

DOI: 10.22363/2224-7580-2022-4-51-62

СОВРЕМЕННЫЕ ИДЕИ О ПРИРОДЕ ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ

И.А. Бабенко

*Российский университет дружбы народов
Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6*

Аннотация. В работе рассматриваются высказывания зарубежных и российских исследователей в области современных теорий, претендующих на роль фундаментальных.

Ключевые слова: теория струн, петлевая квантовая гравитация, реляционная теория, новая фундаментальная теория, метафизика

...В рамках каждой научной дисциплины имеются те, кто страстно стремится узнать что-то самое существенно правильное о своей теме... Если они физики, они хотят знать все о пространстве и времени и что привело мир к существованию. Эти фундаментальные вопросы наиболее тяжелы для ответов, и прогресс редко бывает непрерывным. Только горстка ученых имеет настойчивость для такой работы. Это один из самых рискованных видов деятельности.

Ли Смолин [1]

Введение

Данная статья посвящена обзору исследований современных теорий, которые ведутся с целью ответа на вопрос «Какова природа пространства-времени?», то есть обсуждению высказываний, как отмечает Ли Смолин, той горстки ученых, которые ищут ответы на этот вопрос. В статье в основном рассматриваются публикации зарубежных физиков и философов, занимающихся данной проблематикой, однако более детальное осмысление данного вопроса ведется в нашей стране, в частности в стенах МГУ физического факультета в группе Ю.С. Владимирова в рамках реляционной теории.

В настоящее время растет количество работ физиков, в которых, исходя из различных физико-математических подходов и методов, анализируется природа пространства-времени. При этом, как правило, в заключениях данных работ отмечается, что пространство-время не является априорно заданным понятием, а возникает из каких-то более первичных структур природы. Следует отметить, что в большинстве своем подобные работы являются зарубежными. Так, американский физик-теоретик Пакет отмечает: «В физике есть

много намеков на то, что пространство-время, как мы его понимаем, – не фундаментальное понятие» [2].

Как возник вопрос столь радикального характера? Почему научное сообщество пришло к вопросу: какова природа пространства-времени? Для дальнейшего рассмотрения предлагаемых ответов на него необходимо учитывать закономерности мироздания всех масштабов – от кварков до глобальных структур Вселенной, а именно: микромира (субатомных частиц), макромира (от молекул до астрофизических тел), мегамира (от планетных систем до глобальных структур Вселенной).

Многие зарубежные исследователи связывают возникновение данного вопроса с неудачными попытками построения квантовой теории гравитации [2]. На сегодняшний день общепризнанной теорией гравитации является общая теория относительности (ОТО), предложенная А. Эйнштейном в начале XX века. Из данной теории следует, что материя искажает пространство-время, имеющее априорно заданный характер, то есть является первичной сущностью, на фоне которой размещаются тела и частицы, влияющие на кривизну. При описании мегамира, то есть Вселенной в целом, с позиции ОТО возникают определенные трудности, связанные с введением темной материи и темной энергии. Так, Ли Смолин, рассуждая о природе темной материи и энергии, заключает: «И опять тут возможны два объяснения. ОТО может просто быть не верна. Она была точно проверена только в пределах нашей солнечной системы и соседних систем в нашей собственной галактике. Возможно, когда мы переходим на масштабы, сравнимые с размерами целой вселенной, ОТО просто больше неприменима» [1].

Для описания микромира (субатомных частиц) используется так называемая Стандартная модель, в основе которой лежит методология квантовой механики. Стивен Вайнберг в своей книге [3], которая вышла за год до его смерти в 2021 году, дает четкую формулировку проблем современной физики: «У нас есть теория, объединяющая сильное взаимодействие с электромагнитным и слабым взаимодействием. Теория, получившая название Стандартной модели, объясняет все эффекты, которые мы можем измерить в наших научных лабораториях физики элементарных частиц. Она дает идеальные конечные и разумные результаты, когда мы используем ее для расчетов, и при этом теория остается неудовлетворительной, поскольку слишком большое количество параметров модели приходится подбирать, чтобы согласовать результаты расчетов с экспериментальными данными. Например, в Стандартной модели есть шесть типов частиц, которые называются кварками. Почему их шесть? Почему не четыре или восемь? Ответа нет. Почему у этих частиц именно такие свойства? Самый тяжелый из кварков примерно в 100 000 раз тяжелее самого легкого. Мы не знаем, чем обусловлена такая разница в массе; ее значения подбираются просто для подгонки под эксперимент.

