

Что есть время в некоторых концепциях современной физики: проблема интерпретации¹

И. А. Карпенко

Карпенко Иван Александрович — кандидат философских наук, доцент, старший научный сотрудник Лаборатории исследования философии Школы философии Факультета гуманитарных наук Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Аннотация. Статья посвящена проблеме интерпретации понятия времени в контексте некоторых концепций современной физики. Это фундаментальное понятие с неизбежностью возникает в физических теориях, однако до сих пор не существует его адекватного описания в философии науки. В теории относительности, квантовой теории поля, стандартной модели физики элементарных частиц, теории петлевой квантовой гравитации, теории суперструн и других, новейших теориях, явно или неявно присутствует идея времени. Иногда, как, например, в специальной теории относительности, оно играет выраженную роль, иногда нет, но так или иначе оно есть и подразумевается содержанием теории и в ряде случаев ее математическим аппаратом. Особенно важным для решения проблемы оказывается принципиальное различие пространственно-временных процессов микромира и макромира. В этой связи возникает необходимость понимания времени таким, каким оно появляется в современной физике, его описания в языке философии (удовлетворительного математического аппарата описания времени тоже не существует). Это даст возможность приблизиться к ответу на вопрос о свойствах времени и, если не ответить, то сформулировать правильный вопрос о том, что оно есть. С этой целью в настоящем

¹ Исследование осуществлено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2016 году.

исследовании анализируются ключевые концепции современной физики с учетом историко-научной и историко-философской перспективы, что позволяет в ряде случаев обнаружить преемственность идей, связанных с осмыслением времени, их развитие, а также возникновение принципиально новых. В ходе анализа формулируются корректные с точки зрения физической теории характеристики времени, и предпринимается попытка постановки вопроса о природе времени. На основе проделанной работы делаются выводы о современном состоянии проблемы и перспективах ее решения.

Ключевые слова: Время, философия науки, современная физика, пространство и время.

What is Time in Some Modern Physics Theories: Interpretation Problems

I. A. Karpenko

Karpenko I. A. — Ph. D. in Philosophy, The Higher School of Economics

Abstract. The article deals with the problem of time in the context of several theories of modern physics. This fundamental concept inevitably arises in physical theories, but so far there is no adequate description of it in the philosophy of science. In the theory of relativity, quantum field theory, Standard Model of particle physics, theory of loop quantum gravity, superstring theory and other most recent theories the idea of time is shown explicitly or not.

Sometimes, such as in the special theory of relativity, it plays a significant role and sometimes it does not. But anyway it exists and is implied by the content of the theory, which in some cases directly includes its mathematical tools. Fundamental difference of space-time processes in microcosm and macrocosm is of particular importance for solving the problem. In this regard, a need to understand the time in the way it appears in modern physics, to describe it in the language of philosophy arises (satisfactory for time description mathematical tools also do not exist).

This will give an opportunity to get closer to the answer on question of time characteristics. And even if we do not obtain the exact answer, we will still be able to formulate the right question about its na-

ture. For this purpose, the present research carries out analysis of the key theories of modern physics with regard to historical and scientific, historical and philosophical perspectives. In some cases, this gives an opportunity to detect the succession of the associated with time perception ideas, their development, as well as the origination of fundamentally new ones. During the analysis, the correct characteristics of time are formulated from the point of view of physical theory and the attempt to state the nature of time is made. On the ground of conducted research, the conclusions about current state of the problem and its future solution perspectives are drawn.

Keywords: time, philosophy of science, modern physics, concept of space and time.

Введение

Проблема времени не является чисто физической проблемой. Сама физика не содержит «теорию времени». В том смысле, что ясных попыток естественнонаучного ответа на вопрос о том, что такое время не существует. Тем не менее, понятие времени так или иначе возникает в науке и требует объяснения. Время играет существенную (хотя и часто подпольную) роль в физике XX и XXI веков. Это касается как теорий, описывающих макромир, так и теорий, описывающих микромир. В теории относительности оно постулируется, как второстепенное свойство, производное от скоростей и масс, но, тем не менее, оно есть (пусть как иллюзия), и возникает необходимость его философской интерпретации. В квантовой теории поля время так же возникает (хотя и неявно) в вопросе, связанном с интерпретацией результатов эксперимента — например: «где частица была до ее наблюдения». Это «до» как раз и говорит о присутствии времени (точнее, о восприятии экспериментатором его присутствия).

В более поздних теориях, явившихся попытками разрешить проблему несовместимости общей теории относительности и квантовой механики, таких как теория петлевой квантовой гравитации, теория суперструн, формодинамика и других, время так же играет определенную роль, и снова появляется вопрос о его объяснении в рамках этих теорий. Т.е., вопрос о том, в каком смысле используется этот термин — «время»?

Постановка проблемы

Как заметил Джордж Уитроу, автор одних из наиболее фундаментальных работ о времени [Whitrow 1976; Whitrow 1980; Whitrow 2004], для физики в принципе характерна геометризация времени. То же самое отмечал и Альберт Эйнштейн [Einstein 1954, 141]. Если пространство мы привыкли мыслить с помощью системы координат, в терминах измерений и расстояний², то никаких специфически временных понятий, характеризующих именно время, нет. Отчасти этим объясняется и трудность толкования времени таким, каким оно возникает в различных теориях физики — сложно толковать то, что не имеет эндемичных признаков. Именно из-за отсутствия своих сущностных свойств, время подверглось геометризации. Особенно очевидно это в теории относительности и описании времени в пространстве Минковского (построенного на основе работ Анри Пуанкаре [Poincaré 1906, 129–176] и Эйнштейна [Einstein 1905, 891–921] Германом Минковским [Minkowski 1909, 75–88]), где оно представляет собой четвертую координату и имеет вид произведения скорости света и времени события. В целом, в теории относительности проблема решается радикально — время фактически устраняется, оно не более чем иллюзия восприятия. Однако и в таком случае дело обстоит не просто, и отказ от времени порождает серьезные трудности (о них мы скажем позднее), связанные с эволюцией вселенной.

Традиционный дискурс о времени порождает чисто пространственные вопросы: дискретно оно или непрерывно, возможно ли его отождествлять с изменением (последовательностью событий) и длительностью, является ли оно объективным или субъективным, относительным или абсолютным, фундаментальным или нет, и т. п. Эти вопросы проистекают из классической интеллектуальной интуиции, которую мы встречаем еще у Зенона, затем у Аристотеля, у стоиков, позже у Августина, и, что

² Речь здесь не идет о том, что система координат является объективным описанием пространства, в случае объектов и явлений микромира привычное понятие расстояния теряет свой смысл, однако система координат может использоваться как удобный инструмент.

