

Главный редактор
В. М. Орел

Редакционная коллегия:

Г. И. Абелев, Д. А. Баюк (зам. главного редактора),
О. П. Белозеров (отв. секретарь), В. П. Борисов, В. Б. Брагинский,
Вл. П. Визгин, Г. Г. Григорян, С. С. Демидов, И. С. Дмитриев, В. Д. Есаков,
Ю. А. Золотов, С. С. Илизаров, С. П. Инге-Вечтомов, В. П. Козлов,
Э. И. Колчинский, Н. И. Кузнецова, В. В. Малахов, В. С. Мясников,
А. Н. Паршин, В. Л. Пономарева, А. В. Постников (зам. главного редактора),
И. Е. Сироткина, Д. А. Соболев

Международный редакционный совет:

Джессика Ванг (Канада), Лорен Грэхэм (США), Лиу Дунь (КНР),
Владимир Кирсанов (Россия), Кеннет Кноспел (США),
Алексей Кожевников (Россия), Лидия Кожина (Россия),
Джон Криге (США), Юрий Наточин (Россия),
Доминик Пестр (Франция), Ганс Йорг Райнбергер (ФРГ),
Нильс Ролл-Хансен (Норвегия), Вячеслав Степин (Россия),
Дуглас Уинер (США), Дэвид Холлоуэй (США),
Юрий Храмов (Украина), Саймон Шейфер (Великобритания)

Редакторы – Фирсова Галина Александровна,
Белозеров Олег Петрович (информационный раздел)
Заведующая редакцией – Дроздова Людмила Николаевна

Сдано в набор 22.03.2007. Подписано к печати 19.04.2007. Формат 70 × 100 ¹/₁₆
Офсетная печать. Усл.печ.л. 18,2. Усл.кр.-отт. 10,2. Уч.-изд.л. 23,0. Бум.л. 7,0
Тираж 552 экз. Заказ 181

Учредители: Российская академия наук,
Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН

Издатель – Академиздатцентр «Наука», 117997, Москва, Профсоюзная ул., 90
Адрес редакции: 119991, Москва, Мароновский пер., 26.
тел.: (495) 938-60-16, факс: (495) 938-60-22
E-mail: redakcia-viet@yandex.ru

Отпечатано в ППП «Типография «Наука»». 121099, Москва, Шубинский пер., 6

© Российская академия наук, 2007 г.

© Редколлегия журнала «Вопросы истории естествознания и техники» (составитель), 2007 г.

А. Н. ПАВЛЕНКО

КОНЕЧНОЕ *ВСЕ* БЕСКОНЕЧНОЙ ВСЕЛЕННОЙ

(роль парадоксов в интересубъективном обосновании космологического знания)*

В истории науки, без сомнения, самыми интригующими являются вопросы «происхождения» как самой науки в целом, так и отдельных научных дисциплин. Установление водораздела между «донаукой» и «наукой» – дело чрезвычайно сложное, так как требует применения «решающего критерия», выбор которого часто оказывается произвольным или, во всяком случае, «жестко детерминированным» научной школой, личным предпочтением, общепринятыми стандартами и т. д.

Чтобы избежать произвольности, можно применить прием, который позволит освободиться от необходимости чрезмерных натяжек и излишних обобщений. В самом деле, вместо того чтобы пытаться точно установить место, время и условия рождения науки (какой-то конкретной дисциплины) – для объяснения такого феномена *можно потребовать* учета социальных, экономических, технических, культурных и даже религиозных аргументов¹ – гораздо эффективнее рассмотреть рождение «теоретического объекта» этой дисциплины. Именно он поможет нам четко указать линию, за которой начинается конкретная научная дисциплина.

Постановка вопроса о возникновении явно выделенного объекта космологии – что с нашей точки зрения означает появление самой космологии как науки – сталкивается с трудностью. Трудность заключается в следующем: что считать объектом космологии? Если объект космологии – это чувственно наблюдаемый Космос (Вселенная), то и модель этого Космоса должна была бы быть прямым продолжением чувственного наблюдаемого Космоса. Схема: «модель есть обобщенное продолжение наблюдения». Если объект космологии – это умственно наблюдаемый космос (теоретический), то и чувственно наблюдаемый Космос должен был бы быть прямым продолжением умственно наблюдаемого космоса – теории. Схема: «наблюдаемый Космос есть продолжение теории». Далее мы увидим, что эти противостоящие друг другу подходы периодически доминировали в истории космологии.

Проблема возникновения космологии как науки

В качестве исследуемой области выберем историю возникновения *европейской научной космологии*. По обсуждаемому вопросу в литературе нет однозначного мнения. Так, Милтон Мюнитц полагает, что космология прошла

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФНФ, проект № 06-03-00306а.

¹ Подробнее см.: Павленко А. Н. Теория и театр. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2006. Гл. 2, 4.

четыре главные стадии в развитии ее объекта². Возникновение самого объекта Мюнитц объясняет увеличением степени «рационализации» исследования. «Первая стадия, – говорит Мюнитц, – характеризуется переходом от методов, близких мифологическим космогониям, к использованию более рациональных, зачаточно-научных построений досократических ионийских и пифагорейских школ»³.

Томас Кун связывает рождение «научной космологии» с появлением «двухсферной модели Вселенной». В параграфе «Рождение научной космологии – двухсферная Вселенная» Кун говорит буквально следующее:

С возникновением двухсферной схемы мало ясности, но исток ее убедительности прозрачен. Сфера небес есть только небольшой шаг от небесного купола египтян и вавилонян, и небес, выглядящих куполом... Соединение небесного свода над Землей с симметричным сводом, находящимся внизу, дало Вселенную с приемлемой и завершенной целостностью. Вращение получившейся сферы демонстрируется самими звездами; как мы легко можем обнаружить, постоянное вращение внешней сферы, один раз за 23 часа и 56 минут, совершает полный оборот, который мы уже описывали...⁴

Речь идет об идее Анаксимандра из Милета, предложившего как раз сферическую модель космоса, в котором Земля покоится в центре⁵.

В самом деле, ответить на вопрос, «что такое научная космология», значит, по сути, продемонстрировать, как, когда и где возникает объект научной космологии, позволяющий говорить, что мы имеем дело именно с научной космологией, а не с мифологическим, религиозным и т. д. описанием мира. Впервые с такого рода знанием мы сталкиваемся уже в Античности.

