это позволяет предполагать, что составитель компиляции был знаком с классическим трудом Галилея «*Sidereus nuncius*» (1610 г.), содержащим результаты первых астрономических наблюдений ученого¹.

Развитие астрономии началось в России фактически лишь в петровское время. Тогда же появилась и первая переводная научная литература, где Галилей иногда упоминался как последователь Коперника². Решающую роль в распространении научных знаний в стране сыграло учреждение в Петербурге Академии наук. На торжественном заседании, посвященном открытию Академии, Г.-Б. Бильфингер, говоря об этапах развития науки, среди великих ученых прошлого назвал имя Галилея, «мужа великого по своему таланту и заслугам», подчеркнув, что Галилей придал новую форму физическим исследованиям, что он «проложил и укрепил дорогу, по которой, — и только по ней, — можно уверенно идти вперед и дойти до истины»³.

¹ О времени составления этой компиляции существуют различные мнения. А. И. Соболевский утверждал, что компиляция составлена «не позднее конца XVI века на основании источников греческого происхождения и литературы «киждовствующих» (XV—XVI вв.)». (А. И. Соболевский. *Переводная литература Московской Руси XIV—XVII веков. СПб., 1903, стр. 428*). Но прав, конечно, Д. О. Святский, который относил составление компиляции к 1633 г., уже хотя бы потому, что к рукописи была приложена пасхальная таблица на 100 лет (1633—1733 г.). (Д. О. Святский. *Сказание о Чигирь-звезде и телескопические наблюдения Галилея. Миропведение, 1928, № 1(60), стр. 6*).

² География генеральная, небесный и земноводный круги кушно с их свойства и действа в трех книгах описующа, преведена с латинска языка на российский и напечатана в Москве повелением царского пресветлого величества лета господня 1718 в июне. (О Галилее см. стр. 40). Этот перевод сделан Федором Полликарповым с книги Берихарда Варениуса: *Bernh. Varenio. Geographia generalis in qua affectiones generalis. Telluris explicantur. Med. D. Amstelodami* (одно из амстердамских изданий 1650, 1664 или 1671 гг.).

³ *Sermones in primo solenni Academiae Scientiarum imperialis conventu die XXVII decembris anni MDCCXXV publice recitati. Petropoli, 1726, p. 10.*

Обзор научной литературы XVIII в. (представленной в основном изданиями Академии наук) показывает, что имя знаменитого итальянца и его работы были хорошо известны в России. Во многих статьях по астрономии говорилось об изобретении Галилеем зрительной трубы⁴, об открытии и наблюдении спутников Юпитера. Именно благодаря этому открытию удалось разработать способ определения долготы по затмениям спутников Юпитера, сыгравший значительную роль в развитии астрономических и географических исследований⁵. В статье «О планете Венере» (1739 г.) сообщалось об открытии Галилеем фаз Венеры⁶, а в статье «О Луне» (1740—1743 гг.) — о наблюдениях Луны и о предположении Галилея относительно существования на Луне атмосферы⁷. В «Месяцослове на 1781 год» было помещено «Собрание разных астрономических знаний», где особо отмечалось открытие Галилеем солнечных пятен. Освещались попытки Галилея и Гевелия объяснить природу солнечных пятен: «Галилей и Гевелий почитали их за некоторый вид дыма, облаков или пены, делающейся на поверхности Солнца и плавающей в океане тонкого и жидкого вещества»⁸. Упоминалось также и открытие Галилеем кольца Сатурна⁹.

Внимание петербургских академиков привлекали не только астрономические наблюдения Галилея, но и его теоретические работы. Так, Г.-В. Крафт в статье «О Земле» разобрал вопрос о суточном и годичном движении Земли¹⁰; А. Н. Гришов в «Речи о величине Земли, видимой с планет, и о величине ее пути около Солнца, видимой со звезд неподвижных, или о употребительнейшем у астрономов способе как находить подлинные величины и расстояния тел небесных от Земли нашей» проанализировал предложенный Галилеем способ определения годичного параллакса неподвижных звезд¹¹.

Во второй половине XVIII в. были широко распространены переводы на русский язык иностранных книг естественнонаучного содержания, где часто описывались открытия Галилея в области астрономии, механики и физики. В 1770 г. была переведена с немецкого языка небольшая работа Ф.-У.-Т. Эпинуса «Рассуждение о строении мира»; автор, рассказывая о борьбе за утверждение коперниканской системы мира, упоминал и о судебном процессе над Галилеем и о его покаянии «в беззаконии своем, которое в одном том состояло, что он был умнее всея Римской синагоги»¹². П. Богданович перевел на русский язык «Историю математики» французского ученого Ж. Монтюкла. В этом обширном обзоре развития математических наук

⁴ О зрительных трубах. Собрание географических, астрономических и физических примечаний, ч. I. СПб., 1787, стр. 180, 197—199; О Земле вообще. Там же, ч. II. СПб., 1791, стр. 35; см. также С. Я. Румовский. Речь о начале и приращении оптики до нынешних времен..., говоренная в публичном собрании имп. Академии наук июля 2 дня 1763 года. СПб., 1763, стр. 11—12; П. И. Гиларовский. Руководство к физике, сочиненное Петром Гиларовским. СПб., 1793, стр. 294 и 480 (здесь дается описание и чертеж телескопа Галилея).

⁵ О планете Юпитере и его спутниках. Собр. соч., выбранных из Месяцослов на разные годы, ч. I. СПб., 1785, стр. 66; Известие о изобретениях, до долготы места касающихся. Там же, ч. II. СПб., 1787, стр. 105.

⁶ Там же, ч. I, стр. 106.

⁷ Там же, стр. 138—139.

⁸ Там же, ч. II, стр. 415.

⁹ Там же, стр. 419; см. также Ф. И. Соимонов. Краткое изъяснение о астрономии, в котором показаны величины и расстояния небесных тел, купно с порядком в их расположении и движении по разным системам и о величине и движении земного глобуса. Выписано из разных астрономических и физических авторов. М., 1765, стр. 15 и 57.

¹⁰ Собр. географических, астрономических и физических примечаний, ч. II, стр. 37.

¹¹ Речи, говоренные в публичном собрании Академии наук сентября 6 дня 1755 года. СПб., 1755, стр. 54—55.

¹² Ф.-У.-Т. Эпинус. Рассуждение о строении мира. Пер. с нем. СПб., 1770, стр. 12.

с древнейших времен до XVIII в. несколько страниц было отведено работам Галилея по астрономии и механике¹³. В переводе «Сокращения астрономии» Ж. Лаланда сообщалось о наблюдении Галилеем четырех спутников Юпитера. Там же впервые была дана ссылка на его работу о приливах и отливах¹⁴. Подробное обозрение астрономических работ Галилея содержалось в «Истории о звездословии, предложенной с французского на российский морского флота капитан-лейтенантом Николаем Ивановым»¹⁵.

На современников Галилея особое впечатление произвели его астрономические открытия, которым придавали первостепенное значение. Теоретические его исследования были оценены значительно позже — в XVIII в. Известный французский математик Ж. Лагранж писал в предисловии к своей «Динамике»: «Открытие спутников Юпитера, фаз Венеры, солнечных пятен и т. д. потребовало лишь наличия телескопа и известного трудолюбия, но пущен был необыкновенный гений, чтобы открыть законы природы в таких явлениях, которые всегда пребывали перед глазами, но объяснение которых, тем не менее, всегда ускользало от изысканий философов»¹⁶.

Теоретические работы Галилея по сравнению с результатами его астрономических наблюдений были доступны лишь узкому кругу специалистов-теоретиков. Однако и эти его труды нашли отражение в русской научной литературе.

Первые краткие сведения о законах падения тел, открытых Галилеем, мы находим в «Рассуждении о метании бомб и стрельении из пушек» (1708 г.). Чертеж, изображающий траекторию падения ядра, сопровождается примечанием: «Галилеас в книге своей о локалическом движении¹⁷ оказывает, что тяжелое тело, на воздухе поверженное, окружает кривою линию в движении своем»¹⁸.

Русские ученые высоко ценили вклад Галилея в развитие механики, что нашло отражение, например, в речи академика Я. Германа «О месте и развитии геометрии», произнесенной в публичном собрании Академии наук 1 августа 1726 г.¹⁹ Открытия Галилея в области механики и астрономии использовал в своих работах Леонард Эйлер²⁰. Отдельные ссылки на экспериментальные и теоретические работы Галилея встречаются в различных учебниках физики XVIII в.²¹

М. В. Ломоносов в предисловии к переводу «Волфганской экспериментальной физики» писал: «Едва понятно, коль великое приращение в астрономии неусыпными наблюдениями и глубокомысленными рассуждениями Кеплер, Галилей, Гугений, де ла Гир и великий Невтон в краткое время učinили...»²². Ломоносовский перевод «Волфганской физики» служил учебником для нескольких поколений русских ученых.

¹³ Акад. изв., ч. VII. СПб., 1784, стр. 125—128, 281, 284 и 297.

¹⁴ Сокращение астрономии или звездозакония г. Де-Ла-Ланда. СПб., 1789, стр. 469 и 619.

¹⁵ Новые ежемесячные сочинения, 1796, ч. 115, стр. 6—14.

¹⁶ Ж. Лагранж. Аналитическая механика, т. I, изд. с фр. В. С. Гохмана, изд. 2. М.—Л., Гостехиздат, 1950, стр. 292.

¹⁷ Речь идет о знаменитом труде Галилея «Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno a due nuove scienze attenenti alla Mecanica etc. i Movimenti locali». Leida, 1638.

¹⁸ Подробнее об этой книге см.: Описание изданий гражданской печати. 1708—январь 1725 г. Сост. М. М. Гуревич и Т. А. Быкова. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1955, стр. 80—82.

¹⁹ Sermones in secundo solenni Academiae scientiarum imperialis conventu die 1 augusti anni 1726. Petropoli, 1726, p. 88.

²⁰ (Leonardi Euleri). Mechanica sive motus scientia analytice exposita auctore Leonhardo Eulero..., t. 1—2. Petropoli, 1736.

²¹ В качестве примера (см. сплску 4) можно назвать «Руководство к физике» П. Гиларовского (стр. 49—50).

²² М. В. Ломоносов. Полное собр. соч., т. I. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1950, стр. 424.

Л. Е. МАЙСТРОВ

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ У ГАЛИЛЕЯ

Зарождение и начало развития теории вероятностей связано с общим развитием естествознания в эпоху Возрождения. Среди вопросов, которые требовали оценки вероятностей, мы находим проблему учета случайных ошибок при астрономических и физических наблюдениях. Эта проблема наряду с необходимостью оценки различных вероятностей, возникающих в практике страхования, в демографии, в азартных играх и других областях человеческой деятельности, явилась одним из стимулов возникновения теории вероятностей.