интересно, почти такой же она сохраняется у Галилео Галилея и Исаака Ньютона.

Показательно, что в тех случаях, когда утверждается своеобразие времени (одни из последних работ, примером этому, книги Ли Смолина [Smolin, 2013]; [Mangabeira, Smolin 2014], в которых доказывается, что время фундаментально, и не должно рассматриваться в пространственных терминах), остается невыясненным, что же оно такое.

Представляется, что в этом свете самый главный вопрос о времени такой: существует ли оно? Разумеется, настоящее исследование не ставит целью дать однозначный на него ответ. Однако анализ понятия времени и его возможных характеристик, возникающих в современных физических теориях, позволяет приблизиться к ответу вплотную.

Краткая история проблемы

Проблема времени с точки зрения дискретности и непрерывности, по всей видимости, впервые затрагивается у Зенона Элейского³, в его знаменитых парадоксах. Апории «Ахиллес», «Дихотомия», «Стрела», «Стадий», направлены против движения. В первых двух движение отрицается, если пространство и время рассматриваются как непрерывные, во вторых двух, если как дискретное. Александр Койре в работе «Заметки о парадоксах Зенона» [Койре 85, 27–51] сделал важное замечание касательно того, что эти апории, по сути, не имеют отношения к движению и касаются его лишь постольку, поскольку движение происходит в пространстве и времени. Здесь уже можно сформулировать важный вопрос — а возможно ли движение (любое изменение) вне времени? К этому обратимся при дальнейшем анализе.

Далее, Койре показывает, что все эти четыре аргумента допускают двойную интерпретацию, т. е., апории «Ахиллес» и «Дихотомия» не теряют своей силы, если рассматривать пространство и время в качестве дискретных; аналогично, если рассматривать

³ В этом разделе рассматриваются только те идеи, которым возможно дать физическую интерпретацию.

«Стрелу» и «Стадий» с позиций непрерывности пространства и времени, апории по-прежнему нерешаемы.

Следующий шаг состоит в том, что можно абстрагироваться от понятий пространства и времени и рассматривать вместо этого математический континуум, не лишая апорий исходного смысла. Проведя такую трансформацию, Койре приходит к выводу, что проблема намного глубже, чем то представляли исследователи и критики Зенона, и обнаруживает (переведя апории на язык математики), что эти апории: «...в скрытом виде коренятся во всякой геометрической теореме, во всякой алгебраической формуле, во всяком арифметическом предложении» [Там же, 38]. То есть, проблема в принципе присуща математике и геометрии, но в таком, математическом рассмотрении, она перестает быть проблемой, так как в самой по себе непрерывности, с точки зрения математики, нет ничего парадоксального. Из этого может напрашиваться вывод о том, что наши традиционные интуитивные представления о движении, времени и пространстве требуют серьезной коррекции — и только тогда апории перестанут быть таковыми. Или, что то же самое, апории и порождены неверным представлением о движении, пространстве и времени.

Другой вопрос, отсылающий к парадоксам Зенона — должно ли время в принципе «течь». Бертран Рассел [Рассел 1959, 813] не видел проблемы в том, что стрела как бы скачет из одного положения в другое. То есть движение во времени можно понимать, как смену позиций, по примеру секундной стрелки. Быстрая смена позиций воспринимается, как гладкое движение. При таком взгляде на проблему в движении нет собственно того, что интуитивно понимается под движением. В каждый момент времени стрела покоится в новом месте. Но, можно заключить, это и есть движение.

У Платона в «Тимее» о времени говорится, как о вращающемся подобии вечности [Платон 2003, 37а–38с] — в соответствии, видимо, с циклической традицией. Реальное время — это застывшая вечность, его же подобие это время вращающегося неба — движение от числа к числу.

Первую попытку научного анализа времени предпринял, по видимому, Аристотель в «Физике». Его, естественно, не удовле-

творил подход Платона, в первую очередь, в силу неприемлемости для него сюжета с идеями как прообразами наблюдаемой реальности. Для Аристотеля время и движение связаны, но не тождественны. Время Аристотеля «есть число движения» [Аристотель 1981, IV, 11] и оно непрерывно. Временем измеряется движение, а движением определяется время. Но необходимое условие движения — пространство, значит, без пространства нет и времени. Идеальное движение — круговое (здесь опять видна традиция представлений о времени, как о циклическом — движение небесных тел, смерть-рождение, смена времен года и т. п.).

Плотин не согласен с Аристотелем. Его время (в платоновском духе) производно от вечности. Но у него время не движение и мера движения (не число движения) [Плотин 2004, III, 7].

Вкратце его возражения против времени как движения и числа движения можно охарактеризовать так: движение предполагает время, однако время не требует с необходимостью движения, а может вполне совместиться и с покоем. То есть, «если предположить, что возможно движение вне времени, то приравнивание ему времени станет еще более непонятным, так как получится, что время — одно, а движение — совсем другое» [Лосев 2000, 442]. Итак, время это одно, а движение — это другое. Так же Плотин показывает, что поскольку движения могут быть разными, т. е., за одно время могут преодолеваться разные расстояния, то и времена должны быть разными, а это невозможно (интересно, что здесь уже возникает идея относительности времени, производная от движения, хотя и отрицаемая). Значит, и расстояние тоже не может мыслиться как время. Это можно трактовать, как протест против пространственного мышления о времени.

Далее Плотин показывает, что время не есть число, аргументируя это тем, что числами измерять можно всё что угодно, а не только время, таким образом, время есть время, а число есть число. Если переходить к определению времени, то у Плотина время есть протяжение вечной жизни души (но, опять же, протяжение — пространственная характеристика).

Особое место в учении о времени занимают известные размышления Августина. Для него время не есть движение, потому что нет реального прошлого и нет реального будущего, но есть

настоящее. Однако это настоящее лишено длительности, оно мгновенно, то есть, его тоже как бы нет. Но все три времени, прошлое, настоящее и будущее существуют в душе. Хотелось бы это трактовать, как утверждение иллюзорности, субъективности времени, но Августин не говорит этого. Время все-таки есть, и он выражает это в знаменитой формуле: «...время существует только потому, что оно стремится исчезнуть» [Августин 199, 111. XIV. 17]. Он, скорее, раскрывает психологию восприятия времени — образ настоящего, возникающий в душе, позволяет по подобию (такая своеобразная индукция) мыслить о прошлом и будущем. Но есть у Августина и новаторство, которое можно отнести непосредственно к физике — полемизируя с популярным в то время вопросом «что делал Бог до сотворения мира» он смело заявляет: ничего. По той простой причине, что время было сотворено вместе с миром, а как можно говорить о «до» и «после», если нет времени? Эти понятия вне времени просто не имеют смысла. Августин, таким образом, утверждает (если выражаться современным языком) следующую идею — нет внешнего вечного фундаментального времени, как арены действий физических законов. Время возникает вместе с Вселенной.

