

ФИЛОСОФИЯ И НАУЧНОЕ ПОЗНАНИЕ

И.А. Карпенко

ФИЗИЧЕСКИЕ ТЕОРИИ В УСЛОВИЯХ МНОЖЕСТВА ВОЗМОЖНЫХ МИРОВ*

Карпенко Иван Александрович – кандидат философских наук, доцент. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». Российская Федерация, 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20; e-mail: gobzev@hse.ru

Статья посвящена философскому анализу проблем критериев истинности физической теории и закона в контексте некоторых концепций современной физики. Рассматриваются такие концепции, в которых допускается множество возможных вселенных. Так как для исследования требуются модели вселенных, в которых могут различаться базовые принципы (физические законы), в качестве объекта анализа были выбраны две теории: первая – включающая концепцию вечной инфляции, вторая – струнную космологию (струнный ландшафт). Обе теории допускают широкое варьирование физических законов (как при принципиально различных физических законах, так и при разных модификациях одних и тех же базовых принципов). В качестве параметра физического закона, меняющего значение в возможных вселенных, выбрана величина темной энергии (космологическая постоянная).

Анализ физических теорий, допускающих множественность вселенных, показал, что классические требования к теории (начавшие формироваться еще в Новое время), связывающие ее истинность с критериями наблюдаемости и необходимостью обоснования базовых принципов нашей вселенной, возможно, оказываются не полностью состоятельными. Теоретическая физика движется в направлении формулировки моделей, которые представляют серьезную трудность для экспериментальной проверки, в результате чего многие концепции остаются на уровне гипотез. Обосновывается, что в некоторых физических теориях такая проверка, вероятно, и не может выступать в качестве необходимого требования. Теория может фиксировать некие более общие основания, лежащие вне возможностей эмпирического наблюдения. В таком случае возникает эпистемологический вопрос о том, что должно являться критерием ее истины. В настоящей работе осуществляется попытка обоснования приоритета математического обоснования над эмпирическим.

* Статья подготовлена в рамках программы «Научный фонд Национального исследовательского университета “Высшая школа экономики” (НИУ ВШЭ)» в 2017–2018 гг. (грант № 17-01-0029) и в рамках государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации 5–100.

Ключевые слова: философия науки, физическая теория, физический закон, вечная инфляция, космологическая постоянная, антропный принцип, эпистемология

Введение

Базовые принципы современных представлений о критериях научного знания были заложены в философии и науке Нового времени, в работах Фрэнсиса Бэкона, Галилео Галилея, Рене Декарта, Готфрида Лейбница, Исаака Ньютона и ряда других. К XIX веку окончательно утвердились требования к научной истине и научной теории: первая должна быть результатом экспериментальной проверки, а вторая иметь предсказательную способность, суть которой в том, что должна быть возможность экспериментальной проверки ее предсказаний в будущем.

Понятие физического закона обычно предполагает наличие некоего исключительного положения дел, неких в большинстве случаев неизменных правил, которым подчиняется природа. В этом смысле задача ученых – выявить тот или иной закон вследствие эксперимента и математического описания. Задача другого рода, более сложная и не всеми учеными признаваемая¹, заключается в том, чтобы объяснить, почему законы именно таковы. Иначе говоря, почему в начале существования Вселенной энтропия была так низка, почему величина темной энергии² именно такова, почему массы частиц имеют наблюдаемые значения, а не другие и так далее – вопросов может быть много.

Все эти вопросы уже сами по себе предполагают, что наша Вселенная уникальна и существует только одна возможная ее реализация – та, что мы наблюдаем. При таком подходе, действительно, указанные вопросы и подобные им очень важны: ответить на них – значит разгадать загадку первопричины. И в то же время эти вопросы провоцируют и следующий вопрос: а могли бы быть другие законы физики (другие значения констант)³?

Антропный принцип – одна из попыток ответить на вопрос, почему мы наблюдаем в нашей вселенной именно такие значения, а не другие. Ответ: при других значениях мы бы не существовали. Однако суть проблемы этим не решается, потому что возникает другой вопрос: а могут ли быть (хотя бы в принципе) другие значения (в других возможных мирах⁴)?

¹ Популярна и такая точка зрения, согласно которой объяснение не входит в задачи ученого. Свои истоки в физике она, по-видимому, берет от копенгагенской интерпретации квантовой механики, которая настаивает, что нет смысла говорить о ненаблюдаемых явлениях. Но в квантовой механике есть явления, которые с необходимостью нужно учитывать, – это микросостояние системы до наблюдения, которое при наблюдении коллапсирует в некое макросостояние. Однако раз оно ненаблюдаемо, то и говорить о нем бессмысленно (это сближение с операционализмом). О проблеме реализма в квантовой механике см. Севальников А.Ю. Физика и философия: старые проблемы и новые решения // Филос. журн. 2016. Т. 9. № 1. С. 42–60.

² Понятия «темная энергия», «космологическая постоянная» и «энергия вакуума» используются в контексте статьи как равнозначные; ее величина характеризуется как сила отталкивания, заставляющая вселенную расширяться.

³ См. обсуждение этого вопроса в статье: Мамчур Е.А. Изменяются ли законы природы? // Вестн. Рос. филос. о-ва. 2016. № 4. С. 89–93.

⁴ Представление о множестве возможных миров, близкое по духу некоторым концепциям мультиверса в современной физике, имеет долгую историю в философии. В античности предположения такого рода выдвигали, в частности, эпикурейцы (у Лукреция), в эпоху Возрождения Николай Кузанский и Джордано Бруно, в Новое время эта тема становится особенно популярной в литературе. Возвращается к ней интерес на высоком научном уровне в XX в. Классические философские работы о множестве миров см., например: *Nozick R. Philosophical Explanations. Camb., 1981; и Lewis D. On the plurality of worlds. Pad-*

Значительная часть научного сообщества ответит, что вопрос не имеет смысла. У нас нет и в обозримом будущем не будет никакой возможности наблюдать иные миры хотя бы косвенно и, соответственно, ставить опыты, которые бы их выявили. Задача ученого – предсказывать результаты экспериментов и описывать их, а не строить теории относительно того, что ненаблюдаемо.

Эта рациональная точка зрения тем не менее со второй половины двадцатого века методически оспаривается. Современная космология (и другие разделы физики) вынуждена учитывать идеи, которые с практической точки зрения кажутся в значительной степени умозрительными.

В качестве примеров можно привести идеи Алана Гута об инфляции и Стивена Хокинга об излучении черных дыр. Идея инфляции оказалась очень удобной для нужд космологии – она позволяет объяснить некоторые очень важные наблюдаемые сегодня явления, которые классическая теория Большого взрыва объяснить не могла. Но говорить о том, что она верна, строго научных оснований нет. То же касается и важнейшего результата Хокинга, по той простой причине, что, вероятно, излучение черных дыр нам наблюдать никогда не придется⁵.

