

ФОРМИРОВАНИЕ НОВОГО СТИЛЯ МЫШЛЕНИЯ

В.С. Черняк

Эволюция творческого мышления в астрономии XVI—XVII вв.: Коперник, Кеплер, Борелли

Основная линия развития астрономии, начиная с античности, состояла в открытии упорядоченности небесных явлений, скрытой за их видимым беспорядком. Греческие философы и космологи находили объяснение видимых движений планет посредством суперпозиции круговых движений. Но была и противоположная точка зрения, представленная греческими астрономами и математиками. Так, александрийские астрономы считали, что целью их науки является не открытие реального механизма движения небесных тел, а лишь «спасение явлений». А.Койре подчеркивает, что фактически позитивизм впервые был представлен не парижскими номиналистами, как считал Дюгем, а греческими астрономами, которые при всех усовершенствованиях научного метода (наблюдения, выдвижения гипотез и последующей их верификации) были неспособны вникнуть в скрытую сущность наблюдаемых явлений.

Этот феноменистический подход долгое время приписывали и Копернику в связи с тем, что издатель его книги А.Осиандер вопреки сопротивлению Коперника написал предисловие «К читателям о гипотезах настоящего сочинения», где он убеждал, что наука и в особенности астрономия не знают глубоких причин движения небесных светил и что ее гипотезы являются только основой для вычислений. Койре охарактеризовал это предисловие как «маленький эпистемологический трактат — позитивистский и прагматический».

Сам Коперник в предисловии к своей книге, обращенном к великому понтифику Павлу III, пишет, что его, долго медлившего и даже проявлявшего нежелание, увлекали друзья, среди которых первым был Николай Шенберг, кардинал капузанский и необычайно любя-

щий его человек Тидеман Гизий, кульмский епископ. Они были твердо убеждены в том, что астроном должен ставить перед собой цель найти истинное представление о космической реальности.

Поиск скрытой основы наблюдаемых явлений определяет примат теоретического подхода перед данными астрономического наблюдения. Заслуга Коперника состоит не в открытии новых фактов, но в развитии новой теории. Система Коперника скорее основана на данных его предшественников, чем на новых данных, и суть ее состоит в новой интерпретации явлений, известных Птолемею. Конечно, теория Коперника упростила вычисление, элиминируя ряд бесконечных кругов, улучшила теорию Луны и Марса. Кроме того, используя собственные наблюдения и наблюдения своих предшественников, Коперник придал большую точность некоторым астрономическим константам. Но не в совершенстве астрономических методов, а в установлении новой космологии состоит коперниканская революция, считает А.Койре. В этих словах Койре выражена идея коперниканского переворота в астрономии. Для него революция в астрономии связана не просто с упрощением вычислительной техники, методов расчета планетных движений, а с ломкой традиционного мировоззрения, перестройкой философских оснований научного знания. Для практики, т.е. для вычисления положения планет, астрономия Птолемея была относительно удовлетворительной, и в этом отношении астрономия Коперника едва ли была лучше.

С математической точки зрения Коперник также мало превзошел Птолемея. Поместив центр орбиты Земли в точку, находящейся вблизи Солнца, он перевернул систему мира, но не математическую структуру астрономии (за исключением некоторых деталей). С космологической же точки зрения дело обстоит иначе, поскольку возникла необходимость трактовать круги и сферы как реальные тела в реальном же пространстве.

Поскольку круги и сферы в птолемеевской астрономии вращаются сами по себе, а их центры ничем не заполнены, то это формально противоречит космологии Аристотеля, который считал, что такие движения невозможны. В конце концов это привело астрономов XV в. к дилемме: необходимо либо примирить системы Птолемея и Аристотеля, либо снять эту проблему и трактовать астрономию как чисто вычислительную науку.

Коперник же предпочел другой путь: он рассматривал свою систему как истинную картину скрытой за видимыми движениями космической реальности. Об этом свидетельствует, в частности, И.Кеплер, который в своей «Космографической тайне» потратил не

мало усилий в защиту тезиса истинности коперниканской системы. Кеплер утверждает, в частности, что аналогия (между истинным заключением из ложных посылок и теорией Коперника) ни на чем не основана, поскольку заключение, выведенное из ложных посылок, является случайным и его внутренняя ложность немедленно обнаруживается, как только его применяют к иному объекту, чем тот, для которого оно было выведено. Совсем иначе обстоит дело для того, кто помещает Солнце в центр, поскольку, выдвинув эту гипотезу, можно вывести одну вещь из другой, заставляя увидеть их внутреннюю связь. Причем самые сложные доказательства всегда приводят нас к одним и тем же исходным гипотезам.

Как считает Бриан Ислия, современная наука по крайней мере частично рождена из конфронтации между аристотелевско-томистской традицией и возродившейся магической космологией, представленной различными ветвями (магия натуральная герметическая, магия натуральная и магия демоническая, магия кабалистическая герметическая). Так Вильям Гильберт в книге «О магните» сурово критикует Аристотеля за его дихотомию Космоса, представление Неба как живого и божественного, между тем как Земля была несовершенной, мертвой, неодушевленной и обреченной на порчу (гниение, разложение) и составленную из низких и презренных элементов. Он целиком отбрасывает это чудовищное создание, присоединяясь к учениям учителей магии в античности — Гермесу, Зороастру, Орфею, признававших существование мировой души и Земли как одушевленного и прекрасного существа наряду со звездами и планетами.

Чтобы ясно представить сущность и радикальность коперниканской революции, в результате которой была разрушена аристотелевская и птолемеевская картина мироздания, напомним некоторые черты аристотелевской космологии.

Как известно, Стагирит признавал существование четырех основных элементов, способных превращаться друг в друга (земля, вода, воздух, огонь). При этом земная материя имеет свойство стремиться к центру Земли в силу своего естественного движения, поскольку движение в любом другом направлении нуждается в приложении внешней силы. Сама же Земля является неподвижной, что подтверждается рядом несомненных фактов, главным из которых является то, что в случае движения Земли облака двигались бы в обратном направлении.

Космос при этом представляется конечным, ибо в противном случае части космоса, находящиеся на бесконечном удалении от Земли, должны были вращаться с бесконечной скоростью, дабы преодолеть бесконечное пространство в конечное время, что, конечно, не

лепо. А поскольку угловые расстояния двух соседних звезд, видимых с Земли, являются неизменными, то представлялось очевидным, что Земля находится на оси вращения Космоса и притом в его центре.

В надлунном мире (на небе) царит постоянство: там нет ни рождения, ни разложения, движение совершается по совершенным кругам (исключение составляют только пять блуждающих звезд, каковыми являются Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн). Земля являет собою полную противоположность Небу: здесь нет ничего постоянного, рождение и разложение (гибель) регулярно сменяют друг друга, происходит постоянная трансмутация основных элементов. Аристотель противопоставляет Небо и Землю как мужское и женское начало. Для него Земля является женским существом, которому дано имя «Мать», между тем как Небо именуется «Создателем» или «Отцом». Противопоставление высшего (мужского) и женского для Аристотеля является абсолютным. Небеса поэтому были четко отделены от презренной Земли, ибо они воплощали в себе нечто лучшее и божественное, являясь принципом движения, тогда как Земля (женское) представляла собой только материю.

В случае мужчины и женщины превосходство мужского начала проявляется прежде всего в способности мышления и рассуждения. А в общем случае, как подчеркивал Аристотель, мужское так относится к женскому, как форма к материи.

Аристотелизму в Средние века и в эпоху Возрождения противостояли, как известно, платонизм, неоплатонизм и пифагореизм. Их отличие состояло в понимании природы познания. Если платоник и пифагореец видели источник познания прежде всего в душе, которая воспроизводила в себе божественные идеи, или архетипы, что нашло наиболее адекватное воплощение в математике, то внимание аристотелика было в первую очередь направлено на внешний мир, на природные вещи, а источником познания служили ощущения и восприятия, которые последовательно обобщались до понятий путем абстрагирования.

Особо следует сказать еще об одной традиции, оказавшей влияние на Коперника, — герметизме.

Бриан Ислия считает, что в вытеснении аристотелизма определенную роль сыграла магическая космология. В 1463 г. основатель флорентийской академии, последователь Платона Марсилио Фичини перевел для герцога Флоренции Космо Медичи собрание греческих манускриптов, которые, по мнению современных исследователей, относятся к II–IV вв. Как полагает Ф.Ейтс, эти манускрипты представляют собою смесь поверхностного платонизма,

неоплатонизма, стоицизма и других бытовавших учений в сочетании с персидской магией и халдейской астрологией. Эти сочинения, несомненно, оказали влияние на Коперника, который среди прочих почитаемых им древних авторов упоминает Гермеса Трисмегиста («Трижды Величайшего»).

Герметизм Возрождения, как и аристотелизм, также был насквозь организмическим. Вильям Гильберт, исследователь магнетизма, испытавший сильное влияние магической космологии, был убежден, что универсум одушевлен, что звезды, планеты и Земля управляются душой, которая была им дарована и от которой они получают естественное стремление к самосохранению.

Сочинение Гильберта «О магните» имеет явную антиаристотелевскую направленность. Он решительно отвергает аристотелевскую дихотомию Космоса, его представление Неба как живого и божественного и Земли как несовершенной и мертвой, неодушевленной и обреченной на порчу, составленной из низших и презренных элементов.

«Земля есть живое существо и с «его магнетическим астральным духом», она ежедневно вращается вокруг оси «север-юг». Идея, что Земля может быть неподвижной, есть суеверие, философская немощь, которая в наши дни может быть принята только упрощенными и невежественными умами, глупость, которая не стоит даже насмешки»¹. Когда Гильберт говорит о взаимодействии между магнитным железником и железом, он отказывается объяснять это «притяжением», поскольку последнее предполагает вмешательство силы и тогда царит тираническая жестокость. Он предпочитает слово «совокупление» и ссылается при этом на Орфея, где эта ситуация описана в его гимнах: «железо притянуто к магнитному камню, как жена к рукам своего мужа». Опровергая учение Аристотеля, что каждое тело стремится к своему месту, он пишет, что речь идет «о стремлении к главной (основной) части, к общему источнику, к Матери, где они были порождены, к их началу, где все они будут объединенными, сохраненными, где они все будут в покое и под защитой от гибели»². Эта идея стремления части к однородному целому (земного к Земле, лунного к Луне, солнечного к Солнцу) войдет в качестве составной части в учение Коперника.

Источником натуральной герметической магии в эпоху Возрождения послужил перевод в 1463 г. греческих манускриптов итальянским гуманистом Марсилио Фичини. Эти манускрипты были ничем иным, как знаменитыми герметическими текстами, которые в эпоху Ренессанса считали написанными под диктовку Гермеса Трисмегиста.