Изобретение телескопа позволило применять различные астрономические инструменты для наблюдения небесных объектов. В связи с этим встал вопрос об оценке ошибок наблюдения. Одним из первых эту проблему в своих работах поставил Галилей. И хотя он не дал количественного или аналитического решения, многие высказанные им положения оказали влияние как на разработку вопроса об оценке ошибок наблюдения, так и на становление основных понятий теории вероятностей. Наиболее подробно эти вопросы Галилей излагает в «Диалоге о двух главнейших системах мира» (впервые опубликовано в 1632 г.)¹.

В беседе третьего дня обсуждается вопрос о том, где находится новая звезда 1572 г. — ниже Луны, выше Луны или на сфере неподвижных звезд. В 1628 г. вышла книга Кларамонти «De tribus novis stellis, quae annis 1572, 1600, 1604 comrauerat». В этой работе Кларамонти отстаивает мнение, что расстояние до звезды 1572 г. меньше, чем расстояние до Луны. Галилей в «Диалоге» вступает по этому вопросу в дискуссию.

Он замечает, что если бы новая звезда находилась среди неподвижных звезд, то ее высоты, измеренные на разных широтах, отличались бы одна от другой на столько, на сколько в этих точках отличаются одна от другой высоты полюса. Но если новая звезда находилась бы на близком расстоянии от Земли, то ее высота при переходе к большим широтам росла бы быстрее, чем высота полюса. Из разности прироста этих высот, которую Галилей называет разницей параллакса или просто параллаксом, легко вычислить расстояние от звезды до центра Земли. Кларамонти из 13 наблюдений новой звезды разными астрономами составляет по своему усмотрению 12 пар наблюдений. На основании параллаксов в этих парах он вычисляет расстояния до звезды, которые получаются равными от $\frac{1}{48}$ до 32 радиусов Земли, что меньше, чем расстояние до Луны. Из этого он делает вывод, что истинное расстояние до новой звезды меньше, чем расстояние до Луны.

¹ Диалог о двух главнейших системах мира птоломеевой и коперниковой. М.—Л., ГИИТ, 1948.

Высчитав расстояние на основании других пар наблюдений (а их можно составить $C^2_{13} = 78$), в большинстве случаев получим расстояния большие, чем расстояния до Луны. Однако Кларамонти считает такие наблюдения ошибочными.

После этого замечания Галилей выдвигает важные принципиальные положения. Он отмечает, что те 12 расстояний, которые получает Кларамонти, не совпадают одно с другим. Это зависит «...не от недостатков правил вычислений, но от ошибок, сделанных при определении углов и расстояний»². Галилей отмечает, что при наблюдениях всегда происходят ошибки: «В каждой комбинации наблюдений будет какая-нибудь ошибка; я думаю, что это совершенно неизбежно... Даже при определении одной только высоты полюса посредством одного и того же инструмента в одном и том же месте и одним и тем же наблюдателем, которое может быть повторено тысячу раз, всегда получается отклонение»³. Галилей считает, что случайные ошибки при инструментальных наблюдениях неизбежны. Он ставит вопрос о том, как исправить результаты наблюдений, чтобы получить достоверные расстояния, т. е. как учесть случайные ошибки.

По мнению Галилея, ввиду того, что чаще допускаются ошибки меньшие, чем большие, необходимо и исправления вносить скорее меньшие, чем большие. Галилей неоднократно подчеркивает, что вероятность малых отклонений больше, чем вероятность больших отклонений. Галилей предлагает отбросить те наблюдения, которые дают невозможные результаты, т. е. результаты, далеко отстоящие от большинства других результатов.

Обсуждается вопрос о том, какого знака могут встречаться ошибки. «Могут ли астрономы при наблюдении посредством своих инструментов и определении, например, высоты звезды над горизонтом отклоняться от истины как в большую, так и в меньшую сторону, т. е. ошибочно считать ее то выше, чем в действительности, то ниже? Или же ошибка непременно должна быть только одного рода, иными словами, может ли погрешность при ошибке выражаться только в избытке и никогда в недостатке или же всегда в недостатке и никогда в избытке?»⁴ Галилей дает четкий ответ: «Можно одинаково легко ошибаться как тем, так и другим образом»⁵, т. е. вероятности этих ошибок одинаковы. Галилей считает, хотя это и не совсем отчетливо высказано, что закон распределения ошибок симметричен.

Галилей опровергает широко распространенное ошибочное мнение, что по величине ошибки, которая обнаруживается после получения результата наблюдения и соответствующих выкладок, можно судить об ошибках инструмента, на котором производится наблюдение и, наоборот, по ошибкам инструментов можно судить о величине окончательных погрешностей. «Может оказаться (и это частенько случается), что наблюдение, которое даст вам звезду, например, на удалении Сатурна, прибавлением или отнятием одной только минуты высоты, определенной инструментом, относит ее на бесконечное расстояние... и то, что я говорю об одной минуте, может случиться также при исправлении на половину, на шестую минуты и даже еще меньше»⁶. Следовательно, «величину ошибок, так сказать, инструментальных следует оценивать не по результату вычисления, но по количеству тех градусов и минут, которые отсчитываются на инструменте»⁷.

Галилей отмечает, что вокруг истинного значения должно группироваться наибольшее число результатов измерений. Касаясь вопроса о расстоянии до

² Там же, стр. 212.

³ Там же, стр. 214.

⁴ Там же, стр. 215.

⁵ Там же.

⁶ Там же, стр. 216.

⁷ Там же.

новой звезды, он пишет: «Среди возможных мест истинное местонахождение, надо думать, будет то, вокруг которого группируется наибольшее число расстояний»⁸.

Заключившая обсуждение вопроса о расстоянии до новой звезды, Галилей пишет: «Совершенно очевидно, что значительно меньшие поправки требуется внести в наблюдения, дающие для звезды бесконечную высоту, для помещения звезды на небесном своде, чем в подлунной области. Таким образом, все эти изыскания говорят в пользу мнения тех, кто помещает звезду среди неподвижных звезд»⁹.

Справедливость этого вывода следует из того, что большинство расстояний, которые рассчитаны по наблюдениям, дают для звезды бесконечную высоту, и для отнесения ее на небесный свод необходимо делать в наблюдениях значительно меньше исправления, чем для отнесения ее на другую высоту; а меньшие ошибки, требующие меньше исправления, более вероятны, чем большие ошибки.

Окончательный вывод Галилея совершенно справедлив: «Вы можете понять, ... насколько более вероятным представляется, что звезда находилась на расстоянии самых далеких неподвижных звезд»¹⁰.

Как мы видим, Галилей пришел к выводам, что ошибки при измерениях неизбежны, закон распределения случайных ошибок симметричен, вероятность ошибки увеличивается с уменьшением ошибки, около истинного результата скапливается наибольшее количество результатов наблюдения, ошибку, полученную при наблюдениях, нельзя сравнивать с окончательными ошибками, которые возникают после расчетов с использованием результатов наблюдений. В этих выводах Галилей вскрыл характерные особенности нормального закона распределения вероятностей, в дальнейшем одного из центральных законов теории вероятностей.

Если вопрос об учете ошибок наблюдения впервые был рассмотрен Галилеем, то другой задаче, относящейся к теории вероятностей и имеющей большую историю, он дал окончательное решение.

Первые задачи, относящиеся к теории вероятностей, часто брались из азартных игр. Это не значит, что математики, ими занимавшиеся, были страстными игроками или что только азартные игры стимулировали вначале развитие теории вероятностей. Азартные игры оказались удобной схемой для выражения различных закономерностей и задач, возникающих в различных областях человеческой деятельности. Однако нельзя отрицать, что и практика азартных игр выдвигала свои вопросы. Некоторые задачи на тематику азартных игр длительное время привлекали внимание ученых. К ним, в частности, относится и вопрос о числе различных возможных исходов при бросании двух и трех игральных костей. Первые известные нам подсчеты относятся к X—XI вв. В средние века встречаются поэмы, в которых каждому из 56 всех исходов при бросании трех игральных костей (без повторений) соответствует определенный стих. Первый подсчет количества всех возможных исходов с повторениями при бросании трех костей был проведен в XIII в. Р. Форнивалем. Самый простой способ нахождения этого числа как $6 \cdot 6 \cdot 6 = 216$ он не замечает, хотя число 216 он находит правильно.

Еще долгое время допускались ошибки при аналогичных подсчетах. Например, Бенвенуто д'Имола в 1477 г. считал, что суммы 3 и 4, а также 17 и 18 при бросании трех костей выпадают одинаково часто. Позднее этой задачей занимались Кардано, Тарталья и другие математики. Но наиболее полное решение для трех костей дал Галилей в работе «О выходе очков при

игре в кости»¹¹. Время написания этой работы неизвестно. Впервые она опубликована в 1718 г. Прием, предложенный Галилеем в этой работе, легко можно распространить и на большее число костей.

Галилей рассматривает следующий вопрос. Одновременно бросаются три игральные кости, причем фиксируется сумма появившихся очков. В этом случае «хотя 9 и 12 получаются в результате стольких же комбинаций, — пишет Галилей, — как 10 и 11, и вследствие этого должны были бы признаться равноценными, мы видим, тем не менее, что в результате продолжительного наблюдения игроки все же считают более выигрышными 10 и 11, чем 9 и 12. Совершенно очевидно, что 9 и 10 (мы говорим о них, имея в виду также 12 и 11) получаются из того же числа комбинаций: 9 из $1 \cdot 2 \cdot 6 - 1 \cdot 3 \cdot 5 - 1 \cdot 4 \cdot 4 - 2 \cdot 2 \cdot 5 - 2 \cdot 3 \cdot 4 - 3 \cdot 3 \cdot 3$, т. е. из шести троек, а 10 из $1 \cdot 3 \cdot 6 - 1 \cdot 4 \cdot 5 - 2 \cdot 2 \cdot 6 - 2 \cdot 3 \cdot 5 - 2 \cdot 4 \cdot 4 - 3 \cdot 3 \cdot 4$ и ни при каких других сочетаниях, кроме этих шести»¹². Этот вопрос перед Галилеем был кем-то поставлен, так как он пишет: «Чтоб выполнить данное мне поручение, стоившее мне таких трудов, изложу мои соображения в надежде не только разрешить указанное недоразумение, но и указать путь к точнейшему изложению оснований, которые позволяют осветить все особенности игры»¹³.

Галилей специально оговаривает, что игральная кость должна быть правильной. Количество всех выпадений он находит наиболее простым способом: для двух костей это будет $6 \cdot 6 = 36$, для трех — $36 \cdot 6 = 216$.

После подробного обсуждения всех возможных вариантов Галилей формулирует три основных положения: «1) Тройки или иначе — числа, получающиеся при выходе трех костей, с тремя одинаковыми очками, не могут получиться иначе, как при одном бросании; 2) Тройки, образующиеся из двух одинаковых и третьего отличного от них, могут получиться тремя способами; 3) Те же, которые получаются из трех различных очков, могут получаться шестью способами. Из этих положений мы легко выводим, какими способами или, лучше сказать, при каких выходах трех костей могут получаться все числа»¹⁴.