Эти веские возражения, однако, не мешают физикам успешно использовать идеи, которые следуют из данных теорий, и получать определенные результаты. Еще один характерный пример – теория суперструн, которая, несмотря на десятилетия разработки, очень далека от возможности соотнесения с наблюдаемой реальностью⁶.

В этой связи возникает проблема: достаточно ли считать математическое доказательство (соответствующее ключевым критериям нашей интеллектуальной интуиции, таким, например, как непротиворечивость и полнота) критерием истинности теории или нет? Как станет ясно, эта проблема тесно связана с вопросом о том, какова природа физических законов⁷.

Настоящая работа посвящена попытке ответить на важный с точки зрения философии науки вопрос (или, по крайней мере, правильно сформулировать его): каковы должны быть критерии истинности научной теории? В этом контексте затрагиваются и связанные вопросы: что есть научная теория и закон в современной физике и каковы задачи научного исследования.

stow, 1986. О концепциях мультиверса в современной физике см.: *Karpenko I.* The notion of space in some modern physics theories // *Epistemology & Philosophy of Science.* 2015. Vol. 3. No. 45. P. 150–166; также см. ставшую уже классической книгу: *Визгин В.П.* Идея множественности миров: очерки истории. М., 1988.

⁵ Под «строго научными основаниями» здесь подразумевается требование возможности экспериментальной проверки.

⁶ Вероятно, единственное полноценное соотнесение теории суперструн с нашей реальностью в том, что она предсказывает существование частицы-переносчика гравитационного взаимодействия – гравитона, на существовании которого строятся и другие теории (например, логикой квантовой теории поля: если есть поле, то должна быть и частица, которая отражает его колебания). Важно, что наблюдать гравитоны, хотя почти никто не сомневается в их существовании, до сих пор не удалось.

⁷ По проблеме математизации науки и взаимосвязи математического мышления и законов природы см. классические работы: *Рузавин Г.И.* Математизация научного знания. М., 1984; *Шафаревич И.Р.* Математическое мышление и природа // *Вопр. истории естествознания и техники.* 1996. № 1. С. 78–84.

Постановка проблемы

Практически про все константы, встречающиеся в уравнениях, можно спросить: а могли бы они быть другими? Хотя бы в принципе. Этот вопрос носит чисто теоретический характер. С точки зрения как классической физики – в механике Исаака Ньютона, электродинамике Джеймса Максвелла, в теории относительности Альберта Эйнштейна, так и неклассической – квантовой механики и ее производных, до определенного момента этот вопрос не имеет смысла. Сами эти теории явились результатом открытия неких законов⁸, и они предсказывают определенное поведение описываемых ими систем – результаты будущих экспериментов. Закон физики – это некий механизм, лежащий в основе процессов, происходящих в нашей реальности, в той реальности, которую мы в состоянии наблюдать. В таком ключе представляется странным занятием поиск альтернативных законов, по той причине, что они не имеют отношения к нашей реальности, и, следовательно, никакое наблюдение, никакой опыт не может их зафиксировать. Будет правильным сказать, что – более того – понятия «опыта» и неразрывно связанного с ним «наблюдения» сами обусловлены теми законами физики, которые управляют нашей вселенной, и возможны только потому, что мы ее часть. Это так, поскольку другие законы физики (например, в гипотетических мирах с дополнительными пространственными измерениями, другими свойствами элементарных частиц, значениями энергии вакуума и т. п.), как правило, исключают возможность существования человека⁹.

Это верно. Но, как оказывается, есть ситуации, в которых оправданно говорить о других законах или их модификациях (по крайней мере, эти вариации возникают, даже если мы говорить о них не хотим). В таких случаях возникает задача проанализировать следствия, к которым приводит допущение принципиально иных физических условий. Представляется, что эти следствия крайне важны не только для понимания устройства вселенной, но и для интерпретации того, что, собственно, есть научная теория и научный процесс.

В настоящей работе будут проанализированы следствия, вытекающие из принципов инфляционной космологии (впервые предложена Аланом Гутом¹⁰) и некоторых результатов теории струн¹¹.

Инфляционный сценарий

Показательно, что изначально Гут работал над проблемой магнитных монополей¹² в рамках теории великого объединения (всех фундаментальных взаимодействий, помимо гравитационного), которая предсказывала их суще-

⁸ Под открытием закона имеется в виду результат экспериментальной проверки и математическая формулировка.

⁹ Это можно выразить в следующей формулировке антропного принципа: законы физики таковы, потому что нет никакого смысла говорить о других законах.

¹⁰ Описанию инфляционной космологии посвящена книга ее создателя Алана Гута: *Guth A. The Inflationary Universe: The Quest for a New Theory of Cosmic Origins*. N.Y., 1997.

¹¹ Основы теории суперструн в современном состоянии в доступном ключе излагаются в работе: *Becker K., Becker M., Schwarz J. String Theory and M-theory: A Modern Introduction*. Camb., 2006.

¹² См. о свойствах монополей статью: *'t Hooft G. Magnetic monopoles in Unified Gauge Theories* // *Nuclear Physics B*. 1974. Vol. 79. No. 2. P. 276–284.

ствование. Образно магнитный монополю можно было бы представить как магнит с одним полюсом. Однако в реальности встречаются только магниты с двумя полюсами.

Решение, которое предложил Гут¹³, интересно тем, что для того, чтобы решить проблему ненаблюдаемости одного явления, он ввел другое ненаблюдаемое явление. Он допустил существование в ранний период вселенной особого поля – поля инфлатона¹⁴ – со специфическими характеристиками. Энергия этого поля, находясь в высоком значении, может «скатываться» в низкое (например, из состояния ложного вакуума в состояние истинного); скатыванию соответствует «раздувание» вселенной – мгновенно до размеров более чем в 10^{26} раз. Падение в истинный вакуум означает фазовый переход, когда поле инфлатона преобразуется в другие поля и частицы (т. е. в конфигурацию наблюдаемой вселенной). Проблема монополей решена: они были в тот период, когда силы еще не разъединились, но мощное раздувание привело к тому, что их концентрация упала почти до нуля.

Очевидно, что это объяснение одного гипотетического явления с помощью другого гипотетического явления. Тем не менее научное сообщество фактически сразу поддержало Гута. Это обусловлено тем, что помимо проблемы монополей инфляция объясняет более насущные проблемы плоскостности и космологического горизонта¹⁵. Первая касается загадки наблюдаемой плоскостности пространства – наименее вероятного состояния из возможного набора состояний. Иначе говоря, определенная кривизна пространства¹⁶ в самом начале, скорее всего, была. И инфляция ее допускает, но мгновенное раздувание любую такую кривизну «распрямляет», и к настоящему времени мы наблюдаем ту плоскостность, которую наблюдаем¹⁷. Что касается проблемы горизонта, то инфляция дает хорошо известное объяснение почти одинаковой температуры микроволнового фонового излучения. Изначально все будущие области в зародышевом состоянии находились рядом и имели возможность сообщаться, а мгновенное раздувание разнесло эти области далеко друг от друга, но поскольку они ранее взаимодействовали, этим объясняются их схожие свойства¹⁸.