Что же касается Гермеса Трисмегиста — мифического автора «Герметического корпуса», то в эпоху Возрождения он воспринимался как реальное историческое лицо — его считали египетским жрецом, ставшим впоследствии источником мудрости Пифагора, Платона и других греческих мыслителей. Может быть, поэтому Коперник упоминает «трижды величайшего» Гермеса, а не более поздних, как ему тогда представлялось, греческих философов. Однако подобное общепринятое в то время убеждение было ошибочным. По мнению Ф.Эйтс, эти сочинения, вдохновлявшие многих ренессансных мыслителей, которые почитали их глубоко древними, были на самом деле написаны в II—III вв.

Но особенно роль Солнца как центра мироздания и источника всего живого проявилась в платонизме и неоплатонизме. Так неоплатоник Дионисий Ареопагит называет «всеозаряющее и вечно светящееся солнце» видимым образом божественной благодати.

Солнечный свет, пишет он, «собирает и обращает к себе все сущее, видимое, все, что благодаря ему движется, все, что освещается и согревается, т.е. всю совокупность сущего, объятого его сиянием»³.

В эпоху Возрождения Марсилио Фичино (1433-1499), посвятивший свою жизнь изучению платоновской традиции, в «Комментарии на «Пир Платона» пишет, что «справедливо Дионисий Ареопагит сравнивает бога с солнцем, потому что как солнце освещает и согревает тело, так бог дарует душам ясность истины и огонь божественной любви. Это сравнение мы можем извлечь и из шестой книги «Государства» Платона»³.

В преодолении аристотелизма именно платонизм, неоплатонизм и пифагореизм сыграли решающую роль. «Помещая Солнце в центр мира, благодаря его достоинству, Коперник возвращается к пифагорейской традиции, фактически опрокидывая иерархию мест античного и средневекового Космоса, где Земля занимала самое низкое и недостойное место»⁴. Вот почему Койре подчеркивает то обстоятельство, на которое, как правило, не обращали внимания многие историки науки: приписываемая Солнцу функция озарять и освещать Вселенную является для него предельно важной. Ведь апелляция к пифагорейской доктрине была связана с эпохальным переворотом в системе ценностей, который произвел Коперник, сделав Солнце центром Вселенной. Одним из решающих факторов, определивших астрономическую реформу, были эстетические, метафизические и религиозные мотивы.

Солнце казалось Копернику разумом, который управляет миром и создает его. Это светило находится в центре Универсума, который оно освещает. Однако в небесной механике Коперника Солнце играет крайне незначительную роль.

Солнце, будучи в центре Вселенной, тем не менее не является центром планетных движений, а находится где-то рядом с ним. В этом отношении в небесной механике Коперника Солнце никакой роли не играет. Его главное назначение состоит в том, чтобы освещать и давать жизнь и тепло Земле и планетам. Посмотрим с этой точки зрения на тексты самого Коперника и его ученика Ретика.

«Действительно, в таком великолепнейшем храме кто мог бы поместить этот светильник в другом и лучшем месте, как не в том, откуда он может все освещать, — пишет Коперник. — Ведь не напрасно некоторые называют Солнце светильником мира, другие — умом его, а третьи — правителем. Гермес Трисмегист называет его видимым богом, а Софоклова Электра — всевидящим. Конечно, именно так Солнце, как бы восседая на царском троне, правит обходящей вокруг него семьей светил»⁵.

Из этого отрывка ясно, что он обращается не к одному, а к нескольким истокам древнего происхождения, которые так или иначе подразумевались и могли быть идентифицированы культурными людьми той эпохи (середина XVI в.).

Так «Электра» Софокла написана в 30-х годах V в. до н.э. «Тот, который видит и от века правит всем», — это Зевс, к которому Электра зывает: «Ты божественный свет...»⁶.

Вероятно, здесь имеется в виду мифологическое обожествление Солнца. Древние греки, к примеру, именовали Гелиоса (солнце) «неутомимым оком эфира»⁷.

Особое значение Коперник придает сферичности мира, тому, что мир является шарообразным, поскольку эта форма является совершеннейшей из всех и представляет собою цельность, обладая наибольшей вместимостью. «Поэтому никто не усомнится в том, что такая форма придана и божественным телам»⁸.

Ретик в своем «Первом повествовании» также подчеркивает важность идей Платона и пифагорейцев о сферичности небесных тел, которая является причиной их движения (кругового вокруг Солнца и вращательного вокруг своей оси). Сам Коперник причину сферичности небесных тел видит в тяготении, которое он определяет как природное стремление, сообщенное божественным провидением Вселенной, чтобы ее части «стремились к целостности и единству, сходясь в форму шара»⁹.

Интерпретация, согласно которой сферическая форма является причиной естественного кругового движения, позволяет приписать Земле и планетам круговое движение и идентифицировать законы движения Земли и планет.

Таким образом, Земля уже не противопоставляется другим планетам, как мир подлунный миру небесному, а является составной частью единой Вселенной.

В книге пятой Коперник пишет, что предположение подвижности Земли позволяет удивительно согласовать и привести в точную соразмерность порядок и величины орбит пяти планет (Сатурна, Юпитера, Марса, Венеры и Меркурия), которые вращаются вокруг Солнца.

Коперник в «Малом комментарии» дает объяснение того, почему древние ввели множество небесных сфер. Это им понадобилось для того, чтобы сохранить принцип равномерности круговых движений планет. Однако же на чем основан этот принцип? Им казалось нелепым, чтобы небесные тела в своей совершеннейшей сферичности не могли двигаться вечно и равномерно по кругу. Дело в том, что идеальная или совершенная сфера обладает, говоря современным языком, свойством симметрии. «Действительно, подвижность сферы выражается в том, что она вращается кругом, самим этим действием отображая свою форму в простейшем теле, в котором нельзя найти ни начала ни конца, ни отличить одной части от другой, когда она движется сама в себе, проходя через одно и то же»¹⁰. В условиях симметричности тело, приведенное в движение (вращательное, круговое и деklinационное), непременно его сохраняет. Сфера является совершеннейшей из пяти правильных тел. Поэтому эстетические предпочтения оказываются доминирующими в творческом процессе объяснения и принятия решений. Причину неопределенности в астрономии Коперник видел в том, что ее творцы свои расчеты недостаточно строго согласовывали с правилом совершеннейшей систематичности в порядке и движении небесных тел. Эта систематичность, как полагает Ретик, состоит в «гармонии движений», которую он уподобляет музыкальной гармонии или консонансу. Идея красоты и совершенства заключена уже в том факте, что существует только шесть окружающих Солнце подвижных сфер. Именно на такое число сфер бог, мастер и создатель, разделил Вселенную. «Ведь это число, — пишет Ретик, — больше всего прославляется и в священных оракулах бога, и у пифагорейцев и остальных философов. Да и что может быть более подходящим для божественного творения, как не заключить это первое и совершеннейшее создание в это первое и совершеннейшее число? К этому следует прибавить, что при помощи шести вышеупомянутых сфер завершается небесная гармония»¹¹.

Любопытно отметить, что эти идеи гармонии, красоты и совершенства нашли свое адекватное выражение в современных учениях о симметрии. Так Герман Вейль в своей лекции «Зеркальная симмет-

рия» рассматривает два значения этого понятия, которые присутствуют в повседневном языке. «В одном смысле симметричное означает нечто, обладающее хорошим соотношением пропорций, уравновешенное, а симметрия обозначает тот вид согласованности отдельных частей, который объединяет их в единое целое. Красота тесно связана с симметрией»¹². Синонимом идеи симметрии является идея гармонии, которая имеет более широкое акустическое и музыкальное приложение, чем геометрическая симметрия. Вообще симметрия является той идеей, «посредством которой человек на протяжении веков пытался постичь и создать порядок, красоту и совершенство»¹³. Источником симметрии Вейль считает, продолжая платоновскую традицию, математические законы, которым подчиняется природа. В искусстве дополнительно проявляется симметрия, связанная с человеческим телом. Поэтому иллюстрацию общих идей зеркальной симметрии он начинает с греческой скульптуры IV в. до н.э. — со статуи молящегося мальчика, которую он считает символом, показывающим, какую роль играет этот вид симметрии в жизни и в искусстве. Он также ссылается на Поликлета, скульптуры которого служили предметом восхищения древних за их красоту и гармонию, а также на Дюрера, который использовал его пропорции человеческого тела в живописи.

Помимо эстетических и метафизических предпочтений, которые участвуют в принятии концептуальных решений, существенную роль играют прагматические соображения, которые можно назвать аналогиями социального опыта. Так Ретик пишет: «Природа ничего не делает наобум...», «Наш творец настолько мудр, что каждое из его порождений имеет не одно только назначение, но два или три, а часто и больше. Поэтому, если мы видим, что он при помощи одного только движения Земли удовлетворительно объясняет как бы бесконечное множество явлений, то неужели мы богу, творцу природы, не припишем той тщательности, которой, как мы видим, обладают обыкновенные часовщики? Ведь они тщательнейшим образом стараются избежать помешения в инструмент лишнего колесика»¹⁴.

Таким образом, принцип простоты, который нашел свое выражение в системе Коперника, получает теологическое и социокультурное обоснование.

Другой аналогией социального опыта является сравнение Солнца с правителем и царем природы, поскольку вся гармония небесных движений устанавливается этим направляющим началом. «Но как Солнце может играть роль божьего управителя? — задает вопрос Ретик. — Все небесные явления распределяются по среднему движению

Солнца, что предполагается принятием гелиоцентрической системы мира. Ведь и в человеческих делах нет надобности, чтобы сам император ездил в отдельные города для исправления возложенной на него богом обязанности»¹⁵.

Из представления о Солнце как символе Бога и божьем управителе вытекает как следствие рациональное устройство Вселенной. Коперник, предположив тройное движение Земли, сумел вычислить движения блуждающих светил и получить наблюдаемые у этих светил явления. При этом величина светил, их последовательность, а также порядок сфер оказались «столь тесно связанными, что ничего нельзя здесь переставить, не произведя путаницы во всех остальных частях Вселенной»¹⁶. Поэтому Коперник в первой книге «О вращениях...» описывает положения всех сфер вместе с соответствующими движениями Земли, построив тем самым «общую конституцию Вселенной». Основной недостаток прежней астрономии он усматривает в том, что ее адепты, хотя и получили при помощи концентрических кругов достаточно сходные с видимыми движениями числовые результаты, но приняли допущения, которые противоречат основным принципам равномерного движения. И самое главное, пишет Коперник, что они «не смогли определить форму мира и точную соразмерность его частей. Таким образом, с ними получилось то же самое, как если бы кто-нибудь набрал из различных мест руки, ноги, голову и другие члены, нарисованные хотя бы отлично, но не в масштабе одного и того же тела; ввиду полного несоответствия друг с другом из них, конечно, скорее составилось бы чудовище, а не человек»¹⁷.