Работа заканчивается следующей таблицей.

	10	9	8	7	6	5	4	3
1								
3								
6	631 6	621 6	611 3	511 3	411 3	311 3	211 3	111 1
10								
15	622 3	531 6	521 6	421 6	321 6	221 3		
21								
25								
27	541 6	522 3	431 6	331 3	222 1			
108								
108	532 6	441 3	422 3	322 3				
216								
	442 3	432 6	332 3					
	433 3	333 1						
	27	25	21	15	10	6	3	1

¹¹ Opere di Galileo Galilei, t. XIV. Fiorentina, 1855, p. 293—296.

¹² Там же, стр. 293.

¹³ Там же.

¹⁴ Там же, стр. 295.

⁸ Диалог о двух главнейших системах мира птоломеевой и коперниковой. М.—Л., ГТТИ, 1948, стр. 216.

⁹ Там же, стр. 227.

¹⁰ Там же.

Верхняя строка, содержащая числа 10, 9 и т. д., указывает сумму выпавших очков на трех костях. Первый столбец под числом 10 указывает, какими путями может получиться 10 на трех костях (6-3-1; 6-2-2 и т. д.). Следующий столбец указывает, сколькими способами получается 10; если три числа на костях разные, то имеем шесть способов; если два числа одинаковы, то получаем три способа, и если все три числа одинаковы — один способ. Число 27 внизу указывает на общее количество способов, которыми можно получить 10. Аналогично составлены и остальные столбцы. В левом столбце подсчитывается общее количество различных исходов — 108, а еще 108 получается, если рассматривать суммы больше 10. Следовательно всего будет исходов 216 и перед нами фактически половина таблицы.

Галилей пишет: «Точно также получится и для второй половины чисел — для чисел 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 и 18, а все вместе даст сумму возможных комбинаций при бросании трех костей, равную 216»¹⁵.

Задача, имеющая многовековую историю, Галилеем решена с исчерпывающей полнотой. При решении и обсуждении этой и других аналогичных задач вырабатывались методы и приемы теории вероятностей.

Сделаем одно замечание. Вероятность выпадения 10 очков при бросании трех игральных костей равна $\frac{27}{216} = 0,125$; а $9 - \frac{25}{216} = 0,116$. Их разность будет $0,125 - 0,116 = 0,009$.

Такую маленькую разность в практической игре заметить нельзя, хотя бы потому, что для этого необходимо сделать очень много бросков одним и теми же костями, при одних и тех же условиях, да и кость должна быть идеально правильной. Так что ссылка Галилея на то, что эту разность заметили игроки, является данью традиционному утверждению, существующему и до сих пор. Задачи такого типа — это задачи теоретические, и Галилей решал теоретическую задачу. Другое дело, что в азартных играх такие теоретические выводы в какой-то мере можно использовать.

¹⁵ Opere di Galileo Galilei, t. XIV. Fiorentina, 1855, p. 296.

ВАСКО РОНКИ (ИТАЛИЯ)

ВЛИЯНИЕ ОПТИКИ XVII в. НА ОБЩЕЕ РАЗВИТИЕ НАУКИ И ФИЛОСОФИИ

Предлагаемые заметки являются результатом почти 30-летнего изучения истории оптики с момента ее возникновения. Сначала у меня не было намерения касаться столь отдаленного периода, но в связи с намеченной темой пришлось начать с периода Возрождения и остановиться на начале XVII в. Это был интересный период, когда в оптике произошли большие изменения, отразившиеся на дальнейшем развитии всей науки. Поэтому этот период революционных изменений находится в центре внимания многих исторических и философских трудов.

Основным для понимания этих революционных изменений является знание основ как современной, так и предшествующей оптики. Это затруднительно.

Во-первых, потому, что люди, хорошо знающие современную оптику, обычно не хотят заниматься ее прошлым и предпочитают использовать свои знания для ее дальнейшего развития; во-вторых, очень трудно найти человека, даже среди специалистов современной оптики, которые в состоянии понять оптику античного периода; еще труднее найти такого человека среди людей, занимающихся историей науки и философии, который был бы компетентен в вопросах оптики. Поэтому многочисленные исследователи, знакомые с интересными историческими и философскими документами, не использовали их.

Мои исследования увенчались успехом потому, что я начал изучать историю оптики после того, как долгое время, начиная с 15 лет, интенсивно занимался оптикой современной. В пятнадцать лет я, как и все юноши, совершенно не интересовался историческими фактами, но обстоятельства, к счастью, заставили меня изменить направление. Я говорю к счастью, потому что в результате изучения истории оптики я извлек большую пользу для развития современной оптики. Я написал эти вводные фразы, чтобы привлечь внимание читателя к новизне рассуждений, которые я привожу в ходе этого сообщения.

В 1942 г. отмечалось 300-летие со дня смерти Галилея. Я был приглашен по этому случаю прочитать несколько лекций по истории телескопа, потому что в то время я был директором Национального института оптики, находящегося в Арчетри, возле Флоренции, в 100 метрах от Виллы «Джозоло», где Галилей провел последние десять лет своей жизни, высланный после приговора 1633 г. Здесь он умер.

Я знал современную оптику так, как знает ее специалист, более 20 лет проработавший в этой области. Я знал хорошо и историю оптики. В 1939 г.

вышло первое издание моей книги «История света»¹, над которой я работал пять лет. Таким образом, я находился в благоприятных условиях, чтобы заняться проблемой истории телескопа.

На эту тему написаны многочисленные и ценные исследования, и первое время меня не покидало ощущение, что все доскопально изучено и разобрано, и что мне остается только резюмировать то, что уже издано, и более рационально его систематизировать. Но скоро я убедился, что дело обстоит иначе. По истории телескопа написано много заметок хронологического характера, большей частью противоречивых, но о его настоящей истории с технической точки зрения ничего практически не было известно.

Я начал с уточнения дат: линзы для очков были введены в употребление примерно в 1280—1285 годах. Хотя не был известен их изобретатель, неточность в дате составляла только пять лет. Впервые о телескопе упоминается в 1590 г. Тогда я задал себе вопрос: почему понадобилось три века, целых три века, чтобы попробовать расположить линзы одна за другой? Почему первый телескоп был сделан из двух линз для очков, расположенных с двух сторон картонной трубки. Какие давали объяснения при расположении линз одна за другой? И наоборот, — каковы были доводы, задержавшие на три века такое расположение линз?

Прежде, чем ответить на эти вопросы, необходимо было поставить более общие вопросы: когда возникла теория линз? какова она была вначале, как развивалась? кому она принадлежит?

Я пришел к неожиданному заключению, что на эти вопросы никто никогда не давал ответа, больше того, никто никогда их не ставил. Если бы кто-нибудь их ставил, то я, несомненно, нашел бы на них ответы в литературе того периода.

Теперь я могу дать ответы на все эти вопросы. Ответы неожиданные и поразительные, я бы даже сказал настолько невероятные, что люди, читающие мои работы на эту тему, с трудом им верят. Это является, прежде всего, результатом поверхностного знания читателями основ современной оптики, поэтому опубликованные мною документы вызвали недоумение. Хотя мои работы в то время пользовались известностью, они были полностью оценены только людьми, разбирающимися в технической стороне оптики. В этой области произошла самая удивительная история, какую можно представить. Но в этой статье я не буду спешить с выводами, потому что должен оставить в стороне большую часть документов, составляющих в настоящее время два тома².

Эту необычную историю можно резюмировать следующим образом: в конце XIII в. линзы для очков были открыты эмпирически, случайно каким-нибудь ремесленником, возможно каким-нибудь мастером стекольного дела, который, смотря через круглые стекла с искривленной поверхностью, увидел близлежащие предметы так отчетливо, как он их видел в молодости.

В то время были неизвестны причины дальзоркости и законы преломления света даже на одной плоской поверхности, следовательно, ничего не было известно о поведении куска стекла с двумя сферическими поверхностями. Следовательно, невозможно было представить какое-либо, пусть даже парадоксальное, объяснение применения при дальзоркости стеклянных дисков с искривленной поверхностью, чтобы отчетливо видеть близлежащие предметы.

Итак, линзы были открыты каким-нибудь ремесленником, который, очевидно, был неграмотен и поэтому ничего не написал о своем изобретении и, следовательно, в настоящее время тщетны поиски его имени.

То, что это случилось таким образом, нигде не документировано, но когда эти чудесные очки стали известны математикам и философам того времени, их начали изучать с точки зрения оптики. Было высказано суждение, которое может в настоящее время показаться странным, но, тем не менее, очень логично и убедительно: «Основная цель зрения — знать правду, линзы для очков дают возможность видеть предметы большими или меньшими, чем они есть в действительности; через линзы можно увидеть предметы ближе или дальше, иной раз, кроме того, перевернутыми, деформированными и ошибочными, следовательно, они не дают возможности видеть действительность. Поэтому, если вы не хотите быть введенными в заблуждение, не пользуйтесь линзами».

В то время не могли объяснить природу зрения. Существовали две теории³: одна под названием теории «зрительных лучей», выходящих из глаза, и другая — теория «образов», или «изображений», входящих в глаз. Обе теории были примитивны. Только в XV в. возникла проблема функции глаза, но она не была решена не потому, что была недостаточно четко сформулирована философами, а в силу существовавшего тогда убеждения о невозможности познания механизма зрения. Однако в существующих теориях природы света линзы рассматривались с точки зрения лишь изменения, а не улучшения зрения; поэтому их часто называли «обманчивыми».

Приговор линзам был воспринят как справедливый и логичный, и философы и математики перестали ими интересоваться. Линзы исчезли бы совсем, если бы ремесленники не были заинтересованы в познании истины и не продолжали изготавливать и распространять их. Поскольку ремесленники были неграмотны и ничего об этом не написали, нет никаких сведений о дальнейшей судьбе линз в XIII в.

Название «линза» происходит из лексикона ремесленников; оно обозначает название овоща (чечевица, горох). Ни один ученый или философ не дал бы такое название своему открытию. В самом деле, когда спустя много лет ученые вновь обратились к линзам, они называли их «specill» (зонд, щуп), что более соответствовало академическому лексикону.

Изгнание линз из науки длилось три века. Эдвард Розен провел подробные исследования с целью найти письменное упоминание о линзах в 1280—1580 гг.⁴ Он обнаружил его: у врача Ги де Шольяка, который в своей книге под названием «Магнитная хирургия» («Chirurgia magna»), написанной в 1363 г., советует прибегнуть к «ocularis vitri aut berillorum» (стеклянным линзам...); у поэта Петрарки, который в предисловии к «Письмам к потомкам» (1365) советует после шестидесяти лет пользоваться очками («ocularium auxilium»); и у новеллиста Франко Сакетти, в одной из новелл которого священник флорентийской республики утверждает, что он плохо видит без очков (1358). Больше никаких сведений не обнаружено.