Особый плюс инфляции в том, что она объясняет и происхождение галактик. Какой бы однородной ни была изначальная область, подвергшаяся инфляции, квантовые флуктуации неизбежны: всегда есть неопределенность в описании любого состояния (в соответствии с принципом Гейзенберга). Инфляционное раздувание и превращает, возможно, эти ранние флуктуации в наблюдаемые сегодня галактики¹⁹.

¹³ Первую рабочую модель инфляции предложил Алексей Старобинский: *Starobinsky A. A new type of isotropic cosmological models without singularity // Physics Letters B. 1980. Vol. 91. P. 99–102.*

¹⁴ Показательно, что существует гипотеза о том, что бозон Хиггса (сравнительно недавно обнаруженный), отвечающий, в частности, за массу частиц, – это частица инфлатона (см.: *Atkins M. Could the Higgs Boson be the Inflaton? // Physical Letters B. 2011. Vol. 697. P. 37–40.*)

¹⁵ *Guth A. Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems // Physical Review D. 1981. Vol. 23. No. 2. P. 347–356.*

¹⁶ Речь идет о кривизне пространства, а не пространства-времени.

¹⁷ Важно, что проблему можно решать и по-другому: возможно, что на больших масштабах Вселенная обладает кривизной, мы же этого не замечаем, имея возможность наблюдать лишь малый ее фрагмент.

¹⁸ См.: *Linde A. A new inflationary universe scenario: A possible solution of the horizon, flatness, homogeneity, isotropy and primordial monopole problems // Physics Letters B. 1982. Vol. 108. No. 6. P. 389–393.*

¹⁹ См.: *Guth A. Fluctuations in the new inflationary universe // Physical Review Letters. 1982. Vol. 49. No. 15. P. 1110–1113.*

Проблема тонкой настройки

Есть еще один серьезный аспект, который делает инфляционный сценарий привлекательным. Это кажущееся решение проблемы тонкой настройки. Сущность проблемы в том, что для того, чтобы объяснить наблюдаемое сейчас во вселенной относительно низкоэнтропийное состояние²⁰, нужно предполагать еще более низкоэнтропийное состояние в прошлом, т. к. общая энтропия всегда возрастает. Значит, состояние в момент Большого взрыва (мы пока не говорим, что было до момента Большого взрыва – в данном контексте само время появляется в этот «момент», таким образом разговор о «до» не имеет смысла) характеризовалось сравнительно низкой энтропией.

Возникает закономерный вопрос: почему энтропия была низка? Это наименее вероятное состояние, почти невероятное, и тем не менее оно было. Хотя второй закон термодинамики утверждает, что энтропия всегда возрастает, однако, поскольку законы физики обратимы во времени, она должна возрасти в обоих направлениях, и в прошлое, и в будущее. Значит, наиболее вероятное состояние – это высокая энтропия как в прошлом, так и в будущем²¹ (чего мы, конечно, не наблюдаем). Можно, не привлекая инфляцию, попытаться объяснить все гравитацией. Первоначальное однородное состояние было бы высокоэнтропийным, если бы не гравитация: она обеспечивает относительно небольшое число неразличимых с макроскопической точки зрения микросостояний и, следовательно, невысокую энтропию (и заставляет материю образовывать упорядоченные структуры²²). Но это уводит настоящее рассуждение в сторону, к отдельной теме природы гравитации.

Инфляция же говорит следующее: пусть имеется начальное неоднородное состояние (здесь говорится о состоянии до запуска инфляции) и поле инфлатона с определенной энергией не в состоянии истинного вакуума, тогда найдется участок, который будет раздут до наблюдаемой сегодня вселенной²³. Все изначальные неоднородности в ходе процесса стираются, и получается однородная (на большом масштабе) вселенная. В этой модели явно предполагается, что начальные условия по необходимости высокоэнтропийны (хаотичны), поскольку вначале была высокая неоднородность. Наличие же нужной энергии поля инфлатона из этого состояния позволяет создать нашу вселенную (с более низкой энтропией). Проблема тонкой подстройки решена – низкой энтропии вначале не было.

Однако попробуем задать вопрос: какие условия необходимы для того, чтобы инфляция началась? Иначе вопрос можно сформулировать так: насколько они вероятны? И более конкретно: какова энтропия области, в кото-

²⁰ Оно проявляется в том, что, образно выражаясь, в природе мы наблюдаем не хаос, а порядок. Количество энтропии можно определять как меру беспорядка или, точнее, количество реализаций системы, неотличимых друг от друга макроскопически.

²¹ Возможны флуктуации, когда спонтанно энтропия понижается и образуются сложные структуры, но в макроскопическом масштабе они так редки, что их можно игнорировать. Подробный современный обзор проблем, возникающих в связи со вторым законом термодинамики, в частности с ростом энтропии, дан, например, в книге: Čápek V., Sheehan D.P. Challenges to the Second Law of Thermodynamics: Theory and Experiment. Dordrecht, 2005.

²² Интересно, что возникновение упорядоченных структур не означает снижения энтропии, наоборот, она (в целом) неуклонно растет и всегда выше того значения, в котором была при начальных условиях.

²³ Это сценарий хаотической инфляции, см.: Linde A.D. Chaotic Inflation // Physics Letters B. 1983. Vol. 129. P. 177–181 и Idem. Eternally Existing Selfreproducing Chaotic Inflationary Univers // Physics Letters B. 1986. Vol. 175. P. 395–400.

рой доминирует поле инфлатона? При самых приблизительных подсчетах²⁴ энтропия должна быть в огромное количество раз ниже наблюдаемой сегодня. То есть область, готовая к инфляции, – это настолько редкое явление, что требуется еще более тонкая подстройка, чем в случае с классическим Большим взрывом.

Не факт, что проблема тонкой подстройки может быть в принципе решена, не исключено, что все попытки ее решить будут отсылать к еще более тонкой подстройке (что, кстати, вполне согласуется со вторым законом термодинамики). Но в контексте настоящего исследования важно другое – следствия, к которым приводит инфляционный сценарий для понимания законов физики и характера физических теорий.

Уже сам по себе сценарий инфляции в описанном виде содержит нечто показательное: существует большое количество возможных вариаций начальных условий. В первую очередь, может различаться энергия вакуума (и ряд других параметров). Вариаций огромное количество. Для возникновения наблюдаемой вселенной нужны строго определенные значения. Должна ли физика искать теорию, которая объясняла бы именно эти значения и заодно объясняла, почему другие значения невозможны? Но чисто теоретически возможны любые значения – нам ничто не мешает брать их из головы и подставлять в уравнения. Разрешенный ли это прием и что в таком случае будут описывать эти уравнения? Должна ли теория допускать такие решения? Если ответ «да, должна», то отпадает вопрос в необходимости что-либо объяснять: возможны все возможные значения, в том числе и те, которые привели к наблюдаемой вселенной.