Рождение космологии как теоретической науки из дотеоретического знания путем преодоления парадоксов

Космологический парадокс Платона: движутся ли планеты круговым, равномерным и безостановочным движением или они движутся попятным, неравномерным и остановочным движением. Возникновение греческой науки, равно как и научной космологии, в самом общем виде обязано, с нашей точки зрения, прежде всего открытию греками фундаментальных принципов бытия – своеобразных «онтологических законов»: «закону тождества» и вытекающему из него «закону непротиворечия»⁶. Подкрепляя это утверждение,

² Об этом см.: Theories of the Universe. From Babylonian Myth to Modern Science / Ed. M. R. Munitz. Glencoe: The Falcon's Wing Press, 1957. P. 1.

³ Theories of the Universe... С. 1. (Перевод мой. – А. П.)

⁴ Kuhn, T. S. The Copernican Revolution. Cambridge & London: Harvard University Press, 1957 (Reprinted Edition, 1985). P. 28. (Перевод мой. – А. П.)

⁵ Аристотель в трактате «О небе» (В13, 295 b10) передает нам следующее: «Но есть и такие, кто полагает, что Земля покоится вследствие "симметрии", как, например, из старинных [философов] Анаксимандр. По их мнению, тому, что помещено в центре и равноудалено от крайних точек, ничуть не более надлежит двигаться вверх, нежели вниз или в боковые стороны. Но одновременно двигаться в противоположных направлениях невозможно, поэтому оно по необходимости должно покоиться». (Перевод А. В. Лебедева.)

⁶ Позднее эти законы по глубокому недоразумению связываются исключительно с процессом мышления. Такая редукция, с нашей точки зрения, абсолютно некорректна. См.: Павленко. Теория и театр... § 4.6.

покажем, что греческая космология своим рождением обязана именно принципам тождества и непротиворечия.

Из исследований по истории астрономии и космологии хорошо известно, что астрономические познания жителей Средиземноморья – прежде всего жителей Вавилона и Египта – были достаточно обширными⁷. Однако эти астрономические познания в большинстве случаев носили прикладной характер: для составления звездных карт, нужд мореплавания, предсказания солнечных затмений, для религиозных обрядов, составления календаря, циклов водозабора в результате разлива рек и т. д.⁸ Среди существующих астрономических знаний космологии – учению о мире (космосе) как целом – отводилась религиозная либо мифологическая роль.

Следуя требованию научной честности, мы должны признать один неоспоримый факт: впервые к такому объекту, как «космос в целом», *принципы тождества и непротиворечия* применил Платон. В «Тимее» (33b–34b) Платон говорит о том, что космос является сферичным и движется круговым движением. Такое движение считалось совершенным, ибо более всего подобало богу – Демиургу. Платон также знал, что помимо сферы неподвижных звезд, Луны и Солнца в космосе существуют пять других «блуждающих звезд» – *планет* (от греч. *πλανήτης*), некоторые из которых движутся неравномерно. Давая астрономическое описание устройства космоса (в «Тимее» 38 с–d и «Послезаконии» 987 b–d), Платон в *явном виде* осознал основное затруднение (противоречие) в объяснении устройства космоса:

Первое утверждение: «Ум (умозрение) указывает на то, что космос является сферичным, двигаясь круговым, равномерным и безостановочным движением».

Второе утверждение: «Чувства (чувственное зрение) указывают на то, что движения планет неравномерны – Сатурн, Юпитер, Марс и Луна вращаются с неодинаковой скоростью (Тим. 39a).

Итак, перед нами то, что сегодня квалифицируется как «научная проблема». С логической точки зрения – два приведенных выше утверждения относятся друг к другу как два взаимоисключающих высказывания, т. е. содержат в отношениях между собой «противоречие». *Как только Платон его сформулировал в явном виде – так фактически сразу Платон «запустил» аналитический механизм его преодоления.*

Действительно, Платон сам, не будучи профессиональным математиком, ставит задачу решения этой проблемы, согласно Симпликию⁹, перед математиками Академии. Из истории науки хорошо известно, что она была решена математиком Евдоксом – слушателем Академии и учеником пифагорейца

⁷ См., например, работы: *Ван дер Варден Б.* Пробуждающаяся наука. Т. II.: Рождение астрономии. М., 1991; *Рожанский И. Д.* Античная наука. М., 1980.

⁸ См.: *Kuhn.* The Copernican Revolution... P. 4–28.

⁹ Симпликий сообщает: «Приняв принципиальное допущение, что небесные тела движутся круговым, равномерным и неизменно постоянным движением, он поставил перед математиками следующую задачу: какие из равномерных, круговых и упорядоченных движений должны быть положены в основу [теории], чтобы можно было объяснить явления, связанные с «блуждающими» светилами». Цит. по: *Рожанский И. Д.* История естествознания в эпоху эллинизма и Римской империи. М., 1988. С. 229.

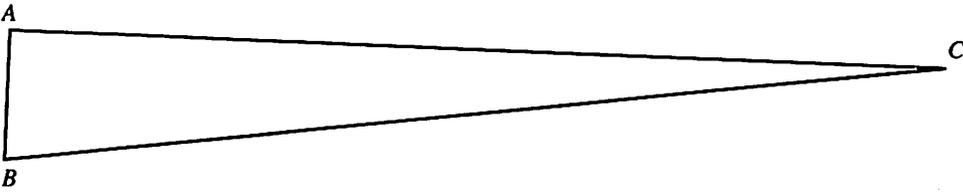
Архита. Созданная им модель «гемоцентрических сфер» была *математической моделью по определению* и опиралась на аргумент «так, как если бы». Особенность этой модели – с эпистемологической точки зрения – заключалась в том, что она в неприкосновенности сохранила «космологический принцип» Платона¹⁰. Здесь важно еще раз подчеркнуть, что Платон запускает именно *аналитический механизм решения первого собственно космологического парадокса*, значение которого, например для того же Куна, оказывается невелико, и он сужает его значение до области «планетной проблемы» во второй главе своей работы¹¹. Однако в основании этого парадокса уже отчетливо различимы черты будущей науки – несоответствие наблюдаемого умозрением (умом) и наблюдаемого чувственным зрением или, говоря современным языком, – несоответствие *эмпирических данных и теоретического знания*. В каком виде проявилось преодоление парадокса – эмпирические данные получают переинтерпретацию в новой теоретической модели Евдокса. Переинтерпретацию, согласно которой *в действительности планеты совершают круговое вращение по своим орбитам, и это только мы видим (нам кажется)*, что они движутся попятно (неравномерным, некруговым и остановочным движением).