Речь идет не о спорадически и случайно возникшей демонстрации полного непонимания научного достижения; отношение философов к линзам в средние века выражало всеобщее глубокое и убежденное недоверие как к проблеме зрения в целом, так и к проблеме наблюдения предметов при помощи оптических приборов.

В настоящее время кажется поразительным, что ученые столь долгое время испытывали глубокое чувство недоверия. Как я указывал, существовала противоположная точка зрения, утверждающая, что наука якобы не могла объяснить механизм зрения. Зрение было предметом многочисленных исследований, имеющих целью разобраться в непонятной загадке, узнать, ка-

¹ V. Ronchi. Histoire de la lumière. Paris, 1955.

² V. Ronchi. Il cannocchiale di Galileo e la scienza del 1600. Torino, 1957.

³ V. Ronchi. Histoire de la lumière. Paris, 1955.

⁴ E. Rosen. The invention of eyeglasses. Journ. of the History of Medicine and allied Sciences, vol. XI, 1956, p. 13—46, 183—218.

ким образом видимые предметы соответствуют действительности, познанию при помощи других органов чувств человека, прежде всего осязания. К сожалению, в ходе этих исследований было констатировано, что очень часты случаи неправильного зрения. Было отмечено, что увиденные изображения не соответствуют тому местоположению, которое в действительности занимают предметы, и сами изображения отличались от предметов. Так появилось выражение «оптические иллюзии». Тот факт, что свое изображение можно увидеть по ту сторону плоского зеркала, — явление, которое в настоящее время никого не удивляет, в то время вызвало размышления у людей, искавших законы соответствия того, что мы видим и что существует в действительности.

Таким образом, ученые пришли к заключению, что глаз — это механизм, ключ к которому не подобран и, очевидно, во многих случаях, неверный механизм. Отсюда был сделан вывод, что нельзя доверять тому, что мы видим. По этому поводу существует изречение: «Non potest fieri scientia per visum solum» — «Наука не может развиваться при помощи одного зрения». Из всех человеческих чувств тогда доверяли только осязанию. Чтобы поверить увиденному, прибегали к осязанию. Теперь понятно, почему ученые, разделяющие эту точку зрения, с негодованием отвергли стеклянные линзы как обманчивый механизм. Осязание, очевидно, не подтвердило правильность изображения предметов, увиденных через линзы.

Такой скептический взгляд на зрение пагубным образом отразился на истории развития науки. Зрение, несомненно, наиболее сильное и наиболее точное средство познания окружающего мира. Недооценка его была большой ошибкой, которая задержала на многие века научные открытия.

Лишь максимальный исторический и философский интерес мог привести к разрушению господствующего скептицизма. В то время событие это очень нашумело, а сейчас его почти забыли.

Первая опубликованная книга о линзах под названием «Magia naturalis» («Природная магия») написана неаполитанцем Джованни Баттиста делла Порта. Это был не научный труд, а собрание необычных эффектов, любопытных и интересных, полученных в результате использования физических и химических явлений. Первое издание, вышедшее в 1558 г., состояло из четырех книг, точнее глав. Книга имела такой успех, что еще много раз переиздавалась, была переведена на все известные в то время европейские и арабский языки. Издание 1589 г. состояло почти из 20 книг, из которых семнадцатая была посвящена «магиям» оптическим. К ним были отнесены линзы. То, что речь о линзах шла в столь широко распространенном труде, помогло сломать лед молчания, тем более, что Джованни делла Порта не постеснялся написать: «... idem sunt et specillorum effectus, qui maxime ad humanae vitae usum necessarii, quorum adhuc nemo neque effectus, neque rationes attulit» («... и именно действие линз главным образом в человеческой жизни необходимо, в то время как никто этой пользы не понял»). Такое обвинение было брошено в адрес ученых того времени.

Делла Порта обрушился на ученых потому, что не входил в их среду и мог позволить себе роскошь подразнить власть имущих академиков, не вызвав с их стороны ответной реакции. Выступления делла Порта в этом направлении, хотя они не являются чисто научными, заслуживают высшего одобрения.

Не касаясь многих важных мыслей о XVII в., высказанных в «Природной магии», перейдем к труду делла Порта «Рефракция», опубликованному в Неаполе в 1593 г. Он состоял из девяти книг. Линзам была посвящена восьмая книга. Это была первая в мире книга, в которой сделана попытка дать теорию линз. Однако делла Порта осуществил это на базе оптики того времени, где еще применялись теории «зрительных лучей» и «образов». Тон сочинения был довольно странный. Автор считает, что все идет хорошо и что его выво-

ды соответствуют эксперименту, однако его опыты ничего не доказывали. Единственный вывод, следующий из книги, в котором делла Порта сам себе противоречит; это то, что средневековая оптика и линзы абсолютно несовместимы — или то, или другое должно исчезнуть. Но так как оптика была теорией, а линзы имели трехвековую экспериментальную базу, противоречие, несомненно, должно было решиться в пользу линз, а средневековая оптика должна была, таким образом, видоизмениться, чтобы решить проблему линз. И вот за короткий промежуток времени линзы заняли в науке первостепенное место.

В 1604 г. в истории науки произошла настоящая революция. Иоганн Кеплер опубликовал труд под названием «Paralipomena ad Vitellionem», в котором предлагает решение две тысячи лет привлекавшей внимание проблемы механизма зрения. Одновременно он создает основу для современной геометрической оптики и впервые объясняет как функционируют зеркала. Эта книга была значительна хотя бы потому, что она подтверждала идеи, высказанные ранее одним предшественником Кеплера, аббатом Мауролико из Мессины, и представляла синтез исследований, имеющих особенно важное значение для будущего науки. Появление труда не вызвало шума: он был настолько новым и революционным по своему характеру, что сначала его никто не понял; сменилось несколько поколений, прежде чем этот труд лег в основу новой оптики. Хотя в этом труде были окончательно отвергнуты «зрительные лучи» и «образы», в нем ничего не говорилось о линзах, если не считать короткого отрывка на две страницы, где правильно объясняется, как собирающие линзы исправляют дальновзоркость, а рассеивающие — близорукость. Труд был составлен так, как будто Кеплер испытывал еще влияние академической среды, враждебно настроенной к линзам, не считающей их достойными изучения.

В 1604 г. другое событие внесло значительный вклад в происходящую эволюцию. Ремесленники из Миддлбурга в Голландии построили телескопы с рассеивающим окуляром и попытались их распространить. Согласно документам, собранным де Ваардом, эти телескопы были построены по образцу итальянского телескопа, датированного 1590 годом. Учитывая, что в 1589 г. вышло новое издание «Magia naturalis», одна из книг которой была посвящена линзам, можно предположить, что какой-нибудь оптик построил этот телескоп, плохо разобравшись в той части книги, где приводился способ постройки телескопа (весьма туманный) с рассеивающим окуляром. Позднее эти строки были изъяты критикой, ревниво относящейся ко всему, связанному с книгой делла Порта. Очевидно в конце XVI в. несколько итальянцев эмигрировали в Миддлбург, чтобы наладить там стекольное дело. Так телескоп появился в Голландии. Было сделано несколько экземпляров таких телескопов. В 1604 г. заговорили о телескопе; но им не только не восхищались — им даже не очень интересовались. В научной среде на него смотрели с недоверием: если одна линза обманчива, то тем более обманчивы две линзы, последовательно расположенные одна за другой. Кроме того, и с коммерческой точки зрения телескоп не заинтересовал широкую публику. В 1608 г. «специальные очки», как их тогда называли, дающие возможность видеть далекие предметы увеличенными и отчетливыми, привлекли внимание торговцев оптическими инструментами в Париже, в то время как публика смотрела на эту новинку только как на любопытную забаву.

Причину такого неуспеха следует искать не только в безразличии научных кругов, что могло абсолютно не приниматься во внимание широкими массами; была еще техническая причина. Оптике, проектировавшие телескоп, использовали для объектива линзы для дальновзорких, а для окуляра — линзы для близоруких, т. е. глазные линзы. В то время глазные линзы были недостаточно хороши для телескопа. Обычно для телескопа применяются

линзы из специально подобранных «оптического стекла», обработанного технически более точно, чем для очков (это сохранилось и в настоящее время). Поэтому телескопы с линзами для очков могли увеличивать только в три раза; при большем увеличении изображение получалось туманным. Телескоп с таким незначительным увеличением не приносил никакой пользы. Вот почему этот плохо сконструированный телескоп не получил популярности в широких кругах и был отвергнут учеными.

В 1609 г. положение коренным образом изменилось с появлением открытий Галилео Галилея, внесшего большой вклад во все области науки. Он в то время преподавал астрономию и механику в Падуанском университете и не занимался оптикой. Он был занят проблемами космологии, в частности, важнейшим вопросом того времени — проблемой Коперника. Весной того же года он сообщил, что давно занят поисками инструмента, дающего возможность видеть ясно увеличенными отдаленные предметы; однако это сообщение сначала не было должным образом оценено. Но уже в первых числах июля Галилей понял, что через телескоп можно наблюдать все происходящее на небе. Построил ли он свой первый телескоп на основе рассуждения, как он сам писал об этом позже, или скопировал его с существующего — неважно. Телескоп был уже известен девятнадцать лет (с 1590 г.). Поэтому такое запоздалое изобретение не представляло интереса. Важно было другое: телескоп Галилея имел рассеивающий окуляр. Ученый неожиданно заметил то, на что обратил особое внимание позже: телескоп с заданным увеличением может быть плохим и хорошим; если он плохой, то он ничего не стоит, наоборот, если он хороший, то становится орудием «неоценимой пользы». Эту мысль Галилей высказал 24 августа 1609 г. Впервые ученый рассматривает телескоп не как обманчивый механизм, а высоко оценил его.

Галилей понимал, что сделал большое открытие. День и ночь он обрабатывал стекло так, чтобы сделать его лучше, и изобретал новые способы его обработки. Это дало возможность получить вначале семикратное увеличение, потом еще больше и, наконец, увеличение в 30 раз и больше. В конце концов, он получил хороший телескоп. Ученый работал наугад, не имея никаких критериев. Галилей пользовался методом отбора: из его письма мы узнали, что он пользовался только семью телескопами из 100 построенных.

Телескоп, увеличивающий изображение в 30 и больше раз, существенным образом отличался от телескопа с трехкратным увеличением. Общество, будучи не в состоянии понять, что отличает один телескоп от другого, кроме его большей эффективности, дало этому мощному механизму название «очки Галилея». Это название стало известно во всем мире.

