

ВСЕЛЕННАЯ ИОГАННА КЕПЛЕРА *

ДЖЕРАЛЬД ХОЛТОН (США)

Работы Иоганна Кеплера (1571—1630) предшествовали работам Галилея, Декарта и Ньютона и в некоторых отношениях были даже более показательны. И тем не менее Кеплер по-настоящему не понят до сих пор. Лишь небольшое из его наследия переведено на английский язык¹. В течение последних 20 лет на английском языке не появилось ни полной биографии², ни основательного исследования его трудов. Отчасти причина этого в кажущемся смешении несовместимых элементов — физики и метафизики, астрономии и астрологии, геометрии и теологии, характерном для творчества Кеплера. Его работы удивительно отличаются от работ Галилея и Ньютона по характеру рассматриваемых проблем. Кеплер гораздо прочнее связан с эпохой, когда анимизм, астрология, числовая магия и чародейство представляли собой проблемы для серьезного обсуждения. Да и стиль его изложения не способствует пробуждению у современного читателя сколько-нибудь значительного интереса, поскольку кажется, что он часто уходит с дороги, ведущей к важным проблемам физической науки. Не является ли это просто результатом неизбежного астигматизма нашей исторической ретроспекции? Мы воспитаны на аскетических стандартах изложения, берущих начало у Евклида и вновь появляющихся, например, в первой и второй Книгах ньютоновских «Начал»³, и научены прятать за сухой схемой истинные этапы открытия — все догадки, ошибки и внезапные вспышки удачи, без которых обычно не существует научного творчества. Но обескураживающая искренность и бурный темперамент Кеплера заставляют его подробно рассказывать нам о путях своего мучительного поиска. И он позволяет себе быть настолько очарованным красотой и многообразием мира в целом, что уже не может постоянно ограничивать свое внимание только теми проблемами, которые действительно могут быть решены. Он дает нам пространный рассказ о своих ошибках, в котором чувствуется плохо замаскированная гордость трудностью поставленной задачи. Обладая богатым воображением, он в любой момент готов прервать свои научные размышления внезапным призывом к читателю прочесть какой-нибудь абсолютно неудобочитае-

* Журнальный вариант. Публикуется с согласия автора. В полном виде будет опубликована в книге Дж. Холтона «Тематические истоки научной мысли», подготовляемой к печати издательством «Прогресс».

¹ Книги 4 и 5 «Epistome of Copernican Astronomy» и Книга 5 «Harmonies of the World». — In: «Great Books of the Western World». Chicago: Encyclopedia Britannica, 1952, v. 16.

² Исчерпывающей биографией Кеплера является книга, написанная выдающимся исследователем его творчества Максом Каспаром (*Caspar M. Johannes Kepler*. Stuttgart, 1950). В 1959 г. она была издана в переводе на английский язык (New York, Abelard-Schuman, 1959). Небольшие, но полезные статьи можно найти в книге «Johann Kepler, 1571—1630» (сборник статей, подготовленный под наблюдением Общества истории науки и Американской ассоциации содействия прогрессу науки). Baltimore, Williams & Wilkins Co., 1931. После того как была написана эта статья, появилось еще несколько важных публикаций о Кеплере.

³ Однако можно сказать, что «Оптика» Ньютона, особенно в последних ее разделах, напоминает стиль Кеплера. Например, в Книге 2 (часть IV, наблюдение 5) содержится попытка связать части светового спектра с «разницами длин монохорда, звучащего тонами октавы».

мый отрывок либо прервать себя тривиальностями и игрой слов, анекдотами о ком-либо или же восхищенными возгласами о новых геометрических соотношениях, числовой или музыкальной гармонии. А временами он вдруг ударяется в поэзию или молитву, одержимый, по его словам, «священным экстазом»... Мы видим, как он идет по пути первооткрывателя, ищет твердую почву, на которой позднее могло бы быть построено здание современной науки; часто этот поиск приводит его в сферы, как теперь нам известно, для этого совсем не подходящие.

Эти черты стиля Кеплера отражают сложную борьбу, сопровождавшую в XVII в. возникновение новой науки. Представления, которые сегодня мы могли бы рассматривать как взаимно исключаящие, оказываются рядом в интеллектуальном арсенале Кеплера.

Первоочередной целью настоящего исследования как раз и является стремление идентифицировать эти разобщенные элементы и показать, что в действительности из их сопоставления обнаруживается многое из того, что составляет силу Кеплера. 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. Классическую картину мира, которая была расколота на две области — небесную и земную, Кеплер пытается объединить при помощи представления об универсальной физической силе. Когда же проблема не поддается физическому анализу, он с готовностью возвращается к конструкциям некоего объединяющего образа, а именно Солнца, находящегося в центре мира и им управляющего, и объединяющего принципа — всеобъемлющей математической гармонии. В результате ему так и не удается осуществить свой первоначальный замысел — дать механическое объяснение наблюдаемому движению планет, но зато ему удается по крайней мере навести мосты между старым взглядом на мир как на неизменяемый космос и новым взглядом на мир как на арену действия динамических и математических законов. А по ходу дела как бы случайно он наталкивается на ту самую нить, которая была необходима Ньютону для окончательного утверждения нового взгляда на вещи...

