

Российская Академия Наук  
Институт философии

**ПРОСТРАНСТВО КАК ТРАНСЦЕНДЕНТАЛЬНАЯ  
ПРЕДПОСЫЛКА ПОЗНАНИЯ РЕАЛЬНОСТИ**

Москва  
2014

УДК 125  
ББК 15.11  
П 82

**Редколлегия:**

доктор филос. наук *Е.А. Мамчур* (отв. редактор),  
доктор филос. наук *С.Н. Жаров*, доктор филос. наук *А.А. Крушанов*

**Рецензенты:**

доктор филос. наук *В.Г. Буданов*  
доктор филос. наук *А.И. Липкин*

П 82

**Пространство** как трансцендентальная предпосылка познания реальности [Текст] / Рос. акад. наук, Ин-т философии; Редкол.: Е.А. Мамчур (отв. ред.) и др. – М. : ИФРАН, 2014. – 108 с. ; 20 см. – 500 экз. – ISBN 978-5-9540-0262-1.

Пространство рассматривается как трансцендентальная предпосылка описания реальности в естественнонаучном и гуманитарном познании. Анализируются современные дискуссии о фундаментальности (или нефундаментальности) понятия пространства для теоретического постижения фундаментальных структур. Особое внимание уделяется осмыслению альтернативных моделей пространства в естественных и гуманитарных науках. Анализируется роль идеи пространства в формировании современных теоретико-физических гипотез и в понимании феноменов культуры.

Монография адресована всем тем, кто интересуется философскими проблемами современной науки.

ISBN 978-5-9540-0262-1

© Коллектив авторов, 2014  
© Институт философии РАН, 2014

## Предисловие

Пространство – одно из самых сложных и интригующих понятий философии и физики. До сих пор нет однозначных ответов на вопросы о том, что представляет собой пространство. Обладает ли оно на всех уровнях организации реальности одними и теми же свойствами? Является ли оно субстанциальным или реляционным? Что представляет собой пространство на масштабах планковских величин и на уровне скоростей, приближающихся к скорости света?

Издавна существовала традиция связывать пространство прежде всего с внешней реальностью, а время – с внутренней жизнью души. Так, по Канту, пространство и время есть трансцендентальные формы соответственно внешнего и внутреннего созерцания. Естествознание первой половины XX века в некотором смысле исходило из логического примата пространства: объединяя пространство и время, формализм Минковского фактически редуцирует время к пространству. Здесь время выступает как одна из координат, причем движение по всем координатам принципиально обратимо и нет объективно выделенного момента «сейчас». Синергетика, в лице Пригожина, напротив, исходит из примата времени. Концепция Мультивселенной предлагает третью альтернативу. Если Вселенные возникают из хаотических флуктуаций вакуума, то встает вопрос о рождении различных времен. Но что же предшествует времени, если не исполненное динамики пространство возможностей?

Таким образом, на первый план выдвигается проблематика пространства. Авторы данной монографии пространство интересуют как трансцендентальная предпосылка естественнонаучного и гуманитарного познания.

В отличие от Канта, современная мысль не исходит из заданной структуры пространства, а ищет новые пространственные формы, которые могли бы организовать теоретические и экспериментальные данные. В книге рассматривается роль идеи пространства в формировании современных теоретико-физических гипотез. Прослеживается тенденция отказа от абсолютизации некоторых топологических и метрических свойств пространства, ранее считавшихся универсальными. Особое внимание уделяется

попыткам конструирования альтернативных моделей физического пространства (см. статьи Ю.С.Владимирова, А.Ю.Севальникова, В.Д.Эрекаева). Анализируется роль пространства в культуре и гуманитарном познании, где мы имеем дело с многообразными символическими пространствами, которые определяют духовную и социально-экономическую деятельность человека (см. статьи С.Н.Жарова и Е.А.Мамчур).

Монография адресована всем тем, кто интересуется философскими проблемами современной науки.