Вечная инфляция

Особенно явно идея множества вариантов реализации физических законов проявляется в концепции вечной инфляции²⁵, которая является прямым следствием инфляционного сценария. В действительности вечная инфляция как теоретическая возможность появилась первой – фактически ее и описывал Гут, хотя в то время это не было понято. Это ситуация, когда энергия поля инфлатона находится в «высоком» положении ложного вакуума. Пока это так, пространство расширяется неограниченно. Периодически в результате флуктуаций образуются области истинного вакуума, в которых реализуется сценарий новой инфляции²⁶ – когда энергия поля инфлатона скатывается вниз²⁷. В результате образуются вселенные. В зависимости от различных начальных условий они могут существенно отличаться от наблюдаемой. В связи с этим возникает вопрос о пределе возможных реализаций – возможно ли составить исчерпывающий перечень вселенных (и исчерпывающий перечень физических законов и их модификаций)? В том случае, если такой перечень гипотетически существует, это означает, что в задачи научного исследования

²⁴ Carroll S. From Eternity to Here: The Quest for the Ultimate Theory of Time. L., 2011. P. 412–414.

²⁵ Основополагающая работа: Vilenkin A. The birth of inflationary universes // Physical Review D. 1983. Vol. 27. No. 12. P. 2848–2855; современный взгляд: Guth A. Eternal Inflation and Its Implications // Journal of Physics A. 2007. Vol. 40. P. 6811–6826.

²⁶ Одна из первых ключевых работ: Albrecht A., Steinhardt P. Cosmology for Grand Unified Theories with Radiatively Induced Symmetry Breaking // Physical Review Letters. 1982. Vol. 48. No. 17. P. 1220–1223.

²⁷ Вечную инфляцию можно описывать и не прибегая к сценарию «старой» инфляции (с эффектом квантового туннелирования).

по-прежнему входит объяснение того, почему возможны именно такие законы. Только спектр существенно расширяется – вместо объяснения свойств одной вселенной нужно объяснять свойства множества.

Теоретически ситуация может быть и более сложной. Возможных реализаций (тут важно уточнить, что речь идет не только о множестве вселенных, управляемых одними и теми же законами, а о гипотетической ситуации, когда и сами законы (константы) различаются, тем самым порождая различные вселенные) может быть и бесконечно много. В таком случае пытаться объяснять причины физических законов нашей вселенной бессмысленно, так как оказывается, что в бесконечном многообразии обязательно должен быть реализован любой набор законов – и это, собственно, и будет искомым объяснением. Даже если их не бесконечное число, но достаточно много, ситуация существенно не меняется. Эту идею имеет смысл проиллюстрировать на примере струнного ландшафта.

Теория струн

Специфика теории струн в том, что она в целях построения теории гравитации, способной учесть общую теорию относительности и квантовую теорию поля, отказалась от идеи элементарных частиц в пользу струн (разной размерности отрезков или петель). Часто, говоря о струнах, используют термин «брана». Введение бран приводит к интересным следствиям, одно из них, самое, вероятно, важное, в том, что существующего четырехмерного пространственно-временного континуума оказывается недостаточно. Для того чтобы теория была непротиворечивой и удовлетворяла некоторым другим требованиям математического характера, необходимо учитывать девять пространственных измерений (как минимум) и одно временное. Эдвард Виттен показал²⁸, что имеет смысл говорить о десяти пространственных измерениях.

Само по себе это не так странно: еще в работах Теодора Калуцы и Оскара Клейна²⁹ было показано, что можно рассматривать дополнительное пространственное измерение (они ограничивались пятимерным пространством-временем). Дополнительные пространственные измерения не поддаются наблюдению только потому, что они свернуты до масштабов порядка планковской длины ($1,6 \cdot 10^{-35}$ метров). Поэтому никакого противоречия с наблюдаемой физической реальностью нет.

Сложности возникают тогда, когда мы обращаемся к вполне естественной задаче объяснения свойств элементарных частиц (в данном контексте бран). Основных свойств три: масса, спин и заряд³⁰. Но есть и связанные с ними: величина сильного и слабого взаимодействий, характеристики соответствующих полей и т. п. Свойства частиц в теории струн напрямую зависят от геометрии дополнительных измерений, т. е. от их размеров и форм. Таким образом, задача заключается в том, чтобы вычислить (обосновать теоретически) в теории струн наблюдаемые характеристики частиц. Это будет мощным

²⁸ Виттен анализирует 11-мерное пространство в статье: *Witten E. String theory dynamics in various dimensions // Nuclear Physics B. 1995. Vol. 443. No. 1. P. 85–126.*

²⁹ *Kaluza T. Zum Unitätsproblem in der Physik // Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften. Bd. LIV. 22. Dezember. B., 1921. S. 966–972* и *Klein O. Quantentheorie und fünfdimensionale Relativitätstheorie // Zeitschrift für Physik. 1926. A. Vol. 37. No. 12. P. 895–906.*

³⁰ В контексте теории струн правильно говорить об их длине, форме и размерности. Заряд, масса и спин – в данном случае результаты определенных колебаний струн.

результатом: теория не просто фиксирует (как это делается при стандартной модели, куда экспериментально измеренные значения частиц просто подставляются), а предсказывает эти значения.

Однако возможных форм пространств, определяемых геометрией дополнительных измерений, достаточно много (это так называемые пространства «Калаби-Яу»)³¹. Если учитывать то, как они взаимодействуют с бранами и полями, то число возможных форм равно примерно 10^{500} (высказываются предположения, что число может оказаться бесконечным). Проблема в том, что теория не содержит инструментария по выявлению того пространства, которое бы соответствовало нашей вселенной. Очевидно, что метод перебора при числах такого порядка неэффективен.

Отсюда следует два важных в контексте нашей работы вывода. Во-первых, может оказаться так, что среди всего этого множества пространств нет ни одного такого, которое описывало бы наше. Как интерпретировать такой вывод? С одной стороны, можно сказать, что теория неверна, поскольку не описывает наблюдаемую реальность. И это совершенно справедливо.

Но можно посмотреть на проблему и с другой стороны, которая появляется при анализе второго возможного вывода. Допустим, что среди возможных пространств есть и такое, которое описывает нашу вселенную (пусть даже мы его обнаружим). В таком случае это будет хорошим доказательством истинности теории: она соотносится с наблюдаемой действительностью. Но как быть с остальными $10^{500}-1$?³² Что означает их наличие в теории? Их можно трактовать как нереализованные возможности – но в таком случае возникает сложный вопрос, который выпадает за рамки объяснительных возможностей теории (тем самым ослабляя ее и опять делая подстановочной): почему реализован именно этот вариант, а не любой другой? Ясно, что для ответа на этот вопрос потребуется более общая теория.

Но ситуацию интерпретировать можно и другим способом: все многообразие реальных и представляют собой конфигурации отдельных вселенных, а значит, не нужно объяснять, почему наша вселенная именно такова. Она такова, потому что это одна из всех возможностей³³.