На пути к небесной машине

Ясное инстинктивное понимание физики и приверженность к метафизике неоплатоников — это две главные черты Кеплера, которые теперь должны быть рассмотрены и в отдельности, и вместе взятые. Что касается первой, то здесь следует заметить прежде всего, что физический гений Кеплера часто остается вне внимания критиков, которые пугаются его многочисленных отступлений в области, находящиеся за пределами науки в ее позднейшем понимании, хотя его «Диоптрика» (1611), математические работы по бесконечно малым (в «Новой стереометрии», 1615) и логарифмам («Тысяча логарифмов», 1624), казавшись бы, прямо предназначены для современного читателя и даже слупроникновение в суть вещей выходило далеко за рамки современного вание движения снаряда на вращающейся Земле, в котором содержится формулировка, эквивалентная принципу независимости скоростей⁴. Другим примером является его взгляд относительно вечного двигателя: «Что касается этого вопроса, — писал Кеплер, — то я полагаю, можно весьма убедительно доказать, что ни вечное движение, ни квадратура круга — две вещи, над которыми ломали головы великие умы на про-

⁴ Письмо к Давиду Фабрициусу (David Fabricius) от 11 октября 1605 г.

тяжении столетий,— никогда не будут иметь места или допускаться природой»⁵.

Но конечно, с наибольшей силой кеплеровский гений проявился в его ранних исследованиях по физике солнечной системы. Он был первым, кто пытался найти универсальный физический закон, основанный на земной механике, с тем чтобы понять всю Вселенную и дать ее количественное описание. В аристотелевской и птолемеевской системе мира и, конечно же, в коперниковской планеты двигались по соответствующим орбитам согласно законам либо чисто математическим, либо механическим, но в неземном смысле. Как указывает Голдбек, сам Коперник предупреждал, что между небесными и просто земными явлениями необходимо сохранять четкое различие, чтобы «не приписать небесным телам того, что принадлежит Земле»⁶. Это коренное различие у Кеплера отсутствует с самого начала. В его юношеской работе 1596 г. «Космографическая тайна» используется единый геометрический принцип для того, чтобы показать неизбежность наблюдаемых данных для орбит всех планет. В этом отношении Земля рассматривается им наравне со всеми другими планетами. Говоря словами Отто Брика, «основной и непреходящий результат состоит в том, что вся мировая система впервые была подчинена единому закону построения — хотя и не закону сил, подобному открытому Ньютоном, а всего лишь непричинному взаимоотношению между пространствами, но тем не менее одному-единственному закону»⁷.

Пять лет спустя Кеплер встречается с Тихо Браге и благодаря ему начинает относиться с уважением к практике точного наблюдения. Его уже не удовлетворяет приблизительное совпадение между наблюдаемыми астрономическими данными и схемой, приведенной в «Космографической тайне». Вне всякого сомнения, Кеплер всегда относился к этой своей работе с любовью, но он понимал, что необходим совершенно иной подход. И тогда он обращается к новой концепции Вселенной. В процессе работы над «Новой астрономией» (1605) Кеплер так обозначает свою программу: «Я много занимаюсь изучением физических причин. Моя цель состоит в том, чтобы показать, что небесная машина должна быть похожа не на божественный организм, а скорее на часовую механику... поскольку почти все разнообразные движения вызываются с помощью одной-единственной и весьма простой магнитной силы, так же как и в случае часового механизма, когда все движения (вызываются) простым грузом. Более того, я показываю, каким образом физическая концепция должна быть представлена посредством вычислений и геометрии»⁸.

Небесная машина, приводимая в движение одной-единственной земной силой, подобно часовому механизму! Поистине пророческая мысль!

⁵ Письмо к Херварту фон Хойенбургу (Herwart von Hohenburg) от 26 марта 1598 г., т. е. за семь лет до того, как Стевин предположил невозможность вечного движения в «*Hypomnemata Mathematica*» (Leyden, 1605). Некоторые из наиболее важных писем Кеплера собраны в книге: *Caspar M. und Dyck W. von. Johannes Kepler in seinen Briefen*. München und Berlin, 1930. Более полное собрание писем на языке оригинала можно найти в томах 13—15 современного издания собрания сочинений Кеплера: «*Johannes Keplers gesammelte Werke*». Ed. Dyck W. von und Caspar M. München 1937 и позднее.

⁶ *Goldbeck E. Abhandlungen zur Philosophie und ihrer Geschichte*. — In: «*Keplers Lehre von der Gravitation*». Halle, Max Niemeyer, 1896, v. VI. Эта полезная монография, показывающая Кеплера как провозвестника механистической астрономии. Ссылка дается на первое издание «*De Revolutionibus*», р. 3 (главное утверждение, с которым было бы бесполезно спорить, состоит в том, что при описании явлений Коперник все же иногда рассматривал Землю иначе, чем другие планеты).