В IV в. до н. э. сообщество ученых принимает такие доводы, руководствуясь исключительно теоретическими соображениями. В чем причина? По нашему мнению, в том, что «теоретические доводы» доступны для «наблюдения умом» каждому ученому. Ученый их принимает или не принимает, но при этом он не может не руководствоваться условно-категорическим умозаключением, выступающим в данном случае в качестве закона: «Если P , то Q ; P , следовательно Q ». Если мы вместо P подставим первое утверждение, «если *наблюдаемый умом космос движется круговым, равномерным и безостановочным движением*», а вместо Q – суждение, «то наблюдаемые зрительно планеты также движутся *равномерным и безостановочным движением*», а также примем первое суждение за истинное, то с необходимостью получим вывод: «*чувственно наблюдаемый космос – в действительности – движется круговым, равномерным и безостановочным движением*». Это только нам кажется, что они движутся «неравномерно», «попятно» и с «остановками». Сообщество ученых и философов совершает интерсубъективное принятие такого вывода до всякого «наблюдательного подтверждения», которое в то время, заметим, всегда было *налицо!* Ниже мы увидим, что так было не всегда.

Парадокс Аристарха Самосского: является ли центром Космоса Земля или им является Солнце. Следующий значительный шаг в становлении научного объекта космологии совершает Аристарх Самосский (ок. 320 – ок. 250), он также обнаруживает парадокс в существующем объяснении устройства космоса. Аристарх Самосский исходил из того, что Луна светит отраженным солнечным светом. Величина освещенной части Луны в различных фазах зависит от угла, который составляют в это время прямые Солнце – Луна (СА) и Земля – Луна (ВА).

¹⁰ Это тот самый «космологический принцип» Платона, которого, кстати, в его астрономической части придерживался еще Н. Коперник, полагая, что Вселенная сферична, а планеты вращаются по *круговым* орбитам.

¹¹ См.: *Kuhn. The Copernican Revolution... P. 45–77.*



Во время «четверти» Луны этот угол равен 90° . Если в этот момент измерить угловое расстояние между Луной и Солнцем, то можно было бы определить отношение расстояния от Земли до Луны. Измеряя во время «четверти» Луны это угловое расстояние, Аристарх получил 87° . Следовательно, угол, под которым был виден с Солнца отрезок (AB) (расстояние от Земли до Луны), составлял 3° . При таком соотношении углов в треугольнике ABC (Луна – Земля – Солнце) катет AB (Луна – Земля) в 19 раз меньше гипотенузы BC (Земля – Солнце)¹².

Из измерений Аристарха Самосского следовало, что Солнце находится в 19 раз дальше от Земли, чем Луна. Но поскольку видимые размеры лунного и солнечного дисков одинаковы, то Солнце, в действительности находясь дальше Луны, должно быть значительно больше ее. Дальнейшие рассуждения привели Аристарха к выводу, что объем Солнца превосходит объем Земли в 300 раз. Осознав громадность размеров Солнца, Аристарх сделал вывод: *движение огромного Солнца вокруг значительно меньшей его Земли совершенно неправдоподобно*, следовательно, не Солнце вращается вокруг Земли, а Земля – вокруг Солнца.

Мы видим, что Аристарх, опираясь на наблюдения, чисто теоретическим способом сформулировал парадокс:

Утверждение первое: 1) Умозрение (математические расчеты) показывает, что Земля и другие планеты вращаются вокруг Солнца как наиболее массивного тела, которое является центром мира.

Утверждение второе: Чувственное зрение (опыт, опирающийся на чувственные наблюдения) показывает, что Солнце и другие небесные тела вращаются вокруг Земли, которая является центром мира.

Вывод Аристарха – более массивное тело не может вращаться вокруг менее массивного, следовательно, не Солнце и другие планеты вращаются вокруг Земли, а Земля и другие планеты вращаются вокруг Солнца. Другими словами, в качестве решения парадокса Аристарх Самосский впервые в истории космологии предлагает гелиоцентрическую модель уже в III в. до н. э. Аргумент, высказанный еще Аристотелем против предположений о вращении Земли вокруг оси и вокруг центрального тела Космоса, – вращения должны приводить к изменению конфигурации звезд на небесном своде – Аристарх преодолевает допущением о том, что расстояние от Земли до Солнца ничтожно в сравнении с расстоянием от Земли до неподвижных звезд.

¹² Следует отметить, что измерения Аристарха не были еще совершенны. Угловой размер расстояния от Земли до Луны составляет не 3° , как полагал Аристарх, а только $9'$, т. е. в 20 раз меньше и, следовательно, расстояние от Земли до Солнца не в 19 раз больше расстояния от Земли до Луны, а в 400. Таким образом, и реальный объем Солнца превосходит земной на значительно большую величину.

Однако существовавшая тогда эпоха продолжала оставаться под влиянием аристотелизма, с его максимой: «физическое знание должно опираться на забываемость роли чувственного опыта».

В III в. до н. э. сообщество ученых принимает такие доводы, руководствуясь уже не теоретическими соображениями, а наблюдательными. В чем причина? По нашему мнению, в том, что «теоретические доводы» оказались слишком абстрактными (теоретическими) – «невероятными» – для ученого того времени. Поэтому он руководствовался уже опровергающим условно-категорическим законом:

Если верно, что P , то с необходимостью верно, что Q .
 Q – неверно,
 следовательно, с необходимостью неверно, что P .

Если мы вместо P подставим первое утверждение из парадокса: «Если верно, что Солнце является центром Космоса», а вместо Q суждение, «то Земля, Луна, Марс, Юпитер и другие планеты вращаются вокруг Солнца». Второе суждение для ученого III в. до н. э. было совершенно нелепым. В самом деле, чувственное зрение (эмпирические наблюдения) нам указывает на то, что Луна, Марс, Юпитер и другие планеты вращаются – по видимости – вокруг Земли (не вращаются вокруг Солнца). Отсюда ученый делал окончательный вывод. Следовательно, «Солнце не является центром Космоса». На этот раз сообщество ученых и философов совершает интересующее принятие именно такого вывода. В отличие от случая с парадоксом Платона, здесь сообщество отдает предпочтение эмпирическим наблюдательным аргументам, тем самым препятствуя продвижению космологии к адекватному объяснению устройства мира.

Система Птолемея

Перед Птолемеем стояла задача усовершенствовать геоцентрическую систему так, чтобы устранить две принципиальные трудности модели Калиппа, в свою очередь, являвшиеся усовершенствованием модели Евдокса. Первая касалась неравенств времен года, имевших начиная с весны неравное количество дней: 92, 89, 90, 94, в то время как система сфер была гомоцентрическая, т. е. благодаря равномерному вращению сфер все времена года должны были быть одинаковыми. Однако наблюдения показывали их временное различие. Другими словами, такая неравномерность движений была присуща Солнцу. Кроме того, были обнаружены неравномерности и в движении Луны.