У неоплатоника Прокла (по всей видимости, следующего в своей концепции за Ямвлихом) в комментарии к платоновскому «Тимею» [Proclus 2011] разрабатывается своеобразная диалектика времени и вечности. Время для него — длительность, текучесть, непрерывность. Время есть (в духе опять же Платона) подвижный образ вечности, а вечность — неподвижный образ времени. Время связано с движением, и чтобы оно текло, нужно нечто, что бы заставляло каждое событие двигаться, так как каждое событие нуждается в причине движения. Первопричина же движения — вечность.

Дамаский развивает эти идеи, разрабатывая проблему сущности времени [Лосев 2000, 436–439]. Но он вводит кванты времени. Если время состоит из не имеющих длительности моментов настоящего, то не получится сложить из них длительность. Так как, сколько ни складывай хоть бесконечное множество не имеющих размера частей, всё равно получится ничто. Таким образом, время должно состоять из неделимых отрезков настоящего,

имеющих длительность. Иначе говоря, время движется скачками. Дамаский показывает это на примере мышления: вроде бы мысль непрерывна, однако же она не созерцает всё сразу одновременно, сначала она обращена на одно, потом на второе, потом на третье. Эту позицию можно интерпретировать, как попытку доказательства дискретности времени. Более того, скорость скачкообразных движений времени приводит к тому, что у разных движений разные времена (то, что отрицал Плотин). По существу это означает утверждение того, что время относительно, и его относительность обусловлена скоростью движения (хотя, очевидно, Дамаский руководствовался совершенно иными основаниями в своей интуиции, чем поздние релятивисты).

Последующие философы и ученые (Средних веков и Нового времени) углубляли уже существующие идеи или полемизировали с ними, но, в основном, оставались в рамках указанной проблематики. Тем не менее, представляется важным указать еще некоторые взгляды на время, которые определили современный дискурс. Речь идет о позициях Канта, Лейбница, Ньютона и Эйнштейна.

Ньютон настаивал на объективном статусе времени. Правда, он избегал метафизики, он не говорил, что такое время. Но он заявлял, что оно абсолютно. «Абсолютное, истинное, математическое время само по себе и по самой своей сущности, без всякого отношения к чему бы внешнему протекает равномерно и иначе называется длительностью» [Ньютон 1989, 30]. Время есть, и оно — длительность. Но, если для доказательства абсолютного пространства Ньютон проводит эксперимент с вращающимся ведром (который, впрочем, как было замечено Эрнстом Махом [Мах 1909, 198–199] ничего не доказывает), то для доказательства абсолютного времени у него веских аргументов нет. Оппонент Ньютона, Лейбниц, напротив постулировал относительность времени, выводя ее из принципа достаточного основания и тождества неразличимых⁴. Можно сказать, он углубил аргументацию Августина в

⁴ Предшественник Лейбница в утверждении относительности движения, Декарт, не смог сделать из этого вывод об относительности времени, а Лейбниц, утверждая относительность, не заметил возможности относительности одновременности.

вопросе о том, что делал Бог до сотворения мира [Полемика Г. Лейбница с С. Кларком 1960, 56] — вне событий, вещей (мира) нет времени. Но это не значит, что Лейбниц его отрицает, время есть — и более того, оно универсально (из этого очевидно, что ничего общего между идеей времени у Лейбница и у Эйнштейна нет).

Кант вновь поставил объективность времени под сомнение. Интересно, что Лосев делает довольно резкое замечание по поводу концепции априорности времени у Канта, утверждая, что она целиком позаимствована у Плотина [Лосев 2000, 447]. Для Канта время — априорная форма чувственности, позволяющая упорядочивать опыт взаимодействия с миром в нашем восприятии [Кант 1994, 56–58]. Оно необъективно, времени, как такового, нет. Поэтому и разговор о природе времени, его сущности, свойствах бессмысленный — он должен сводиться к нашему восприятию, к деятельности сознания⁵.

Эйнштейн, развивая идею относительности, сформулировал последнюю принципиально новую идею о времени, соответствующую классической интуиции (интуиции о макром мире — в квантовой механике, например, эта интуиция не совсем работает). Принципиальное новаторство сделанного им шага заключается в утверждении относительности одновременности, положения, согласно которому одни и те же события кажутся для разных наблюдателей разделенными во времени по-разному, в зависимости от скорости (включая направление) движения наблюдателей.

Современное состояние проблемы

Каждый из указанных взглядов на время порождает специфические трудности, причем не с точки зрения физики, где используемый математический аппарат при условии непротиворечиво-

⁵ Интересно, что утверждение субъективности времени (и более широко солипсизма) никак не отрицает программу научного исследования. В любом случае остается вопрос — почему мы воспринимаем время так, а не иначе, почему мы воображаем (в случае солипсизма) мир таким, а не другим? Ответом должны быть физические законы, обуславливающие наше восприятие и мышление. То есть, в этом смысле, наука это поиск того, что стоит за явлениями, каковы бы они ни были.

сти гарантирует адекватность описания. Трудности возникают при попытке философского анализа.

В современной физике достаточно популярно представление о дискретности времени. Это никак не противоречит тому, что в математическом рассмотрении оно непрерывно: математической теории, объясняющей собственно время, нет. Поэтому, игнорируя, по примеру Рассела, Зенона, можно полгать, что квант времени («хронон») имеет порядок планковской величины. Здесь однако возникают сразу два вопроса. Первый, самый очевидный — это спорное пространственное представление о единице времени как кванте, т. е., чем-то, имеющем фиксированный размер. В этом случае опять же время предстает лишь особым измерением пространства, в котором происходит специфическое передвижение. Тогда можно сказать: от точки (события) А до точки (события) В столько-то квантов времени. В принципе, здесь нет парадоксальности, движение во времени, можно представлять как скачкообразное (квантованное) движение в состоянии покоя при максимально допустимой скорости. То есть, когда нечто находится неподвижным в точке трехмерного пространства, это можно интерпретировать в СТО так, что оно движется со скоростью света во времени, а, следовательно, движется и в пространстве, так как пространство в ходе времени меняется.