Таким образом, из мистико-религиозной концепции Солнца как божества Коперник выводит рациональное устройство Вселенной. Более того, из сравнения Вселенной с человеческим телом вытекает организмическая концепция мироустройства. Вообще организмическая теория имеет древнее происхождение и трактует поведение неодушевленных тел по аналогии с живыми организмами. Она восходит к Аристотелю и получила детальное развитие в трудах средневекового еврейского философа Моисея Маймонида, который главную часть человеческого организма — сердце, приводящее в движение другие органы тела, сравнивает с действием внешней небесной сферы, управляющей другими частями вселенной. Эта концепция просуществовала вплоть до начала XVII в. (ею охотно пользовался Кеплер), пока ее место не заняла механистическая концепция.

О живучести организмической концепции свидетельствует небольшая книга итальянского философа Т. Кампанеллы «Город Солнца». Описывая разнообразные обычаи и практические занятия оби-

тателей этого воображаемого города, он особо останавливается на их астрономических познаниях. Для них Вселенная — живое одушевленное существо. Одушевлены и обладают разумом и любовью не только солнце, звезды и небо, но весь тварный мир. Хотя природные тела и лишены сознания, они не лишены жизни. Особым почетом пользуется у них солнце, которое является символом бога. Под видом солнца они созерцают и познают бога, называя солнце образом, ликом и живым изваянием бога, от коего на все, находящееся под ним, истекает свет, тепло, жизнь, живительные силы и всякие блага.

Какой же методологией руководствовался Коперник?

В своем «Повествовании» Ретик в значительной мере идентифицирует метод Коперника с аристотелевской методологией, согласно которой «в физике и астрономии к основным принципам восходить нужно, главным образом, от результатов и наблюдений»¹⁸.

По словам Коперника, первым его шагом было более точное наблюдение движений Солнца и Луны, которые он вел в течение десяти лет (1515—1525 г.). Но, разумеется, была и теоретическая основа его наблюдений — принцип относительности, который он формулирует следующим образом: «Всякое представляющееся нам изменение места происходит вследствие движения наблюдаемого предмета или наблюдателя и, наконец, вследствие неодинаковости перемещений того и другого, так как не может быть замечено движение тел, одинаково перемещающихся по отношению к одному и тому же...»¹⁹.

С точки зрения этого принципа все видимые явления будут одинаковыми как в случае Птолемея, так и в новой системе, когда центр мира переносится к Солнцу, а Земле придается тройное движение. Поэтому технический аппарат птолемеевской астрономии сохраняется у Коперника. Основное изменение состоит в новой интерпретации наблюдаемых данных, т.е. в создании новой космологии.

Какую роль при этом могли сыграть наблюдения самого Коперника?

Койре, например, полагает, что его теория в гораздо большей степени покоится на данных предшественников, особенно Птолемея, чем на собственных данных. Создается впечатление, что собственные наблюдения Коперника имели лишь второстепенное значение. На деле же все обстояло значительно сложнее. Во времена Коперника наблюдения древних отнюдь не считались бесспорными. Обращаясь к скептикам, Коперник в «Малом Комментарии» пишет, что мы «должны идти по стопам древних математиков и держаться оставленных ими как по завещанию наблюдений. И если кто-нибудь, наоборот, хочет думать, что верить им не следует, то, конечно, врата

нашей науки будут для него в этом вопросе закрыты... Ведь хорошо известно, что они наблюдали все эти явления с величайшей тщательностью и большим хитроумием и доставили нам много прекрасных и достойных удивления открытий. Поэтому я не могу согласиться, что они при наблюдении светил допускали ошибки в четвертую, пятую или даже в шестую часть градуса»...²⁰.

Откуда у Коперника такое убеждение? Просто вера или научно обоснованный вывод? Нет сомнения, что Коперник располагал научными аргументами для такого вывода. И в первую очередь — своими собственными наблюдениями. Как свидетельствует Ретик, Копернику «давно уже было ясно, что его *собственные наблюдения* (курсив — В.Ч.) по праву требуют таких гипотез, которые... все же будут противоречить свидетельствам чувств»²¹. Сам Коперник пишет, что, предположив существование тройного движения Земли, он «после многочисленных и продолжительных наблюдений обнаружил, что если с круговым движением Земли сравнить движения и остальных светил и вычислить эти движения для периода обращения каждого светила, то получатся наблюдаемые у этих светил явления»²².

Конечно, эти гипотезы нужно было подтвердить не только собственными наблюдениями, но и наблюдениями всех предшествующих веков — только при этом условии можно говорить об их правдоподобии. В свое время наблюдения Птолемея с достаточной по тем временам точностью подтверждали его теорию. Однако со временем (а оно исчислялось столетиями) стали накапливаться погрешности, которые, как пишет Ретик, убедили астрономов в том, что «гипотезы Птолемея и общераспространенные никоим образом не достаточны для установления соответствующей связи и гармонии небесных явлений...»²³.

Поэтому перед Коперником встала задача «привести в определенное и везде между собой согласное соотношение, или гармонию, весь ряд и последовательность всех движений и небесных явлений, которые в виде наблюдений за 2 тысячи лет расставлены выдающимися людьми на обширнейшем поле астрономии...». Для этого ему «понадобилось не столько обновить астрономию, сколько целиком ее построить с самого основания»²⁴.

В целом же метод Коперника, согласно Ретику, состоит в следующем: «Имея перед собой каталог наблюдений всех времен вместе со своими собственными всегда перед глазами... он идет от первых произведенных наблюдений до своих собственных и обдумывает, как их согласовать; затем, получив под руководством Урании правильные выводы, он возвращается к гипотезам Птолемея и древних, и,

наконец, обдумав с величайшей тщательностью, убеждается в силу астрономической необходимости в том, что их нужно отбросить и принять новые гипотезы... С помощью математики он из них геометрически получает добрые следствия, какие можно вывести: затем с принятыми гипотезами согласует наблюдения древних и свои собственные, и только тогда, выполнив все эти труды, он выводит астрономические законы»²⁵. Вышесказанное позволяет реконструировать логическую структуру метода Коперника и последовательность образующих ее шагов. 1. В эпоху Коперника сложилось твердое убеждение в том, что система Птолемея и другие известные астрономические учения не соответствуют наблюдениям «всех времен» и от них следует отказаться. 2. Решение Коперником специальной проблемы определения продолжительности года и месяца нуждалось в более точных наблюдениях самого Коперника и требовало принятия новых гипотез, которые противоречили «свидетельству наших чувств» и были «как бы диаметрально противоположны гипотезам древних»²⁶. 3. Принятая в ходе решения специальной проблемы движения Солнца и Луны гипотеза тройного движения Земли в результате тщательных наблюдений была последовательно распространена на остальные светила. 4. Предварительная прикидка к наблюдениям «всех времен» указывала на то, что речь идет не о простом обновлении астрономии (очередной гипотезе, призванной спасти явления), но о коренном преобразовании ее оснований. 5. Следующий шаг состоял в математическом выводе возможных следствий из принятых гипотез с целью согласования их со всей совокупностью наблюдений, накопленных астрономией в течение 2 тысячелетий. 6. Подтверждение истинности этих следствий возводило принятые гипотезы в ранг законов астрономической науки. 7. С превращением гипотез в законы произошло оборачивание ролей теории и ее эмпирического базиса. Если наблюдения первоначально выступали в качестве предпосылки при создании теории, то затем уже теория становится предпосылкой, подтверждающей истинность наблюдений предшествующих веков. Об этом совершенно недвусмысленно пишет Ретик: «Аристотель говорит: «Самым истинным является то, что служит обоснованием истинности для последующих». Поэтому Коперник решил принять такие гипотезы, которые содержали бы причины, *могущие подтвердить истинность наблюдений предшествующих веков* (курсив мой — В.Ч.), и, как можно надеяться, сделали бы то, чтобы все позднейшие астрономические предсказания (явлений) оказались правильными»²⁷.

Этот процесс Гегель впоследствии назовет «возвращением в основание», а Маркс — оборачиванием метода. «Движение вперед есть возвращение назад в основание, к первоначальному и истинному, от которого зависит то, с чего начинают, и которым на деле это последующее порождается»²⁸. В силу этого наблюдательная часть птолемеевской астрономии получила строго научное обоснование в системе Коперника, которая отныне могла подтвердить или опровергнуть любое из наблюдений прошедших веков.

Понимание подобного оборачивания ролей, когда наблюдательная часть птолемеевской астрономии из предпосылки превратилась в следствие коперниканской теории, привела, например, такого авторитетного историка науки, как Нейгенбауэр, к выводу, что основным достижением Коперника был «возврат к строго птолемеевской методологии, который сделал совершенно ясными все шаги от эмпирических данных до параметров модели и который открыл путь к улучшению основных наблюдений, что в конечном счете привело к правильному обоснованию птолемеевских методов...»²⁹.

Уже Ретик отчетливо сознавал, что наблюдения Птолемея и древних в свете теории Коперника обретут ту надежность и достоверность, которых им недоставало. В другом месте он замечает: «Ученые и в дальнейшем увидят, какую пользу имеют Птолемей и остальные древние авторы; их как бы исключенных из школы, призовут в прежней части как возвращенных изгнанников»³⁰.

Так в объяснении движения Луны Коперник, по словам Ретика, «принял теории и расчеты движений, какие обнаруживают, что самые выдающиеся древние философы никоим образом не были слепыми в своих наблюдениях»³¹.

Таким образом, истинная часть прошлых астрономических систем оказывается воспроизводимой на новом, более высоком качественном уровне в ходе оборачивания метода — превращения предпосылок нового знания в его же собственные следствия. Данный механизм оборачивания метода при всех радикальных изменениях, какими, несомненно, являются научные революции, обеспечивает и сохранение той части традиционного знания, которая этим же механизмом и воспроизводится на новой теоретической основе³².

Из вышесказанного совершенно очевидным является тот факт, что в своем исследовании Коперник преимущественно опирался на гносеологию и методологию Аристотеля. Онтология Коперника, вопреки мнению А.Койре, также сохраняет ряд существенных черт аристотелевской космологии. Преобразуя античную и средневековую космологию, Коперник сохраняет тем не менее аристотелевскую динамику, понятие места и естественного кругового равномерного движения³³.

Кроме того, Коперник, как мы видели, полностью разделял организмическую концепцию Вселенной, которой последовательно придерживался Аристотель. «Для Аристотеля или Фомы Аквинского действие человеческого желания на движение человеческого тела было таким же, как действие механической «силы» ветра, надувающего паруса корабля»³⁴.