Другой трудностью было уже обсуждавшееся выше «попятное» движение пяти планет. Аристарх Самосский блестяще решал последнюю, но его взгляды не получили распространения. Поэтому перед такими астрономами, как Аполлоном Пергским, Гиппархом и Клавдием Птолемеем, стояла задача – преодолеть эти трудности, т. е. усовершенствовать гомоцентрическую (геоцентрическую) модель, объясняющую наблюдаемое движение планет по небосводу.

Существует точка зрения, согласно которой идеи эксцентра и эпицикла были впервые высказаны Аполлоном Пергским. С помощью эксцентра (рис. 1)

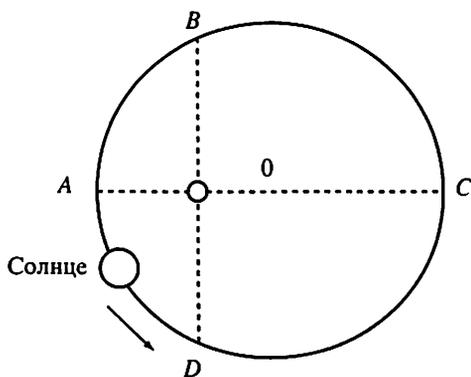


Рис. 1

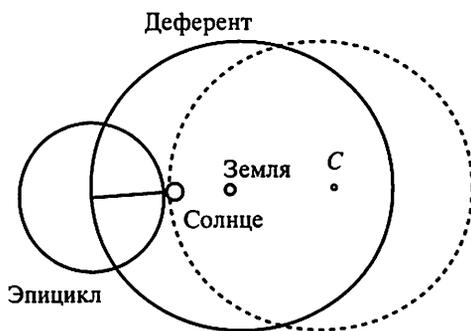


Рис. 2

и эпицикла (рис. 2) можно было построить модель, где указанные трудности снимались.

Более обстоятельное развитие эти два подхода получают в исследованиях Гиппарха (середина II в. до н. э.). Принцип движения по эксцентру поясняет рис. 1. Окружность $ABCD$ с центром в точке (O) изображает годовой путь Солнца, причем положение Земли смещено относительно центра этой окружности. Солнце движется по своей орбите равномерно, и лишь земному наблюдателю кажется, что движение Солнца – неравномерно. Например, в точке A движение Солнца будет казаться более быстрым, а в точке C – наименее быстрым. При движении Солнца по дуге ADC мы будем наблюдать его кажущееся замедление, а по дуге CBA – его кажущееся ускорение. Ясно, что дуги AD и BA Солнце пройдет за меньшее время. Этим самым Аполлонию удалось добиться сохранения принципа *равномерного* движения по окружности; значительно продвинуться в решении проблемы неравенства времен года. Считается также, что Аполлонию принадлежит теорема, согласно которой: если принять положение, что период движения небесного тела по эпициклу равен периоду движения центра эпицикла, движущегося вокруг Земли, т. е. по деференту, то получающееся движение тела будет происходить по круговой орбите, центр которой не совпадает с центром Земли и отстоит от него на величину радиуса эпицикла. Эпистемологическая задача моделей эксцентра и эпицикла состояла прежде всего в том, чтобы «спасти явления»: объяснить видимое самым обыденным способом движения тел по небосводу.

Гиппарх ставит перед собой задачу уточнения эксцентрической орбиты и уточнения самого эксцентриситета. Для этого он уточняет длительность тропического года – время, за которое Солнце проходит путь от одной точки равноденствия до другой. Продолжительность его оказалась равной 365 дням 5 часам 55 минутам и 12 секундам. Занимаясь этими исследованиями, Гиппарх обнаружил, что сама «точка» весеннего равноденствия смещается, т. е. им было открыто явление прецессии («предварение равноденствий»). Кроме того, Гиппарх занимался исследованиями движения Луны, установив, что центр эксцентра Луны совершает полный оборот вокруг Земли приблизительно за 9 лет.

Вместе с тем Гиппарх не разрабатывает общей теории движения планет, считая, что не располагает для этого достаточными данными. Эту задачу удастся выполнить другому выдающемуся астроному античности I в. н. э. – Клавдию Птолемею, написавшему «Большую математическую систему

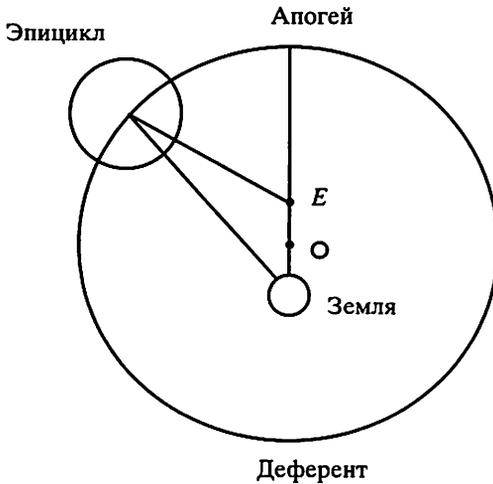


Рис. 3

яснилось, что и этого недостаточно для описания наблюдаемого движения центра эпицикла, оно согласно их моделям должно было выглядеть равномерным не из центра его орбиты, а из точки, лежащей *посередине* между Землей и центром этой орбиты (рис. 3).

Позднее эта точка получит название «экванта» (Е-точка) – «уравновешивающей точки». Такой шаг Птолемея был безусловно направлен не на изменение самой системы, а на ее модификацию, опять же с целью «спасти явления». Движение центра эпицикла по деференту определялось так: оно *должно было казаться* равномерным, если смотреть на него из экванта. Теперь для согласования движения, предсказываемого моделью и наблюдательными данными, было необходимо лишь подобрать соответствующим образом положение центра деферента, а следовательно, и экванта. С введением экванта получается, что центр эпицикла движется неравномерно – в апогее (вблизи экванта) медленнее, а в перигее (вдали от экванта) быстрее. Однако, по видимости, принцип равномерного движения выполняется. При помощи эквантов Птолемею удалось получить более точное описание движения Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна. Как мы видим, Птолемей, а вместе с ним и все его предшественники, был вынужден (по мере того как накапливался наблюдательный материал) прибегать ко все большему числу искусственных приемов. Все эти приемы имели своей целью сохранить в неизменном виде принцип достоверности наблюдений.