Галилей направил в небо это чудесное средство наблюдения, и осенью 1609 г. сделал свои знаменитые открытия. Во второй половине 1610 г., к своему величайшему изумлению, он открыл четыре спутника Юпитера. В настоящее время трудно оценить все значение этого открытия, потому что спутник планет солнечной системы не представляет особенного интереса. Но в те времена это открытие имело колоссальное значение, потому что разрушало основные каноны астрономии и науки в целом. Согласно этим канонам, в небе движется только семь небесных тел, как считалось многие тысячелетия. Открыв еще четыре тела, Галилей нанес смертельный удар древним традициям.

Галилей ценил важность сделанного им открытия. Вскоре он написал свою великолепную книгу под названием «Sidereus nuncius» («Звездный вестник»), призванную рассказать миру о том, что происходит на небе. Первые выпуски этой книги (10 марта 1610 г.) вызвали бурю протестов: весь академический мир ополчился против Галилея, обвиняя его в том, что он стал послушной жертвой оптического обмана телескопа, механизма, недо-

стойного веры. А так как открытия были сделаны лишь при помощи телескопа, то кое-кто пытался обвинить Галилея в недобросовестности.

Галилей не отвечал на обвинения, так как считал себя компетентным в оптике и не знал, как переубедить противников. Он продолжал конструировать телескопы и наблюдать небо. Он знал, что только при помощи телескопов сможет увидеть спутники Юпитера и другие небесные тела. Он предлагал астрономам свой телескоп для наблюдения неба, но большая часть философов отказалась от телескопов, потому что априори не доверяли тому, что могли увидеть. Галилею удалось преодолеть это препятствие при помощи чисто политического маневра. После своего переезда из Падуи во Флоренцию, куда он в то время был назначен математиком великого герцога Тосканского, он предложил дать спутникам Юпитера название «Планеты Медичи». Он хотел показать ученым свою уверенность в существовании спутников, замеченных в телескоп. Эту уверенность он сохранил на всю жизнь, но так как существование спутников другие ученые считали иллюзией, дар Галилея был расценен как насмешка и это отразилось на всем его будущем.

Однако Галилей убедил великого герцога послать другим царственным особам телескопы своей конструкции. Каждый из них имел математика, выполняющего одновременно функции научного консультанта, который мог объяснить пользу телескопа.

Борьба, развернувшаяся в 1610 г. между Галилеем, с одной стороны, и, с другой стороны, всем академическим миром, закончилась очевидной победой Галилея.

Самым ярким выражением оппозиции академического мира явилось опубликование в 1611 г. книги флорентийца Франческо Сици «Dianoia astronomica, optica, physica». Франческо Сици представлял в то время научный мир университетов Пизы и Падуи. Эта книга была интересна тем, что в ней содержались все аргументы, которые классическая оптика выставляла против применения телескопов. Интересно расположение материала в книге. Автор, уверенный в победе, заканчивает труд заявлением, что вся эта наука теперь забыта.

Представляет интерес история с Кеплером. Когда вышла книга Галилея «Sidereus nuncius», произведшая шум, подобный взрыву бомбы, Кеплер начал получать много писем, авторы которых спрашивали его мнение о телескопе. Кеплер долгое время не отвечал, так как, будучи в высшей степени компетентным в оптике, не верил в линзы. Он сам пытался сконструировать телескоп, но это ему не удалось. В первом ответе он выразил сомнение по этому поводу, что означало победу противников Галилея.

Но в августе 1610 г. один изобретатель прислал Кеплеру телескоп Галилея, получив его, в свою очередь, от великого герцога Тосканского. 30 августа 1610 г. Кеплер наблюдал спутники Юпитера, подвергнув телескоп самой строжайшей проверке, чтобы решить иллюзия это или достойное внимания наблюдение. 11 сентября 1610 г. в отчете под названием «Narratio de observatis a se quatuor Jovis satellitibus erronibus, quos Galilaeus Galilaeus mathematicus florentinus jure inventionis Medicea Sidera nuncupavit»⁵. Кеплер, применив различные способы строгой проверки, все-таки признал победу Галилея.

Первое доказательство этого не заставило себя ждать. Он вновь обращается к теории оптики, изложенной в 1604 г. в «Ragaliromena», но теперь распространяет ее на линзы и впервые обосновывает геометрическую теорию, которая до сих пор преподается в наших школах. Она была изложена в его книге «Диоптрика» («Dioptrices») в начале 1611 г.

⁵ Рассказ о наблюдениях движущихся четырех спутников Юпитера, открытых флорентийским математиком Галилео Галилеем, торжественно переименовавшим их в Планеты Медичи.

Так родилась новая оптика, которая все настойчивее завоевывала молодежь.

Теория линз появилась не тогда, когда линзы вошли в употребление, а после того, как стали пользоваться телескопом. Это было признанием крупной научной ошибки.

В настоящее время почти забыли об этой ошибке. Однако современным ученым необходимо знать о ней.

24 августа 1609 г. — дата первого выступления ученого, выразившего уверенность в возможности наблюдения при помощи телескопа; тем самым он сделал линзы предметом научного изучения. Это ознаменовало новую эру — эру применения для наблюдения оптических приборов. В это время уже экспериментально было доказано, что наблюдение с помощью оптических приборов более эффективно, чем наблюдение невооруженным глазом.

Такова главная тема этого сообщения. Перейдем к некоторым частностям.

Человек доверяет зрению, можно сказать — слепо верит: никогда не подвергает критике то, что видит. Когда очевиден оптический обман, он рассматривает его как странность, до сих пор не имеющую для него значения.

Так, очевидно, думали люди доисторического периода, пока не встала проблема познания окружающего мира и изучения механизма пяти человеческих чувств.

Я ссылаюсь на это направление мысли, потому что очень интересуюсь проблемой солнечной системы и ее разработкой в период Возрождения и в XVII в. Пока сохранялась уверенность в истинности наблюдений невооруженным глазом, форма небесного свода и движение планет на нем должны были неизбежно привести к геоцентрической системе. Как только вера в достоверность наблюдений окружающего мира была поколеблена, появилась точка зрения, высказанная Филолаем, согласно которой Земля и планеты вращаются вокруг другого центра. Последний Аристарх Самосский отождествил с Солнцем, предложив впервые гелиоцентрическую систему. Впервые о ней упоминается в III в. до н. э. Различие между двумя этими системами не во внешних признаках — их можно было установить при помощи измерений. Если бы нашли механизм, наиболее точно дающий представление о движении планет в той или иной системе, можно было бы выбрать саму систему, даже, если бы она не подходила по внешним признакам. Система Птолемея дала возможность решить эту проблему, «соблюдая приличия», и это делало ее приемлемой, хотя сама по себе она была крайне сложной. Эта система давала представление о движении планет в пределах точности измерений того времени.

После того, как Тихо Браге усовершенствовал технику измерения положения планет и возникла необходимость дополнительного объяснения движения планет по системе Птолемея (это было в XVI в.), Копернику пришла в голову блестящая идея исследовать гелиоцентрическую систему Аристарха для этой цели. Исследование дало положительные результаты. Принятие телескопа как измерительного прибора подтвердило правильность гелиоцентрической системы настолько, что ее стали рассматривать как соответствующую действительности. Развитие новых механических концепций подтвердило господство гелиоцентрической системы, которая в настоящее время ни у кого не вызывает сомнений.

Я сделал краткое изложение эволюции идей, касающихся проблемы мироздания. Однако люди придерживались геоцентрической системы, как внешне более соответствующей действительности.

Потеря веры в зрение, наряду с некоторой пользой, принесла, однако, больше вреда.

Зрение, как уже говорилось, самое мощное, самое точное из всех органов чувств, которые даны человеку для познания окружающего мира. Если ставить на первое место осязание, человечество понесет большие потери. Напомню, например, характерный случай с микроскопами.

Сложные микроскопы были сконструированы в начале XVII в., когда уже существовали микроскопы Галилея и Дреббеля в Голландии. Сложные микроскопы были хуже простого, составленного из мельчайших линз с фокусным расстоянием в несколько миллиметров. Такого же типа были все микроскопы, построенные голландцем Левенгуком, которого обычно считают «отцом микроскопии».

Интересные исследования Ван Читерта (P. H. Van Cittert), директора университетского музея в Утрехте, связанные с многочисленными наблюдениями, доказали, что в период с начала XVII до первой половины XIX в. эффективность простых микроскопов выше эффективности сложных микроскопов. Только с применением полусферической передней линзы, изобретенной Джованни Баттиста Амичи в 1840 г., сложный микроскоп стал эффективнее простого. Следовательно, настоящая микроскопия родилась от простого микроскопа.

Почему же микроскопы не начали делать с момента, когда простой микроскоп состоял из одной собирающей линзы, а собирающие линзы впервые были изобретены в 1280 г.? За этим вопросом следует другой. Микроскоп может также состоять из одного вогнутого зеркала, а вогнутые зеркала существовали уже в конце 4 в. до н. э. и были описаны Эвклидом в «Catoptrica». Птоломеем во 2 в. до н. э. изучал изображения, полученные через сферические вогнутые зеркала, хотя и на базе канонических античной оптики. Но он ими пользовался и видел через них увеличенное изображение предметов. Почему же в то время не сделали микроскоп?

Вопрос приобретает еще больший интерес, если вспомнить, что в стихотворных поэмах патриция Джованни Ручели в 1523 г. описывается строение плеча, исследованное при помощи вогнутого зеркала. Почему никто не занялся такого рода исследованиями тогда?

Ответ очевиден: предметы, увиденные при помощи линзы и вогнутого зеркала, никогда не могли быть подтверждены осязанием и поэтому не заслуживали доверия. Это был оптический обман. Так твердили человечеству ученые более двух тысяч лет. Поэтому хотя человечество располагало микроскопами, оно ими не пользовалось. Микроскопы получили право на существование только после того, как ученые стали доверять наблюдениям. Но это произошло только после 1609 г., после крупной победы Галилея над классическим скептицизмом, после того, как он отверг и заставил забыть изречение «non potest fieri scientia per visum solum» (не может наука развиваться при помощи одного зрения).

Возвращение ученым веры в непосредственное наблюдение и наблюдение при помощи оптических приборов означало расширение возможностей научных исследований и дальнейший прогресс экспериментальной науки. Таково влияние оптики XVII в. на развитие науки и философии.