Есть в этой «кунсткамере» и свой «слон»: гравитация вообще никак не учтена в Стандартной модели.

Начиная с 1970-х годов мы располагаем теорией слабого, электромагнитного и сильного взаимодействия, имеющей слишком много произвольных

параметров, и теорией гравитации, которую невозможно распространить на системы с экстремально высокими значениями энергии. И мы застряли в этом состоянии, поскольку наши ускорители элементарных частиц не приносят новых данных, которые загадывали бы нам загадки, подпитывали наше воображение. <...> Стандартная модель является, вероятно, только эффективной квантовой теорией поля, приближением к более фундаментальной теории, для раскрытия деталей которой потребуется энергия частиц, намного превышающая возможности современных ускорителей, и, возможно, в этой теории можно будет вообще обойтись без кварков, лептонов или калибровочных полей» [3].

Попытки объединить теории, которые описывают физику на разных масштабах, не увенчались успехом. В то время как квантовая механика позиционирует пространство и время неизменным внешним атрибутом, общая теория относительности деформирует его посредством учета материи в правой части уравнений Эйнштейна. Ожидается, что теория квантовой гравитации должна каким-то образом согласовать эти представления о пространстве и времени. Но решить эту проблему в рамках квантовой гравитации к сегодняшнему дню так и не удалось, несмотря на многочисленные попытки, которые продолжаются до сих пор [2]. Роджер Пенроуз отмечает, что физики пытаются решить эту проблему путем «непосредственного применения правил квантовой механики к теории Эйнштейна», и «работающие в этой области исследователи, как правило, делали отсюда вывод о необходимости корректировки теории Эйнштейна, а не квантовой механики. Я же придерживаюсь практически противоположной точки зрения и считаю, что проблемы самой квантовой теории носят фундаментальный характер» [4].

Из вышесказанного напрашивается единственный методический способ объединения теорий – это устранить проблему в ее источнике, то есть выявить фундаментальные принципы возникновения пространства-времени.

В последние десятилетия возникло несколько различных направлений исследований, которые показали, что на самом глубоком уровне реальности (в микромире) классическое пространство-время теряет силу. Ему на смену приходят иные закономерности.

На сегодняшний день в иностранных публикациях наиболее популярными являются две теории, в рамках которых ведутся наиболее интенсивные теоретические исследования, это теория струн и петлевая квантовая гравитация.

Теория струн и квантовая теория информации

Сегодня среди физиков наиболее популярна теория струн, которая ставит своей целью стать теорией, которая объединит ОТО и квантовую механику. Суть ее заключается в описании элементарных частиц посредством вибрирующих струн. Полагается, что они порождают все разнообразие фундаментальных субатомных частиц. При этом полагается, что струны порождают также частицу гравитон, являющуюся переносчиком гравитационного

взаимодействия. На сегодняшний день гравитон экспериментально не обнаружен. Каким же образом данная теория вскрывает не шаблонность поведения пространства и времени на микроуровне? Полагается, что она возникает из математических дуальных соответствий между разными типами теории струн, то есть ожидается, что один данный вид математического аппарата может описать разные физические модели. Однако в этом подходе пространство-время уже фактически априорно задано. Математический аппарат теорий предполагает в себе уже имеющиеся временные и пространственные координаты [5; 6].

В настоящее время, причем все чаще применительно к теории струн, высказывается ряд возражений. Ныне идеи теории струн основаны на идеях суперсимметрии, которая предполагает, что у всех известных частиц должны быть суперпартнёры [7]. Но, как известно, Большой адронный коллайдер CERN не обнаружил признаков их наличия у частиц.