Парадокс Николая Коперника: является ли центром Космоса Земля или им является Солнце. Механизм, запущенный Платоном и Аристархом Самосским¹³, остается не востребуемым в космологии вплоть до середины XVI в. н. э. Коперник, с именем которого связывают «переворот» в космологии, – как мы только что убедились на примере Аристарха, не мог прибавить свою

¹³ Здесь следует оговориться, что мы намеренно опускаем вклад в развитие механизмов, запущенных Платоном и Аристархом, таких выдающихся ученых, как Евдокс, Калипп, Гиппарх, Аристотель, Аполлоний и др., поскольку в первую очередь нас интересует роль парадоксов в запуске «эпистемологических механизмов», позволяющих в течение длительного времени определять объект космологии, а не история космологии и небесной механики.

астрономии», впоследствии получившую арабизированное название «Альмагест». В этом исследовании Птолемей опирается на результаты своих предшественников, и прежде всего на результаты Гиппарха, полученные им для объяснения движения Солнца. Однако для создания целостной системы мира Птолемей вносит новшество – он применяет прием, получивший позднее название «бисекции эксцентриситета». Суть этого приема состояла в следующем: Аполлонию Пергскому и Гиппарху было известно, что планеты описывают круговую орбиту, центр которой в свою очередь не совпадает с центром Земли (рис. 2). Позднее вы-

«собственную идею гелиоцентризма» к уже известной идее гелиоцентризма, автором которой был Аристарх, – по существу совершил выдающийся научный подвиг, произведя «эпистемологический поворот»¹⁴ от системы Птолемея к системе Аристарха Самосского (а теоретически – от аристотелизма к пифагореизму и платонизму), вернул космологии ее изначальный *аналитический облик* и утвердил незыблемость «теории» в качестве твердой основы космологического познания.

Какая проблема стояла перед Коперником? По существу она не претерпела радикального изменения со времен Аристарха, поскольку господствовавшая при жизни Аристарха и после нее геоцентрическая система мира не изменила своих «геоцентрических» принципиальных положений.

Так, во втором параграфе первой книги «Альмагеста» Птолемей четко формулирует свою позицию:

Теперь в качестве общего положения мы должны принять, что небо имеет сферическую форму и движется, подобно сфере, затем, что Земля имеет также вид сферы, если ее рассматривать по всей совокупности ее частей. По своему положению она расположена в середине неба, являясь как бы его центром. По величине же и расстоянию относительно сферы неподвижных звезд она является как бы точкой и не имеет никакого движения, изменяющего место¹⁵.

В § 5 и 7 первой книги Птолемей приводит аргументы – опирающиеся на мысленный эксперимент – в доказательство неподвижности Земли и ее центрального положения в Космосе, суть которых, согласно самому Птолемею, в следующем:

Суммируя, можно сказать, что: если не предположить, что Земля находится в середине, то уничтожится полностью весь порядок, усматриваемый нами в увеличениях и уменьшениях дней и ночей. Кроме того, и лунные затмения не могли бы иметь места во всех частях неба при диаметрально противоположных положениях [Луны и Солнца], поскольку Земля часто оказывалась бы между ними не только во время их диаметральных прохождений, но и расстояниях меньших полуокружности¹⁶.

А этого мы, согласно Птолемею, *не наблюдаем*, т. е. это «очевидно, противоречит всем явлениям»¹⁷. Птолемей продолжает опираться на аристотелевскую эпистемологию. Здесь мы отчетливо видим тот же самый аргумент, который высказывал еще Аристотель, – данные космологии не должны противоречить наблюдательным данным. Мысль о том, что одни и те же «наблюдения» могут соответствовать разным теоретическим моделям (как это блестяще продемонстрировал Аристарх), даже не приходила в голову, поскольку выглядела «совершенно неочевидной».

¹⁴ Подробнее см.: Павленко А. Н. Европейская космология: основания эпистемологического поворота. М., 1997.

¹⁵ Клавдий Птолемей. Альмагест, или Математическое сочинение в тринадцати книгах / Пер. И. Н. Веселовского. М., 1998. С. 7.

¹⁶ Там же. С. 11.

¹⁷ Там же. С. 10.

Парадокс, стоявший перед Коперником, кратко может быть выражен следующим образом:

Утверждение первое: Умозрение (математические расчеты) показывает, что Земля и другие планеты вращаются вокруг Солнца как центрального массивного тела, которое является центром мира.

Утверждение второе: Чувственное зрение (опыт, опирающийся на чувственные наблюдения) показывает, что Солнце и другие небесные тела вращаются вокруг Земли, которая является центром мира.

Система Птолемея как основной объект критики именно со стороны ее главного утверждения – геоцентризма – предполагала для объяснения устройства Космоса экванты, эксцентры и деференты. В сравнении с системами Евдокса, Калиппа, и особенно Аристотеля, – относительными современниками Аристарха – система Птолемея была, безусловно, более разработанной, однако ее собственное совершенство достигалось ценой все возрастающего усложнения геометрического аппарата. «Нельзя ли найти какое-нибудь более рациональное сочетание кругов, которым можно объяснить все видимые неравномерности»¹⁸, – задает вопрос Коперник и делает вывод: «следует согласиться, что равномерное движение этих светил представляется нам неравномерным или в результате того, что полюсы этих кругов различны, или в результате того, что Земля не находится в центре кругов, по которым они вращаются»¹⁹. По существу, Коперник решал обычную задачу – освободиться от такого искусственного приема, примененного Птолемеем, как «эквант».

Ученый XVI в. н. э. руководствовался уже другим условно-категорическим умозаключением:

Если верно, что P , то верно, что Q .

P верно,

следовательно, с необходимостью верно, что Q .

Подставим вместо P первое утверждение из парадокса: «Если верно, что Солнце является центром Космоса», а вместо Q подставим утверждение, «то Луна, Марс, Юпитер и другие планеты вращаются вокруг Солнца». Приняв первое утверждение за истинное, с необходимостью получим вывод: «Земля, Луна, Марс, Юпитер и другие планеты – в действительности – вращаются вокруг Солнца как центра Космоса».

Мы можем быть уверенными, что система Коперника значительно упрощала громоздкую систему Птолемея, например, освободившись от такого искусственного введения, как «эквант», хотя и сохраняла деференты. С теоретической точки зрения система Коперника оказывалась проще, а следовательно, более рациональной и более адекватной. В значительной мере ее распространение обязано Галилео Галилею, посвятившему обоснованию этой системы свой главный труд «О двух главнейших системах мира».