О. ФЛЕКЕНШТЕЙН (ШВЕЙЦАРИЯ)
ОТ «НОВОЙ НАУКИ» РЕНЕССАНСА
К «НОВОМУ МЕТОДУ» БАРОККО

Гелиоцентрическая система Коперника является одновременно и кульминационным пунктом, и поворотным моментом Ренессанса. Кульминационным пунктом она является постольку, поскольку эта система впервые выявила преимущество античного принципа «геометрической простоты» по сравнению с принципами философии Аристотеля; одновременно тем самым был осуществлен научный идеал античности. Поворотным моментом эта система является потому, что Коперник, реформируя астрономию, соблюдал античную догму, что движение по окружности с постоянной скоростью — это движение в небесном мире при отсутствии сил. Но эта гелиоцентрическая система не могла объяснить новые наблюдения движений планет в школе Тихо Браге. И указавшая установка Коперника была вызвана не страхом каноника перед инквизицией Ватикана, а скорее стремлением ученого эпохи Ренессанса прикрыться авторитетом своих античных предшественников. Хотя Коперник был очень воодушевлен пафосом Ренессанса, «новой наукой», тем не менее, он не захотел назвать свой труд «De revolutionibus orbium coelestium» («О вращении небесных тел») «новой астрономией». Лишь Кеплер в 1609 г., между завершением эпохи Ренессанса и началом эпохи Барокко, создал «новую астрономию» и перешел от античной геометрии планет к современной динамике планет. Однако новый метод Барокко — инфинитезимальное исчисление — был еще недостаточен для осуществления этого перехода до конца, как это сделал впоследствии Ньютон. Но у Кеплера под маской неопифагорейства мы различаем уже тенденции современной науки.

В противоположность классику Копернику Кеплер диалектик, эмпирически установив, что невозможно объяснить орбиту планеты Марс движением по окружности, не помышляет о других видах кривых даже тогда, когда фиксированный эллипс оказывается непригодным для объяснения ее орбиты. Напротив, он варьирует параметры эллипсов, для которых окружность является предельным случаем, до тех пор пока они не начинают соответствовать наблюдениям. Так Кеплер смог получить более общее дифференциальное уравнение, чем античные астрономы, постулировавшие самое простое уравнение

$$d\varphi = cdt \quad (1)$$

для движения планет в их эписидлах; а именно:

$$r^2(t) d\varphi = kdt, \quad (2)$$

которое превращается в (1), когда радиус-вектор делается постоянным.

Уравнение (2), содержащее два первых закона Кеплера и найденное в переходный период между Ренессансом и Барокко, описывает основную проб-

лему динамики XVII в. Кеплер, находившийся под влиянием анимизма, не мог разрешить эту проблему; напротив, он поставил перед наукой новую конкретную задачу: в эллиптическом движении скорость планеты не является постоянной по величине, как при движении по окружности вследствие закона площадей; поэтому изменения скорости обусловлены неизвестными силами, действующими в геометрическом пространстве. Их влияние на движущиеся тела зависит лишь от расстояния до них. Кеплер смог в последующем преобразовать геометрическую систему Коперника, в которой планеты движутся без каких-либо сил, в планетную систему. Со времени Ньютона известно, что уравнение (2) вообще определяет центральную силу f , и f является некоторой функцией радиуса-вектора. Тогда частная формула Ньютона закона всемирного тяготения $f(r) = r^{-2}$ получается автоматически, если в качестве дополнительного условия принимается третий закон Кеплера. Этот закон формулируется так: кубы осей планетных орбит пропорциональны квадратам времен обращения. Третий закон Кеплера непосредственно вытекает из закона тяготения Ньютона. Этот закон — явный и простой результат неопифагорейских соображений. Следовательно, уточнение общего закона тяготения на основе формулы $f(r) = r^{-2}$ в известной степени получено под воздействием неопифагорейских идей. Ньютон получил свой закон $f(r) = r^{-2}$ простой подстановкой третьего закона Кеплера в общую формулу Гюйгенса для центральных сил. Ньютон уже располагал для своих общих дедукций в динамике «новым методом» «новой науки». Кеплер, напротив, мог применить свои методы инфинитезимального исчисления только к «Nova Stereometria Doliorum» («Новая стереометрия винных бочек»), а не к новой динамике. Неделимые Кеплера с атомистической точки зрения ничто иное, как особые бесконечно малые величины. Кеплер был очень смел и сумел проделать интегрирования еще более общие, чем Архимед при определении объемов и поверхностей фигур. Однако он допустил ошибку в концепции производной, необходимой для динамики. Именно эта динамика является «новой наукой» — предметом поисков ученых со времен Коперника. Кеплер со своим анимизмом всегда оставался в рамках мышления Ренессанса; тем не менее он деформировал античные круги Ренессанса в эллипсы барокко и тем самым направил исследования этого периода на поиски нового метода в конкретной проблеме.

В самом деле, лозунг «новой науки» Ренессанса был лишь программой, которая для реализации требовала нового научного метода, превосходящего античный. Наука в эпоху Ренессанса не была продуктом лишь одного открытия, которое в методическом отношении вывело науку за рамки античности, будь то учение о перспективе Альберти или статика Коммандино, или кубические и биквадратные уравнения Кардано или даже инженерное искусство Леонардо да Винчи.

Еще более ясна ситуация в философии Ренессанса; гуманисты-критики схоластики (Лоренцо Валла, Лодовико Виве, Джакомо Забарелло, Франческо Пико де Мирандола, Мариус Низолиус и Пьер Рамус) в конце концов лишь присутствовали на похоронной процессии аристотелизма, уже подрубленного в средние века последовательной критикой номиналистов. На протяжении эпохи Ренессанса не существует никакой общей системы, которая могла бы заменить аристотелизм! В эпоху Барокко была не только «новая наука», но и почти все позднейшие философские системы, за исключением гегельянства: эмпиризм Бэкона, материализм Гоббса, рационализм Декарта, монизм Спинозы и плюрализм Лейбница. Подобно тому, как современная наука является законной дочерью номиналистов в их критике схоластической идеи изменения субстанции, так и философские системы Барокко были законными сыновьями разрушителей схоластических идей субстанции.

Однако номиналисты средних веков, постепенно расчлняя схоластическое понятие изменения субстанции, развили метод «графического представления» и в своих вычислительных школах проиллюстрировали метод квалификации качеств. Оставалось сделать лишь последний шаг, осуществленный позднее Галилеем, т. е. провозгласить *Kinesis* метафизики Аристотеля идеальной моделью изменения состояний в физической природе и со всем пафосом неоплатонизма конца Ренессанса объявить *motus uniformiter difformis* номиналистов законом свободного падения реальных тел. В то время, как Ренессанс изгонял «субстанциональные формы» из «новой науки» как призрачные явления, Галилею своей диалектикой удалось преобразовать статические формы схоластики в динамические неделимые и создать таким образом современную математическую физику для простейшего случая прямолинейного движения. Ренессансу, этой критической эпохе революции умов, удалось лишь провозгласить современную «новую науку»; напротив, эпоха Барокко — период систематизации и восстановления — своей эволюционной диалектикой создала «новый метод».

Галилей преобразовал скорость, рассматривавшуюся в средние века как *forma motus*, в характеризующее движение неделимое. В физике Галилей уже не было больше субстанции, которая претерпевает метаморфозы при прохождении последовательных дискретных форм; напротив, отдельные неделимые преобразуются непрерывно своим *fluxus*. При помощи этой «математики неделимых» Кавальери сумел создать геометрический континуум посредством *fluxus* неделимых: линия образуется движением (*fluxus*) точки, считающейся неделимой, площадь — движением линии как неделимой, объем — движением площади, когда за неделимое принимается последняя. Континуум, описываемый при движении, бывший у Николая Орема *velocitas totalis* (общая скорость), становится у Галилея интегралом от флюксии скорости неделимых. Известно, что Николай Орем формально уже обладал интегралом для *motus uniformiter difformis*. Как номиналист он оставался простым эмпириком в физике. Орем не мог, как это сделал Галилей более 200 лет спустя, отождествить априорные законы математики с эмпирическими закономерностями.

Motus uniformiter motus определяет скорость тем же простейшим уравнением (1), как и регулярное движение. Но при помощи течения неделимых мы имеем

$$\int dv = c \int dt, \text{ т. е. } v = ct = \frac{ds}{dt};$$

тем самым получается дифференциальное уравнение, более общее, чем (1) но менее общее, чем (2):

$$\frac{ds}{dt} = t. \tag{1a}$$

Неделимые, элементарные движения «дремлют», если в пространстве нет действующих сил; в отсутствии сил движение обладает постоянной скоростью. Нулевая скорость, покой — это частный случай движения. Отсюда следует, что если в пространстве действуют какие-либо силы физики Барокко могли представлять их действующими лишь прямолинейно, то неделимые движения пробуждаются. Таким образом, Галилей стал не только отцом закона инерции, который схоласты не могли понять, но также открыл закон свободного падения тел, тогда как схоласты рассматривали даже простое изменение мест как изменение состояния, залутиваясь, таким образом, в теории *impetus*'а. Допуская внутри Земли постоянную силу — тяжесть, Галилей следовал идеям Аристотеля; но он предполагал, что эта сила будет постоянно изменять скорость неделимых тел, падающих к их «естественному месту». В то время, как математики Ренессанса совершали баллистическую

ошибку вследствие ошибочности теории *impetus*'а, Галилей нашел баллистическую кривую, оказавшуюся простой параболой. Но он еще не мог объяснить эллиптическое движение планет вокруг солнца, в котором неделимые скорости меняются уже не постоянно, а по закону площадей. Как и Кеплер, Галилей принимает за центр сил Солнце, которое заставляет планеты двигаться эллиптически вокруг фокуса. Только Ньютон позднее осознал, что эта центральная сила, находящаяся в центре Солнца, идентична с силой тяжести на Земле, являющейся причиной падения яблока с яблони. Благодаря этой догадке Ньютона о всемирном тяготении была открыта физическая сущность «новой науки» — классической механики. «Новый метод», как формальный элемент новой науки, состоял в исчислении бесконечно малых, что позволило определить общее понятие изменения состояний.

Таким образом, нам кажется не случайным, а наоборот, знаменательным проявлением влияния среды на историю идей то, что не только содержание «новой науки», но и форма нового метода были открыты только в XVII, а не в XVI в.

Профессор Пельсенер в Брюсселе опубликовал диссертацию, в которой говорил о современной науке как о следствии реформации, именно протестантской реформации. Эпоха реформации охватывает периоды Ренессанса и Барокко; этот тезис можно уточнить в том смысле, что современная наука родилась в эпоху реформации и контрреформации. Было бы бесполезным подсчитывать число католических и протестантских ученых XVI и XVII вв. Достаточно указать, что знаменитый квартет — Галилей, Декарт, Ньютон и Лейбниц, имена которых символизируют «новую науку» и «новый метод», представляют не только четыре национальные культуры Западной Европы, но и два принадлежавших этим культурам официальных вероисповедания. После первой брешы в «новой науке», пробитой материальным толчком Галилея и формальным толчком Декарта, Ньютон придал содержанию современной науки материальный скелет своим «*Philosophiae naturalis principia mathematica*» («Математические принципы натуральной философии»). Напротив, Лейбниц своим дифференциальным исчислением усовершенствовал инструментарий «нового метода» современной науки.

Но при осуществлении открытий у участников этого квартета проявляется объективный стиль — то, что выходило за рамки их индивидуальности, отражало, видимо, общенсторическую обстановку эволюции идей и не позволило современной науке родиться раньше Барокко.