⁷ *Kepler J. Die Zusammenklänge der Welten*. Otto J. Bryck, trans. und ed. Jena, Diederichs, 1918, р. XXIII.

⁸ Письмо Херварту фон Хойенбургу от 10 февраля 1605 г. Приблизительно в это же время Кеплер писал в том же духе Христиану Северину Лонгомонтану относительно связи между физикой и астрономией: «Я полагаю, что обе науки столь тесно взаимосвязаны, что не могут быть полными одна без другой».

Показательно, что опубликованная в 1609 г. «Новая астрономия» имеет подзаголовок «Небесная физика». Эта книга известна главным образом тем, что в ней содержатся первый и второй законы Кеплера относительно движения планет, однако в ней содержится и первая попытка найти единый универсальный закон сил для объяснения движения планет, в частности Марса, а также тяготения и приливов. Захватывающая концепция единства, возможно, еще более поразительна, чем та, которую выдвинул Ньютон, по той простой причине, что Кеплер не имел предшественников.

Физика небесной машины

Первое, что понял Кеплер,— то, что силы между телами определяются не их относительным положением или их геометрическим расположением, как это принималось Аристотелем, Птолемеем и Коперником, а механическим взаимодействием между материальными объектами. Уже в «Космографической тайне» (глава 17) он объявил, что «Nullum punctum, nullum centrum grave est»⁹, и привел пример притяжения между магнитом и куском железа.

В эмоциональных «Опровержениях», которыми Кеплер сопроводил свой собственный перевод трактата Аристотеля «О небе» (*Περὶ οὐρανοῦ*), он провозглашает: «Центр есть всего лишь крошечная точка» (*Das Mittele is nur ein Düpfllin*). «Земля не ястреб, и центр мира не пташка, и он (центр) не магнит, который может притягивать Землю, поскольку он лишен субстанции, а следовательно, не может вызывать действие силы».

Во введении к «Новой астрономии», которое мы рассмотрим теперь более детально, Кеплер выражается совершенно определенно: «Математическая точка — будет ли это центр мира или нет — не может воздействовать на тяжелый предмет и притягивать его... Пусть физики (приверженцы Аристотеля) докажут, что такая сила может быть приписана точке, которая не является материальной и не может быть понимаема иначе как чистое обозначение (знак)».

Таким образом, необходимо «истинное учение относительно тяжести», а определяющие его аксиомы заключаются в следующем: «Тяготение состоит во взаимном телесном стремлении соответствующих тел к союзу или связи (такого же порядка и магнитная сила)».

Это предвосхищение понятия всемирного тяготения никоим образом нельзя рассматривать как какой-то изолированный пример счастливой интуиции. Нет, кеплеровское чувство физической ситуации является поразительно сильным и значительным, о чем свидетельствуют приведенные в книге аксиомы: «Если бы Земля не была круглой, тяжелое тело вынуждено было бы двигаться не отовсюду к центру ее, а из различных мест — к разным ее точкам».

Если бы в любое заданное место Вселенной пришлось перемещать два камня, расположенных близко друг к другу, но находящихся вне поля силы (*extra orbe virtutis*) третьего тела, тогда они пришли бы в некоторый промежуточный пункт вместе, подобно двум магнитным телам, причем путь, по которому первый приближается ко второму, пропорционален массе (*moles*) второго».

А после такого замечания, содержащего в себе зачатки закона сохранения количества движения, следует первая попытка правильно объяснить явление приливов — с помощью силы притяжения Луны.

Однако ахиллесовой пятой небесной физики Кеплера была содержащаяся в первой «аксиоме» аристотелевская трактовка закона инерции, когда инерция отождествляется со стремлением прийти к состоянию покоя,— *causa privativa motus* (причина отсутствия движения).

«Вне поля сил другого тела каждая телесная субстанция, поскольку она является материальной, по своей природе стремится остаться в том же самом месте, в котором она находится»¹⁰.

⁹ «Точка — ничто; ничто же не может быть центром тяжести». — *Перев.*

¹⁰ Ранее Кеплер обсуждал притяжение Луны в письме к Хервату от 2 января 1607 г. Относительное движение двух изолированных объектов и понятие инерции рассматривается в письме к Д. Фабрициусу от 11 октября 1605 г. Об этом см.: *Koyré A. Galileo*