На этот раз сообщество ученых и философов совершает интерсубъективное принятие именно такого вывода. Аргумент Коперника приобретает тем

¹⁸ Коперник Н. О вращении небесных сфер. М., 1964. С. 419.

¹⁹ Там же. С. 21.

больший вес, чем острее требовались уточнение церковного календаря и разработка метода точного предвычисления пасхалий.

Но все-таки следует четко зафиксировать, что коперниканская космологическая модель была *геометрической по существу*. Коперника (насколько можно судить по его работе «Об обращениях небесных сфер») в большей мере интересовали геометрические особенности устройства Вселенной, нежели физические. Это справедливо еще и потому, что физика как таковая в ее классическом понимании ко времени написания и публикации труда Коперника еще не возникла.

Парадоксы ньютоновской космологии: фотометрический и гравитационный. С развитием механики, теории гравитации, оптики и других разделов физики и математики формируется так называемая ньютоновская космологическая парадигма, которая господствовала начиная с XVII столетия вплоть до конца XIX – начала XX вв. Ее главной отличительной особенностью – в сравнении с коперниканской – была ориентированность на физическое объяснение устройства Вселенной в границах наблюдаемых тел Солнечной системы. Ньютон формулирует закон тяготения, его цель – дать физическое объяснение эллиптического движения планет вокруг Солнца, подчиняющегося в свою очередь законам Кеплера. В основании этого объяснения лежали несколько представлений, они подразумевались, но в явном виде не формулировались: 1. Вселенная *бесконечна*, следовательно, не может быть чем-то *целым*. 2. Любые изменения в бесконечной Вселенной имеют локальный характер. 3. Вселенная, рассмотренная как все существующее (Универсум), – неизменна.

Другими словами, в эпоху формирования физики, механики, математики, химии XVIII–XIX столетий космология – как именно физическая космология – *не рассматривалась как точная наука*, ибо не имела собственного объекта, который был бы выражен в космологических уравнениях, оставаясь включенной в «тело» астрономии в качестве раздела общего знания о звездном небе. На протяжении XIX века были осуществлены две теоретические попытки уточнить объект космологии – экстраполировать ньютоновскую космологическую картину мира на бесконечную Вселенную. И обе привели к космологическим парадоксам – фотометрическому и гравитационному.

Фотометрический парадокс Г. Ольберса (1826). Суть парадокса Г. Ольберса (1758–1840) состояла в следующем. Допустим, что идея Ньютона о бесконечной Вселенной верна. Теперь произведем мысленный эксперимент. Представим, что пространство вокруг Земли окружено огромной сферой (имеющей большой радиус). В этом случае внутри сферы должно оказаться какое-то количество звезд, которые придадут ей некоторую яркость. Теперь удвоим радиус сферы. Если допустить, что все звезды одинаковы по своей яркости и равномерно распределены в пространстве, то при удвоении радиуса должна увеличиться и яркость ночного неба. При такой операции яркость самых далеких звезд уменьшится в 4 раза, поскольку она зависит от расстояния $1/r^2$, но из-за того, что количество звезд прямо пропорционально объему сферы, т. е. r^3 , то общая яркость ночного неба все равно возрастет. Если мы и далее будем продолжать эту процедуру, то в конце концов будем вынуждены признать следующий вывод: ночное небо должно быть таким же ярким, как наше Солнце! Возникал парадокс (противоречие) между данными наблюдае-

мого ночного неба и выводом Ольберса, опирающегося на допущение о достоверности ньютоновских представлений о Вселенной ²⁰.

Гравитационный парадокс Зеелигера (1895). Созданная Ньютоном теория гравитации давала достаточно точное объяснение причины движения планет вокруг Солнца по законам Кеплера. Сам Кеплер, не имея этого объяснения, был вынужден пояснять движение планет наличием «космических магнитных вихрей». Следует заметить, что приложение гравитационной теории Ньютона к объяснению движения тел в Солнечной системе дало ряд замечательных научных результатов: было предсказано существование таких планет, как Уран и Нептун. Кроме того, сам Ньютон, будучи проницательным ученым, не мог не обдумывать подобную ситуацию. Так, в письме к Р. Бантли, ректору Тринити-колледжа в Кембридже, Ньютон писал:

Но если бы вещество было равномерно рассеяно по бесконечному пространству, оно никогда не собралось бы в единую массу. Часть его могла бы собраться в одну массу, а часть – в другую, так что образовалось бы бесконечное число больших масс, разбросанных по бесконечному пространству на огромных расстояниях друг от друга ²¹.

Однако если допустить, что в такой *бесконечной* Вселенной «работает» закон всемирного тяготения и она равномерно заполнена веществом, то мы приходим к удивительному выводу, на который и обратил внимание Зеелигер. Вывод заключается в том, что если верна гипотеза о бесконечной Вселенной и верно допущение, что она в среднем равномерно заполнена веществом, то материя во Вселенной давно должна была бы под действием силы притяжения (по закону Ньютона) собраться в центре, где плотность была бы огромной, а при удалении в бесконечность плотность материи приближалась бы к нулю. Однако, рассуждал Зеелигер, этого мы не наблюдаем. Следовательно, или Вселенная не бесконечна, или вещество в ней не распределено равномерно, или – то и другое вместе. Зеелигер пытался спасти положение допущением о том, что сила притяжения убывает быстрее, чем по ньютоновскому закону $1/r^2$.

Преодолеть парадокс, с которым столкнулась «бесконечная Вселенная» Ньютона, пытался Шарль в самом начале XX в., допустив, что «плотность звезд уменьшается по мере удаления в пространство» ²² и что «материя во Вселенной, хотя и бесконечна, но в то же время ее средняя плотность по мере удаления стремится к нулю» ²³. Это положение из теории тяготения Ньютона не вытекает, а поэтому является *ad hoc* допущением, призванным спасти «закон Ньютона» от гравитационного парадокса.

Искусственность допущений, которые не подкреплялись никакими наблюдательными данными, фактически стимулировала поиски альтернативных объяснений, где эта проблема решалась естественным образом как простое следствие решения уравнений.

²⁰ Необходимо отметить, что уже сам Ольберс пытался спасти положение, допуская существование в пространстве Вселенной «поглощающей среды» – газа. Но критики этого аргумента справедливо указывали, что поглощающий газ должен был бы нагреваться до высокой температуры и излучать почти такое же количество энергии.

²¹ Цит. по: Мухин Л. Мир астрономии. М., 1987. С. 94.