Революционным деянием Галилея было утверждение, что свободное падение реальных тел представляет реализацию «*motus uniformiter difformis*» номиналистов периода схоластики. Благодаря этому он создал «новую науку». Как и революция Коперника, революция Галилея состояла в провозглашении примата математических законов над эмпирическими законами, получаемыми преимущественно чувствами, так как в опыте никогда не встречается пустота, в которой все тела проходят свои пути пропорционально квадратам времени. Можно лишь искусственно получить пустоту с точностью до сотой доли процента, однако, воздушный насос Герике был открыт только полвека спустя после Галилея. Галилей осмелился провозгласить тезис, полвека спустя после Галилея. Галилей справедлив даже тогда, когда удивительный в его время: законы падения справедливы даже тогда, когда нет ни одного тела, могущего падать. Этим отношением к вопросу, провозглашением примата идеального существования по сравнению с эмпирическим рождением. Конечно речь идет не о вечных и неизменных предсуществующих идеях Платона; Галилей думал о неизменном существовании математических законов в мире переменных величин. Таким образом, Галилей преобразует «естественный процесс», остававшийся скрытым в эмпиризме Закона, в изолированно существующее соотношение. Галилей был первым, кто за-

явил, что объектами точной науки являются сами функции, а не величины, представляемые функциями.

Соотношение между непрерывными переменными графически выражается геометрическим континуумом, как это попытался сделать Николай Орем. Но неоплатоническая мысль динамична, а не статична, как у номиналистов. Несмотря на это флорентийская школа Галилея сохраняет традиционную схему Аристотеля единства «формы» и «материи», т. е. единство «*substratum*» и «формы» его представления. Схоластика допускает «*Analogia Entis*» между субстанцией и понятием. Флорентийцы тоже принимают концепцию геометрического континуума как единства субстрата и формы. *Substratum* понятия геометрического континуума представляет совокупность точек, мыслимую как количественную сумму точек. Чтобы эти точки конкретизировались в идее континуума, их сначала необходимо преобразовать в неделимые. Таким образом, движение для Галилея является *fluxus* всех скоростей, которые меняются, возрастая и убывая. Такие воображаемые модели используются преимущественно в знаменитых «*Discorsi e Dimostrazioni*» «новой науки» Галилея. Их анимизм повлиял на флорентийскую школу Галилея, Торричелли, например, удалось осуществить интегрирование полиномов с дробными показателями при помощи его метода неделимых, превзойдя тем самым Архимеда.

Неоплатоновская тенденция итальянского Барокко достигла в математике последнего предела своих возможностей. Сведение изменения к изменению отдельного неделимого вместо ряда последовательных субстанциональных форм представляет лишь предпоследний шаг диалектики. Последний шаг — отбрасывание остающейся тавтологии — еще не был сделан.

Что представляет изменение как самостоятельное соотношение, независимое от изменяющихся неделимых? Галилей не решился сделать последний шаг. Итальянское Барокко остается как бы последней фазой эволюции в рамках Ренессанса. При помощи геометрии понятие изменения только иллюстрируется; абстрактное понятие изменения требует алгебры. Галилей мог представить механику при помощи геометрии. Однако представление геометрии посредством алгебры чуждо ему, хотя Декарт был его современником. Возможно, что именно античное наследие итальянского Барокко помешало соединить геометрические формы с числами, являющимися иной онтологической сущностью. Так или иначе, флорентийская школа Галилея упустила в своей «новой науке» «новый метод» исчисления бесконечно малых, хотя в ее руках уже было материальное ядро этого исчисления в виде метода неделимых.

Графическое изображение у Николая Орема не было характерным для «нового метода» науки. Как революционный метод оно впервые появилось у Декарта. Галилей применял его, используя традиционную терминологию схоластики. Декарт первый осознал, что на осях графического изображения точкам фигуры можно соотнести числа. Числа являются самыми простыми элементами мысли. Именно к ним, поэтому, следовало свести все истинные понятия, т. е. всю подлинную науку, но не в смысле пифагорейской мистики, а в смысле рациональной методики мышления. Вычисления можно производить лишь над числами. Только после арифметизации всех наук можно реализовать идею Рамона Луллия из его «*Ars magna*» об универсальной логике, которая работает как вычислительный автомат. Вот что записал юный философ в своем дневнике: «Науки носят маски; если их спясть, то науки выступают во всей их красоте. Тому, кто до конца видит их взаимосвязи, хранить их в памяти не труднее, чем запомнить ряд чисел».

Связывая понятия без общей онтологической сущности, так как не существует философского метода абстракции для преобразования сущности фигур в сущность чисел, Декарт осуществил шаг, который непосредственно

привел его от античности и Ренессанса к точной современной науке. В знаменитую ночь 1619 г. на зимних квартирах в Богемии великая интуиция по-у схоластов сводил искусство мыслить к искусству представления сложных понятий более простыми понятиями. Когда он представил объекты мысли числами, эти объекты освободились от случайных свойств и могли быть сопоставлены по определенным правилам. Ряд чисел — самый простой пример математического упорядочения. И все объекты математического познания подчинены условию устойчивой связи, что выявляет их систематическую связность. Этот идеал не был полностью реализован традиционной математикой. Она представляла скорее соединение изолированных теорем, которым недоставало систематического метода доказательства. По этой причине Декарт иллюстрировал свой общий метод средствами открытой им аналитической геометрии, которая сводит геометрию к алгебре при помощи представления точек фигур числами, а самих фигур — алгебраическими соотношениями.

Знаменательно то, что Декарт мало обогатил содержание математики Эвклида, хотя его аналитический метод позволял ему далеко превзойти античную науку в знании геометрических фигур. Напротив, Декарт представил античную математику в новой форме, которая отчетливо проявила структуру его системы. Французское Барокко не стремилось превзойти античность так, как итальянское, доходя до последних выводов в своих платоновских тенденциях; французское Барокко хотело при помощи новых принципов преобразовать формально строгую античную мысль.

Представление геометрии при помощи алгебры проще представления механики через алгебру, так как механика требует концепции силы как функции непрерывного изменения времени. Объявляя дискретную «протяженность» «ясной и понятной» в качестве объекта научной мысли и отвергая непрерывный континуум как нечто запутанное, Декарт с неизбежностью должен был упустить возможность выразить механику через алгебру.

У него не получилась даже динамика прямолинейного и кругового движений. Декарт никогда не понимал закона свободного падения Галилея. Еще спустя век после Галилея картезианцы ограничивают механику статикой, допуская аристотелю ошибку: сила пропорциональна скорости — ошибке, не проявлявшейся в статике. Несомненно, картезианцы обладали понятием скорости, так как они были в состоянии понять соотношения между проходными путями и временами движения. Они могли также обогатить геометрию новыми алгебраическими кривыми. Но вся картезианская механика, пытавшаяся выразить механику посредством алгебры, оставалась в области кинематики алгебраических кривых высших степеней. Она была не в состоянии охватить динамику, так как она не принимала понятия изменения.

Тем не менее картезианцы обладали уже эмбриональными формами нового инфинитезимального исчисления благодаря их алгебраическому искусству. Они вынуждены были определять направления касательных у своих кинематических кривых; тем самым они обладали концепцией производной, тогда как флорентийские математики понимали эти направления у кривых как пределы секущих. Хотя картезианцы и не были в состоянии сформулировать это понятие алгебраически, они получили формулы для направлений касательных при помощи очень искусной алгебраической уловки, преодолев диалектические трудности этого понятия.

Картезианство остановилось на соотношениях между дискретными величинами; оно отказалось от перехода к функциям непрерывных переменных. Примат отношений над объектами, находящимися в этих отношениях, был провозглашен Декартом в качестве мотива нового метода нового време-

ни. Но сами объекты оставались простыми и ясными формами античности. Французское Барокко завоевало новый метод для новой науки. Его философия ввела примат научной теории познания над метафизикой, т. е. примат «*cogito*» над «*ego sum*», но мера и ценность объектов по-прежнему предписывались античностью.

Английское Барокко больше похоже на итальянское Барокко конца эпохи Ренессанса, чем на французское. На его философию большее влияние оказал неоплатонизм, даже неопифагорейзм, чем французский рационализм XVII в. Эмигрировавший в Италию католик, шотландский математик Грегори, перенес флорентийскую математику неделимых в Англию. Здесь этот метод попадал на благодатную и хорошо подготовленную почву. В то время, как картезианская физика завершалась устранением временного параметра и сведением тем самым всех изменений к игре возникновения и исчезновения частей «протяженной материи», неоплатонической английской школе в Кембридже удалось выделить особое свойство времени в качестве параметра, непрерывного и не зависящего от воздействия природы. Нужно учитывать все изменения состояния этого параметра. Тем самым становится возможным определять скорости как «флюксии». Применяя картезианскую алгебру к этим величинам, полученным из флорентийского метода неделимых, Ньютон открывает свое «исчисление флюксий» как новый метод математической физики.

В физике Ньютона формально и материально повторяется физика Галилея, но на высшем уровне. Ньютон производит вычисления не только с неделимыми флорентийцев, он обобщает также физику Галилея прямолинейных движений на центральные силы вообще. Для широкой публики Ньютон остается еще в рамках античности; он как бы скрыл свое исчисление флюксий за фасадом евклидовой геометрии. Но за этим фасадом он уже сделал последний шаг, приняв изменение в качестве изолированного явления за некоторое вычисляемое отношение, т. е. за флюксию. Осознав взаимный характер интегрирования и дифференцирования, Ньютон навсегда покинул эру античной математики.

Но Ньютон настолько физик, что его исчисление флюксий основано на физических представлениях; логическое существование понятия флюксий оправдывается реальным существованием скоростей и сил. Тем самым Ньютон может допустить лишь флюксии первого и второго порядков в качестве логически разумных; его исчисление флюксий не является еще чисто логической операцией, сохраняющей смысл независимо от логического содержания, к которому оно применяется. Тем не менее Ньютон сделал пригодным для вычислений галилеевский метод неделимых; он не отступил, подобно Декарту, перед задачей развития математики континуума из алгебры дискретных величин. Но у него логическое содержание физики еще доминирует над логическими выражениями математики. Ему все время не достает последнего диалектического шага, который поднял бы логическое содержание неделимых до новой логической формы. И в то время, как французское Барокко упорствовало в классицизме, английское блуждало в изобилии различных форм «новой науки» и «нового метода» на шекспировский манер. Однако английское Барокко никогда не оставляло итальянских традиций. Век спустя после завершения строительства базилики святого Петра, оно еще совершенствовало свой стиль, воздвигая собор святого Павла — творение математика Врена.