Эта аксиома лишает Кеплера представлений о массе и силе как основных инструментах преобразования небесной метафизики древних в небесную физику нового времени. Без этих представлений вселенская машина Кеплера была обречена. И ему пришлось вводить отдельные силы для тангенциального движения планет по их орбитам и для радиальной компоненты движения. Более того, он предполагает, что сила, которая протекает от Солнца и обуславливает тангенциальное движение, уменьшается обратно пропорционально расстоянию. Весьма интересны происхождение и следствия этого предположения. В главе 20 «Космографической тайны» Кеплер рассуждает о том, почему сидерические периоды обращения, согласно гипотезе Коперника, должны быть больше для более удаленных планет и какой закон сил может быть ответствен за это: «Мы должны принять одно из двух предположений: или силы движения (*animae motrices*) присущи самим планетам и являются тем более слабыми, чем дальше удалены от Солнца, или же существует только одна такая сила в центре орбит, т. е. в Солнце. Она действует тем более неистово, чем ближе расположено (движимое) тело; ее действие на более удаленные тела уменьшается в зависимости от расстояния (и соответственного) уменьшения импульса. Поскольку Солнце содержит и источник света, и центр орбит, то равным образом к тому Солнцу можно свести также жизнь, движение и душу Вселенной... Теперь посмотрим, как же это уменьшение происходит. Для этого предположим — и это весьма вероятно, — что движущая способность ослабевает, распространяясь от Солнца тем же самым образом, что и свет».

Этот соблазнительный образ со всеми своими важными нюансами, которые мы обсудим несколько позднее, все же не привел Кеплера к закону квадратичной обратной пропорциональности, поскольку он полагал, что свет распространяется в плоскости, соответствующей плоскости планетарных орбит. В таком случае получается, что уменьшение интенсивности света связано с линейным увеличением длин окружностей для более удаленных орбит. В своем законе тяготения Кеплер исходит из обратной пропорциональности первой степени. Это именно то, что ему нужно было, чтобы объяснить свои наблюдения, согласно которым скорость планеты на эллиптической орбите убывает линейно с увеличением ее расстояния от Солнца. Таким образом, второй закон Кеплера для движения планет, который он на самом деле открыл раньше так называемых первого и третьего законов, находит свое частичное физическое объяснение в соответствии некоторым ошибочным постулатам.

В действительности, из контекста ясно видно, что именно эти постулаты навели Кеплера на мысль о втором законе¹¹. Однако не всегда все так хорошо кончается. Безусловно, гипотеза относительно физических сил, действующих на планеты, серьезно задержала Кеплера на пути к открытию закона эллиптических орбит (первого закона). Показав, что «путь планеты (Марс) не круг, а овальная фигура», он пытается (глава 45 «Новой астрономии») найти детали закона физической силы, которые могли бы дать количественное объяснение «овальной» орбиты. Но после 10 глав утомительных рассуждений он признается, что «таким образом, поиски физических причин в 45-й главе ни к чему не привели». Затем в знаменательной 47-й главе делается последняя отчаянная попытка сформулировать закон силы. Кеплер даже отваживается ввести представления о магнитных влияниях и животных силах (*vis animalia*), действующих сообща в системе планет. Конечно, эта попытка терпит поражение. Безукоризненная небесная машина, работающая наподобие часового механизма, не может быть сконструирована.

Безусловно, Кеплер не отказался от своего убеждения, что универсальная сила, родственная магнетизму, во Вселенной существует. Например, в Книге «Краткого изложения коперниканской астрономии» (1620) мы встречаем описание Солнца как сферического магнита, у которого один полюс находится в центре, а другой распределен по поверхности сферы. В таком случае получается, что планета, сама намагниченная,

and the Scientific Revolution of the Seventeenth Century.— In: «The Philosophical Review», 52, № 4, 1943, p. 344—345.

¹¹ Ошибочны были не только сами постулаты, но и некоторые детали их использования в рассуждении. Краткое обсуждение этого примера использования Кеплером физики для нужд астрономии см. *Dreyer John L. E. History of the Planetary System from Thales to Kepler.* New York, Dover Publications, 1953, 2-е изд., p. 387—399. Более подробное обсуждение см. в книге: *Caspar M. Johannes Kepler, neue Astronomie.* München und Berlin, 1929.

подобно плоскому магниту, попеременно то притягивается, то отталкивается от Солнца при движении вдоль своей эллиптической орбиты. Но картина остается качественной и неполной, и Кеплер не возвращается к своему первоначальному плану — «показать, как эта физическая концепция может быть представлена посредством вычисления и геометрии». Даже в результате долгого и упорного труда ему так и не удалось сколько-нибудь значительно продвинуться в понимании существа дела. Галилей упоминает работу Кеплера в своем рассуждении о системах мира только для того, чтобы посмеяться над его утверждением, что Луна вызывает приливы, хотя в то же время и данные Тихо Браге, и основанные на них работы Кеплера показали, что схема Коперника, которую столь горячо защищал Галилей, не соответствует экспериментальным фактам относительно движения планет. Ньютон также обошел молчанием имя Кеплера в 1- и 2-й Книгах «Начал», причем третий закон он вводит анонимно как «явление степени $3/2$ », а первый и второй законы — как «коперниканские гипотезы». В результате оказалось, что три закона Кеплера рассматриваются исключительно как эмпирические правила. Как далеко это представление от его первоначального замысла!