²² Шарль К. Как может быть построена бесконечная Вселенная. Симбирск, 1914. С. 5.

²³ Там же.

Решение (устранение) парадоксов ньютоновской космологии

Мы знаем уже сегодня, что для преодоления парадоксов потребовалось создание совершенно новой теоретической основы, в роли которой выступила новая теория гравитации (1915–1917 гг.). Согласно этой теории вводились новые представления о свойствах пространства, времени и материи. Характеристики мира описывались космологическим уравнением Эйнштейна

$$R_{ik} - 1/2 g_{ik} R = \kappa/c^2 T_{ik} + g_{ik} \Lambda,$$

где R_{ik} – тензор Риччи, R – его след (оба они функции от g_{ik}), T_{ik} – тензор энергии-импульса материи, Λ – член, эквивалентный дополнительному члену в тензоре энергии-импульса. Решение этого уравнения обладало рядом особенностей:

1. При решении уравнения масштабный фактор a оказывался равным нулю, так как $da/dt = 0$. Другими словами, Вселенная согласно этому уравнению оказывалась незволюционирующей – *статичной*.

2. Впервые в истории новейшей космологии её уравнение описывало *всю* Вселенную, т. е. включало в себя *всё* вещество и излучение, ее наполняющие.

3. Такой статичный мир автоматически оказывался *замкнутым*.

4. В уравнение вводился дополнительный параметр – Λ , который оказывался существенным только в масштабе всей Вселенной. Поэтому он получает название «космологической постоянной». Внегалактические наблюдения ограничивают Λ величиной порядка $|\Lambda| \leq 10^{-55} \text{ с}^{-2}$. Другими словами, лабораторное наблюдение оказывалось невозможным.

Для чего Эйнштейну понадобилось вводить Λ -член? Я. Б. Зельдович замечает, что Эйнштейн считал желательным найти *статическое решение с замкнутой геометрией трехмерного мира* ²⁴. Причин такого желания две: первая – предполагалось, что независимость от времени (статичность) соответствует большому возрасту небесных тел (уже было известно, что возраст Земли насчитывает несколько миллиардов лет). Вторая – замкнутая модель была предпочтительна, так как более соответствовала принципу Маха. В замкнутой модели содержалось конечное количество вещества, что позволяло предположить – это вещество как-то выделяет локальную инерциальную систему координат. Согласно Маху, инерция тела зависит от взаимоотношения этого тела со всем окружающим веществом, но это было допустимо, если количество этого вещества конечно.

Созданная модель статичной Вселенной с описанными выше свойствами – статичностью, замкнутостью пространства и конечностью радиуса, объема, количества материи – позволила впервые иметь дело с завершённым объектом, который может быть *предметом* конкретной науки.

С другой стороны, в статичной Вселенной решался гравитационный парадокс Зеелигера. Как показал сам Эйнштейн ²⁵, в замкнутом сферическом мире количество вещества огромно, но все-таки конечно, радиус такого мира также конечен. Такой мир безграничен, но не бесконечен.

²⁴ Зельдович Я. Б. Стрoение и эволюция Вселенной. М., 1975. С. 126–127.

²⁵ Эйнштейн А. Собрание научных трудов. М., 1965. Т. 1. С. 583–587.

Появление в 1922–1924 гг. нестатичных решений космологических уравнений А. А. Фридмана добавило к уже описанным чертам – эволюцию, т. е. изменение физико-геометрических свойств Вселенной со временем. Как известно, Фридман отказался от дополнительного члена, введенного Эйнштейном.

Теория Фридмана предсказывала три возможных сценария поведения и состояния мира: расширение, статичность и сжатие. Наблюдения, проведенные Хабблом, позволили подтвердить сценарий расширения Вселенной. Поскольку Вселенная Фридмана расширяется и расширяется по закону Хаббла $v = Hr$, где v – скорость, с которой удаляется от наблюдателя объект (галактика или скопление галактик), H – постоянная Хаббла, имеющая значение порядка ≈ 75 км/сек · Мпс; r – расстояние до удаляющегося объекта. Из закона видно, что скорость прямо пропорциональна расстоянию. Другими словами, чем дальше от наблюдателя находится объект, тем с большей скоростью он от него удаляется. Скорости объектов, находящихся на границе видимости, приближаются к световым. Следовательно, объекты, свет от которых до нас вообще не доходит, находятся за пределами нашей видимости – за *световым горизонтом*. Так решался фотометрический парадокс Ольберса.

Анализ интерсубъективного критерия принятия

Интерсубъективность как «согласие» большинства. На протяжении всей истории формирования объекта научной космологии мы видим, что переход от устоявшейся системы взглядов к новой был всегда сопряжен с таким, казалось бы, «субъективным» фактором, как интерсубъективное принятие новой концепции простым большинством научного сообщества.

Под интерсубъективным критерием принятия той или иной теории будем понимать *согласие* большинства специалистов в конкретной области с адекватностью рассматриваемой модели относительно той части действительности, которая выступает собственным предметом данной дисциплины. Как мы уже убедились на примере истории формирования объекта научной космологии (теории космологии), сам факт «согласия» или «несогласия» определялся отнюдь не способностью какой-либо модели *теоретически успешно* решать те или иные космологические проблемы (парадоксы), а эпистемологическими установками ученого (группы ученых). Эпистемологические установки – это в большинстве случаев те «самоочевидные» взгляды, как на познание, так и на устройство мира, способы и методы его описания, которые разделяются конкретными учеными. В истории космологии обнаруживается явно различимая тенденция: переход от опоры на обыденный (чувственный) опыт к опоре на теоретическое видение проблемы до Нового Времени, а в Новое Время – переход от решающей роли инструментального опытного наблюдения к решающей роли теоретического видения проблемы.

В тех случаях, когда эта тенденция утверждалась прямо и непосредственно (парадоксы Платона, Коперника), аргументация исследователей опиралась на *утверждающее* условно-категорическое умозаключение (*Modus Ponens*). Когда эта аргументация блокировалась (парадоксы Аристарха, Ольберса, Зеелигера), аргументация исследователей опиралась на *опровергающее* условно-категорическое умозаключение (*Modus Tollens*).

Фальсификационный потенциал *Modus Tollens*, вопреки убеждению Карла Поппера, фактически оказывал тормозящее (связывающее) воздействие на развитие космологии. Теоретические схемы, опиравшиеся в буквальном смысле на «видение умом» – умозрение, – оказывались более соответствующими действительности, чем схемы, опиравшиеся на простое обобщение эмпирического набора фактов.