Инфинитезимальное исчисление, как свободный и лишенный всякого случайного содержания алгоритм, смогло родиться только после полной победы картезианского тезиса о примате отношений над объектами, находящимися в этих отношениях. В анализе бесконечно малых неделимое, оставшееся у картезианцев лишь нулевой величиной «протяженности», прини-

мает новую форму «интенсивности» Галилея. Это диалектическое превращение было идеей Лейбница. Концепция чистого оператора была создана Лейбницем уже в 1666 г. в его диссертации «*De arte combinatorica*», в которой он провозгласил исчисление сочетаний новой математической дисциплиной, в которой можно оперировать в равной мере как с отношениями, так с величинами, находящимися в этих отношениях. Лейбниц повторяет картезианскую математику на высшем уровне. Декарт трактовал аналитическую геометрию как иллюстрацию своего нового метода установления связей при помощи отношений. Лейбниц истолковывал свое исчисление бесконечно малых как иллюстрацию своей диалектики функций. Картезианская догма не принимала производную как частное двух «протяженных» нулей. Наоборот, Лейбниц увидел в известной фигуре, содержащейся в посмертной рукописи Паскаля, что примат отношений над объектами, находящимися в этих отношениях, сохраняется и тогда, когда объекты обращаются в нули как величины картезианской «протяженности». Диалектический процесс преобразования содержания в новую форму обусловил создание нового содержания в старой форме. В дифференциальном частном Лейбница неделимые превратились в экстенсивные нули, но устанавливаемое делением отношение, как производящая форма, дает неделимым новую жизнь как интенсивным величинам. Экстенсивные величины определяются их количественной мерой; интенсивные величины — исключительно их функциональным соотношением. Лейбниц, с другой стороны, продвинул диалектический процесс, ведущий от «новой науки» Галилея к Ньютону. Благодаря картезианскому принципу примата отношений над объектами в новом методе «*extensivum*» преобразовалась в «*intensivum*», а отношения «*discretum*» а стали функциями «*continuum*».

Последний философ Барокко хотел вновь объединить современную физику с метафизикой Аристотеля: аналогично преобразованию неделимых галилеевской физики в дифференциалы лейбницевской математики, субстанциональные формы аристотельской метафизики преобразуются в монады лейбницевского плюрализма. То, что схоластические формы потеряли в их статической сущности, они выиграли благодаря множественности их динамических функций: существование монад растворяется в сети отношений с тем, чтобы они, как «*intensiva*», смогли превратиться в реальные атомы. «*Materia*» — это лишь явление, но «*phaenomenum bene fundatum*».

Лейбниц идеалист, но идеалист, который в конце концов материализует форму в диалектическую напряженность между материей и формой. В философии Лейбница, кажется, уже зарождается идея Гегеля: форма и материя, как двойственное лицо Януса, суть вещи, тождественные одна другой.

Полифония лейбницевых монад, растворение единства в бесконечной множественности монад — монад, перемешанных друг с другом, — полифония, которая позволяет еще представить множественность форм действительности как логическую эволюцию возможных комбинаций в квазисхоластическом смысле, закапчивает период Барокко. Вероятно можно утверждать, что стиль Барокко в искусстве стал независимым и суверенным только в центральной Европе, где «*Sacrum Imperium Romanum*» (священная Римская империя) Габсбургов разделилась на много малых стран, иногда связанных лишь своими функциональными отношениями.

СОДЕРЖАНИЕ

Г. Галилей. Звездный вестник	3:
А. Эйхштейн. О Галилее и его «Диалоге»	29:
П. В. Погребынский. Галилей и математика	34:
В. П. Зубов. Атомистика Галилея	38:
Н. И. Идельсон. Галилей в истории астрономии	52:
О. П. Миридонова. Первые шаги физической акустики в трудах Галилея и Мерсенна	85:
Л. В. Жигалова (Ленинград). Первые упоминания о Галилее в русской научной литературе	91:
Л. Е. Майстров. Элементы теории вероятностей у Галилея	94:
В. Рончи (Италия). Влияние оптики XVII в. на общее развитие науки и философии	99:
О. Флекенштейн (Швейцария). От «новой науки» Ренессанса к «новому методу» Барокко	108:

CONTENTS

Galilei G. «Sidereus Nuncius»	3
Einstein A. About Galilei and his «Dialogue»	29
Pogrebyski I. B. Galilei and Mathematics	34
Zubov V. P. Galilei's Atomistic Conceptions	38
Idelson N. I. Galilei in the History of Astronomy	52
Miridonova O.P. The first Steps of Physical Acoustics in Galilei's and Mersenn's works	85
Zhigalova L. V. First Records of Galilei in the Russian Scientific Literature	91
Maystrov L. E. Elements of the Theory of Probability in Galilei's works	94
Ronchi V. (Italy). The Influence of the XVIIth Century Optics on the General Progress of Science and Philosophy	99
Flekenstein O. (Switzerland). The «New Sciences» of the Renaissance and the «New Method» of the Baroque	108

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Л. Я. Бляхер, В. Г. Кузнецов (главный редактор), П. Я. Конфедератов,
 В. Н. Кузнецов, С. А. Погодин, Л. С. Полак, С. Я. Плоткин (ответственный секретарь), И. М. Поляков, И. П. Родный, В. В. Тихомиров,
 С. В. Шухардин, А. П. Юшкевич.

Вопросы истории естествознания и техники, вып. 16

Утверждено к печати
Институтом истории естествознания и техники
Академии наук СССР

Редактор Издательства И. А. Улановская
Художник А. Я. Михайлов
Технический редактор Л. И. Матюхина
Корректоры Т. М. Кулагина, В. А. Бобров, Ц. Ш. Ершова

Сдано в набор 6/XII 1963 г. Подписано к печати 24/II 1964 г.

Формат 70×108^{1/16}. Печ. л. 7,5. Усл. печ. л. 10,27.

Уч.-изд. л. 9,7. Тираж 3200 экз. Т-02448.

Изд. № 2224. Тип. ван. № 3006. Темплан 1964 г. № 1214

Цена 68 к.

Издательство «Наука».
Москва, К-62, Подсосенский пер., 21
2-я типография Издательства «Наука».
Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ 17 ВЫПУСК СБОРНИКА
«ВОПРОСЫ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ»

СОДЕРЖАНИЕ

НИЛЬС БОР

М. Е. Тамм. Памяти Нильса Бора.
Л. Розенфельд (Копенгаген). Нильс Бор.

* * *

А. Эйнштейн. Старые и новые теории поля.
Г. Герлак (США). Ньютон и Эпикур.
А. И. Равикович. Значение идей униформизма в установлении древности человека.

Возникновение современной химии |

Г. В. Быков. Эволюция взглядов на предмет и задачи теоретической химии.
Ю. С. Мусабеков, Л. В. Кошкин (Ярославль). Эволюция учения о свободных радикалах.

Состояние и развитие науки в союзных республиках

Г. Б. Петросян (Ереван). Развитие естествознания в Армении.
К. К. Каракесев (Фрунзе). Развитие науки в Киргизии.

Сообщения и публикации

Д. Стройк (Бельмонт). Комета 1680 г.
М. Г. Шраер (Брест). К истории развития математических методов электростатики во второй половине XIX в.
Н. И. Симонов (Киев). О первых исследованиях в Петербургской Академии наук в области математического анализа.
Н. П. Родный. О температурной зависимости скоростей химических реакций (к 75-летию работы С. Аррениуса).
В. И. Кузнецов, К. С. Ватулин. О возникновении первых представлений о катализаторах.
М. Г. Фаерштейн (Кишинев). К истории уравнения состояния идеального газа.
Н. А. Пенчко, С. А. Погодин. Первая химическая лаборатория Московского университета по новым материалам.
М. Б. Гренадер (Петропавловск). Об одном из первых описаний Великой северной экспедиции.
К. В. Рязанская (Ленинград). Н. И. Железнов как физиолог растений.
В. К. Кузаков. О появлении огнестрельного оружия на Руси.
Н. Ю. Кишкина. Первый период организации ЦАГИ.
А. Г. Котельников. Новые материалы о парашюте Котельникова.
С. И. Самойлович (Калуга). Первый период постройки советского дирижабля.
А. Т. Григорьян, А. П. Юшкевич. О материалах по истории отечественной науки и о русско-французских научных связях по архивам Парижа.

Персоналии

В. В. Обручев. Владимир Афанасьевич Обручев (к 100-летию со дня рождения).
С. И. Киро (Одесса). И. Ю. Тимченко (к 100-летию со дня рождения)
О. А. Лекнева. Алессандро Вольта (1745—1827)

- Э. Кольман. Д. Д. Стройк. Становление науки в Соединенных Штатах Америки. Нью-Йорк, 1962.
- Г. Д. Мамедбейли. Г. Х. Зарин-заде (Баку). Омар Хайям. Трактаты. М., 1961.
- А. П. Юшкевич. И. Э. Гофман. История математики, ч. I, изд. 2. Берлин, 1963.
- В. Я. Френцель. О. А. Старосельская-Никитина. Поль Ланжевен. М., 1962.
- П. М. Лукьянов. Н. М. Раскин. Химическая лаборатория М. В. Ломоносова. М.—Л., 1962.
- С. А. Погодин. Г. М. Коровин. Библиотека Ломоносова. М.—Л., 1961.
- Э. Б. Модина (Муром). М. П. Радловский. М. В. Ломоносов и Петербургская Академия наук. М.—Л., 1961.
- К. М. Анисимова. Я. Г. Дорфман. Лавуазье. М., 1962.
- С. Я. Плоткин. П. М. Лукьянов. История химических промыслов и химической промышленности России до конца XIX в., т. V. М., 1961.
- П. М. Лукьянов. Э. В. Участкина. История русских бумажных мануфактур и их водяных знаков. Хильверсум, 1962.
- Г. К. Цверева (Бокситогорск). Л. Ферраи. История исследования алюминия и развитие его производства, т. I, II. Ларжантьер, 1960, 1961.
- Э. Кольман. Ф. Гернек. Альберт Эйнштейн. Жизнь, посвященная истине, человечности и миру. Берлин, 1963.
- В. Б. Шавров. Ч. Гиббс-Смит. Самолет. Исторический обзор, его возникновения и развития. Лондон, 1960.

Новые книги по истории естествознания и техники.
Новые иностранные книги.

Заказы на 17 выпуск сборника следует направлять по адресу: Москва, центр, Б. Черкасский пер., 2/10, «Академкнига», отдел «Книга-почтой» или в магазин «Академкнига»: Москва, ул. Горького, 6; Москва, ул. Вавилова, 55/5; Ленинград, Литейный проспект, 57; Свердловск, ул. Беллинского, 71в; Новосибирск, Красный проспект, 51; Киев, ул. Ленина, 42; Харьков, Уфимский пер., 4/6; Алма-Ата, ул. Фурманова, 129; Ташкент, ул. Карла Маркса, 29; Баку, ул. Джанаридзе, 13.

Заказы принимают также местные магазины книготоргов.