## **Бытие и пространство: трансцендентальная перспектива**

### **Постановка проблемы**

Философия и культура XX века пронизаны обостренным интересом к понятию времени. В философской онтологии время было осмыслено как конституирующая структура сознания и бытия (Бергсон, Гуссерль, Хайдеггер). Время становится визитной карточкой актуальных методологических концептов, достаточно вспомнить доктрину глобального эволюционизма и комплекс идей, выдвинутых синергетикой. А как же пространство? В современном мировоззренческом дискурсе пространство, можно сказать, находится в тени времени. Однако все меняется, если мы обратимся к внутритеоретическим структурам. Еще Бергсон заметил, что, как только мы начинаем теоретически описывать время, оно удивительным образом оборачивается пространством<sup>1</sup>. Сегодня этот подход распространяется на описание физических взаимодействий как таковых: взаимодействие выражается на языке модификаций теоретического пространства. Одна из задач теоретика – правильно подобрать многомерное пространство и выделить в нем структуру, способную выразить динамику событий<sup>2</sup>.

В современной науке пространство (в его обобщенном понимании) выступает как всеобщая форма теоретического описания. Это означает, что на первый план выдвигаются методологические проблемы, связанные с трансцендентальной перспективой. В данной статье обсуждаются три вопроса.

1) **Является ли пространство трансцендентальной предпосылкой естественнонаучного и математического познания?**

2) Означает ли трансцендентальность пространства существование предзаданных схем, сковывающих мышление теоретика? В другой формулировке: можно ли совместить трансцендентальность пространства с воззрением на пространство как структуру, которая зависит от характера изучаемой реальности?

3) Можно ли говорить о трансцендентальности пространства в гуманитарном познании?

### Типы трансцендентальности: от Канта к Хайдеггеру

Понятие трансцендентальности в том смысле, в каком оно используется в современной методологии науки, было введено Кантом. «...*Трансцендентальное*... означает не то, что выходит за пределы всякого опыта, а то, что опыту (a priori) хотя и предшествует, но предназначено лишь для того, чтобы сделать возможным опытное познание»<sup>3</sup>. Трансцендентальным является предпосылочное знание о структуре изучаемой предметности: «...в основе всякого опытного знания лежат понятия о предметах вообще как априорные условия...»<sup>4</sup>. Что касается трансцендентальности пространства, то она состоит в том, что пространство (как и время) выступает априорной формой *созерцания*, что отличает его от априорных форм *суждения*<sup>5</sup>.

Здание кантовского априоризма было построено с целью оправдания теоретической науки, основой которой в то время была ньютоновская механика. Из рассуждений Канта видно, что он, говоря о пространстве, подразумевает именно ньютоновское пространство. Отсюда один шаг до тезиса о том, что евклидова геометрия столь же трансцендентальна, сколь и пространство. Именно так Кант был прочитан неокантианцами. Г.Коген полагает, что в кантовской системе геометрия есть свойство пространства как такового, как формы чистого созерцания. «Трансцендентальное истолкование пространства для решения задачи принимает доказательство того, что достоверность геометрии “может быть признана” из того “объяснения” понятия пространства, согласно которому пространство постигается как созерцание, и именно как чистое созерцание. В этом утверждении трансцендентальное истолкование завершает свою великую задачу»<sup>6</sup>. Отсюда неизбежен вывод о том, что в свете открытия неевклидовых геометрий пространство перестает быть

формой данности и становится, наряду с категориями, продуктом мысленного конструирования. Правда, пространство у Когена сохраняет титул «созерцания», но это уже не изначальная данность, а созерцание как объективация выбранного теоретического метода. «Носители априори в кантовской теории – пространство и время, как и категории, их следует понимать в качестве методов <...> Оно (пространство. – С.Ж.) так же мало означает пространственность, как и время – временность. Пространство априори не является физическим или, точнее, геометрическим, оно лишь процесс производства и оформления последнего»<sup>7</sup>.

Итак, пространство предстает как метод, рациональная конструкция, способная меняться в связи с изменением способов описания. Казалось бы, этот ход мысли вполне соответствует дальнейшему развитию науки. Однако при внимательном рассмотрении здесь обнаруживается своего рода методологическая ловушка. Пока пространство было априорной данностью, *созерцанием*, оно было атрибутом реальности (в терминологии Канта – «мира для нас»). В качестве теоретического метода пространство есть лишь *способ описания* отношений сосуществования<sup>8</sup>. Эти отношения могут быть выражены различными способами, в силу чего появляется возможность конвенциональной трактовки геометрии применительно к описанию физических явлений. Такая трактовка впоследствии со всей отчетливостью была сформулирована Пуанкаре<sup>9</sup>.