Отсюда возникает другая трудность. Если время квантуется, то что означает изменение пространства во времени? Существует ли оно в «промежутках» между квантами времени? В таком случае придется признать интервалы существования пространства не во времени, что кажется абсурдным, потому что это навязывает принятие еще одного рода времени, и так далее, что приводит к порочному кругу. Если же в промежутках время не существует, то мир создается заново в каждое мгновение. Что тоже противоречит нашей интеллектуальной интуиции⁶.

Альтернативой делимому и бесконечно делимому времени может выступать время в принципе неделимое. Не совсем ясно,

⁶ Здесь и далее предполагается, что противоречие интуиции совсем не означает невозможность чего-либо. Это означает лишь невозможность в данный момент познать объект противоречия.

что это означает, и как можно говорить о прошлом и будущем при таком варианте. Вероятно, это картина времени, как единого мгновения (в том смысле, что всё существует одновременно, но в таком случае не ясно, зачем вообще нужна категория времени). Более понятная непрерывность по крайней мере предполагает длительность.

Понятие длительности, как характеристики времени, тесно связано с представлением о локальности. Классическая физика, начиная с работ Галилея, Ньютона и вплоть до Эйнштейна указывает на время, как на локальное. Это в принципе соответствует нашей интуиции. Вообще, понятие локальности, касается, конечно, пространства. Суть его в том, что для того, чтобы попасть из точки А в точку Б нужно преодолеть некоторое расстояние. Но поскольку максимально возможная скорость конечна (скорость распространения света), то, значит, локальность предполагает и необходимость затратить время для преодоления любого расстояния. Интересно, что вселенная Ньютона не совсем локальна, вопреки распространенному убеждению — гравитация в его теории распространяется мгновенно. В теории относительности гравитация уже имеет фиксированную скорость — скорость света.

В квантовой механике возникает нелокальность (интересно, что ее установил сам же Эйнштейн [Einstein, Podolsky, Rosen 1935, 777–780], полагая, что таким образом он демонстрирует неполноту квантовой теории). Нелокальность означает, что для путешествия из точки А в точку Б фотону не нужно преодолевать расстояния, он оказывается в ней мгновенно — следовательно, не требуется временных затрат. Более широкое понимание нелокальности [Markopoulou, Smolin 2007]; [Chanda, Smolin 2009] означает, что между элементарными частицами во Вселенной существуют нелокальные связи, и чем их больше, тем более ярко выражены другие измерения. Иначе говоря, если бы помимо трех развернутых измерений для перемещения макрообъектов было бы открыто еще одно или несколько, это означало бы наличие нелокальности. Здесь любопытным образом пересекаются квантовая механика и теория относительности. В реляционной теории, как уже отмечалось, нет собственно времени, но есть пространство-время. Таким образом, всякое движение, есть движение в про-

странстве-времени. Если допустить существование дополнительных измерений (что, кстати, уже пытался сделать Эйнштейн на основе гипотезы Калуцы—Клейна [Kaluza 1921, 966–972]; [Klein 1926, 895–906]), и добавить квантово-механическую нелокальность, то получается, что нелокальность означает движение в других измерениях⁷. Эксперименты, подтверждающие нелокальность (квантовая телепортация) проводились уже неоднократно, последний совсем недавно [Bussières, Clausen, Tiranov, Korzh, Verma, Sae Woo Nam, Marsili, Ferrier, Goldner, Herrmann, Silberhorn, Sohler, Afzelius, Gisin 2014, 775–778]. Интерпретация этих экспериментов представляет серьезную сложность. На их основе можно, например, сделать вывод о том, что понятие расстояния (как характеристики пространства) и длительности (как времени) некорректны, т. е., являются особенностью нашего восприятия. И, значит, есть только одно место, где всё и происходит (если в таком случае вообще можно говорить о месте). Однако квантовая телепортация предполагает создание дубликата исходного объекта в *другом месте*. Наличие этого другого места сразу же подрывает идею об иллюзорности расстояния. В противном случае следует считать, что это не другое место, а то же самое, и фотон в точности тот же самый, и их не два, а он один. Но тогда возникает вопрос: а была ли телепортация? Что за манипуляции производили экспериментаторы, если ничего не изменилось по сравнению с исходным состоянием? Мысль, что объект один и тот же, вполне согласуется с принципом тождества неразличимых Лейбница.

Проблема снимается при принятии абсолютного пространства Ньютона (и пространства Эйнштейна⁸). Необязательно считать, что нелокальность означает нахождение в одном и том же месте, просто фотоны мгновенно обмениваются информацией через любое расстояние. Да, фотоны неразличимы, но принцип

⁷ Если принять это, то справедливо заметить: нелокальность есть, но только на квантовом уровне, поскольку дополнительные измерения свернуты, а макромир локален.

⁸ Здесь нет противоречия. Пространство Эйнштейна относительно — это означает лишь то, что его свойства определяются массивными объектами. Но оно есть, и в нем находятся эти объекты. В некотором смысле пространство-время это так же арена действий, фон, как и пространство Ньютона, но с обратной связью.

Лейбница не нарушается, потому что различные положения в пространстве — это тоже характеристика фотона (правда, в таком случае не понятна функция пространства, оно становится еще более искусственным, чем знаменитый эфир старой физики — там хотя бы эфир был необходим для распространения световых волн с конечной скоростью). Но время устраняется полностью. Таким образом, при объединении реляционной и квантовой интерпретации нелокальности время не существует, и говорить о каких-то его характеристиках, признаках и свойствах бессмысленно. Более подробно о нелокальности и проблеме измерений см. [Карпенко 2015, 36–81]; [Karpenko 2014, 16–28]. О проблеме времени в квантовой космологии см. [Севальников 2013, 104–121].

Возможен взгляд на время, как на последовательность событий. Только в современной физике событиями объявляются процессы на микроскопическом уровне, например, за первое событие можно взять первую флуктуацию или распад частицы, которая запустила цепную реакцию событий, ряд из которых причинно-связанный, что и объявляется временем (при этом начало времени не обязательно связано с актом творения). Это вызывает возражения (также не новые), что время это всё же не последовательность событий, потому что события разворачиваются во времени, а не время в событиях (или — время не движение, но движение происходит во времени).

Остановимся более подробно на вопросе «течения» времени. Вселенную теории относительности часто называют «блочной», подразумевая единое пространство-время, в котором нет, собственно, времени. Блок можно «нарезать» под разными углами («нарезанию» соответствует скорость и направление движения) — этим будет обусловлена относительность одновременности. Для разных наблюдателей разные события будут восприниматься, как происходящее в разном временном порядке, то, что для одних случилось раньше, для других позже. Порядок событий неизменен только в границах одного светового конуса. События за его пределами не могут быть причинно связаны. Здесь ключевое слово «восприниматься» — так как в блочной Вселенной все события уже заданы, они есть, и наше восприятие в зависимости от определенных условий замечает их в некотором порядке. В этой

модели нет течения времени, последовательность событий так же не может быть названа временем, нет здесь и длительности.