Первый кеплеровский критерий реальности, физические проявления природы

Оставим на время в стороне тот факт, что Кеплеру не удалось построить механическую модель Вселенной, и зададимся вопросом, почему вообще он взялся за это дело. Ответ в том, что Кеплер (в гораздо большей степени, чем Галилей) пытался дать понятию реальности новую философскую интерпретацию. Более того, он был хорошо осведомлен о новизне и трудности этой задачи. По его собственным словам, он хотел «вместо теологии или метафизики Аристотеля создать философию или физику небесных явлений»¹². Современники Кеплера в основном относились к его намерению ввести в астрономию физические законы как к бессмысленной затее.

Разница между кеплеровской концепцией «физических» проблем астрономии и методологией его современников ясно проявляется при сопоставлении писем двух величайших астрономов того времени: Тихо Браге и самого Кеплера.

Тихо в письме к Кеплеру от 9 декабря 1599 г. повторяет мысли, которые занимали астрономов в течение двух тысячелетий: «Я не отвергаю того, что небесные движения приобретают некоторую симметрию (благодаря коперниковской гипотезе) и что существуют причины, по которым планеты обращаются вокруг того или иного центра на разных расстояниях от Земли или Солнца. Однако гармония или регулярность схемы должна быть открыта только *a posteriori*... И даже если какому-нибудь озадаченному и безрассудному человеку покажется, что на небесах накладываются круговые движения происходят временами угловатые или иные, большей частью, вытянутые фигуры, то это происходит случайно, и разум должен в ужасе отшатнуться от такого предположения. Ибо совершенно ясно, что обращения небесных объектов необходимо составлять из круговых движений, в противном случае они не смогли бы вечно и неизменно вращаться по одной и той же орбите, и в таком случае было бы невозможным вечное существование, не говоря уже о том, что и орбиты были бы менее просты, нерегулярны и неподходящи для научного исследования».

Под этим манифестом древней астрономии могли бы, конечно, подписаться Пифагор, Платон, Аристотель и сам Коперник. Но Кеплер придерживался другой позиции. В его письме Д. Фабрициусу от 1 августа 1607 г. ясно звучит новый лейтмотив: «Разница состоит только в том, что вы используете окружности, а я — присущие телам силы». В том же самом письме он отстаивает использование эллипса — вместо наложения окружностей — для определения орбиты Марса: «Когда вы говорите, что нельзя сомневаться в том, что все движения совершаются по идеальным окружностям, — пишет Кеплер, — то это является ошибочным для сложных, т. е. реальных движений. При этом объясняют, что, согласно Копернику, они происходят по орбитам, вытянутым в некоторых направлениях, а согласно Птолемею и Браге — по спиралам. Но если вы говорите о компонентах движения, значит, говорите о том, что существует только в

¹² Письмо к Иоганну Бренгеру от 4 октября 1607 г.

мыслях, т. е. о том, что реально не существует, поскольку на небесах ничего нет, кроме самих планетных тел,— ни орбит, ни эпициклов...».

Это прямое и звучащее вполне современно высказывание предполагает, что под словом «реальный» подразумевается «механический», что для Кеплера реальный мир — это мир объектов и их механических взаимодействий.

Итак, мы поддаемся искушению рассматривать Кеплера как философа механистического толка, какими впоследствии считались ученики Ньютона. Но это впечатление обманчиво. И сам Кеплер после неудачи своей программы в «Новой астрономии» рассматривал себя иначе. По-видимому, Кеплер так никогда и не решил окончательно, на каком уровне следует искать критерий реальности — на физическом или на метафизическом. Сами слова «реальный» или «физический» в том смысле, как они использовались Кеплером, содержали два возможных способа интерпретации. Так, получив письмо Местлина от 1 октября 1616 г., Кеплер кратко записал на полях свое собственное определение понятия «физического»: «Я называю свою гипотезу физической по двум причинам... Моя цель состоит в том, чтобы предполагать только такие вещи, относительно которых я не сомневаюсь, что они реальны, а следовательно, физичны, что необходимо сослаться на природу неба, а не элементов. Когда я отвергаю идеальные эксцентрики и эпициклы, я поступаю так потому, что они являются чисто геометрическими предположениями, для которых на небесах нет соответствующего тела. Вторая причина, по которой я называю свою гипотезу физической, такова... я доказываю, что нерегулярность движения (планет) соответствует природе планетарной сферы, т. е. является физической».

Таким образом, на тему природы небес накладывается тема природы тел. В таком случае как же теперь узнать, находится ли данный постулат или концепция в согласии с природой вещей?

Этот вопрос — главный, и Кеплер в одно и то же время дает на него два совершенно различных ответа, как если бы они возникли из двух разных частей его души. Один из этих ответов можно было бы перефразировать следующим образом: физически реальный мир, который определяет природу вещей, представляет собой мир явлений, допускающих объяснение, исходя из механических принципов. Это определение может быть названо первым кеплеровским критерием реальности; оно предполагает возможность формулирования широкой и согласованной динамической теории, которую Кеплер только предчувствовал, но которая не была сформулирована до появления ньютоновских «Начал». Другой ответ Кеплера, к которому он возвращался снова и снова, когда из-за несовершенства динамики его постигали неудачи, таков: физически реальный мир — это мир математически выраженной гармонии, которую человек может обнаружить в хаосе событий. Это определение мы теперь и обсудим по возможности более подробно.