Казалось бы, что общие идеи, составляющие основу системы Коперника — гелиоцентризм и принцип относительности — были известны еще в античности (Филолай, Аристарх Самосский) и достаточно хорошо проанализированы. В чем же тогда состоит прорыв, совершенный Коперником? Он состоит, как было показано выше, в точном математическом описании, основанном на тщательных многовековых наблюдениях и наблюдениях самого Коперника с учетом положения всех сфер и тройного движения Земли. Но есть еще одна важная составляющая — это эпистемологическая революция, совершенная Коперником. Она состоит в убеждении, что новая астрономия является объективно истинной. М. Полани, анализируя уроки коперниканской революции и сравнивая две системы астрономии — птолемеевскую и коперниканскую, пишет, что из двух форм знания следует признать более объективной ту, которая в большей мере полагается на теорию, нежели на непосредственное чувственное восприятие, предметом которого в птолемеевской астрономии были «явления». Критерий объективности он сводит к условиям теоретичности. Теория — это то, что выходит за рамки субъективности исследователя. В этом отношении математика — образец совершенства в сочетании с объективной интерпретацией ее вычислительных процедур. Теория не может пойти по неверному пути из-за каких-то иллюзий исследователя. Таким образом, система Коперника, будучи более теоретичной, чем система Птолемея, является и более объективной³⁵.

Организмическая и механическая модель Вселенной у Кеплера

Следующий эпохальный шаг в качественном преобразовании коперниканской астрономии связан с именем Иогана Кеплера. Одна из важнейших заслуг Кеплера состоит в том, что он выдвинул концепцию единой физики для мира астрального и мира подлунного. Но как удалось Кеплеру прийти к столь глубокой и революционной мысли? Вопрос, собственно, сводится к тому (если придать ему динамический смысл): что заставляет планеты двигаться? В традиционной античной и средневековой астрономии движение планет не требова-

ло объяснения, их движение происходило посредством сфер, в которые они были вкраплены. Что же касается сфер, созданных из особой материи, невесомой и не оказывающей никакого сопротивления, то их движение совершается посредством трансфизических причин — «душ» или «умов».

Кеплер заменил небесной динамикой кинематику кругов и метафизику сфер традиционной астрономии. Для него Солнце не просто центр мира, не имеющий отношения к движению планет, но центральное тело, оказывающее физическое влияние на движение небесных светил. И вместе с тем опорой этой динамики он ищет в солнечной астробиологии, приписывая Солнцу душу, одаренную разумом и являющуюся источником движения, а Земле не только душу движущую, но также чувствующую. Этим и объясняется то, почему Кеплер не принимает космологическую данность как окончательный факт, а пытается дойти до ее скрытой основы — космографической тайны. Ведь речь идет об открытии «архетипических законов», которые в уме Творца управляют созданием мира и для Кеплера имеют лишь математический (точнее, геометрический) характер. На вопрос: почему Кеплер был первым мыслителем, потребовавшим физического (динамического) объяснения, А.Койре отвечает: он это сделал по чисто метафизическим соображениям, разделив мир совсем иначе, чем это делали его предшественники. Кеплер не противопоставлял Землю небесам или Солнце планетам. Он противопоставлял мир неподвижный, к которому он причислял Солнце, пространство и звезды — миру подвижному, который включал в себя планеты и Землю. Именно для подвижного мира и предназначалась динамика Кеплера. Но это разделение содержит в себе более глубокую архитеконику и гармоническое единство. Кеплера глубоко вдохновляла идея гармонии мира. Космос — не результат слепого случая: он создание разумного творца. И бог создал его не беспорядочно, а сообразуясь с совершенным архитектурным планом. «Мир создан, чтобы выразить божественную сущность и чтобы быть понятым человеком — созданием разумным, — образом и подобием Бога»³⁶.

Кеплер ищет числовые отношения, характеризующие структуру мира. Однако, потратив много времени и труда на эту затею, он приходит к выводу, что решение этой проблемы лежит не в сфере чисел, а в сфере отношений геометрических фигур. Но и здесь он встретил непреодолимые трудности. Не привела к успеху и попытка найти простое соотношение, связывающее радиус одной орбиты с радиусом следующей путем подбора правильных многоугольников. Наконец, Кеплер пришел к выводу, что эти соотношения нельзя выразить, исполь-

зую плоские фигуры, и его осенила идея использовать для этой цели пять правильных многогранников, известных еще в античности под названием пяти правильных тел. Эта модель широко известна из научной и популярной литературы и мы на ней не будем останавливаться. Кеплер отдаст себе отчет в том, что найденные соотношения хотя и являются приблизительными, все же более точны, чем те, которые следуют из теории Коперника. Однако последующие длительные и трудные расчеты показали, что это не так, что впоследствии привело его к попытке построить новую астрономию. Данный перечень шагов творческого процесса показывает, что Кеплер действовал методом проб и ошибок, исключая последовательно ошибочные предположения, что в конце концов привело его к открытию истинной картины Вселенной.

Основной вопрос, который поставил перед собой Кеплер, рассматривая динамический аспект планетных движений, состоял в следующем: почему планеты в своем движении затрачивают тем больше времени, чем дальше они от Солнца? Следует иметь в виду, что в эпоху Кеплера единственными движущими силами признавались в небесах силы животные, а не материальные. Кеплер разделял эту концепцию, но его интересовала главным образом не сущность этих сил, а их энергия. Так в одной из глав, посвященных проблеме отношений между движениями и сферами, он утверждал: «Если бы мы пожелали приблизиться к истине и найти какой-нибудь закон (равенство) в этих отношениях, мы должны принять одно из двух следующих утверждений: или движущие души являются тем более слабыми, чем более удалены они от Солнца, или имеется только одна движущая душа в центре всех сфер, т.е. Солнце, душа, которая движет более сильно планеты, находящиеся вблизи от нее, и менее сильно планеты, которые находятся дальше (потому что с расстоянием ослабляется сила, связанная с душой)»³⁷.

Из двух рассмотренных возможностей Кеплер предпочитает вторую: имеется только одна движущая душа — это Солнце, и именно его действие уменьшается с расстоянием эквивалентным пропорции ослабления с расстоянием интенсивности света.

Этот же вопрос Кеплер ставит и в «Новой астрономии». Он считает маловероятным, что душа может сообщить планете движение перемещения (другое дело, если речь идет о вращении на месте): «анимистская» гипотеза предполагает существование сфер и ведет к необходимости умножения душ: пришлось бы допустить душу для каждого из движений планеты. Условие существования умов и движущих

душ, замечает Кеплер, становится слишком жестким: ведь чтобы сообщить планетам композицию из двух движений (по дифференту и эпициклу), они должны были учесть громадное число вещей.

Но если допустить движение Земли, то большая часть указанных выше вещей может быть произведена с помощью телесных, а не одушевленных способностей, а именно магнетических способностей тел. В целом же для Кеплера в период написания «Новой астрономии» характерен двойственный подход к природе движущих сил планетных тел. Первоначально он допускает, что планета перемещается благодаря душе или уму, но затем он отвергает это предположение главным образом потому, что никакой ум или душа не могли сделать необходимые вычисления для расчета движения планеты по орбите (ее скорости и траектории) ввиду недостаточности сведений. Но в общем Кеплер верит в одушевленность небесных тел, включая Землю. Он твердо верит во влияние положения светил на события, происходящие на Земле (климат, землетрясения, извержения вулканов и т.п.) и даже в их влияние на умственную и физическую структуру, так же как и на судьбу отдельных людей. Но в седьмой главе «Новой астрономии» («От круга к овалу») Кеплер разрывает с традицией кругообразности планетных движений и делает величайшее открытие, состоящее в эллиптичности планетных орбит. Последнюю он связывает с собственной вибрацией планеты по лучу—вектору, соединяющему ее с Солнцем. «Эта вибрация, — пишет Кеплер, — должна вызываться причиной, носящей магнитный телесный характер. Следовательно, собственные двигатели планет по всей видимости оказываются не чем иным, как притяжением (*affection*) самих планетных тел, которые действуют как магниты... Таким образом, вся система небесных движений управляема посредством свойств, которые являются не более чем телесными, т.е. магнитными, за исключением лишь вращения Солнца, находящегося в своем пространстве (для которого необходима сила, проистекающая от души)»³⁸. Планеты представляют собою огромные сферические магниты, как это доказал Гильберт для Земли. Эллиптические орбиты планет связаны с определенным расположением их магнитных осей по отношению к магнитному полю Солнца. Планета, обращаясь вокруг Солнца, поворачивается к нему то одним, то другим магнитным полюсом. Метафорически эти магнитные полюса обозначаются как «друг» и «враг». В первом случае планета приближается к Солнцу, во втором — удаляется.

Позднее Кеплер отказался от этого предположения в своем наиболее зрелом труде «Сокращение коперниканской астрономии», где он припишет единственно только Солнцу действие притяжения и от

талкивания, отведя планетам пассивную роль. Именно Солнце посредством движущих лучей вращает планеты вокруг себя, привлекая или отталкивая их в зависимости от того, обращены они к нему стороной «друга» или «врага». Планеты лишь оказывают сопротивление воздействию солнечных лучей. В то же время он пытается соединить механицистскую концепцию Вселенной с организмической посредством проведения аналогии Космоса с живым существом. «Совершенство мира, — пишет Кеплер, — состоит в свете, теплоте, движении и гармонии движений, которые аналогичны способностям души: свет — чувствительности, теплота — витальности (жизненности) и естественности, движение — животной способности, гармония — рациональности... В этом сравнении мира с животным Солнце ведет себя наподобие самого здравого смысла, планеты в промежуточном пространстве — наподобие органов чувств, звезды — наподобие ощущаемых объектов»³⁹.

Мишель Фуко в своей известной книге «Слова и вещи» писал, что категория подобия или сходства играла конструктивную роль в западной культуре вплоть до конца XVI в.⁴⁰

Фуко различает четыре типа подобия: пригнанность, соперничество, аналогию, симпатию и антипатию. Эти архаические категории, как нам представляется, определяют видение мира и Вселенной. Так пригнанность выражает собою соседство мест, когда вещи, сближаясь, оказываются в соседстве друг с другом, соприкасаясь своими краями, и одна вещь становится продолжением другой вещи. Это сходство означает пространственное соединение вещей и является отношением «ближнего к ближнему».

Данная категория у Коперника определяет природу тяготения как некоторое природное стремление, сообщенное частям божественным провидением, чтобы они стремились к целостности и единству, принимая форму шара. На этом основании Коперник опровергает аргументы Птолемея в пользу неподвижности Земли, основанные на том, что следствием вращения Земли было бы явное отставание облаков и птиц, а брошенные вертикально тела не могли бы упасть на прежнее место.