Приведем несколько высказываний физиков, работающих над данной теорией. Так, американский физик-теоретик, один из создателей теории струн Леонард Сасскинд, пишет: «Все действительно точные версии [эмерджентного пространства-времени], которые у нас есть, находятся в суперсимметричных теориях. Как только у вас нет суперсимметрии, способность математически следовать уравнениям просто испаряется из ваших рук» [8]. Другой физик Абхай Аштекар (из университета штата Пенсильвания) пишет: «Теория струн не оправдала своих обещаний, как способ объединить гравитацию и квантовую механику. Сила теории струн сейчас заключается в предоставлении чрезвычайно богатого набора инструментов, который широко используется в очень многих разделах физики» [9]. А уже ранее упоминавшийся Ли Смолин заявляет: «В последние тридцать лет первая вещь, которая делалась на любом новом ускорителе элементарных частиц, как только он запускался, был поиск частиц, которые предсказывает суперсимметрия. Ничего не было найдено. Константы просто подгонялись вверх, и мы опять ждём следующего эксперимента. <...> К лучшему или к худшему, но природа не похожа на это. Как отмечалось, ни один эксперимент когда-либо не давал доказательств существования сэлектрона. До настоящего времени не показывались ни скварки, ни слептоны, ни снейтрино. Мир содержит гигантское количество фотонов (более миллиарда на каждый протон), но никто никогда не видел даже одного фотина <...> Почему, вы можете спросить, струнные теоретики настойчиво утверждают, что пространство девятимерно? Просто потому, что теория струн не имеет смысла в любом другом виде пространства» [1]. И далее он отмечает, что теория струн не дает ответ, каким образом возникает пространство-время, потому что «...каждая из многих теорий струн является зависимой от фона теорией, которая описывает струны, двигающиеся в особом фоновом пространстве-времени» [1]. Для решения данного вопроса он предлагает: «Поскольку различные приблизительные теории струн живут в различных пространственно-временных фонах, теория, которая всех их объединяет, не должна жить ни в каком пространственно-временном фоне. Чтобы объединить их, необходима отдельная фоновно-независимая теория.

Способ сделать это, таким образом, ясен: изобрести мета-теорию, которая сама является фоново-независимой, затем вывести фоново-зависимые теории струн из этой отдельной мета-теории» [1].

Брайн Грин, физик-теоретик в области теории струн, в своей книге «Ткань космоса» [5] отмечает: «Даже сегодня, более чем через три десятилетия после её первоначального озвучивания, большинство струнных практиков уверены, что мы всё ещё не имеем всестороннего ответа на элементарный вопрос: что есть теория струн? <...> Большинство исследователей чувствует, что наша сегодняшняя формулировка теории струн всё ещё нуждается в некой разновидности центральных принципов, которые мы нашли в основании других великих достижений». При этом в главе «Единая теория в XXI веке» своей книги [6], Брайн Грин отмечает: «...современная формулировка теории струн заранее предполагает существование пространства и времени, в котором струны (и другие объекты М-теории) движутся и вибрируют. Это позволяет вывести физические свойства теории струн во Вселенной с одним временным измерением, определенным числом развернутых пространственных измерений (обычно равным трем) и определенным числом дополнительных измерений, которые свернуты в одну из конфигураций, допускаемых уравнениями движения теории. Такой вывод, однако, подобен оценке творческих способностей художницы, которую для этого заставляют раскрашивать детские „раскраски“. Далее Брайн Грин, переходя к анализу математического аппарата теории струн, пишет: «Нахождение корректного математического аппарата для формулировки теории струн без обращения к изначальным понятиями пространства и времени является одной из наиболее важных задач, с которыми сталкиваются теоретики». И продолжая, Брайн Грин заявляет: «Разобравшись в том, как возникает пространство и время, мы могли бы сделать огромный шаг к ответу на ключевой вопрос, какая геометрическая структура возникает на самом деле» [6].

Ли Смолин в своей книге [1] приводит цитату Герарда 'т Хоофта, нобелевского лауреата: «На самом деле, я не стал бы даже пытаться называть теорию струн теорией, а не моделью или даже так: просто предчувствием. В конце концов, теория должна выйти с инструкциями о том, как действовать в её рамках, чтобы идентифицировать вещи, которые она хочет описать, в нашем случае элементарные частицы, и она должна быть в состоянии, по меньшей мере, в принципе сформулировать правила для расчётов свойств этих частиц и как делать новые предсказания для них. Представим, что я даю вам кресло, одновременно объясняя, что ножки всё ещё отсутствуют, и что сидение, спинка и подлокотники будут, вероятно, в ближайшее время доставлены. Что бы я вам ни дал, могу ли я всё ещё называть это креслом?»