Допустим, на отдаленной планете растут только березы. Утверждение местных ученых о том, что существуют деревья только одного вида – березы, и вопрос, почему существуют только березы, будут демонстрировать неполноту нашего знания и, что самое важное, – проистекающую от этой неполноты бессмысленность вопроса. Березы – это одна из возможностей, но могут быть (в других условиях) еще сосны, ели и т. д. Допустим далее, что ученые этой планеты построили теорию, которая предсказывает существование сосен, елей и т. д. наравне с березами – совершенно равноправно, но, возможно, в других мирах. При этом теория не содержит инструментария по обнаружению собственного мира (в котором растут только березы). Значит ли это, что теория неверна? Или, наоборот, именно она и верна – потому что описывает все многообразие возможностей? Далее, допустим, что теория предсказывает существование мира с елями и соснами, но ничего не говорит

³¹ Метод подсчета возможного числа вариантов см., например, в статье: *Ashok S., Douglas M. Counting flux vacua // Journal of High Energy Physics. Vol. 2004. JHEP01(2004). URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1126-6708/2004/01/060/meta> (дата обращения: 21.12.2016).*

³² В действительности подходящих многообразий может быть не одно, а много, но это не принципиально.

³³ В принципе, тут, конечно, можно задать вопрос: а почему все возможности именно таковы и могли бы они не существовать или быть другими? Это отсылает к более знаменитому вопросу: а почему вообще есть нечто, а не ничто?

о мире с березами. Такая теория как будто неверна. Но точнее, она неполна, причем точно так же, как и та теория, которая описывает мир, в котором есть исключительно березы. В этом свете представляется, что вопрос, почему существуют только березы (или почему значение космологической постоянной именно такое), не имеет смысла.

Это очень существенное с точки зрения эпистемологии допущение – о том, что некоторые традиционные научные вопросы могут не иметь смысла (речь идет не о том, что они некорректны, а именно о том, что могут не иметь смысла).

Из этого следует и другой возможный ответ на вопрос о том, как рассматривать теорию, если она не содержит описания нашей реальности, но описывает множество других. Вероятно, она логически неполна в том смысле, что не описывает всего многообразия вселенных³⁴. В таком случае правомерно поставить следующий вопрос: может ли она быть при этом истинной? С классической физической точки зрения – однозначно нет, но с математической – вполне³⁵.

Струнный ландшафт

Эти размышления подводят вплотную к разговору об антропном принципе в контексте струнного ландшафта. В данном случае учитывается самая слабая его формулировка, которая не вызывает нареканий у большинства ученых: наблюдаемая вселенная такова, потому что мы в состоянии ее наблюдать. В том смысле, что если изменить какие-либо из ее констант, например значение космологической константы, гравитационную постоянную или величину электромагнитного поля, то мы не смогли бы существовать. Однако это не ответ на вопрос о том, почему вселенная именно такова и почему мы в принципе должны существовать.

Стивен Вайнберг задался этим вопросом³⁶, взявшись проанализировать ситуацию с мультиверсом. Он допустил существование многих вселенных и различных возможных значений темной энергии (которая играет роль гравитационного отталкивания и обеспечивает разбегание галактик). Отбросив некоторые значения (которые нет смысла рассматривать по объективным причинам), он задал диапазон возможных значений.

В качестве необходимого (но не достаточного) условия существования жизни (в том виде, в каком мы ее знаем) Вайнберг взял существование галактик. Расчет показал, что они будут формироваться при условии величины темной энергии, не превышающей 10^{-121} (в планковских единицах), в то время

³⁴ Заметим, что уравнения ОТО также допускают различные экзотические решения. Например, решения для вселенных, в которых возможно возвращение в прошлое (см., например: *Gödel K. An Example of a New Type of Cosmological Solution of Einstein's Field Equations of Gravitation // Reviews of Modern Physics. 1949. Vol. 21. P. 447–450*). Вопрос в том, могут ли эти вселенные существовать.

³⁵ Вспомним знаменитую теорему Курта Геделя о неполноте, суть которой в том, что существует множество истинных математических утверждений, которые не могут быть доказаны в арифметике. Таким образом, математическая теория может быть неполна, но при этом она истинна (в том смысле, что позволяет производить верные вычисления); см.: *Gödel K. Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I // Monatshefte für Mathematik und Physik. 1931. Bd. 38. S. 173–198*.

³⁶ *Weinberg S. Anthropic bound on the cosmological constant // Physical Review Letters. 1987. Vol. 59. No. 22. P. 2607–2610*.

как наблюдаемое значение равняется 10^{-123} (показательно, что тогда еще не была измерена эта величина и многие полагали ее равной нулю³⁷. Таким образом, Вайнберг предсказал, что она должна быть отлична от нуля).

Для того чтобы были реализованы все возможные значения величины темной энергии, потребовалось 10^{124} вариантов (как минимум), среди которых должен быть и соответствующий нашей вселенной.

Леонард Сасскинд развил эти идеи, предложив идею «струнного ландшафта»³⁸. Суть идеи заключается в объединении некоторых выводов вечной инфляции с выводами теории струн.

Энергия каждого из 10^{500} возможных пространств дает вклад в значение энергии вакуума (отметим, что 10^{500} покрывает значение, предложенное Вайнбергом, -10^{124}). Струнный ландшафт – это единый ландшафт всех возможных вселенных (учитывающий возможные формы дополнительных измерений и величину энергии вакуума), где вершинам ландшафта соответствуют высокие значения энергии поля инфлатона. При высоких значениях происходит инфляционное расширение. В отличие от классической инфляции здесь ключевую роль играет эффект квантового туннелирования (эффект, хорошо известный и наблюдаемый в явлениях микромира). Туннелирование приводит к тому, что значение поля из высокого значения, преодолев преграду рельефа ландшафта, попадает в более низкое значение. Это означает создание дочерних вселенных в исходных вселенных, где значение энергии вакуума ниже и меняется форма дополнительных измерений. Так продолжается бесконечно, и мультивселенная имеет вид множества постоянно возникающих вселенных, внутри которых возникают другие вселенные, внутри которых процесс повторяется, и так далее. Естественно ожидать, что среди этого многообразия найдется хотя бы одна (а возможно, и не одна) вселенная, соответствующая нашей. В таком случае правильно считать, что построена теория, которая полно описывает физическую реальность. Даже если в теории не содержится никакого инструмента для того, чтобы понять, какая из моделей описывает нашу вселенную (да и должен ли быть такой механизм?).

Но не факт, что среди всех этих вселенных (даже если их бесконечное число³⁹) найдется наша – потому что неясно, учитывает ли теория все необходимые компоненты, которые описывают все возможные миры. Тем не менее если это так, то это не повод считать теорию ложной – возможно, нужно говорить, что она описывает множество других миров, и это не ее проблема, что мы не живем в одном из них, а наша. Даже не так важно, существуют ли они реально, более важно, что они могли бы существовать.