Второй кеплеровский критерий реальности — математическая гармония природы

Неудача Кеплера в построении небесной физики не отразилась на его концепции астрономической Вселенной. И было бы, конечно, странно, если бы у него не было готовой альтернативы механистическому взгляду на вещи.

Второй критерий, второй ответ Кеплера относительно природы физической реальности имел своим происхождением тот же самый источник, что и его первоначальный интерес к астрономии и его очарованность Вселенной, допускающей математическое описание, а именно метафизика, уходящая своими корнями в труды Платона и неоплатоников вроде Прокла Диадоха. Это был критерий гармоничной регулярности описательных законов науки. Этот критерий нельзя рассматривать как просто возрождение старой доктрины. Представление Кеплера о том, что значит «гармоничное», было гораздо более широким и значительным.

Конкретным примером здесь опять-таки может служить второй закон, «закон равных площадей». Согласно Тихо Браге, Копернику и ве-

ликим греческим астрономам, гармоничная регулярность поведения планет должна была состоять в равномерном движении по окружностям. Но Кеплер в результате долгих сомнений пришел к выводу, что орбиты являются эллипсами, по которым планеты движутся неравномерно. Фигура получилась кривобокая. Скорость изменяется от точки к точке. И тем не менее внутри этой двойной несуразницы таится гармоничная регулярность, которая приводит в восторг своего восхищенного первооткрывателя. А именно, выясняется факт, что линия, проведенная от Солнца, находящегося в фокусе эллипса, к планете, движущейся по нему, заметает равные площади в равные промежутки времени. Для Кеплера этот закон является гармоничным в трех различных смыслах.

Во-первых, он соответствует опыту. В то время, как Кеплеру, несмотря на долгие и мучительные усилия, не удалось привести классическую схему суперпозиции окружностей в соответствие с точными наблюдениями движения Марса, проведенными Тихо, эллиптическая орбита сразу же удовлетворила этим наблюдениям. «Гармония должна соответствовать опыту»¹³ — таков был девиз Кеплера. Как же это было тяжело для Кеплера — пифагорейца до мозга костей — предпочесть эллипсы окружностям! Для зрелого ученого обнаружить в процессе своей работы необходимость отказаться от взлелеянных и прочно укоренившихся предположений, от самой основы своих предыдущих работ для того, чтобы удовлетворить требованиям количественного эксперимента, — это было, возможно, одним из величайших жертвенных актов новой науки, который можно сравнить со страданиями Макса Планка в науке нашего времени.

Второй причиной для рассмотрения этого закона как гармоничного является наличие (или открытие) постоянства, хотя это больше уже не постоянство просто угловой скорости, а постоянство «поверхностной» скорости.

Типичным законом античной физики был архимедовский закон рычага — соотношение между непосредственно наблюдаемыми объектами при статическом расположении (равновесии). Даже в мировых системах Коперника и кеплеровской «Космографической тайны» их авторы вынуждены были прибегнуть к зрительным образам в виде набора закрепленных концентрических сфер. Вспомним также, что Галилей никогда не прибегал к использованию кеплеровских эллипсов, а оставался истинным последователем Коперника, который говорил, что «разум содрогается» при мысли о возможности некругового неравномерного движения небесных тел и что «было бы недостойно предполагать такую вещь в Творении, осуществленном наилучшим из возможных образом».

С введением первого закона Кеплера и постулата об эллиптичности орбит старое понятие простоты было разрушено. Второй и третий его законы установили физический закон постоянства в качестве руководящего принципа в изменяющихся ситуациях. Как и понятия количества движения и теплоты в позднейших законах сохранения, сама «поверхностная» скорость также является понятием, весьма далеким от того, что можно наблюдать непосредственно. Следовательно, это был смелый шаг в поисках гармонии, которая бы выходила за пределы как непосредственного восприятия, так и сложившихся представлений.

В-третьих, рассматриваемый закон был гармоничным во всеобъемлющем смысле: закрепленная точка отсчета в этом законе равных площадей, «центр» планетарных движений есть не что иное, как центр самого Солнца, в то время как даже в коперниканской схеме Солнце было несколько смещено относительно центра планетарных орбит.

¹³ Цит. по: «Kepler. Weltharmonik», ed. Max Caspar München und Berlin, R. Oldenburg, 1939, p. 55.

С помощью такого открытия Кеплер сделал, наконец, систему планет истинно гелиоцентрической и тем самым удовлетворил своему инстинктивному и ясному требованию, чтобы существовал материальный объект, являющийся тем самым «центром», к которому в конце концов должны сводиться физические взаимодействия, удерживающие систему в надлежащем движении.