Сам Ли Смолин, анализируя достижения теоретической физики в области теории струн, так характеризует ее состояние на сегодняшний день: «Теория струн покоится на нескольких ключевых предположениях, для которых имеются некоторые основания, но нет доказательств. Даже хуже, после всех научных усилий, потраченных на её изучение, мы всё ещё не знаем, имеется ли полная и последовательная теория, которая как раз и могла бы отзывать

на имя „теория струн“. Фактически то, что мы имеем, совсем не является теорией, а лишь большой коллекцией приблизительных расчётов вместе с сетью догадок, которые, если они верны, указывают на существование теории. Мы не знаем, каковы её фундаментальные принципы. Мы не знаем, на каком математическом языке она должна быть выражена – возможно, в будущем должен быть изобретён новый язык, чтобы описать её. В отсутствие обоих фундаментальных принципов (подтверждаемость, фальсифицируемость) и математической формулировки мы не можем сказать, что мы даже знаем, что провозглашает теория струн».

Стивен Вайнберг о теории струн пишет: «Мы не сможем дать окончательный ответ на вопрос, какие из частиц являются элементарными, пока у нас не будет окончательной теории взаимодействия и теории материи. Когда у нас появится теория, мы, возможно, обнаружим, что элементарные физические структуры вовсе не являются ни частицами, ни полями. Многие теоретики считают, что фундаментальная теория должна представлять собой что-то вроде теории струн, в которой кварки, лептоны и т.д. всего лишь различные моды колебаний элементарных струн. А определить какой-то один набор струн в качестве элементарных, кажется, невозможно в принципе, поскольку, как недавно стало понятно, разные теории струн с разными типами струн зачастую эквивалентны» [3].

Таким образом, можно сделать следующий вывод. На сегодняшний день теория струн не позволяет ответить на вопрос о природе возникновения пространства-времени.

Петлевая квантовая гравитация

Упомянутый выше Абхай Аштекар [9], один из ведущих физиков, занимающихся исследованиями в направлении петлевой квантовой гравитации, считает, что эта теория как раз может объяснить, как возникает пространство-время. Аштекар отмечает, что в петлевой квантовой гравитации пространство и время негладкие и непрерывные, как в общей теории относительности. Вместо этого они состоят из дискретных компонентов, которые Абхай Аштекар называет кусками, или «атомами», пространства-времени [9]. Данные «атомы» пространства-времени соединяются в сеть с одномерными и двумерными поверхностями и образуют так называемую «спиновую пену». Далее данная двумерная «спиновая пена» порождает четырехмерие нашего мира с тремя пространственными координатами и одной временной.

Карло Ровелли, являющийся одним из основоположников петлевой квантовой гравитации, считает, что именно отказ от непрерывного пространственно-временного фона позволит уйти от сингулярности «в теории относительности и расходимостей в квантовой механики» и что именно «теория петлевой квантовой гравитации сможет убрать противоречия между двумя теориями» [10]. При этом отметим, что с петлевой квантовой гравитацией Карло Ровелли связывает свою идею реляционной интерпретации квантовой гравитации [10].

Роджер Пенроуз в своей книге [4] пишет о том: «Существует мнение, что (и, по-моему, вполне обоснованное) квантовая теория гравитации должна сыграть фундаментальную роль в окончательном установлении природы наблюдаемого «зоопарка» элементарных частиц. Например, сейчас у нас нет хорошей теории, которая бы объясняла, почему массы частиц именно таковы, каковы они есть – а ведь понятие „массы“ теснейшим образом связано с понятием гравитации». Более того, Пенроуз заявляет: «...правильная квантовая теория гравитации, когда она наконец будет построена, должна стать основой нашего досконального понимания универсальных законов природы».

Если сравнивать процессы возникновения пространственно-временного фона в двух теориях, то, согласно теории струн, пространство-время возникает в форме квантовой запутанности. Согласно петлевой квантовой гравитации, пространство-время есть среднестатистическое от «атомов» пространство-времени. Из вышесказанного становится очевидно, что в двух теориях пространство-время возникает из какой-то более «фундаментальной реальности». И здесь снова происходит разделение на две теории, одна из которых описывает частицы (теория струн), а другая – пространственно-временной континуум (петлевая квантовая гравитация). И получается разорванный круг, сомкнуть который к сегодняшнему дню у теории струн и петлевой квантовой гравитации пока не получилось.