³⁷ То, что она не равна нулю, было показано в экспериментах 1998 года (см.: *Riess A., Filippenko A., Challis P., Clocchiattia A., Diercks A., Garnavich P., Gilliland R., Hogan C., Jha S., Kirshner R., Leibundgut B., Phillips M., Reiss D., Schmidt B., Schommer R., Smith C., Spyromilio J., Stubbs C., Suntzeff N., Tonry J.* Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant // *The Astronomical Journal*. 1998. Vol. 116. No. 3. P. 1009–1038; *Perlmutter S., Aldering G., Goldhaber G., Knop R., Nugent P., Castro P., Deustua S., Fabbro S., Goobar A., Groom D., Hook I., Kim A., Kim M., Lee J., Nunes N., Pain R., Pennypacker C., Quimby R., Lidman C., Ellis R., Irwin M., McMahon R., Ruiz-Lapuente P., Walton N., Schaefer B., Boyle B., Filippenko A., Matheson T., Fruchter A., Panagia N., Newberg H., Couch W.* Measurements of Omega and Lambda from 42 High-Redshift Supernovae // *The Astrophysical Journal*. 1999. Vol. 517. No. 2. P. 565–586.

³⁸ Концепцию струнного ландшафта Сасскинд подробно разрабатывает в книге: *Susskind L.* *The Cosmic Landscape: String Theory and the Illusion of Intelligent Design*. N. Y., 2006.

³⁹ Например, рассмотрим бесконечный ряд нечетных чисел: четных чисел в нем не найдется.

Заключение

Рассмотренные проблемы касаются ряда важных вопросов о характере научных теорий и целях научного познания. Главными из них оказываются следующие: каков критерий истинности научной теории, что такое научная теория и что такое физический закон.

Здесь анализировались некоторые научные концепции, допускающие множество возможных миров, в качестве критерия их истинности, как было показано, вероятно, может выступать только математическое доказательство.

На данный момент требование совпадения математической модели и физических наблюдаемых явлений в рамках научных теорий становится все более слабым: многие предполагаемые важные явления на современном техническом уровне не наблюдаемы и, возможно, не будут наблюдаемы никогда.

В этом смысле требование для математической модели обязательно описывать наблюдаемую реальность есть требование не истинности, а, скорее, того, что она должна описывать именно тот мир, в котором мы существуем. Это прагматический подход к пониманию истины. В такой трактовке критерий истины выглядит следующим образом: истинно то, существование чего может быть доказано в той реальности, в которой существуем мы.

Здесь, как кажется, очень сильно проявляет себя антропоцентрическая установка. Безусловно, с практической точки зрения нас интересует наша наблюдаемая вселенная. Но это чисто прикладной подход. Научная теория в своей основе опирается не на прикладные принципы (которые оказываются лишь следствиями), а на фундаментальные (потому-то она, собственно, и «теория»). Таким образом, указанный критерий истины не подходит, он не может характеризовать теорию в целом: он вынуждает исключать из теории большую часть на том лишь основании, что это не вписывается в наблюдаемую реальность.

Если отказаться от такого критерия истины, то предложить нечто взамен более веское, чем математическое доказательство, очень сложно (и кажется, что невозможно). Знаменитый попперовский критерий фальсифицируемости⁴⁰ теряет не только силу, но и смысл (это та самая упомянутая выше ситуация, когда пересмотр фундаментальных принципов науки может поставить под сомнение осмысленность считавшихся ранее ключевыми вопросов). Если теория потенциально описывает множество (возможно, бесконечное) миров и мы признаем ее как истинную на каком-либо основании (но не только на том, что она как частный случай описывает физические законы нашего мира), то ее невозможно фальсифицировать. Истинно все, что возможно, но в случае струнного ландшафта возможно чуть ли не все⁴¹. Предположение о возможности изменения физических законов во времени усиливает этот вывод⁴².

⁴⁰ Popper K. *The Logic of Scientific Discovery*. L., 2002. P. 57–73.

⁴¹ Это заявление не будет звучать так громко, если учесть, что полная теория должна описывать все утверждения (или их отрицания), возможные в этой теории. В этом смысле возражение, что ни одна теория, даже включающая струнный ландшафт, не может покрыть того, на что способно наше воображение, необоснованно. Если теория действительно полна и достаточно объемлющая (в плане описания всех физических законов), то она включает и это, потому что она должна описывать и законы мышления, и, таким образом, все то, что мы можем помыслить.

⁴² В эволюцию законов природы верил Поль Дирак: “At the beginning of time the laws of Nature were probably very different from what they are now. Thus, we should consider the laws of Nature as continually changing with the epoch, instead of as holding uniformly throughout space-time” («В начале времен законы природы существенно отличались от их современного состояния. Значит, нужно предполагать, что они меняются, а не остаются неизмен-

То же касается и критерия объективности. Само понятие объективности в данном контексте теряет свой научный смысл и начинает обозначать нечто привычное человеку в силу того, что он в состоянии это наблюдать. В таком случае объективность выглядит как очередная антропоцентрическая установка, которая сама по себе носит субъективный характер⁴³.

Разумеется, речь не идет о том, что теория, не имея возможности эмпирической проверки, теряет статус научности. Как видно из вышеприведенных примеров, теория от этого не перестает быть научной и использоваться научным сообществом. Проблема, скорее, в том, нужна ли корректировка критерия истинности и понятия научной теории. В данной статье обосновывалась необходимость смещения акцента в вопросе о критерии истинности научной теории в сторону математического обоснования. Но здесь есть подводные камни – математика неполна, а значит, существует множество истинных положений теории, которые никогда не могут быть вычислены. Эта проблема требует решения.

Список литературы

Аршинов В.И., Свирский Я.И. На пути к коммуникативно-рекурсивной модели Вселенной // Философия науки. Вып. 16 / Отв. ред. В.И. Аршинов, В.Г. Горохов. М.: ИФ РАН, 2011. С. 3–33.

Визгин В.П. Идея множественности миров: очерки истории. М.: Наука, 1988. 296 с.

Мамчур Е.А. Изменяются ли законы природы? // Вестн. Рос. филос. о-ва. 2016. № 4. С. 89–93.

Рузавин Г.И. Математизация научного знания. М.: Мысль, 1984. 208 с.

Севальников А.Ю. Физика и философия: старые проблемы и новые решения // Филос. журн. 2016. Т. 9. № 1. С. 42–60.

Шафаревич И.Р. Математическое мышление и природа // Вопр. истории естествознания и техники. 1996. № 1. С. 78–84.

Albrecht A., Steinhardt P. Cosmology for Grand Unified Theories with Radiatively Induced Symmetry Breaking // Physical Review Letters. 1982. Vol. 48. No. 17. P. 1220–1223.

Ashok S., Douglas M. Counting flux vacua // Journal of High Energy Physics. Vol. 2004. JHEP01(2004). URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1126-6708/2004/01/060/meta> (дата обращения: 21.12.2016).