Гелиоцентрическая и геоцентрическая Вселенная

Для Кеплера этот третий, последний фактор был источником особого воодушевления. Солнце, закрепленное в привилегированном месте, в центре системы планет, вполне соответствовало той картине мира, которая всегда стояла за спиной скучных цифр в таблицах Кеплера. Это соответствовало картине центристической Вселенной, обращенной к Солнцу и управляемой им, причем Солнце выступает в различных качествах — как математический центр в описании небесных движений, как центральный физический фактор, определяющий непрерывность движения, и прежде всего как метафизический центр, храм Божества. На самом же деле эти три роли у Кеплера неотделимы друг от друга.

Используя характерный для него метод рассуждения при помощи архетипов, Кеплер приводит дальнейшие доводы и аналогии в пользу этого положения. Наиболее известным является сравнение мировой сферы с троицей. Солнце, находясь в центре сферы и являясь тем самым антицедентом двух других ее атрибутов — поверхности и объема, сравнимо с Богом-Отцом. Эта аналогия в различных вариантах встречается в сочинениях Кеплера повсюду, включая и многие из его писем. Образ преследовал его с самого начала (например, глава 2 «Космографической тайны») и до конца. Ясно, что это никак нельзя назвать просто «поклонением Солнцу»¹⁴. В самом крайнем случае можно было бы допустить, что Кеплер (с его бьющей через край фантазией) — поклонник всей солнечной системы в целом и каждой ее части в отдельности.

Одержимость идеей солнца-образа может быть объяснена неоспоримым влиянием таких неоплатоников, как Прокл (V в.) и Витело (XIII в.). В свое время у неоплатоников существовало представление, отождествляющее свет с «источником всего сущего» и утверждающее, что «пространство и свет — это одно и то же». Главным занятием неоплатоников XVII в. было, безусловно, выражаясь современным языком, преобразование свойств пространства, света и души. Открытие Кеплером истинно гелиоцентрической системы не только находится в точном согласии с концепцией Солнца как верховного существа, но и позволяет ему впервые посмотреть на местоположение Солнца с физической точки зрения.

В средние века и в аристотелевской, и в неоплатонической метафизике бог, как правило, помещался или за последней небесной сферой, или повсюду в пространстве, поскольку эти две возможности и обеспечивали для Божества «место», относительно которого были бы равнозначными все небесные движения. Однако Кеплер выбрал третью возможность: в истинно гелиоцентрической системе бог мог быть помещен внутри самой солнечной системы, воцарившись, так сказать, на фиксированном и общем для всех объекте, который совпадает с источником света и источником физических сил, удерживающих систему планет вместе. В «Обращении небесных сфер» («De Revolutionibus») Коперник краешком глаза увидел этот образ и, описывая устройство планетной системы, заметил: «В середине всего, не двигаясь, покоится

¹⁴ См. например, *Burt E. A. The Metaphysical Foundation of Modern Science*. London, Routledge Kegan Paul, 1924 and 1932, p. 47 и далее.

Солнце. Действительно, кто в этом наипрекраснейшем храме не поместил бы источник света в то место, откуда он смог бы освещать все остальное!» Однако и Коперник, и Кеплер прекрасно знали, что коперниканское Солнце находится не совсем «в середине всего». Отсюда понятна радость Кеплера, когда он нашел — и это было одно из самых ранних его открытий, — что плоскости орбит всех планет пересекаются в месте нахождения Солнца.

Тройственность гелиоцентрического образа как математического, физического и метафизического центра помогает понять, почему Кеплер был им так очарован. Как пишет Вольфганг Паули в своей интереснейшей работе о творчестве Кеплера, именно здесь и находится мотивационная основа: «Поскольку Солнце и планеты он рассматривал на фоне этого фундаментального образа (archetypische Bild), он верил в гелиоцентрическую систему с религиозной страстностью. Именно эта вера и привела его к поискам истинных законов о соотношениях, имеющих место при движении планет...»¹⁵.

Подводя итог, можно сказать, что кеплеровская физика была гелиоцентрической по своей кинематике, но геоцентрической по динамике. Гармония здесь основывалась, в частности, на способности божества обуславливать дополнительные физические законы, основывающиеся на концепции специфических количественных сил. Не сумев найти механические движители мировой машины, Кеплер смог по крайней мере дать уравнение ее движения.

Источник кеплеровских гармоний

Не умея соотносить астрономические работы Кеплера с физической наукой в ее современном смысле, многие склоняются к тому, чтобы рассматривать его по другую сторону воображаемой линии, разделяющей классическую и современную науку. Но прежде всего необходимо выяснить, существует ли столь большой разрыв между гармонией, которую древние находили в круговом движении и в рациональных числах, и гармонией, которую Кеплер видел в эллиптическом движении и в пропорциональности экспоненты. Не является ли это просто обобщением установившейся точки зрения? На это следует дать отрицательный ответ. И для древних, и для большинства современников Кеплера Божество проявлялось в природе посредством законов, хотя и не количественных, но гармоничных, причем их гармоничность была довольно самоочевидной. Аксиоматическая простота кругов, сфер и их наборов уже сама по себе должна была доказывать их связь с божественным. Однако гармония Кеплера основывалась именно на том факте, что браколичественное определение взаимодействий в классическом понимании по узким кругом потребностей, то новый подход в природе было ограниченого метафизическая подоплека, открывал воображению бесконечное множество возможностей. Из этого непосредственно вытекало, что там, где классическая мысль использовала количественные результаты эксперимента главным образом, чтобы заполнить данную матрицу, исходя из априорной необходимости, новый подход позволял результатам эксперимента обнаруживаться самим по себе, вне зависимости от того, какова модель природы в действительности была выбрана из бесконечного набора возможностей. Таким образом, были созданы условия для возникновения точки зрения, характерной для большинства современ-