Основанием вышеприведенной логико-исторической цепочки является отождествление *априорности пространства с априорностью геометрии*. Отсюда получается, что зависимость геометрии от физики требует отказа от трансцендентальности пространства. Таким образом, вопрос упирается в связь пространства и геометрии. Здесь возникает тонкий и в то же время принципиальный момент. Мы не должны отождествлять теоретические *убеждения* Канта и те *логические возможности*, которые заложены в его системе (вспомним известное изречение о том, что уравнения могут быть «умнее» своего создателя). Дело в том, что внутренняя логика кантовского трансцендентализма не требует жесткой связи пространства и геометрии.

У Канта пространство как форма созерцания не содержит в себе никакого *явно осуществленного* многообразия. «Пространство... едино; многообразное в нем... основывается исключительно

но на ограничениях»<sup>10</sup>. Иначе говоря, пространство как таковое есть *чистая возможность* геометрии, и не более того. Геометрия есть система априорного ограничения (определения) пространства<sup>11</sup>. Она задается фигурным синтезом, совершаемым посредством трансцендентальной способности воображения<sup>12</sup>. Имеет место «синтетическое влияние рассудка на внутреннее чувство <...> Мы не можем мыслить линию, не *проводя* ее мысленно, не можем мыслить окружность, не *описывая* ее, не можем представить себе три измерения пространства, не *проводя* из одной точки трех перпендикулярных друг другу линий... <...> Рассудок не находит во внутреннем чувстве подобную связь многообразного, а создает ее, воздействуя на внутреннее чувство»<sup>13</sup>. Иначе говоря, пространство есть *априори созерцаемое возможное многообразие*, в котором фигурный синтез задает соответствующую геометрию. В этом ракурсе априорность *пространства* как чистого созерцания (многообразие как возможность) не нарушается отказом от априорной *геометрии*. Жесткое сопряжение пространства и определенной, наперед заданной геометрии есть скорее культурно-историческое предубеждение, чем логический корень кантовского трансцендентализма. Ведь пространство как таковое, взятое как предпосылка всех синтезов воображения, ничего не говорит о характере геометрии.

Но может быть, *Эйнштейн* окончательно покончил с трансцендентальным характером пространства? Не будем ограничиваться приведением известных цитат, а рассмотрим существо дела.

Общую теорию относительности иногда расценивают как выражение радикального отказа от априорности пространства. Можно было бы сослаться на слова самого Эйнштейна: «Пространство-время существует не само по себе, но только как структурное свойство поля»<sup>14</sup>. Однако Эйнштейн здесь выражается не вполне точно с точки зрения его собственной теории: в общей теории относительности структура поля отождествляется с *метрикой* пространства-времени, каковая зависит от распределения энергии (от тензора энергии-импульса). Выбор метрики определяется опытом – «вопрос о том, имеет ли этот континуум эвклидову, риманову или какую-либо другую структуру, является чисто физическим, ответ на который должен дать опыт, а не вопросом соглашения о выборе на основе простой целесообразности»<sup>15</sup>. Однако чтобы задать вопрос о метрике, надо еще до опыта иметь интуицию пространства



вообще – континуума, в котором можно определить любую метрику. Иначе говоря, окончательно разрушив догму об априорности определенной геометрии, Эйнштейн фактически утвердил в роли трансцендентальной предпосылки «пространство вообще» – пространство, в котором теоретик задает геометрию (а в некоторых случаях – и размерность) в зависимости от характера описываемых явлений.

А если так, то встает вопрос о соотношении *трансцендентальных форм* (в том числе – пространства) и *бытия*.

Прежде всего необходимо понять, ведет ли трансцендентализм к примату субъекта над бытием. Возможны по меньшей мере два подхода к трансцендентализму. Первый связывает трансцендентализм прежде всего с именем Канта и потому полагает, что в трансцендентализме постигаемое бытие предстает как результат активности субъекта. Однако сведение бытия к продуктам субъективного полагания (даже если это *всеобщий* субъект) не может утолить онтологическую жажду – жажду узнать тайну бытия *как такового*. Второй подход состоит в том, чтобы заново осмыслить само существование трансцендентализма, что и было сделано Хайдеггером.

У Канта трансцендентализм связан с решением гносеологических проблем. Хайдеггер придает ему онтологический характер. Трансцендентальной предпосылкой сущего выступает несводимое к нему бытие: «...бытие... для любого сущего всегда уже “трансцендентально”...»<sup>16</sup>. Однако это уже не то бытие, о котором говорила классика. В хайдеггеровской онтологии бытие не может быть истолковано как сущее; бытие первично открывается не мысли, а экзистенции.