Atkins M. Could the Higgs Boson be the Inflaton? // Physical Letters B. 2011. Vol. 697. P. 37–40.

Becker K., Becker M., Schwarz J. String Theory and M-theory: A Modern Introduction. Camb.: Cambridge University Press, 2006. 756 p.

Čápek V., Sheehan D.P. Challenges to the Second Law of Thermodynamics: Theory and Experiment. Dordrecht: Springer, 2005. 372 p.

Carroll S. From Eternity to Here: The Quest for the Ultimate Theory of Time. L.: Oneworld Publications, 2011. 448 p.

Dirac P. The Relation Between Mathematics and Physics // Proceedings of the Royal Society. 1939. Vol. 59. P. 122–129.

Gödel K. An Example of a New Type of Cosmological Solution of Einstein's Field Equations of Gravitation // Reviews of Modern Physics. 1949. Vol. 21. P. 447–450.

ными в пространстве-времени»); *Dirac P.* The Relation Between Mathematics and Physics // Proceedings of the Royal Society. 1939. Vol. 59. P. 122–129); также эту возможность допускали Джон Уилер, Ричард Фейнман и в наше время Ли Смолин.

⁴³ Совершенно другая точка зрения на эту проблему, основанная на синергетическом походе и теории сложности, представлена в работе: *Аршинов В.И., Свирский Я.И.* На пути к коммуникативно-рекурсивной модели Вселенной // Философия науки. Вып. 16. М., 2011. С. 3–33.

Gödel K. Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I // Monatshefte für Mathematik und Physik. 1931. Bd. 38. S. 173–198.

Guth A. Fluctuations in the new inflationary universe // Physical Review Letters. 1982. Vol. 49. No. 15. P. 1110–1113.

Guth A. Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems // Physical Review D. 1981. Vol. 23. No. 2. P. 347–356.

Guth A. Eternal Inflation and Its Implications // Journal of Physics A. 2007. Vol. 40. P. 6811–6826.

Guth A. The Inflationary Universe: The Quest for a New Theory of Cosmic Origins. N. Y.: Perseus Books Group, 1997. 358 p.

Kaluza T. Zum Unitätsproblem in der Physik // Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften. Bd. LIV. 22. Dezember. B.: Verlag der Akademie der Wissenschaften, 1921. S. 966–972.

Karpenko I. The notion of space in some modern physics theories // Epistemology & Philosophy of Science. 2015. Vol. 3. No. 45. P. 150–166.

Klein O. Quantentheorie und fünfdimensionale Relativitätstheorie // Zeitschrift für Physik. 1926. Bd. 37. No. 12. S. 895–906.

Lewis D. On the plurality of worlds. Padstow: Wiley-Blackwell, 1986. 288 p.

Linde A.D. A new inflationary universe scenario: A possible solution of the horizon, flatness, homogeneity, isotropy and primordial monopole problems // Physics Letters B. 1982. Vol. 108. No. 6. P. 389–393.

Linde A.D. Eternally Existing Selfreproducing Chaotic Inflationary Univers // Physics Letters B. 1986. Vol. 175. P. 395–400.

Linde A.D. Chaotic Inflation // Physics Letters B. 1983. Vol. 129. P. 177–181.

Nozick R. Philosophical Explanations. Camb.: The Belknap Press of Harvard University Press, 1981. 784 p.

Perlmutter S., Aldering G., Goldhaber G., Knop R., Nugent P., Castro P., Deustua S., Fabbro S., Goobar A., Groom D., Hook I., Kim A., Kim M., Lee J., Nunes N., Pain R., Pennypacker C., Quimby R., Lidman C., Ellis R., Irwin M., McMahon R., Ruiz-Lapuente P., Walton N., Schaefer B., Boyle B., Filippenko A., Matheson T., Fruchter A., Panagia N., Newberg H., Couch W. Measurements of Omega and Lambda from 42 High-Redshift Supernovae // The Astrophysical Journal. 1999. Vol. 517. No. 2. P. 565–586.

Popper K. The Logic of Scientific Discovery. L.: Routledge, 2002. 544 p.

Riess A., Filippenko A., Challis P., Clocchiattia A., Diercks A., Garnavich P., Gilliland R., Hogan C., Jha S., Kirshner R., Leibundgut B., Phillips M., Reiss D., Schmidt B., Schommer R., Smith C., Spyromilio J., Stubbs C., Suntzeff N., Tonry J. Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant // The Astronomical Journal. 1998. Vol. 116. No. 3. P. 1009–1038.

Starobinsky A. A new type of isotropic cosmological models without singularity // Physics Letters B. 1980. Vol. 91. P. 99–102.

Susskind L. The Cosmic Landscape: String Theory and the Illusion of Intelligent Design. N. Y.: Back Bay Books, 2006. 416 p.

't Hooft G. Magnetic monopoles in Unified Gauge Theories // Nuclear Physics B. 1974. Vol. 79. No. 2. P. 276–284.

Vilenkin A. The birth of inflationary universes // Physical Review D. 1983. Vol. 27. No. 12. P. 2848–2855.

Weinberg S. Anthropic bound on the cosmological constant // Physical Review Letters. 1987. Vol. 59. No. 22. P. 2607–2610.

Witten E. String theory dynamics in various dimensions // Nuclear Physics B. 1995. Vol. 443. No. 1. P. 85–126.

Physical theories in a multiple possible-worlds environment

Ivan Karpenko

National Research University "Higher School of Economics". 20 Myasnitskaya Str., Moscow, 101000, Russian Federation; e-mail: gobzev@hse.ru

In the paper here abstracted, the author submits to critical analysis the criteria of truth used in physical theories and physical laws, with reference to some theories in contemporary physics allowing for the existence of multiple universes. Seeing as the properly done inquiry demands universe models with diverging basic principles (the laws of physics), two theories have been chosen as the object of the present study: the first one which assumes eternal inflation and the second one presupposing string cosmology (a string landscape). Both theories admit a broad variation in physical laws (which may amount to fundamentally different laws or to the same basic principles only slightly modified). Magnitude of dark energy (the cosmological constant) has been taken to represent the parameter of a physical law that changes its value from one possible universe to another. The analysis of physical theories admitting multiple universes shows that the standard requirements for a theory, which have their origin back in early modern period and which assume the validity of a theory to depend on its conformity to the criteria of observability and justification of the fundamental principles of our universe, cannot be entirely consistent. The tendency in the development of theoretical physics is towards creating the models which represent increasing (in many cases apparently altogether insurmountable) difficulty for experimental verification. It can be argued that, for some physical theories, there obviously must be no verification requirement at all, since any assumption of the necessary correspondence between theory and reality is no more than a manifestation of anthropocentrism. A theory may be able to reveal a more general ground which will be beyond the scope of observation. In this case, an epistemological question will arise, what can be the criterion of validity for such a theory? The present paper is an attempt to provide arguments for the priority of mathematical over the empirical justification.