Другой вид подобия, который рельефно описал Кеплер, — аналогия. Это архаическое понятие было известно уже с античности. Отношение светил к небу аналогично, например, отношению травы к земле, органов чувств — к лицу, которое они одушевляют и т.п. Однако в этом уподоблении любых фигур мира существует особая точка — это человек; «он находится в пропорциональном отношении с небом, как и с животными и растениями, как и с землей и металлами... Возвышаясь среди различных ликов мира, человек соотносится с небес-

ным сводом; его лицо так относится к его телу, как лик небес к эфиру, биение пульса в его веках подобно круговращению светил по присущим им путям; семь отверстий на его лице соответствуют семи планетам неба»⁴¹.

Существует еще одна форма подобия, которой охотно пользуется Кеплер — это симпатия и антипатия. Симпатия — начало подвижности, пишет Фуко. Она приводит вещи в движение: тяжелые тела она притягивает к земле, а легкие увлекает в эфир. Симпатия стремится отождествить вещи, превращая их в однородную безликую массу.

Действие симпатии зримо проявляется в действие магнита на металлические частицы, которые уплотняются и удерживаются в одном положении. Под влиянием одной лишь симпатии вещи утратили бы свою индивидуальность, если бы не существовало противодействия ее мощному влиянию в виде антипатии. Антипатия компенсирует действие симпатии, сохраняя вещи в изоляции друг от друга и препятствует их отождествлению.

Действие антипатии проявляется повсюду. И в том, что некоторые растения «ненавидят друг друга», а некоторые живые существа пожираются другими живыми существами, которые в свою очередь также становятся жертвами. Благодаря равновесию симпатии и антипатии вещи сохраняют устойчивость и самостоительность. Эта фигура подобия играет важную роль в кеплеровской астрономии. Кеплер, как было показано выше, причину эллиптичности планетных орбит связывал с действием магнитной силы, когда планеты, поворачиваясь к Солнцу то стороной «друга», то стороной «врага», соответственно сближались с Солнцем или удалялись от него.

Приведенные выше фундаментальные категории античного и средневекового мышления обнаруживают совершенно поразительную и, можно сказать, парадоксальную их роль в такой эпохальной революции, какой была коперниканская революция. Ведь в своей глубинной сущности это были предельно архаичные структуры мышления, и тем не менее эта революция состоялась. Это, по-видимому, означает, что даже самые радикальные революции не означают полного крушения фундаментальных структур мышления, которые даже в новых условиях могут играть конструктивную роль. Примерно также обстоит дело и в отношении социальных революций, где, как показал Ф.Бродель, «структуры повседневности» оказываются долговременными и удивительно живучими.

Подводя итог данному анализу, можно сказать, что у Кеплера организмический подход к Вселенной сочетается с механицистским. Можно также согласиться с Холтоном, что представления Кеплера,

которые нам сегодня кажутся взаимно исключаящими, на самом деле тесно переплетаются. «Когда его физика оказывается бессильной, на помощь ей приходит метафизика, когда механическая модель оказывается неспособной служить инструментом объяснения, выручает математическая модель, а теологическая аксиома в свою очередь берется в качестве связующего звена»⁴².

Следующая стадия в революционном становлении характеризуется преобладанием механической модели Вселенной, подкрепленной ее теологическим обоснованием. Она связана с именем Борелли, который пытался применить принципы галилеевской механики к движению небесных светил.

Механическая модель Вселенной Дж. Борелли

Джованни Альфонсо Борелли родился 28 января 1608 г. в Капельноуово близ Неаполя, учился в Риме, в 1649 г. стал профессором математики в Мессине, а затем в Пизе, был известным (вместе с Вивiani) членом флорентийской академии. После упразднения академии вернулся в Мессину, откуда вынужден был бежать в 1674 г., будучи замешанным в неудачном восстании против испанцев. Как пишет М.Льоцци, «Борелли — один из наиболее проникательных умов итальянской науки XVII века. Борелли предвосхитил ньютоново представление о том, что планеты стремятся к Солнцу по той же причине, по которой тяжелые тела стремятся к Земле. Его сравнение движения камня, вращающегося на краю пращи, и движения планеты вокруг Солнца, по почти единодушному мнению всех критиков, первый зародыш теории динамического равновесия движущихся планет»⁴³. В 1666 г. во Флоренции вышло его сочинение «Theoricæ medicorum planetarum». Скончался в 1679 г. в Риме.

В своей книге «Революция в астрономии» А.Койре отмечает, что изучение космологических взглядов Борелли представляет для историка научной мысли огромный интерес в том отношении, что в своем труде, посвященном теории движения «медицейских планет» (спутников Юпитера), Борелли, хотя и несовершенно, однако весьма решительно проводит идею тождества небесной и земной физики, которая выразилась в допущении, что как и на Земле, небесные движения (круговые движения планет) порождают центробежные силы. Эта идея не встречается ни у Коперника, ни у Кеплера, ни даже у Галилея. Борелли не написал «Systema Mundi» или «Phisica Coelestis». Его космологические идеи изложены как бы между прочим, по случаю изучения «медицейских планет». Последние длительное время

наблюдались им самим и другими благодаря приобретению Великим Герцогом Фердинандом II Тосканским телескопа «огромных размеров и восхитительного совершенства». Мало-помалу, как пишет об этом сам Борелли, теория движения спутников Юпитера приняла законченный вид, и по совету Великого Герцога и своих друзей он решил ее опубликовать. Так появилась «*Theoricæ medicæorum planetarum*». В предисловии к своей книге Борелли коротко рассказывает историю открытия «медицейских планет» Галилеем. Галилей обнаружил, что 4 маленькие планеты, которым он дал имя «медицейских» (*medicæennes*) обращаются вокруг Юпитера совершенно так же, как Луна вокруг Земли. Он констатировал наличие фаз у этих спутников (аналогичных лунным фазам), определил порядок их следования, размеры их орбит, времена их обращения. Но он не смог наблюдать многочисленные аномалии, которые должны быть в их движениях, как это имеет место в движениях всех других планет. С тех пор исследователи много занимались «медицейскими планетами» (в том числе и сам Борелли) и все же, несмотря на усовершенствование инструментов наблюдения, несколько не продвинулись вперед.

Вот почему Борелли решил подойти к задаче с другого конца. Поскольку наблюдения не привели к желаемой цели, оставалось приступить к проблеме с теоретической стороны, а именно: развивая с самого начала, причем а priori, теорию периодических движений планет в собственном смысле (так же как их спутников или лун) и опираясь на известные физические данные или закономерности, дедуцировать из них необходимые следствия. Эти следствия затем будут сопоставлены с эмпирическими данными, данными наблюдения. Такой подход в огромной степени упрощает стоящую перед исследователем задачу, ибо, проводя наблюдения после, а не перед разработкой теории, заранее знают, что именно нужно наблюдать и искать. Ведь зная это «что», легко его найти.

Затея Борелли — построить астрономию а priori — может показаться абсурдной или, по меньшей мере, претенциозной, чем-то вроде картезианского проекта дедуцировать а priori положение звезд на небе, пишет Койре.

Но это не так. То, что Борелли желает сделать, — это развить теоретическую астрономию или, если угодно, рациональную небесную механику как основу наблюдательной астрономии вообще и наблюдения медицейских планет в частности.

В галилеевской, т.е. экспериментальной, науке теория предвещает опыт (эксперимент), который ее подтверждает или опровергает. Именно теория составляет содержание науки, и подобно Галилею,

который в знаменитом примере с ядром, падающим с высоты корабельной мачты движущегося корабля, мог заявить, что он настолько хороший физик, что, не прибегая к опыту, он может а priori предсказать поведение ядра, Борелли точно так же мог бы сказать, что он настолько хороший астроном, что, не наблюдая движения планет, он сумеет а priori предсказать общую структуру их траекторий.

Борелли, правда, этого не говорит, но так делает. Подобно Галилею и вслед за ним Борелли ссылается на принцип единообразия природы, который действует повсюду наиболее простыми и легкими путями и который избегает различных путей, ведущих к той же цели, а, наоборот, пользуется всегда теми же причинами, чтобы получить те же следствия. Таким образом, несмотря на видимое многообразие, имеется полное единообразие в движении планет. Это аналогично внутренней структуре животных, даже животных, обитающих в совершенно различных регионах и климатических поясах. Следовательно, можно утверждать и притом а priori многое о животных, которых мы никогда не видели. Вот почему мы вправе применить к изучению медичейских планет (спутников Юпитера) теорию, подтвержденную наблюдениями относительно движения Луны.

Борелли, таким образом, излагает нам особенности аномалии движения Луны и затем переносит их на медичейские планеты, где, как известно, они до того никогда еще не наблюдались. Затем, гордый своим триумфом, он излагает теоретические основы своей астрономии.

Можно задать вопрос: причем здесь медичейские планеты и почему Борелли не довольствовался тем, чтобы на основах своей небесной механики построить теорию движения Луны, которую так легко верифицировать путем наблюдения? А. Койре при объяснении этого вопроса ссылается на мнение Е.Голдбека (Goldbeck), который указывает на две предполагаемые причины этого. Во-первых, считает Голдбек, Борелли понимал недостатки своей теории и ее математических средств. И само сознание этого факта явилось причиной предпочтения исследования спутников Юпитера, а не Луны: ведь теорию медичейских планет было трудно верифицировать.

А.Койре считает эту гипотезу Голдбека маловероятной. Зато второй довод Голдбека кажется ему вполне убедительным. В той мере, в какой Борелли ограничивается лишь лунами Юпитера, которого он «заставляет» вращаться вокруг Солнца (как это делают Тихо Браге и Дж. Риччоли), ему удастся избежать обвинения в коперниканстве весьма простым способом: достаточно было умолчать о Земле и не рассматривать ее в качестве одной из планет; достаточно также умол-

чать и о том, что Солнце находится в центре мира. Это соответствовало самой букве осуждения Коперника церковью и подсказывало читателю — в особенности не очень внимательному читателю, — что он сторонник системы Тихо Браге, или по крайней мере такой системы, которая никогда не была осуждена церковью.

Все это было бы невозможным, если бы он предметом своего исследования избрал Луну. Тем более невозможным, что в небесной механике Борелли — как и в механике Кеплера — движение планет объясняется в конечном счете вращением Солнца вокруг своей оси. Движение спутников — и в этом большое отличие их от планет, вокруг которых они обращаются, объясняется вращением их вокруг центрального тела. Но и в этом важнейшая особенность: между тем как планеты движимы Солнцем и только Солнцем, спутники подвержены одновременно двойному действию их центрального тела (планеты) и Солнца. Отсюда — дополнительные аномалии в их движениях.