Такое положение дел не всеми признаётся, как полностью удовлетворительное. Причина заключается в наличии так называемой «стрелы времени». Ее специфика в том, что наблюдатели, как бы и куда бы они ни двигались, будут наблюдать одно и то же ее направление — из прошлого в будущее (в том смысле, что прошлое отлично от будущего). Хотя законы физики обратимы во времени, в реальности наблюдается необратимость. Порядок переходит в состояние хаоса и очень редко наоборот (хотя это должно происходить одинаково часто). Это хорошо известный второй закон термодинамики и вытекающие из него следствия, впервые описанный Рудольфом Клаузиусом [Clausius 1854, 481–506], и изученный Людвигом Больцманом [Boltzmann 2003, 262–349]. Энтропия всегда растет. Даже если происходит самоорганизация, рост степени порядка, она предполагает использование энергии, а затраченная качественная энергия приводит к выделению некачественной (тепловой), и энтропия (как мера беспорядка) всегда больше возрастания порядка.

В данном случае важно, что второй закон термодинамики возможно было бы рассматривать, как свидетельство течения времени — или, более смело, как описание самого времени. Время можно было бы понимать в этих рамках как переход от менее вероятных состояний к более вероятным — а самое вероятное состояние это состояние равновесия. Однако в таком случае придется признать, что в равновесном состоянии время останавливается. Это очевидно не так, потому что в любом равновесном состоянии происходят флуктуации, понижающие в своей области энтропию, а далее опять следует понижение степени порядка. Таким образом, второй закон не есть время, но работает во времени (словами Аристотеля — движение во времени). Он указывает на стрелу времени.

Стрела времени предполагает асимметричность вселенной во времени — раз прошлое принципиально отлично от будущего, значит, должны были существовать особые начальные условия. Выбор начальных условий (в инфляционной модели, например) дело в большой степени произвольное. Дело в том, что, отталкиваясь от нынешнего состояния вселенной невозможно реконст-

руировать ее исходное состояние — она могла прийти к этому состоянию множеством разных путей. Немаловажную роль в истории играют и случайные события (недетерминированные другими) — флуктуации. Поэтому выбор начальных условий достаточно велик. И даже если выяснится, каковы они были в точности, то останется вопрос, почему они были именно такими, а не другими, раз могли таковыми быть. В принципе, всегда возможен ответ «случайно» (что не отменяет вопрос «а почему возможна случайность?»)

Другая проблема заключается в том, что признание стрелы времени предполагает выбор начальных условий с высокой степенью порядка. Если наиболее вероятное состояние равновесное, то для того, что мы наблюдаем сейчас, исходное состояние должно было быть неравновесным. Или же оно было равновесным, но периодически происходят масштабные флуктуации в различных частях Вселенной, которые повышают организацию (идея Больцмана) [Lebowitz 1993, 32–38]. Такое допущение требует вечного прошлого, так как вероятность гигантских флуктуаций крайне мала, и за 14 миллиардов лет они едва ли могли произойти. В случае выбора начальных условий после Большого взрыва, необходимо объяснить, откуда взялся первоначальный порядок, задавший направление стрелы времени. Правда, гравитация и есть тот самый фактор порядка в начальных условиях. Изначальное равновесное состояние после Большого взрыва не является равновесным при наличии гравитационного взаимодействия, которое заставляет элементы притягиваться и образовывать сложные структуры. В таком случае приходится думать, что время как-то связано с гравитацией, возможно, производно от нее (в определенном смысле в ОТО так и есть). Если это так, то следует прояснить, что же такое гравитация. Рассматривать ее в смысле ОТО, как искривление пространства-времени, значит, опять исключить время. Возможно рассматривать ее как результат действия реальных частиц-переносчиков (гравитонов), как это делается, например, в теории суперструн, которая предсказывает их существование. В таком случае, время придется связывать не только с силой притяжения, но, по всей видимости, и с отталкивающей гравитацией — космологической постоянной.

Другая современная концепция, в которой время устраняется, связана с рассмотрением Вселенной, как голограммы. Этот подход сформировался в результате исследований черных дыр, начатых Яаковом Бекенштейном [Bekenstein 1976, 2333–2346] и Стивеном Хокингом [Hawking 1974, 30–31], продолженных Герардом т'Хоофтом [Stephens, 't Hooft, Whiting 1994, 621] и Леонардом Сасскиндом [Susskind 1995, 6377–6399], и завершенные Эдвардом Виттеном [Witten 1998, 253–291] и Хуаном Малдасеной [Hogowitz, Maldacena, Strominger 1996, 151–159]. Т'Хоофт и Сасскинд показали, что вся информация о любом объекте может быть записана на площади его поверхности, т. е., информация внутри области всегда меньше, чем на поверхности. Это наводит на мысль, что арена физических законов — это как раз граница, а наблюдаемая трехмерная реальность — голографическая проекция⁹. Малдасена, струнный теоретик, основываясь на принципах Виттена, показал возможность дуального описания реальности — его струнная теория (струны в балке) идентична квантовой теории поля. Это стало возможным благодаря тому, что математический словарь используется один и тот же для описания происходящего внутри мира Малдасены¹⁰ и для описания, происходящего на границе этого мира (собственно квантовой теории поля). Таким образом, обе теории по сути одно и то же, но описывают реальность с разных позиций. Сущность концепции в том, что происходящее *внутри* можно описать происходящем снаружи, на границе области. Например, это может означать, что черная дыра является голографической проекцией газа на ее поверхности — в таком случае, черные дыры предстают вполне тривиальными объектами¹¹.

⁹ Возникает большое искушение переосмысливать теорию идей Платона в свете голографического принципа.

¹⁰ Вселенная Малдасены отлична от нашей и, строго говоря, его результат не применим к нашему миру. Но это не умаляет его значимость — важен сам факт возможности дуального описания, позволяющий в сложных теориях разбираться с помощью относительно простых.

¹¹ Это поднимает очередной важный вопрос — дело в том, что внутри черной дыры время и пространство как бы меняются местами, движение во времени становится движением в пространстве и наоборот. Факт дуального описания в таком случае указывает на принципиальную неразличимость пространства и времени.

В конечном итоге, вселенную можно описывать как голограмму, то есть, как проекцию с далекой плоской поверхности.