Можно выделить две линии в хайдеггеровской трактовке бытия.

Линия, развиваемая в «Бытии и времени», ведет к человеческому существованию (экзистенции). Бытие – это размыкающее начало, открытость смыслового простора, которая делает возможным существование как выход за пределы заданности<sup>17</sup>.

Вторая линия ведет к бытию вещи. Однако речь идет не о «вещах в себе», бытийствование которых суть действие, взятое вне всякой соотнесенности с человеческим пониманием. По Хайдеггеру, бытие вещи есть не что иное, как раскрытие ее собственного смысла, но этот смысл подает себя лишь через структуры человеческого существования. И в самом деле, без-

условность звездного неба присуща его *собственному* бытию, но она раскрывается лишь *в присутствии человека*, – вспомним, что уже Кант поставил в один ряд «звездное небо надо мной» и «моральный закон во мне»<sup>18</sup>. Бытие греческого храма не сводится к тому, что он есть строение с определенными геометрическими формами и культовым назначением. Бытийствуя, храм заново раскрывает для нас мир. «...Творение... удерживает этот мир во владычественной правоте пребывания»<sup>19</sup>. Храм и чаша – творения человека, но открывающийся через них мир не создан, а лишь вызволен человеком из сумрака возможностей. Бытие вещи не сводится к ее наличной определенности, ибо вещь отсылает к горизонту, выводящему нас далеко за пределы исходных определений – «вещью веществуется мир»<sup>20</sup>.

Таким образом, речь идет о трансцендентальности бытия, понятого как *открытость* и *простор возможностей*. Такое бытие трансцендентально, ибо каждая вещь раскрывается в предпосланном ей просторе возможностей, не сводимых к тем, что вытекают из ее наличной определенности.

### **Трансцендентальность пространства в контексте хайдеггеровского вопроса о бытии (от бытия как *времени* к бытию как *пространству*)**

Ранний Хайдеггер делает акцент на *времени* как конститутивной структуре человеческого существования. Если обратиться к поздним работам, то создается впечатление, что многое из того, что хотел сказать философ, может и должно быть выражено в терминах *пространства*. Такая постановка вопроса выводит нас за пределы собственно хайдеггеровского понятийного аппарата, однако она не нарушает основных принципов хайдеггеровской онтологии. Обсудим это подробнее.

Даже когда Хайдеггер делает акцент на времени, у него не явно используются типично «пространственные» структуры. Ведь время экзистенции – это вовсе не то линейное время, которое фигурирует в уравнениях физики. Это экстатическое временение, в котором экзистенция *протерта* сразу в трех измерениях – в прошлое, настоящее и будущее, причем ключевым выступает буду-

щее, которым живет человек<sup>21</sup>. Нетрудно заметить, что прошлое, настоящее и будущее здесь некоторым образом сосуществуют в одной экзистенции, что делает темпоральные отношения схожими с пространственными. Можно сказать, что хайдеггеровская «временность» отобрала у пространства часть его определений. Может быть именно поэтому Хайдеггеру так легко удастся игнорировать проблематику пространства?

Однако есть проблемная перспектива, в которой на первый план выдвигается именно интуиция пространства. Речь идет о человеческих возможностях, которые, с одной стороны, осваиваются экзистенцией (а значит, подчинены времени), а с другой стороны, предпосланы человеку через открытость мира и бытия. И в этом втором аспекте (который у Хайдеггера практически не разработан) ведущую роль играет интуиция пространства. Постижению мира и самого себя предшествует нерасчлененный континуум возможностей, данных не столько в мышлении, сколько в целостности жизненных переживаний. Человек актуализирует в этом континууме характерные для него траектории внешней и внутренней жизни. Специфический способ этой актуализации есть своего рода *технэ существования*, а результатом выступает *пространство* возможностей, которое предпослано сознательному выбору, но сформировано моим способом жить, проживать и переживать жизненные ситуации. Но прежде чем развивать намеченный сюжет, следует обосновать необходимость обращения к теме *технэ* в связи с проблемой человеческого существования.