Мы видим, что из двух схем, обозначенных во введении, – «наблюдаемый космос есть конкретное продолжение теории» и «модель космоса есть обобщенное продолжение наблюдения» – наиболее эффективной, с точки зрения познания, оказалась первая схема ²⁶.

Однако здесь возникает естественный вопрос: почему *Modus Ponens* оказывался более эвристичным, чем *Modus Tollens*? Чтобы попытаться ответить на этот вопрос, нужно внимательно присмотреться к его основе.

В самом деле, в его основе лежит «самоочевидная», на первый взгляд, аксиома всякого научного познания – из достоверного истинного знания (причины) может следовать только достоверный истинный вывод. Эта логико-научная аксиома содержится в первой части условно-категорического умозаключения «если *P*, то *Q*» ($P \rightarrow Q$). Такое положение часто объясняется просто: «таково основное требование, предъявляемое к рассуждениям» ²⁷. Здесь опять возникает естественный вопрос: а на каком основании происходит такое следование? И всегда ли оно происходит? Нас, конечно, в первую очередь интересует случай, когда такое следование как раз не совершается. Действительно, почему происходит *непринятие* системы, которая *теоретически более успешна*, чем ее предшественница(ы). Значит ли это, что теоретический аргумент не является главным?

Вспомним о том, что попятное движение планет – это в известном смысле иллюзия. В действительности никакого попятного движения не существует. С другой стороны, мы и сегодня можем наблюдать попятное движение точно так же, как это делали Платон, Аристарх Самосский, Птолемей или Коперник. Однако над нами довлеет теория, сквозь которую мы *наблюдаем* мир. Создавая новые теории, мы, по существу, создаем новые способы видения.

Но из приведенных примеров получается, что одной теоретической убедительности недостаточно. Как же так? Ведь мы условились, что «из истинной причины должен следовать истинный вывод». Он следует с логической необходимостью. Но в таком случае, почему сообщество ученых сочло суждение Аристарха ложным? Оно просто не имело права этого делать! Ссылка на то, что следует изменить взаимозависимость и обусловленность суждений, была бы некорректной, так как Солнце является центром мира не потому, что вокруг него вращаются планеты, а потому планеты вращаются вокруг Солнца, что оно является центром мира. Солнце есть причина такого движения планет, а не наоборот, что и понял Аристарх.

С другой стороны, всякий математик, современник Аристарха, располагал тем же математическим аппаратом, которым пользовался автор гелиоцентри-

²⁶ Вручение Нобелевской премии по физике за 2006 г. еще раз подтверждает этот тезис. Анизотропия реликтового фона должна была быть сначала предсказана теоретически и только потом разыскиваема, и только потом обнаружена.

²⁷ См. например: *Ивлев Ю. В.* Логика. М., 2003. С. 57.

ческой теории. Почему же расчеты Аристарха оказались недостаточно убедительными для его современников? Подобную ситуацию мы имели и в XX в., когда решения Фридмана воспринимались Эйнштейном как ошибочные. Как видим, интерсубъективность не может быть объяснена через сам акт «согласного принятия» или «согласного непринятия» той или иной научной концепции.

Интерсубъективность как «общезначимость». Может сложиться впечатление, что теория интерсубъективно принята потому, что она «общезначима», т. е. значения входящих в нее терминов, понятий, законов, принципов и т. д. понимаются (могут быть поняты!) однозначно. Следовательно, такое знание и есть интерсубъективное в собственном смысле, т. е. такое знание, которое однозначно понимается (может быть понято) всеми участниками познавательного процесса, круга ученых, работающих в данной области. Например, если Аристарх измерил угол, под которым с Солнца видно расстояние от Земли до Луны, и установил, что он равен 3° , а отсюда заключил с абсолютной логической и математической строгостью, что расстояние от Солнца до Земли равно 19–20 расстояниям от Земли до Луны, то можно не сомневаться, что такие несложные математические расчеты могли бы проделать и Аполлоний Пергский, и Гиппарх, и Птолемей. Почему же они не оказались интерсубъективно общезначимыми?

Аналогичный случай мы обнаруживаем уже в наше время. А. А. Фридман, решая уравнение Эйнштейна, ставит перед собой задачу найти три неизвестные в функции от времени: $a(t)$ – зависимость от времени масштабного фактора; $\rho(t)$ – зависимость от времени плотности вещества; $P(t)$ – зависимость от времени давления. Поскольку давление и плотность связаны уравнением состояния, то по существу речь шла об определении значения функций для двух величин: масштабного фактора и плотности. Согласно Фридману, возможны несколько сценариев: когда масштабный фактор (выраженный через радиус Вселенной) стремится к нулю, а плотность вещества к бесконечности; когда масштабный фактор является неизменным и неизменна средняя плотность вещества, и когда масштабный фактор растёт, а плотность убывает.

Из истории космологии мы хорошо знаем, что никто из современников Аристарха его «общезначимые аргументы» не воспринял всерьез, а такой авторитетный физик, как Эйнштейн, не согласился с безукоризненными «общезначимыми выводами» Фридмана, посчитав их ошибочными.

Отсюда мы можем сделать уже логико-методологический вывод: логическая и математическая строгость доказательства отнюдь не является основанием интерсубъективного принятия. Общезначимость здесь не достигается, как мы только что убедились, не потому, что понятия четко не определены, а в решениях – геометрических или алгебраических – присутствуют неточности и ошибки, а потому, что за самим фактом принятия, т. е. фактом наступления момента «общезначимости», стоят определенного рода убеждения, теоретические предпосылки, которые как раз и не позволяют «увидеть» общезначимость.

Как мы видим, интерсубъективность знания не может быть обоснована и через «общезначимость» входящих в него терминов, законов, принципов и т. д.

* * *

С нашей точки зрения, интерсубъективность знания есть, скорее, субъективное соглашение участников научного процесса познания – осознанное или интуитивное – по поводу определенных убеждений, разделяемых всеми входящими в него членами. Мы попытались показать, используя парадоксы, возникшие в космологии в процессе становления ее объекта, что интерсубъективность знания не тождественна общезначимости, не сводится к ней и не может на нее опираться²⁸.

Другой важный вывод касается принципиальной роли парадоксов в становлении объекта космологии (вообще научного объекта), чья роль не изменилась со времени открытия их значения элеатами, пифагорейцами и платониками.

²⁸ Подробнее см.: *Павленко А. Н.* Теорема о «затылке» // *Вопросы философии.* 2005. № 2. С. 116–129.