А. Койре обращает внимание на два основных вопроса, занимавших мысли Борелли: 1) почему движутся планеты и 2) почему они занимают определенное положение в пространстве. Проблемы эти впервые были поставлены Кеплером, который фактически объединил небесную и земную физику и тем самым приписал планетам, движущимся свободно в пространстве и не прикрепленным к небесной тверди, инерцию, сопротивление движению, свойственное телам подлунного мира. Более того, и это главное, его планеты не движутся более по кругу, но описывают эллипсы и со скоростью не равномерной, как прежде, но переменной. Поиск физического объяснения столь странных феноменов начинается, таким образом, с него. В нем меньше нуждаются и даже не нуждаются вовсе те, которые не принимают эллиптический характер, даже если при этом отбрасывается оппозиция двух миров — под- и надлунного — и принимается унификация физики.

В докоперниканской астрономии (и даже у самого Коперника) указанные проблемы вообще не ставились. Вернее, они были решены еще до того, как были поставлены. Движение планет мыслилось тогда связанным с движением твердых небесных сфер, к которым они были прикреплены. А движение небесных сфер объяснялось совершенно естественным образом действием на них ума или души. И лишь начиная с Тихо Браге, который «разрушил» небесную твердь, проблема причин планетных движений стала весьма актуальной. Огромная заслуга Борелли состоит в том, что он понял значение работ Кеплера и без колебаний признал кеплеровскую революцию — эллиптичность планетных траекторий, ре-

шительно порвав с идеей привилегированности кругового движения. Для него в небесах, как и на земле, сохраняется лишь прямолинейное движение и линейная скорость.

Таким образом, будучи более галилеевцем, чем сам Галилей, Борелли сумел связать изучение кеплеровской проблемы с прогрессом, совершенным галилеевской революцией.

Борелли задался вопросом: в силу какой необходимости планеты никогда не покидают окружностей, однажды описанных ими, не отодвигаются от центрального тела, вокруг которого они вращаются, не приближаются к нему, чтобы объединиться с ним. Он считает, что явления могут быть спасены способом более достоверным и более легким, чем традиционные объяснения, избегая при этом абсурда твердых небесных субстанций (сфер) и эфирных океанов, в которых плавают планеты. Он допускает некоторую вещь, которую, кажется, невозможно отрицать, а именно: что планеты имеют естественное желание соединиться с мировым телом, которое они окружают. Поэтому они стремятся изо всех своих сил сблизиться с ним: планеты — с Солнцем, медицейские звезды — с Юпитером. Кроме того, известно, что круговое движение сообщает движущему телу импульс удаляться от центра вращения подобно тому, как это происходит в опыте с вращением колеса или пращи (метания пращи), камень которой приобретает импульс удаляться от центра своего вращения. Борелли предположил, таким образом, что планета стремится сблизиться с Солнцем и что в то же время, благодаря импульсу кругового движения, она приобретает импульс удаляться от центра Солнца. Так как противоположные силы остаются равными (одна фактически компенсирована другой), планета не может стать ни ближе к Солнцу, ни дальше от него и не может находиться вне известного и определенного пространства.

Койре приходит к заключению, что уподобление механики небесной механике земной, введение в небо гравитации (естественного стремления тел к их центральному телу), а также введение центробежной силы позволило Борелли разрешить в принципе совершенно корректно проблему стабильности солнечной системы. Чтобы небесные тела оставались на том же самом расстоянии от Солнца (спутники — от их центральных тел), необходимо и достаточно, чтобы центробежная и центростремительная силы были равны. Для доказательства этого положения Борелли прибегает к демонстрации опытов, имеющих сугубо земной характер.

Далее А. Койре возвращается к проблеме причин движения планет, как их трактует Борелли в своем труде о спутниках Юпитера. После того как Борелли отбросил «анимистические» решения, он оста-

навливается под влиянием Кеплера на чисто механическом решении, причем решении, рассмотренном и отброшенным затем Кеплером. Свое предпочтение чисто механического подхода к данной проблеме Борелли обосновывает следующими любопытными соображениями: «Мы должны спросить себя, благодаря каким силам планеты движутся вокруг Солнца или вокруг Юпитера, т.е. проистекает ли эта сила из принципа внутреннего и естественного или из принципа внешнего и насильственного, или же из обоих одновременно. И если этот принцип является внутренним, следует выяснить, является ли он «анимистическим», наподобие принципа движения животных, или естественным, наподобие стремления тяжелых тел к падению, или желания (*l'appetit*), благодаря которому магнит приближается к железу. Однако если, напротив, вышеназванная сила является внешней, следует выяснить, зависит ли она от ангельского ума и рассудка или же она подобна метательным движениям.

Многие люди, отдавая себе отчет в том, что движения планет не столь просты, как спуск камня, а совершаются с величайшим искусством, прибегают к душе или рассудку как к якорю спасению. Действительно, они не могут понять, как планеты могли бы двигаться через эфир в соответствии с постоянным законом, т.е. по эксцентрическому кругу без всяких отклонений и одновременно со всеми теми замысловатыми аномалиями, которые наблюдаются в их движении... Но если движениям планет приписать естественные причины, незачем было бы прибегать к душе или рассудку. Ведь никто (мне думается) не убедит себя в том, что движение, каким тяжелые тела стремятся к Земле по кратчайшей линии, проистекает из души или даже из ума, которые прибывали бы в камнях и направляли бы последние вниз»⁴⁴. Наиболее простое объяснение, согласно Борелли, состоит в том, что движение планет совершается благодаря простой естественной способности, называемой тяжестью.

Механика Борелли, и в этом ее великое преимущество перед механикой Кеплера, основана на принципе сохранения движения и скорости. Однако в эпоху Борелли многие не понимали содержания данного принципа. В частности, для тех, кто признавал его действительность в отношении кругового движения в той же мере, как и для прямолинейного движения, обычным было смешение угловой и линейной скорости. Вот почему Борелли старается опровергнуть распространенные заблуждения на этот счет. В первую очередь заблуждения тех, кто считает, что если круговое движение произведено данной движущей силой (постоянной), то движение будет тем более медленным, чем больше будет луч-вектор или окружность. Согласно этому мне

нию изменения скорости движения планет по их траекториям происходят якобы оттого, что с увеличением расстояния планеты от Солнца уменьшается действующая на нее сила.

Теория, которую она ставит целью опровергнуть, на первый взгляд, обладает преимуществом объяснения вариаций скорости планет на их траекториях, т.е. объяснить, почему они являются более быстрыми тогда, когда они ближе к Солнцу, и более медленными, когда они дальше от него.

«Если, таким образом, мы предположим, — пишет Борелли, — что планетное тело вращается вокруг Солнца или вокруг Юпитера благодаря внутренней силе или, скорее, что оно вращается вокруг (Солнца) благодаря импульсу солнечных лучей, между тем как последние вращаются вместе с круговоротом Солнца вокруг своей оси, и, что то же самое происходит с Юпитером, нетрудно объяснить уменьшение скорости планеты: так как она опишет круг тем больший, чем она будет дальше от Солнца и по причине этого она замедлит свое движение. И наоборот, когда она будет ближе к Солнцу, она опишет круг более малый и сделает это быстрее»⁴⁵.

Таким образом, в окружностях, произведенных естественной силой, необходимо, чтобы вращение по большему кругу движущее тело выполняло в более длительный промежуток времени и наоборот. Точно так же следует употребить внешнюю силу, которая толкала бы маятник по окружности. Если бы после такого толчка нить была бы удлинена и окружность увеличена, движение замедлилось бы. Если, напротив, нить была бы укорочена и пробегаемые окружности уменьшены, движение ускорило бы. Круговые движения, которые описывают большие круги при одной и той же движущей силе, являются всегда более медленными, чем те, которые описываются кругами меньшими. Таким образом, всякое подвешенное тяжелое тело совершает свои собственные колебания вокруг его центра подвешивания, так как эти колебания, несомненно, произведены благодаря внутреннему и естественному принципу, а именно благодаря тяжести вышеназванного маятника, который спонтанно и сам по себе, не будучи понуждаемый внешней силой, выполняет свои собственные колебания. Если во время качания маятника нить, на которой он подвешен, удлинена, то его движение становится медленнее. Но если, напротив, она укорочена, движение становится более быстрым.

Таким образом, замечает Борелли, хотя это предположение может показаться доказанным вышеупомянутыми опытами, однако и они и не достаточны, и не свободны от заблуждений. Вот почему необходимо рассмотреть ту же вещь более тщательно. Итак, в первую

очередь следует сказать, что неверно, что одно и то же тело, движимое одной и той же внутренней силой и пробегаящей то периферию большего круга, то меньшего круга, движется по меньшему кругу более быстрым движением, чем по большему: оно продвигается на самом деле с той же скоростью по двум неравным кругам, т.е. в равные времена оно проходит равные пространства.

Следовательно, независимо от того, что полудиаметр маятника или круга удлинен или укорочен, совершенно, однако, невозможно, чтобы скорость его подверглась какому-нибудь изменению, но всегда в равные времена он пройдет равные пространства. Рассуждение Борелли, замечает Койре, является ошибочным: движение маятника несколько не есть движение равномерное именно потому, что внутренняя движущая сила тела, а именно тяжесть, есть величина постоянная. На самом деле мы имеем здесь архаическое толкование галилеевского тезиса: приобретенная телом скорость (при спуске) зависит только от высоты спуска.

Однако сами чувства сообщают нам, продолжает Борелли, что в движении планет имеется физическое и реальное неравенство движения, а именно, что на самом деле они не пересекают равные пространства той же линии или дороги, по которой они несутся. Он стремится, таким образом, отыскать другую причину вышеуказанного неравенства. Вот почему необходимо или согласиться, что движущая сила планеты не остается всегда одной и той же, или нужно прибегнуть к внешней причине, в силу которой неизменный курс планеты, которым она следует, является ускоренным или замедленным.

Прежде чем перейти к обсуждению этого вопроса, замечает Борелли, необходимо принять постулат, что всякая телесная масса, сколь бы обширной она ни была, может быть приведена в движение сколь угодно малой силой. Вышеуказанное соображение Борелли, которое разделял Галилей, было оспариваемо Декартом, который наиболее четко сформулировал принцип инерции, но никогда не мог признать того, что неподвижное тело может быть приведено в движение сколь угодно малой силой. Таким образом, Борелли, не называя Декарта, отбрасывает его аристотелевскую концепцию связи между силой и сопротивлением, т.е. бесплодную теорию «количества покоя» в пользу доказательств того, что любое количество движения, даже неосязаемое, сообщает телу, каким бы большим оно ни было, некоторый импульс.