Метафизика

Следует отметить, что в нашей стране (особенно в прошлом столетии) к метафизике имеется довольно скептическое отношение. Многие отечественные физики-теоретики и философы считают, что этот термин, и тем более теория, которая будет иметь метафизический смысл, не может описывать реальный мир и не в силах дать ответ на вопрос о природе пространства-времени. Судя по ряду зарубежных публикаций, зарубежные исследователи считают с точностью до наоборот, что именно «метафизическая теория» способна стать той фундаментальной теорией, которая даст ответ.

Так, философ физики Алисса Ней из Калифорнийского университета в Дейвисе в своей работе [10] обсуждает вопрос метафизического характера: квантовая теория фундаментальна а пространство-время выводимо или наоборот? При этом она пишет, что пока еще не видит ответа на этот вопрос.

Другой философ физики Элинон Нокс, анализируя релятивистскую теорию гравитации в работах Харве Брауна [13], отмечает, что пространство и время не является «физической ареной для процессов физики, а должно выводиться из более фундаментальных понятий» [12]. При этом она отмечает, что теория, которая даст ответ на вопрос о природе пространства и времени, должна быть как «метафизическое откровение». Так как данная теория должна объяснить природу возникновения пространства и времени, то в себе она должна содержать физику «предреальности», «предфизику», что и есть метафизика. Интересно отметить, что она в своих доводах приводит размышления Альберта Эйнштейна о структуре теорий, где он утверждал, что теории

по своей структуре делятся на те, у которых в основаниях лежат эмпирические данные, как, например, электродинамика, и теории, в основании которых – физика, из которой можно вывести эмпирические данные. Так вот, она утверждает, что фундаментальная теория может быть только метафизическая, то есть без фундамента из эмпирических данных.

Как отмечает Элинор Нокс, метафизическая теория должна включать в себя строгую математику и постулаты, из которых возможно вывести физические законы и понять природу пространства и времени. Звание метафизической теории еще надо заслужить. При этом, на ее взгляд, на сегодняшний день такая теория еще не создана [12].

Отметим также, что Ли Смолин в своих работах также ставит следующие метафизические вопросы: «Но почему три цвета? Почему не два или четыре? Каждый кварк имеет также электрический заряд, и они складываются из единиц, которые равны $\frac{1}{3}$ или $\frac{2}{3}$ от заряда электрона. Число 3 возникает в каждом случае, что наводит на мысль, что эти два свойства, цвет и заряд, могли бы иметь общее происхождение. Ни стандартная модель, ни, насколько мне известно, теория струн не обращаются к этому совпадению...». И далее: «Может ли существовать более глубокая теория, в которой мы не делаем заранее никаких предположений о числе пространственных измерений? В такой теории три измерения могут возникать как решение некоторого динамического закона. Вероятно, в такой теории число пространственных измерений может даже меняться во времени. Если бы мы смогли придумать такую теорию, она смогла бы объяснить нам, почему наша вселенная имеет три измерения. Это бы составило прогресс: объяснить в конце концов нечто, что ранее просто предполагалось» [1].

Реляционная теория

Согласно вышеприведенным высказываниям, к будущей фундаментальной теории выдвигаются большие и серьезные требования, на которые она должна будет дать ответ. Судя по всему, будущая фундаментальная теория должна удовлетворять следующим требованиям.

1. Она должна ответить на вопрос о процессе возникновения пространства-времени, при этом она не должна абстрагироваться от материальных частиц при описании процесса формирования пространственно-временных отношений.

2. Она должна не содержать в себе априорно эмпирическую информацию из экспериментов, а давать возможность вывести физические характеристики частиц.

В России такая теория уже развивается в МГУ и РУДН в группе Ю.С. Владимирова [14–17] и его учеников [18–22]. Это последовательная реляционная теория, которая, на наш взгляд, и претендует на звание той фундаментальной теории, поисками которой занимаются зарубежные исследователи. Реляционная теория предлагает совсем другой взгляд на окружающий нас мир, а именно реляционный взгляд. Владимиров в своей книге

«Реляционная концепция Лейбница–Маха» [15] отмечает: «Большинство проблем современной теоретической физики обусловлено тем, что она строится на фоне априорно заданного классического пространства-времени. Представления о нем распространяются и на физику микромира. Именно этим обусловлено множество нерешенных проблем, таких как устранение расходимости в физике микромира, проблема интерпретации квантовой теории, обоснования свойств элементарных частиц и многое другое. Эйнштейн был глубоко прав, говоря о необходимости изменения мышления для решения серьезных проблем. Об этом писали и другие известные физики» [15].