¹⁵ Pauli W. Der Einfluss archetypischer Vorstellungen auf die Bildung naturwissenschaftlicher Theorien bei Kepler.— In: «Naturerklärung und Psyche». Zurich, Rascher Verlag, 1952, p. 129. Английский перевод Юнга и Паули: «The Interpretation of Nature and the Psyche». New York, Panteon Books, 1955.

ных ученых, которые понимают мировую гармонию в некотором эстетическом смысле, поскольку рассудок способен обнаружить порядок, присущий хаосу событий и выраженный в форме математических законов, какими бы ни были сами эти законы. Как справедливо было сказано в одной из книг о творчестве Кеплера, «гармония больше не заключается в числах, которые могут быть взяты из арифметики, игнорируя процесс наблюдения. Гармония — это уже и не свойство, присущее кругу в большей степени, чем эллипсу. Гармония возникает тогда, когда многообразие явлений упорядочивается при помощи единого математического закона, выражающего космическую идею»¹⁶.

Процедура, с помощью которой можно постигнуть гармонию, совершенно четко описана в главе I Книги 4 «Гармонии мира». Есть два вида гармонии, а именно гармония в смысле явления, которую представляет, например, музыка, и «чистая» гармония, которая «создана на основе математических представлений». Чувство гармонии возникает, когда получается, что обнаруживаемый порядок совпадает с соответствующим врожденным архетипом (archetypus, Urbied). Сам архетип является частью сознания бога и внесен в человеческую душу Божеством, когда оно создавало человека по своему подобию.

Сходство с платоновской доктриной идеальных форм здесь очевидно. Но в то время, как согласно обычной интерпретации эти формы ищутся вне человеческой души, кеплеровские архетипы находятся внутри нее. Как он говорит, подводя итог дискуссии, душа содержит «не подобие истинного образца (paradigma), а сам истинный образец... Таким образом, в конце концов сама гармония становится всецело душой, более того — богом».

Это последнее оправдание кеплеровских поисков математической гармонии. Исследование природы становится исследованием божественной мысли, которую мы можем постичь благодаря языку математики...

Два божества Кеплера

В заключение можно добавить несколько слов относительно психологической ориентации Кеплера. Следует помнить, что наука не была первоначальной целью Кеплера. Он изучал философию и теологию в Тюбингенском университете; только за несколько месяцев до того, как стать священником, он внезапно — и притом с сожалением — узнал, что университетские власти решили направить его учителем математики и астрономии в Грац. Годом позже, уже работая над «Космографической тайной», Кеплер писал: «Я хотел стать теологом; долгое время я не находил себе места, теперь, однако, вижу, что благодаря моим усилиям бог прославляется и в астрономии»¹⁷. А в последних своих сочинениях он неоднократно упоминает об астрономах как о служителях божества в книге природы.

Начиная с самых ранних своих сочинений и до самого конца жизни, Кеплер сохранял направленность и интенсивность своих религиозно-философских интересов.

Однако, как вновь и вновь показывают его труды, в глубине души Кеплер относился к этому вопросу двойственно, ибо сразу же за лютеранским богом, открывающимся ему непосредственно в словах Библии, стоял пифагорейский бог, воплощенный в непосредственности доступной наблюдению природы, а также в математической гармонии солнечной системы, устройство которой Кеплер сам проследил, — бог,

¹⁶ Keiser H. Kepler als Philosoph. Stuttgart, E. Suhrkamp, 1932, p. 47.

¹⁷ Письмо к Местлину от 3 октября 1595 г.

«которого я могу распознать при созерцании Вселенной, как если бы она была создана моими собственными руками»¹⁸.

Это высказывание поразительно к месту: проникательность Кеплера была столь глубока, что абстрактное сливалось в нем с конкретным. Здесь-то и содержится ключ к загадке Кеплера, объяснение кажущихся трудностей и несоответствий в его сочинениях и поступках. В едином ослепительном образе Кеплер увидел три основные темы или космологические модели, налагающиеся друг на друга: Вселенную как небесную машину, Вселенную как математическую гармонию и Вселенную как образец всеобщего теологического порядка. Это было представление, в котором гармония была взаимозаменяема по отношению к силам и в котором геоцентрическая идея Вселенной приводила к результатам принципиальной важности для возникновения новой науки.

Перевод В. С. Курсанова

¹⁸ Письмо к барону Штралендорфу от 23 октября 1613 г.