Если импульс представляет собой произведение массы на скорость, то при скорости, равной нулю, импульс также равняется нулю. Исходя из этого, Борелли полагает, что Солнце является центром системы планет и что оно вращается вокруг своей оси, о чем свидетель-

ствует обращение его пятен. Отсюда следует, что весьма действенные лучи света могут захватывать и толкать планеты в солнечном круговороте. Он рассматривает свет как телесную субстанцию наподобие какого-нибудь непрерывного ветра. Причем солнечные лучи вращаются кругообразно, будучи связанными с Солнцем, и приводят в движение планетные тела.

А.Койре полагает, что данная концепция аналогична концепции Кеплера и фактически проистекает из нее. В то же время она отличается одновременно от концепций как современных, так и схоластических.

Так же как у Кеплера в концепции Борелли световые лучи не образуют последовательным излучением, а являются телесными устойчивыми и постоянными сущностями, которые остаются связанными с источниками излучения. Эти прямые и жесткие лучи участвуют во всех движениях этого источника и вращаются вместе с ним. При вращении светового источника связанные с ним лучи движутся таким образом, что оказывают боковое давление на объекты и увлекают их за собой.

Солнечный круговорот лучей увлекает за собой очень тонкий эфир, наполняющий межзвездное пространство, который прогрессивно сообщает планетам их собственную скорость. Действие лучей — двигателей неизлучающих небесных тел (в первую очередь планет) — совершается по той же модели.

Установив теоретическую возможность астро-оптического механизма, Борелли по обыкновению пытается подтвердить его примером из земной реальности. Наиболее убедительной он считает аналогию с большим судном, находящимся в спокойном море. Нет сомнения, что толкаемое порывом ветра судно может быть передвинуто с одного места на другое. И хотя начало такого движения будет столь слабым и медленным, что его невозможно наблюдать, тем не менее любой из минимальных импульсов передается ему. Эти импульсы в совокупности с серией последующих импульсов произведут наконец силу, которая вызывает видимое и заметное движение указанного судна.

Койре отмечает, что механизм, порожденный воображением Борелли, весьма искусный. Однако он привел бы к следствиям, не соответствующим данным астрономии. Накапливая бесчисленные импульсы световых лучей, планеты и спутники должны были бы двигаться с постоянной линейной скоростью, строго равной скорости самих лучей. И кроме того, они должны двигаться со скоростью вращения Солнца. Чтобы избежать этих следствий, Борелли разворачивает свое объяснение «реального и физического» изменения скорости планет. Хотя движущая сила, находящаяся в Солнце, является по

стоянной, тем не менее она может сообщить одной и той же планете то большую, то меньшую скорость соответственно тому, приближается она к Солнцу или Юпитеру или удаляется от них. Это можно показать, исходя из принципов механики, полагает он. «Принципы механики, на которые ссылается Борелли, это принципы рычага или весов, — пишет Койре. — Так же как Кеплер, он представляет себе действие движущих лучей по образцу действия рычага, центр вращения которого был бы в центре Солнца, а точка приложения силы — на его поверхности (или аналогично — основной планеты). Ясно, что действие этого луча-рычага является тем более слабым, чем этот луч будет длиннее; точнее, оно обратно пропорционально его длине. Вот, следовательно, искомое объяснение: движущие лучи действуют более сильно на планеты, когда они ближе к Солнцу, и менее сильно, когда они дальше от него»⁴⁶.

Таким образом, их расстояние постоянно меняется. Скорости поэтому в равной степени меняются обратно их расстоянию.

Таким образом, это объяснение совершенно разумное в аристотелевской динамике Кеплера, в которой тела — даже тела небесные — обладают инерцией, сопротивлением движению и стремлением вернуться к покою, и в которой скорость — которая не сохраняется — пропорциональная движущей силе, не является таковым в динамике Борелли»⁴⁷.

Борелли вводит понятие импульса, который есть одновременно функция движущей сила агента и его скорости. Причем линейная скорость точки движущего луча тем более велика, чем слабее его движущая сила. Поэтому импульс не варьируется, а остается постоянным. Однако же планеты идут более или менее быстро. Дело в том, что они противодействуют импульсу, и движущая сила их сопротивления тем больше, чем дальше они удалены от центров их движений.

Этот тезис Борелли иллюстрирует на примере рычага. Если мы представим себе весы или штангу ABC, перемещаемые вокруг центра или точки опоры S, и допустим, что движущая сила в точке A является неизменной и что одно и то же сопротивление находится то в B, то в C, причем расстояние B меньше C, то очевидно, что движущая сила, приложенная к A, чтобы уравновесить и привести в движение противодействие в B, будет меньше, чем та, которая нужна для того, чтобы уравновесить и привести в движение противодействие тела, находящегося на большем расстоянии в C, так как сопротивление одного и того же движущего тела в B и в C пропорциональны расстояниям B и C.

Далее Борелли переходит к случаю, когда один и тот же вес помещен в различных местах весов (рычага), и равновесие оказывается нарушенным. Чтобы установить равновесие, т.е. равенство «момен-

тов» движущей силы и сопротивления, несмотря на передвижку тела из В в С, необходимо и достаточно, чтобы его скорость в С была бы меньше, чем скорость в В или, точнее, чтобы она была обратно пропорциональна его расстоянию от S.

Данное рассуждение Борелли, замечает Койре, «позволяет ему — по крайней мере, он в это верит — обернуть ход кеплеровского доказательства: это не движущая сила уменьшается с удалением от центра обращения, это увеличивается сопротивление движению тела. Ему теперь не остается ничего иного, как сделать следующий шаг: уподобить движения планет, которые движутся свободно в эфире движению весов (гирь), скользящих по плечу рычага, приписать им (планетам) тем самым сопротивление движению и заставить поверить в это самое равновесие, условия которого мы только что вывели»⁴⁸.

Далее Борелли описанную выше модель использует для объяснения планетных движений. Представим себе, пишет он, что солнечное тело или плечо А вращается вокруг собственного центра и что планета то ближе к Солнцу в В, то дальше от него — в С. Необходимо, чтобы против меньшего сопротивления планеты в В Солнце действовало с большей эффективностью, чем сила, с которой оно действует против большего сопротивления той же планеты, расположенной на большем расстоянии С. Тем самым планета движется более медленно, т.е. обратно пропорционально силе сопротивлений или вышеуказанных расстояний от центра Солнца.

Таким образом, у Борелли увеличение сопротивления, связанное с удалением планеты от Солнца, выполняет ту же функцию, что и ослабление силы солнечных лучей, действующих на планету в концепции Кеплера.

«Концепция Борелли абсурдна, — пишет Койре. — Но не будем слишком суровы к итальянскому ученому: задача, которую он поставил перед собой — преобразовать небесную динамику Кеплера так, чтобы сделать ее приемлемой для галилеевца, была воистину трудна. Очень трудна. Строго говоря, она была невозможна. Но именно в этой попытке — и в ее неудаче — состоит как раз заслуга и выдающееся значение произведения Борелли»⁴⁹.

Объяснив причину ускорения и замедления скорости планет, Борелли переходит к исследованию вопроса, в силу какой необходимости планеты то приближаются, то удаляются от центрального тела (Солнца или Юпитера). Проблема состоит в объяснении эллиптического движения планет. Известно, что Кеплер приближения и удаления планет объяснял тем, что одна из сторон планеты дружественна Солнцу, а противоположная — враждебна, подобно тому, как магнит

имеет часть, которая притягивает железо и другую часть, которая его отталкивает. Койре этот факт объясняет тем, что галилеевец Борелли не мог принять концепцию притяжения и отталкивания и предпочитал обходиться без магических сил. Койре замечает, однако, что при всех слабостях эта концепция содержала важную идею действия притяжения и отталкивания планет, изменяемое в соответствии с расстоянием от Солнца. Напротив, для Борелли тяжесть или естественное стремление планет сблизиться с Солнцем (или спутников с их центральным телом) есть постоянная сила. Так что изменяемость небесных движений Борелли выводит из совокупности постоянных сил. «Решение Борелли, — пишет Койре, — в высшей степени простое и элегантно, и его принцип можно сформулировать так: постоянные и равные силы, но противоположные по направлению, производят, вообще говоря, состояние равновесия. Однако, когда равновесие нарушается в пользу одной из этих сил, происходят периодические изменения, так как их взаимодействие приводит к состоянию противоположного и эквивалентного неравновесия, после чего процесс начинается снова»⁵⁰.

Этот принцип Борелли иллюстрирует примерами, взятыми из земной механики. В случае маятника груз, подвешенный на нити, остается неподвижным. Но если его отодвинуть от вертикального положения, он начнет опускаться и, пройдя свое прежнее положение, вновь поднимется на ту же высоту, достигнув состояния противоположного и эквивалентного неравновесия. Таковы действия маятников, которые продолжались бы вечно, если бы задерживающие помехи были полностью исключены. Но лучше представить себе другое действие, более похожее на действие планет. Если опустить деревянный цилиндр в вазу с водой, то в некотором положении относительно уровня воды он будет находиться в состоянии равновесия. Приподнимем его, и он начнет совершать периодические движения вниз-вверх, которые продолжались бы вечно, если бы можно было устранить помехи, которые уменьшают вышеуказанные колебания. При этом, как в случае с маятником, так и в случае деревянного цилиндра, скорости их колебаний непрерывно изменяются, увеличиваясь сначала от нуля до некоторого максимума и затем уменьшаясь до нуля.

Койре следующим образом резюмирует эти мысленные эксперименты Борелли: «И точно таким же образом совершаются движения планет. Там мы тоже имеем дело с противоположными силами — силой тяжести и центробежной силой, первоначальное неравновесие которых продолжается непрерывно и воспроизводится вечно в

силу простых механических принципов. Эллиптическая траектория планет есть только строгое необходимое их следствие»⁵¹. Далее Койре приходит к следующему заключению: «Таким образом, постоянной силе тяжести противостоит изменяющаяся сила центробежного отталкивания. Из этого факта изначального неравновесия происходит движение, благодаря которому оно воссоздается заново. Но будет ли описанная траектория эллиптической? Борелли в этом уверен, и ясно, почему. Дело в том, что, с одной стороны, он не способен произвести вычисление траектории, которое вытекало бы из принятых принципов. С другой стороны, он так хорошо скопировал свою теорию с теории Кеплера, что был твердо убежден в их совершенной математической идентичности. Действительно, в обеих теориях скорости (линейные) планет обратно пропорциональны их расстояниям от Солнца, что для Борелли, как и для Кеплера, есть необходимое и достаточное условие эллиптического характера их траекторий.

Что касается самих расстояний, которые варьируются в зависимости от комбинированного действия магнетических сил притяжения и отталкивания, или сил, слагаемых равно из центростремительной силы планет к их центральному телу (постоянной) и центробежной силы, изменяемой, как и скорость, обратно пропорционально расстоянию, это ничего не меняет в экономии системы. Если Кеплер прав, Борелли также прав»⁵².