Какова же роль времени в такой модели описания реальности? Нужно ли считать, что время эта также проекция (а если рассматривать время как производное от физических законов, т. е. не как предшествующее им, а возникающие с ними, то проекцией чего оно является)? В духе Платона и платоников можно ответить — проекцией вечности, но с точки зрения физики этот ответ, конечно же, не конкретен. Наверно правильным будет сказать в таком случае, что на поверхности времени нет, оно лишь свойство трехмерной проекции. Проекция движется, здесь «всё течет, все меняется», как сказал Гераклит, но сама **граничная поверхность** неизменна (потому что вневременна). Это означает, что время не фундаментально, а является производным от чего-то еще, что закодировано на удаленной поверхности. Что это может быть, пока совершенно не ясно.

Другой вариант (на самом деле более отвечающий теории струн) состоит в том, что время (и пространство) — это некий заданный фон, арена событий. Одна из **версий** циклической вселенной (или мультивселенной), предложенных в теории суперструн рассматривает время именно таким образом. В данной модели, предложенной Полом Стейнхардом с коллегами [Khoury, Ovrut, Steinhardt, Turok 2001], наша вселенная рассматривается как трехмерная брана, расположенная в пространстве более высокой размерности. Периодически может происходить столкновение с другими **бранами-вселенными**¹², что означает гибель вселенных и зарождение новых.

Еще одна циклическая теория, в рамках более классических представлений, предложена Р. Пенроузом [Penrose 2011]. В его концепции новая Вселенная это результат флуктуации (по сути Большого Взрыва), которая неизбежна спустя *бесконечное* время после достижения теплового равновесия. После же достижения теплового равновесия поздняя вселенная становится неотличима

¹² Они не наблюдаемы, поскольку струнная математика разрешает путешествия между бранами только замкнутым струнам (гравитонам), а свободным, вроде фотонов нет.

от ранней. Таким образом, конец — это начало. Интересно, что эта теория, несмотря на очевидно странную необходимость истечения бесконечного времени, проверяема — в ее пользу может говорить обнаружение гравитационных волн и концентрических кругов от столкновения нескольких пар черных дыр. Есть данные, что такие свидетельства получены [Wehus, Eriksen 2010].

Но любая циклическая модель, на чем бы она ни основывалась, требует наличия времени вне вселенной, изначально заданного, которое не рождается и не умирает вместе с вселенной. Действительно, циклический сценарий не имеет смысла, если время возникает вместе с возникновением вселенной. Как можно сказать, что раньше уже были вселенные, если время исчезло вместе с ними? Если между вселенными возникают интервалы безврестья (а это само по себе нечто абсурдное), то уже нельзя говорить о «раньше», «было» и т. п.

Такие сценарии только усложняют вопрос о времени. Время здесь предстает некоей фундаментальной, заведомо непознаваемой величиной, поскольку оно ставится вне мира. То же относится и к различным концепциям мультивселенных (см. [Karpenko 2015, 150–166]) — если исключить внешнее время, оставив только собственное время каждого мира, то возникает вопрос: как миры соотносятся друг с другом во времени? В теории вечной инфляции [Guth 1997] можно поставить вопрос: есть ли время в поле инфлатона или там царит платоновская вечность, а время появляется лишь вместе с мирами — в «пузырях»-вселенных? В таком случае миры, будучи разделены безвременьем, несравнимы во времени, и нельзя сказать, что в мирах разное время, как и то, что одно же. Этот же вопрос не теряет актуальности и в случае многомировой интерпретации Эверетта, струнного ландшафта и некоторых других теорий мультивселенных.

Особой спецификой обладает интерпретация времени в квантовой теории поля. Уравнение Шрёдингера описывает волновую функцию частицы до акта ее измерения, в момент же измерения происходит коллапс волновой функции, и в права вступают правила для макромира. Таким образом, время играет ключевую роль в акте измерения. Измерение меняет будущее. Если до измерения прошлое частицы размыто (она может находиться где угодно с

некоторым числом наиболее вероятных положений, а, точнее, и находится одновременно где угодно, если не допускать скрытых параметров), то в мгновение измерения она обнаруживается где-то, и правила микромира для нее перестают работать. Если бы измерение не проводилось, частица и дальше описывалась бы волновой функцией. В данной ситуации момент измерения обладает особыми полномочиями, определяя будущее — это есть миг настоящего, разделяющий прошлое и будущее. Только, исходя из него, мы не можем реконструировать прошлое и можем только статистически предсказать будущее. Прошлое и будущее всегда размыто, есть только настоящее.

С точки зрения теорий скрытых параметров [Bohm 1983], акт измерения, конечно, ничем особым не выделяется. Он всего лишь позволяет узнать неизвестное прежде положение частицы. В концепции Хью Эверетта [Everett 1957, 454–462] измерение так же не обладает особым статусом, а является одной из возможных реализаций в параллельных вселенных. Большинство других интерпретаций квантовой механики так же избегают проблемы измерения, см. [Bell 1987].

В стандартной же квантовой теории поля приходится признавать выделенный момент времени (важно, что он выделен наблюдателем, т. е. объектом макромира). В микромире время проявляет себя только во взаимодействии с макромиром — тогда, когда вмешивается наблюдатель. Значит, ли это, что понятие времени осмысленно только в макромире и не имеет смысла в микромире? Такая точка зрения существует довольно давно. В самом деле, классические представления о пространстве и времени на масштабах планковской величины, вероятно, не имеют смысла. Однако за неимением лучшего физики и математики вынуждены использовать традиционные системы координат и часы. Точнее, классическое время и пространство имеет смысл — но именно в момент перехода с микро на макроуровень.

В качестве альтернативы общей теории относительности ряд физиков [Gomes, Gryb, Koslowski 2011]; [Barbour, Koslowski, Mercati 2014] предлагают формодинамику. Принципиальное отличие формодинамики в том, что время признаётся универсаль-

ным, в пространство — относительным. Это значит, что существует выделенный наблюдатель и, соответственно, выделенное время. Относительность пространства означает, что в разных местах Вселенной размеры одинаковых объектов могут быть разными, или, точнее, понятие размера на больших расстояниях не имеет самостоятельного смысла, как понятие одновременности событий в теории относительности. Глобальное время и одновременность наблюдений возможны благодаря, например, выбору универсальной системы отсчета: микроволнового фонового излучения. Наблюдатели будут регистрировать одну и ту же его температуру во всех направлениях вселенной, таким образом, существуют выделенные наблюдатели (что, правда, вводит асимметричность в ОТО). Важно, что формодинамика — это дуальное описание ОТО; относительность времени заменяется относительностью пространства, две теории эквивалентны друг другу.