В основе реляционной концепции стоят три неразрывно связанных друг с другом аспекта:

1. Реляционный подход к природе пространства-времени, который означает его замену на совокупность отношений между материальными объектами.

2. Описание взаимодействия в рамках концепции дальнего действия (взамен концепции ближнего действия). Если априорно заданного непрерывного пространства-времени нет, то возможно описание физических взаимодействий между объектами лишь на основе концепции дальнего действия. В отсутствии априорно заданного непрерывного пространства-времени испущенное (электромагнитное) излучение до его поглощения может «находиться» не иначе как в отношениях между физическими объектами.

3. Принцип Маха, то есть обусловленность свойств материи глобальными свойствами всего окружающего мира. Поскольку во Вселенной всегда имеется гигантское количество испущенного, но не поглощенного излучения, «находящегося» в отношениях между объектами (его возможными поглотителями), то естественно допустить, что именно его вклады порождают понятия классического пространства-времени: расстояние, промежутки времени, интервалы и т.д. Поскольку отношения между объектами обусловлены «морем» излучения, испущенного окружающим миром, а поведение объектов определяется их взаимными отношениями, то отсюда с неизбежностью следует, что и характеристики их поведения (в частности массы) определяются всем окружающим миром. А это и есть содержание принципа Маха.

Все вышеперечисленные аспекты теории реализуются с помощью математического аппарата бинарных систем комплексных отношений.

Обобщение теории физических структур в виде теории бинарных систем комплексных отношений позволяет приступить к существенному изменению оснований физики и геометрии, в частности, достичь более глубокого понимания свойств микромира и фундаментальных законов взаимодействий, не обращаясь к априорно заданному пространственно-временному континууму [14–17].

В реляционном подходе предлагается совсем другой взгляд на гравитацию, в которой гравитация выступает как своеобразное следствие электромагнетизма [18–21].

Так же, отвечая на предложение Алисы Ней к фундаментальной метафизической теории цитатой Ю.С. Владимирова: «Бинарный реляционный подход нацелен на реализацию трех ключевых метафизических принципов: дуализма, тринитарности и процессуальности в физике микромира. При этом предлагается описание состояний и эволюции микросистем на базе собственной системы понятий и закономерностей, присущей физике микромира. Этот подход строится, не опираясь на понятия физики макромира и, в частности, на понятия классического пространства-времени» [14].

К исследованиям в рамках реляционной физической концепции присоединяются такие авторы, как В.В. Аристов, который предлагает реляционно-статистический подход к описанию природы пространства-времени [23], а также А.Л. Круглый, который развивает реляционно-информационное формирование пространственно-временного фона [24].

Заключение

Резюмируя сказанное, отметим, что, как отмечают многие физики, научный мир стоит на пороге революционного пересмотра взглядов на окружающий мир. В связи с этим приведем высказывания ряда известных физиков о предстоящих задачах фундаментальной теоретической физики.

Как отмечает Ли Смолин, «физика должна быть больше, чем набор формул, которые предсказывают, что мы будем наблюдать в эксперименте; она должна давать картину того, какова реальность на самом деле» [1].

Также в своей книге Ли Смолин приводит высказывание Дэвида Гросса, нобелевского лауреата и защитника теории струн, который, закрывая научную конференцию, высказался следующим образом: «Мы не знаем, о чём мы говорим... Состояние физики сегодня подобно тому, что было, когда мы были озадачены радиоактивностью... Они потеряли что-то абсолютно фундаментальное. Мы потеряли, возможно, что-то столь же основательное, как и они в те времена» [1].

Другой нобелевский лауреат Стивен Вайнберг писал: «Итак, прямо сейчас мы переживаем переломный момент в истории фундаментальной физики. Больше всего мы надеемся на неизбежное возрождение перекрестного оплодотворения теории и эксперимента, которое было столь успешным в 1960-е и 1970-е годы и с тех пор потеряло свою силу» [3]. Далее он писал: «Задача физики не в том, чтобы ответить на набор неизменных вопросов о природе, вроде вопроса об элементарных частицах. Мы не знаем заранее, как правильно сформулировать вопрос, и зачастую мы сможем это выяснить, только когда окажемся близки к ответу на него» [3].