Keywords: philosophy of science, physical theory, physical law, eternal inflation, dark energy, anthropic principle, epistemology

References

- Albrecht, A. & Steinhardt, P. "Cosmology for Grand Unified Theories with Radiatively Induced Symmetry Breaking", *Physical Review Letters*, 1982, Vol. 48, No. 17, pp. 1220–1223.
- Arshinov, V. & Svirskij, Ja. "Na puti k kommunikativno-rekursivnoj modeli Vselennoj" [Towards a communicative-recursive model of the Universe], *Filosofija nauki*, 2001, Vol. 16, pp. 3–33. (In Russian)
- Ashok, S. & Douglas, M. "Counting flux vacua", *Journal of High Energy Physics*, Vol. 2004, JHEP01(2004) [<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1126-6708/2004/01/060/meta>, accessed on 21.12.2016].
- Atkins, M. "Could the Higgs Boson be the Inflaton?", *Physical Letters B*, 2011, Vol. 697, pp. 37–40.
- Becker, K., Becker, M. & Schwarz, J. *String Theory and M-theory: A Modern Introduction*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. 756 pp.
- Čápek, V. & Sheehan, D.P. *Challenges to the Second Law of Thermodynamics: Theory and Experiment*. Dordrecht: Springer, 2005. 372 pp.
- Carroll, S. *From Eternity to Here: The Quest for the Ultimate Theory of Time*. London: Oneworld Publications, 2011. 448 pp.
- Dirac, P. "The Relation Between Mathematics and Physics", *Proceedings of the Royal Society*, 1939, Vol. 59, pp. 122–129.

- Gödel, K. "An Example of a New Type of Cosmological Solution of Einstein's Field Equations of Gravitation", *Reviews of Modern Physics*, 1949, Vol. 21, pp. 447–450.
- Gödel, K. "Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I", *Monatshefte für Mathematik und Physik*, 1931, Bd. 38, S. 173–198.
- Guth, A. "Eternal Inflation and Its Implications", *Journal of Physics A*, 2007, Vol. 40, pp. 6811–6826.
- Guth, A. "Fluctuations in the new inflationary universe", *Physical Review Letters*, 1982, Vol. 49, No. 15, pp. 1110–1113.
- Guth, A. "Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems", *Physical Review D*, 1981, Vol. 23, No. 2, pp. 347–356.
- Guth, A. *The Inflationary Universe: The Quest for a New Theory of Cosmic Origins*. New York: Perseus Books Group, 1997. 358 pp.
- Kaluza, T. "Zum Unitätsproblem in der Physik", *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften*, Bd. LIV, 22. Dezember. Berlin: Verlag der Akademie der Wissenschaften, 1921, S. 966–972.
- Karpenko, I. "The notion of space in some modern physics theories", *Epistemology & Philosophy of Science*, 2015, Vol. 3, No. 45, pp. 150–166.
- Klein, O. "Quantentheorie und fünfdimensionale Relativitätstheorie", *Zeitschrift für Physik*, 1926, Bd. 37, No. 12, S. 895–906.
- Lewis, D. *On the plurality of worlds*. Padstow: Wiley-Blackwell, 1986. 288 pp.
- Linde, A.D. "A new inflationary universe scenario: A possible solution of the horizon, flatness, homogeneity, isotropy and primordial monopole problems", *Physics Letters B*, 1982, Vol. 108, No. 6, pp. 389–393.
- Linde, A.D. "Chaotic Inflation", *Physics Letters B*, 1983, Vol. 129, pp. 177–181.
- Linde, A.D. "Eternally Existing Selfreproducing Chaotic Inflationary Universes", *Physics Letters B*, 1986, Vol. 175, pp. 395–400.
- Mamchur, E. "Izmenjajutsja li zakony prirody?" [Does the law of nature can change?], *Vestnik Rossijskogo filosofskogo obshhestva*, 2016, No. 4, pp. 89–93. (In Russian)
- Nozick, R. *Philosophical Explanations*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press, 1981. 784 pp.
- Perlmutter, S., Aldering, G., Goldhaber, G., Knop, R., Nugent, P., Castro, P., Deustua, S., Fabbro, S., Goobar, A., Groom, D., Hook, I., Kim, A., Kim, M., Lee, J., Nunes, N., Pain, R., Pennypacker, C., Quimby, R., Lidman, C., Ellis, R., Irwin, M., McMahon, R., Ruiz-Lapuente, P., Walton, N., Schaefer, B., Boyle, B., Filippenko, A., Matheson, T., Fruchter, A., Panagia, N., Newberg, H. & Couch, W. "Measurements of Omega and Lambda from 42 High-Redshift Supernovae", *The Astrophysical Journal*, 1999, Vol. 517, No. 2, pp. 565–586.
- Popper, K. *The Logic of Scientific Discovery*. London: Routledge, 2002. 544 pp.
- Riess, A., Filippenko, A., Challis, P., Clocchiattia, A., Diercks, A., Garnavich, P., Gilliland, R., Hogan, C., Jha, S., Kirshner, R., Leibundgut, B., Phillips, M., Reiss, D., Schmidt, B., Schommer, R., Smith, C., Spyromilio, J., Stubbs, C., Suntzeff, N. & Tonry, J. "Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant", *The Astronomical Journal*, 1998, Vol. 116, No. 3, pp. 1009–1038.
- Ruzavin, G. *Matematizacija nauchnogo znanija* [The mathematization of scientific knowledge]. Moscow: Mysl Publ., 1984. 208 pp. (In Russian)
- Seval'nikov, A. "Fizika i filosofija: starye problemy i novye reshenija" [Physics and philosophy: old problems and new solutions], *Filosofskij zhurnal*, 2016, Vol. 9, No. 1, pp. 45–60. (In Russian)
- Shafarevich, I. "Matematicheskoe myshlenie i priroda" [Mathematical thinking and the nature], *Voprosy istorii estestvoznaniya i tehniki*, 1996, No. 1, pp. 78–84. (In Russian)
- Starobinsky, A. "A new type of isotropic cosmological models without singularity", *Physics Letters B*, 1980, Vol. 91, pp. 99–102.
- Susskind, L. *The Cosmic Landscape: String Theory and the Illusion of Intelligent Design*. New York: Back Bay Books, 2006. 416 pp.
- 't Hooft, G. "Magnetic monopoles in Unified Gauge Theories", *Nuclear Physics B*, 1974, Vol. 79, No. 2, pp. 276–284.

Vilenkin, A. "The birth of inflationary universes", *Physical Review D*, 1983, Vol. 27, No. 12, pp. 2848–2855.

Vizgin, V. *Ideja mnozhestvennosti mirov: ocherki istorii* [The idea of plurality of worlds: essays on the history]. Moscow: Nauka Publ., 1988. 296 pp. (In Russian)

Weinberg, S. "Anthropic bound on the cosmological constant", *Physical Review Letters*, 1987, Vol. 59, No. 22, pp. 2607–2610.

Witten, E. "String theory dynamics in various dimensions", *Nuclear Physics B*, 1995, Vol. 443, No. 1, pp. 85–126.