В основу механистического объяснения планетных движений Борелли положил, как мы видели, механику Галилея. Так Галилей в «Беседах и математических доказательствах» приводит пример маятника с гвоздем. В этом опыте гвоздь, вбитый на линии отвеса нити с подвешенным на нем свинцовым шариком, при отведении нити на определенную высоту несколько не меняет импульса этого шарика: гвоздь задерживает нить маятника, когда последний проходит нижнюю точку, и нить из длинной превращается в короткую. Но при этом шарик поднимется практически на ту же высоту (данный опыт является аналогом известного опыта «с горки на горку»). Почти незаметное несоответствие уровней спуска и подъема является, конечно, следствием сопротивления воздуха, которое испытывает нить и подвешенный на нем груз. Как мы видели выше, Борелли неверно истолковал этот опыт Галилея, приписав грузу одинаковую скорость при падении и подъеме.

Полную аналогию с галилеевскими мысленными опытами представляет рассуждение Борелли о судне большого размера, которое можно привести в движение ничтожным усилием. «Если в спокойную стоячую воду поместим какое-нибудь плавающее тело огромно-

го объема, — пишет Галилей, — и потянем его осторожно с помощью хотя бы одного женского волоса, то мы можем перевести его с одного места на другое без всякого препятствия... И не существует плавающего в воде тела такого большого размера, чтобы оно не могло быть приведено в движение с помощью ничтожной силы»⁵³. Эту же идею Галилей экстраполирует и на случай движения твердых тел по горизонтали, если их форма и другие внешние помехи не препятствовали бы этому. Такова, например, горизонтальная плоскость хорошо отполированного зеркала и абсолютно круглого мраморного шарика. Из этого мысленного эксперимента он выводит аксиому: «Тяжелые тела, если удалить все внешние и случайные помехи, могут быть перемещаемы в плоскости горизонта любой самой незначительной силой»⁵⁴.

Пример маятника, представляющего собою деревянный цилиндр, который, будучи опущенным в вазу с водой, производит периодические колебания вверх-вниз (при отсутствии побочных внешних помех), по существу взят из галилеевского «Рассуждения о телах, пребывающих в воде, и о тех, которые в ней движутся».

Наконец, не может ускользнуть от внимания тот факт, что для иллюстрации своих космологических идей Борелли использует наиболее распространенные в ту эпоху технические изобретения — римские весы (безмен), водяную и ветряную мельницы, парусное судно, маятник, часы.

Так Фернан Бродель пишет, что в X—XIII вв. Запад узнал свою первую революцию в механике, под которой он понимает совокупность изменений, связанных с увеличением числа водяных и ветряных мельниц. Своего апогея этот процесс достиг в XVII в., мельница сделалась универсальным устройством и повсеместно использовалась в городах и деревнях. Мельница была своего рода стандартной мерой энергетической оснащенности доиндустриальной Европы. «И достаточно присмотреться внимательно к бесчисленным небольшим колесам, видимых на стольких картинках, рисунках, планах городов, чтобы понять, сколь они были всеобщим явлением»⁵⁵.

Нет сомнения, что рассуждения Галилея и Борелли о том, что огромные тела, плавающие в спокойном воде, могут быть приведены в движение самой незначительной силой, были навеяны существующей в то время практикой морского дела. Весьма характерен также образ мельницы, который послужил для Борелли своего рода аналогом модели солнечного круговорота, когда планеты или спутники могут быть приведены в движение благодаря бесчисленной последовательности самых ничтожных импульсов (например, ударов атома или толчка луча света). Так он пишет: «Возьмем сферу M и бесчис-

ленные корпускулы Р, которые несутся и толкают эту сферу сбоку, как это происходит с потоком воды или ветра. Тогда, конечно, первые частицы, которые сталкиваются о поверхностью шара М и производят первый impetus, отскакивают в сторону, но за ними следуют маленькие капли, которые с той же скоростью В толкают снова массу М, и также последовательно, как это происходит с колесами водяной мельницы и с другими подобными машинами»⁵⁶.

Вероятно, в силу своей интерналистской установки Александр Койре оставил вышеизложенные аналогии без внимания, уделив внимание лишь рычагу как чисто математическому построению. Аналогии практического опыта, к которым прибегает Борелли, позволяют сделать вывод о том, что к этому времени были созданы все предпосылки для экстраполяции земной механики на небесную механику.

Об этом свидетельствует постоянная конфронтация Борелли с Кеплером, связанная с тем, что Кеплеру не удалось построить механическую модель Вселенной. По словам Холтона, кеплеровская физика была гелиоцентрической по своей кинематике, но теоцентрической по своей динамике⁵⁷. Известно, что для объяснения движения планет по их орбитам Кеплер был вынужден прибегнуть к понятиям врожденного разума или души. Борелли, напротив, настаивает на механическом объяснении. В этом, считает он, раскрывается высшее и восхитительное искусство, поскольку планеты есть главная часть Республики мира, расположенная и остановленная в замечательном порядке благодаря бесконечной мудрости Божественного Архитектора.

«И, однако же, не кажется необходимым, чтобы умы или души производили повсюду движения, которые им (планетам) предписаны и чтобы они вели, так сказать, рукой светила. Наоборот, Божественный Архитектор сумел упорядочить и расположить все вещи с таким замечательным искусством, что тем самым они сообразуются с обожествленными установлениями без малейшего колебания или отклонения единственно с его общей помощью: то, что мне представляется наиболее достойным божественной мудрости. Действительно, испытывают большую нужду в уме и искусстве для создания самодвижущей машины, чем машины инертной.

Точно так же, раз мы знали, что это прекраснейшее творение Мира было изготовлено наилучшим, величайшем и мудрейшим Художником и что, с другой стороны, ясно, что движения планет могли быть расположены с такой ловкостью и искусством, что они совершаются сами по себе, как часы, кажется совершенно невероятным и абсурдным, чтобы Божественный Архитектор пожелал действовать с

меньшим успехом, т.е. делая планеты совершенно инертными, которые нуждались бы в гидах и должны быть движимы по своим орбитам руками служителей»⁵⁸.

Следует отметить, что подобный механистический подход к Вселенной разделял и современник Борелли Роберт Бойль. Для Бойля мир подобен редким башенным часам, где все детали сделаны настолько искусно, что машина, будучи однажды пущена в ход, не требует постоянного вмешательства мастера.

Однако конструкция великой «машины» Вселенной, изготовленная божественным Архитектором, превосходит конструкцию самых совершенных башенных часов, ибо каждая изготовленная творцом машина состоит из множества машин, которые он охватывает единым взором.

Примечания

- 1 Цит. по: Easley Brian. Science et philosophie. Une revolution 1450—1750. Paris, 1986. P. 218.
- 2 Ibid. P. 218.
- 3 *Дионисий Ареопагит*. О божественных именах// Общественная мысль. Вып. II. М., 1990. С. 176.
- 4 Эстетика Ренессанса. Т. I. М., 1981. С. 151.
- 5 *Коперник Н. О* вращениях небесных сфер. М., 1964. С. 114.
- 6 *Коперник Н. О* вращениях небесных сфер. М., 1964. С. 35.
- 7 Греческая трагедия. М., 1956. С. 191.
- 8 *Евсюков В.В.* Мифы о вселенной. Новосибирск, 1988. С. 102.
- 9 *Коперник Н. О* вращениях небесных сфер. С. 18.
- 10 Там же. С. 30.
- 11 Там же. С. 21.
- 12 Там же. С. 512.
- 13 *Вейль Г.* Симметрия. М., 1968. С. 35.
- 14 Там же. С. 37.
- 15 *Коперник Н. О* вращениях... С. 506.
- 16 Там же. С. 507.
- 17 Там же. С. 14.
- 18 Там же. С. 12.
- 19 *Коперник Н.* Цит. соч. С. 509.
- 20 Там же. С. 22.
- 21 Там же. С. 433—434.
- 22 Там же. С. 544.
- 23 Там же. С. 14.
- 24 Там же. С. 502.
- 25 Там же. С. 501—502.
- 26 Там же. С. 523.
- 27 Там же. С. 545.
- 28 Там же. С. 509.
- 29 *Гегель Г.В.Ф.* Соч. Т. 5. М., 1939. С. 54.
- 30 *Нейгенбауэр О.* Точные науки в древности. М., 1968. С. 197.
- 31 *Коперник Н. О* вращениях... С. 502.
- 32 Там же. С. 503.
- 33 Подробнее об этом см. в моей книге «История. Логика. Наука». М., 1986.
- 34 Подробнее об этом см. в моей статье «Традиции или альянс традиций?»...// Традиции и революции в истории науки. М., 1991.
- 35 *Коперник Н. О* вращениях... С. 35.
- 36 См.: *Полани М.* Личностное знание. М., 1985.
- 37 *Коперник Н. О* вращениях... С. 378.
- 38 *Кеплер И.* Misterium cosmographicum. Gesamm. Werke. Munchen, 1938. Bd. 1. P. 70.
- 39 Цит. по: *Коперник Н. О* вращениях... С. 225—226.
- 40 Ibid. P. 287.
- 41 *Фуко М.* Слова и вещи. М., 1977.
- 42 Там же. С. 67.

- ⁴² *Холтон Дж.* Тематический анализ науки. М., 1981. С. 47–48.
- ⁴³ *Львоцци М.* История физики. М., 1970. С. 89.
- ⁴⁴ Цит. по: *Коурэ А.* La révolution astronomique. P. 478–479.
- ⁴⁵ Ibid. P. 480.
- ⁴⁶ Принцип римских весов и рычага Борелли заимствует из «Механики» Галилея. См.: *Галилей Г.* Избранные труды. Т. 2. М., 1964. С. 16.
- ⁴⁷ Цит. по: *Коурэ А.* La révolution astronomique. P. 491–492.
- ⁴⁸ Ibid. P. 494.
- ⁴⁹ Ibid. P. 495.
- ⁵⁰ Ibid. P. 496.
- ⁵¹ Ibid. P. 499.
- ⁵² Ibid. P. 504.
- ⁵³ *Галилей Г.* Избранные труды. С. 76–77.
- ⁵⁴ Там же. С. 29.
- ⁵⁵ *Бродель Ф.* Структуры повседневности: возможное и невозможное. М.: Прогресс, 1986. С. 381.
- ⁵⁶ Цит. по: *Коурэ А.* La révolution astronomique. P. 509.
- ⁵⁷ *Холтон Дж.* Тематический анализ науки. С. 62.
- ⁵⁸ Цит. по: *Коурэ А.* La révolution astronomique. P. 500.