Постулирование абсолютного времени, первичного по отношению к законам физики приводит к интересным следствиям — законы могут меняться во времени. Т.е. законы оказываются не неизменными, не фундаментальными основами, которые сами задают время, а разворачиваются во времени. Это, безусловно, интересный подход, который позволяет по-новому взглянуть на эволюцию Вселенной. Но он совсем не объясняет, что такое время само по себе. Напротив, допущение изменения законов физики во времени требует объяснения механизма этого изменения, т. е., некий закон эволюции законов во времени. Есть другая возможность: сказать, что время первично и просто есть без всяких причин, но это когнитивный тупик.

Таким образом, формодинамика пытается решить проблему выбора начальных условий, вводя асимметричные решения во времени — время есть, оно неизменно, но всё меняется во времени, в том числе и законы физики (возможно, даже появляются новые).

Другая важная черта формодинамики (собственно, и позволяющая реконструировать события в прошлое) — она согласуется с теорией скрытых параметров в квантовой механике, т. е., с мыслью о том, что все частицы имеют положение и скорость в любой момент времени (такое допущение с необходимостью предпола-

гает опять же выделенного наблюдателя). Это как раз то, чего требовал от теории Эйнштейн, но что стало возможным только в дуальном описании его теории.

Заключение

По мере роста научного знания интеллектуальная интуиция приспосабливается к формулировке новых понятий или модернизации старых (верна и обратная зависимость). С появлением новых физических теорий (необязательно экспериментально обоснованных) часто требуется корректировка традиционных постановок вопросов. Так, например, теория относительности вводит понятие относительности одновременности — шаг принципиально новый в науке, и требующий переосмысления категории времени (что и происходит — время в ОТО устраняется). Другой пример, квантовая теория поля — время как различие прошлого и будущего возникает только при переходе с микроуровня на макроуровень. Голографический принцип, выросший из возможности дуального описания физических систем, опять же совершенно по-новому предлагает взглянуть на время: взгляд на время, как на проекцию (или же предполагает принятие двух родов времени). Концепции мультиверса (и циклической Вселенной) поднимают принципиальный вопрос о глобальном времени — есть ли в каждой вселенной свое время или же оно общее для всех.

Наконец, действительно новым является вопрос о размерности времени. Время традиционно рассматривалось либо как круг (циклическое), либо как стрела. Если время может иметь большую размерность, по аналогии со свернутыми пространствами в теории суперструн, то это, скорее, подтвердит правомерность геометризации понятия времени и покажет необоснованность поиска сущностно временных категорий. Т.е., возможно, что время это разновидность пространства.

Как можно было убедиться, большая часть вопросов, связанных со временем, не претерпели существенных изменений по сравнению с ранними попытками его философского осмысления.

В этом свете ответ на ключевой вопрос, сформулированный в начале — существует ли время, не имеет положительного реше-

ния. В тех теориях, где ответ «да», оно фундаментально в том смысле, что оно первично. Такой вариант ничего не может сказать о том, что есть время, а наоборот, делает шаг назад в попытке ответить на этот вопрос. Объявив нечто первичным, мы далее можем говорить об этом только в духе негативной теологии, так как ничто не является его причиной.

В тех же концепциях, где время возникает, возможно говорить о том, что оно есть, но пока что единственный претендент на объяснение — это пространство. Однако понимание времени (совсем не новое) как движения в пространстве (последовательности событий в пространстве, или даже особой разновидности пространства) как бы устраняет время из понятия времени. В этих подходах отрицается собственного временная специфика времени (что может оказаться правдой).

Представляется вероятным, что отчасти проблема кроется в неспособности интеллектуальной интуиции выйти за пределы обыденного представления о времени и желания вписать его в привычный фон макромира. В этом случае окажется эффективной формулировка новых понятий времени и пространства на основе результатов эксперимента и математического описания, порывающих с той традицией мышления, которая породила проблемы, сформулированные Зеноном. В определенном смысле суть его апорий как раз и указывает на несоответствие интеллектуальной интуиции физической реальности, а не на невозможность движения.

Библиография

- Койре 1985 — *Койре А.* Очерки истории философской мысли. М.: Прогресс, 1985.
- Лосев 2000 — *Лосев А. Ф.* История античной эстетики. Поздний эллинизм. Т. 6. М.: Фолио, 2000.
- Плотин 2004 — *Плотин.* Третья эннеада. СПб.: Издательство Олега Абышко, 2004.
- Августин 1991 — *Августин Аврелий.* Исповедь. М.: Renaissance, 1991.
- Аристотель 1981 — *Аристотель.* Сочинения в четырех томах. Т. 3. М.: Мысль, 1981.

- Владимиров 2014 — *Владимиров Ю. С.* Природа пространства и времени. М.: URSS, 2014.
- Кант 1994 — *Кант И.* Критика чистого разума. М.: Мысль, 1994.
- Карпенко 2015 — *Карпенко А. С.* В поисках реальности: Исчезновение // *Философия науки и техники.* 2015. Т. 20. № 1. С. 36–81.
- Ньютон 1989 — *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии. М.: Наука, 1989.
- Платон 2003 — *Платон.* Собрание сочинений в четырех томах. Т. 3. СПб.: Издательство Олега Обышко, 2003.
- Полемика Г. Лейбница и С. Кларка 1960 — *Полемика Г. Лейбница и С. Кларка по вопросам философии и естествознания.* Ленинград: Ленинградский университет, 1960.
- Рассел 1959 — *Рассел Б.* История западной философии. М.: Издательство иностранной литературы, 1959.
- Севальников 2013 — *Севальников А. Ю.* Время в квантовой космологии // *Метавселенная, пространство, время.* М.: Институт философии РАН, 2013. С. 104–121.