Со всеми этими высказываниями следует согласиться, однако нужно признать, что в современной фундаментальной физике одним из главных является вопрос: какова природа пространства-времени и что за этим стоит?

Литература

1. *Смолин Ли*. Неприятности с физикой: Взлет теории струн, упадок науки и что за этим следует / пер. Артамонов Юрий А. London, Penguin Book, 2007. 107 с.
2. *Беккер Адам*. Происхождение пространства и времени. Возникло ли пространство-время из более фундаментальной реальности? // В мире науки. Scientific American. Апрель, 2022.
3. *Вайнберг Стивен*. Все еще неизвестная Вселенная. Мысли о физике, искусстве и кризисе в науке. М.: Альпина нон-фикшн, 2020. 330 с.
4. *Пенроуз Роджер*. Новый ум короля. О компьютерах, мышлении и законах физики. М.: ЛЕНАНД, 2020. 416 с.
5. *Грин Брайн*. Ткань космоса. М.: ЛЕНАНД, 2022. 608 с.
6. *Брайн Грин*. Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М.: ЛИБРОКОМ, 2017. 288 с.
7. *Кейн Гордон*. Суперсимметрия. От бозона Хиггса к новой физике. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 232 с.
8. *Сасскинд Леонард*. Битва при черной дыре. Мое сражение со Стивеном Хокингом за мир, безопасный для квантовой механики. Санкт-Петербург: Питер, 2017. 521 с.
9. *Ashtekar Abhay, Pullin Jorge*. Loop Quantum Gravity: The First 30 Years. World Scientific, 2017. 320 p.
10. *Ровелли Карло*. Нереальная реальность. Путешествие по квантовой петле. Санкт-Петербург, 2020. 150 с.
11. *Ney Alyssa*. Metaphysics an introduction. Taylor and Francis Ltd, 2015. 310 p.
12. *Knox Eleanor*. Physical Relativity from a Functionalist Perspective, Philosophy, Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics, 2017.
13. *Brown H. R.* Physical Relativity: Space-time Structure from a Dynamical Perspective. Clarendon Press; Oxford University Press, Oxford, 2005.
14. *Владимиров Ю. С.* Реляционная картина мира. Книга третья (или первая): От состояний элементарных частиц к структурам таблицы Менделеева. М.: ЛЕНАНД, 2022.
15. *Владимиров Ю. С.* Реляционная концепция Лейбница–Маха. М.: ЛЕНАНД, 2017. 232 с.
16. *Владимиров Ю. С.* Метафизика. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2002. 550 с.
17. *Владимиров Ю. С.* Основания физики. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 456 с.
18. *Владимиров Ю. С., Болохов С. В.* К теории прямого межчастичного электрогравитационного взаимодействия // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. 2016. № 2. С. 27–37.
19. *Molchanov A. B.* The Hubble law: its Relational Justification and the Hubble Tension // Gravitation and Cosmology. Pleiades Publishing Ltd. 2022. Vol. 28, № 2. P. 133-138.
20. *Владимиров Ю. С., Терещенко Д. А.* Реляционно-статистическое обоснование O(4)-симметрии атома водорода // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. 2016. № 1 (14). С. 43-53.
21. *Vladimirov Yu. S., Bolokhov S. V., Babenko I. A.* On Explanations of Magnetic Fields of Astrophysical Objects in the Geometric and Relational Approaches // Gravitation and Cosmology. Vol. 24, Issue 2. P. 139–147.
22. *Бабенко И. А.* Реляционно-геометрическое обоснование магнитных полей астрофизических объектов // Метафизика. 2018. № 1 (27).

23. *Аристов В. В.* Реляционное статистическое пространство-время и построение единой физической теории // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. 2018. № 4 (25). С. 4–20.
24. *Круглый А. Л.* Дискретная модель пространства-времени и бинарная предгеометрия Владимирова // Пространство время и фундаментальные взаимодействия. 2019. № 2. С. 15–27.

MODERN IDEAS ABOUT THE NATURE OF SPACE TIME

I.A. Babenko

*Peoples' Friendship University of Russia
6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation*

Abstract. The paper examines the statements of foreign and Russian researchers in the field of modern theories claiming to be fundamental.

Keywords: string theory, loop quantum gravity, relational theory, new fundamental theory, metaphysics