References

- Aristotle. The Physics, Books I–IV.* Cambridge: Harvard University Press, 1957.
- Augustine. Confessions.* Oxford: Oxford University Press, 2009.
- Barbour J., Kosłowski T., Mercati F.* “The solution to the problem of time in shape dynamics”, *Classical and Quantum Gravity*, 2014, vol. 31, no. 15, doi: 10.1088/0264-9381/31/15/155001.
- Bekenstein J.* “Black holes and entropy”, *Physical Review*, 1976, D. 7, pp. 2333–2346.
- Bell J. S. Speakable and unspeakable in quantum mechanics.* Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- Bohm D.* “A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of ‘Hidden’ Variables’, I and II”, *Quantum theory and measurement*, ed. by J. A. Wheeler and W. H. Zurek. Princeton: Princeton University Press, 1983, pp. 369–397.
- Boltzmann L.* “Further Studies on the Thermal Equilibrium of Gas Molecules”, *Kinetic Theory of Gases: An Anthology of Classic Papers With Historical Commentary*, ed. by S. G. Brush and N. S. Hall. London: Imperial College Press, 2003, pp. 262–349.
- Bussièrès F., Clausen C., Tiranov A., Korzh B., Verma V., Sae Woo Nam, Marsili F., Ferrier A., Goldner P., Herrmann H., Silberhorn C., Sohler W.,*

- Afzelius M., Gisin N. "Quantum Teleportation from a Telecom-Wavelength Photon to a Solid-State Quantum Memory", *Nature Photonics*, 2014, no. 8(10), pp. 775–778.
- Chanda P.-W., Smolin L. "Disordered Locality as an Explanation for the Dark Energy", *Physical Review*, 2009, D 80, 063505, doi: 10.1103/PhysRevD.80.063505.
- Clausius R. "Übereineveränderte Form des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie", *Annalen der Physik*, 1854, № 12, pp. 481–506.
- Einstein A. "Zur Elektrodynamik bewegter Körper", *Annalen der Physik*, 1905, vol. 322, Issue 10, pp. 891–921.
- Einstein A. *Relativity: The Special and the General Theory*. London: Routledge, 1954.
- Einstein A., Podolsky B., Rosen N. "Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?", *Physical Review*, 1935, vol. 47, pp. 777–780.
- Eriksen H. K., Wehus I. K. "A search for concentric circles in the 7 year wilkinson microwave anisotropy probe temperature sky maps", *The Astrophysical Journal Letters*, 2011, vol. 733, no. 2, doi: 10.1088/2041-8205/733/2/L29.
- Everett H. " 'Relative state' formulation of quantum mechanics", *Reviews of Modern Physics*, 1957, vol. 29, no. 3, pp. 454–462.
- Gomes H., Gryb H., Koslowski T. "Einstein gravity as a 3D conformally invariant theory", *Classical and Quantum Gravity*, 2011, vol. 28, no. 4, doi: 10.1088/0264-9381/28/4/045005.
- Guth A. *The Inflationary Universe: The Quest for a New Theory of Cosmic Origins*. New York: Perseus Books, 1997.
- Hawking S. W. "Black Hole Explosions?", *Nature*, 1974, no. 248 (5443), pp. 30–31.
- Horowitz G. T., Maldacena J., Strominger A. "Nonextremal Black Hole Microstates and U-Duality", *Physical Letters B*, 1996, no. 383, pp. 151–159.
- Kaluza T. "Zum Unitätsproblem in der Physik", *Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss*, Berlin, 1921, pp. 966–972.
- Kant I. *Critique of Pure Reason*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- Karpenko I. "Notion of Space in Some Modern Physics Theories", *Jepistemologija i filosofija nauki*, 2015, vol. XLV, no. 3, pp. 150–166.
- Karpenko A. S. "V poiskah real'nosti: ischeznovenie" [In Search of Reality: Disappearance], *Filosofija nauki i tehniki*, 2015, vol. 20, no. 1, pp. 36–81. (in Russian)
- Karpenko I. "Question of Consciousness: to Quantum Mechanics for the Answers", *Studia Humana*, 2014, vol. 3, no. 3, pp. 16–28.

- Khoury J., Ovrut A. B., Steinhardt P. J., Turok N.* “Ekpyrotic universe: Colliding branes and the origin of the hot big bang”, *Physical Review*, 2001, D 64, doi: <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevD.64.123522>.
- Klein O.* “Quantentheorie und fünfdimensionale Relativitätstheorie”, *Zeitschrift für Physik*, 1926, A 37 (12), pp. 895–906.
- Koire A.* *Études d’histoire de la pensée philosophique*. Paris: Librairie Armand Colin, 1961. 329 pp.
- Lebowitz J. L.* “Boltzmann’s Entropy and Time’s Arrow”, *Physics Today*, 1993, vol. 46, no. 9, pp. 32–38.
- Leibniz and Clarke: Correspondence*. Indianapolis: Hackett Publishing, 2000.
- Losev A. F.* Istorija antichnoj jestetiki. Pozdnij jellinizm [History of ancient aesthetics. The late Hellenism], in: A. F. Losev, *Polnoe sobranie sochinenii* [Complete Works], vol. 3. Moscow: Folio, 2000, pp. 241–528. (in Russian)
- Mach E.* *The Science of Mechanics: A Critical and Historical Account of Its Development*. Chicago: Open Court Publishing Company, 1915.
- Mangabeira U. R., Smolin L.* *The Singular Universe and the Reality of Time*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- Markopoulou F., Smolin L.* “Disordered Locality in Loop Quantum Gravity States”, *Classical and Quantum Gravity*, 2007, vol. 24, no. 15, doi: 10.1088/0264-9381/24/15/003.
- Minkowski H.* “Raum und Zeit”, *Physikalische Zeitschrift*, 1909, no. 10, pp. 75–88.
- Newton I.* *Mathematical Principles of Natural Philosophy*. Berkeley: University of California Press, 1999.
- Penrose R.* *Cycles of Time: An Extraordinary New View of the Universe*. New York: Knopf, 2011.
- Plato.* *Timaeus*. Indianapolis: Hackett Publishing, 2000.
- Plotinus.* *Ennead 3*. Cambridge: Harvard University Press, 1967.
- Poincaré H.* “Sur la dynamique de l’électron”, *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, 1906, 21, pp. 129–176.
- Proclus.* *The Commentaries of Proclus on the Timaeus of Plato*. London: British Library, Historical Print Edition, 2011.
- Russel B.* *A History of Western Philosophy and Its Connection with Political and Social Circumstances from the Earliest Times to the Present Day*. New York: Simon and Schuster, 1945.
- Smolin L.* *Time Reborn: From the Crisis in Physics to the Future of the Universe*. New York: Houghton Mifflin Harcourt, 2013.
- Stephens C. R., ‘t Hooft G., Whiting B. F.* “Black Hole Evaporation without Information Loss”, *Classical and Quantum Gravity*, 1994, vol. 11, pp. 621–647.

- Susskind L.* “The World as a Hologram”, *Journal of Mathematical Physics*, 1995, vol. 36, no. 11, pp. 6377–6399.
- Whitrow G. J.* *The natural philosophy of time*. Oxford: Oxford University Press, 1980.
- Whitrow G. J.* *The Nature of Time*. London: Penguin Books, 1976.
- Whitrow G. J.* *What is time? The Classic Account of the Nature of Time*. Oxford: Oxford University Press, 2004.
- Witten E.* “Anti-de Sitter Space and Holography”, *Advances in Theoretical and Mathematical Physics*. 1998, no. 2, pp. 253–291.