Прежде всего замечу, что обсуждаемая проблематика никоим образом не связана с обычными разговорами о приемах «самосовершенствования», технике «владения собой», когда человек пытается взяться за свое существование как за некую вещь, которую можно подогнать под требуемый образец. Поэтому я не использую слово «техника», которое сегодня слишком связано с контекстом утилизации и объективации. Правда, так было далеко не всегда. У Аристотеля слово «технэ» употребляется для обозначения любого умения, в том числе и художественного. Но это древность, а вот современная греческая книга, посвященная византийской иконе, с вынесенным на обложку названием рубрики: *Ελληνική Τεχνη*<sup>22</sup>. Для нас сейчас важно то, что идущая от греков философема *технэ* не тождественна утилитарному новоевропейскому «техницизму».

В общем случае технэ есть специфический способ актуализации смысла. Этот момент в свое время был замечен Хайдеггером<sup>23</sup>. Однако сам Хайдеггер, фактически следуя по пути Шпенглера, стал рассматривать технику лишь в той ее специфической роли, где она выступает как способ тотальной утилизации сущего, превращения его в «постав»<sup>24</sup>.

Новоевропейская научная революция состояла как раз в том, что рациональность стала осуществлять себя как могущество, искусство овладения и управления вещами. Технэ стало рациональным техницизмом. Но возможен и иной, до сих не вполне осознанный способ сопряжения технэ и рациональности. Мы обычно связываем технэ лишь с *внешним* осуществлением человеческой свободы. Между тем, одним из модусов технэ выступает то, что Монтень называл *искусством жизни*<sup>25</sup>, когда разумность не исключает, а сопровождает и просветляет проявления жизненной спонтанности. Хайдеггер в подобных контекстах говорит об *умении быть*, связывая человеческое *умение быть* с заступанием экзистенции в открытость новых возможностей. Можно сказать, что каждому из нас присуще уникальное умение быть, своего рода *технэ существования*, которое и делает нас самими собой.

Взгляд на технэ существования позволяет преодолеть парадокс, характерный для классического понимания воли. Когда у меня *нет воли*, я иду на поводу у событий, теряя самого себя; но когда у меня *есть воля*, я так или иначе подавляю себя, ибо подчиняю спонтанность внутренней жизни диктату разума. Технэ существования – это выработанный в переживаниях (а не только в размышлениях) внутренний стержень существования, который отменяет одни возможности и подхватывает другие, соответствующие моей самости. Такого рода технэ – это экзистенциальный эквивалент воли, в котором, однако, нет места насилию над спонтанностью существования. Воля тут не может быть чем-то первичным, ибо воля – это всегда воля к чему-то (воля к истине, воля к жизни, воля к власти и т. д.). Если во мне есть изначальная воля к какому-то способу самоосуществления, то получается, что я имею сущность, которая предшествует экзистенциальному выбору, а не является его результатом. Сам факт присутствия воли говорит о том, что экзистенция в своем технэ выбрала себя именно как волю, а не как безволие и подчинение.

Правда, здесь может возникнуть вопрос: почему автор использует термин «технэ», а не, например, хайдеггеровское «умение быть» или «искусство существования»? В данном случае выбор терминологии не произволен, а определен самим содержанием.

Если исходить из строго хайдеггеровской трактовки, то в «умении быть» индивидуализующее и волевое начало отнюдь не акцентированы. Для Хайдеггера характерны контексты, в которых «умение быть» есть прежде всего умение *внимать* бытию, и Dasein здесь скорее медиум бытия, чем выбравшая сама себя экзистенция. Как пронизательно заметил Левинас, «истина, призванная примирить людей, существует здесь анонимно. Всеобщее предстает как безличное»<sup>26</sup>. И действительно, по Хайдеггеру, уникально-личностное не порождается экзистенцией. «Личностное минует и одновременно заслоняет суть бытийно-исторической экзистенции не меньше, чем предметное»<sup>27</sup>. В данной статье проводится принципиально иная точка зрения: подлинно личностное есть продукт экзистенциального творчества, а значит, в самой экзистенции можно увидеть структуру, которая конституирует личностное начало, не будучи в то же время отрицанием экзистенциальной свободы. Я обозначаю эту структуру как *технэ существования*. Но почему именно «технэ», а не «искусство»? Выбор термина продиктован следующим обстоятельством. Существование есть не столько игра (как это полагает постмодерн), сколько трудная работа с возможностями, требующая, помимо всего прочего, и рациональной дисциплины. Однако рациональная дисциплина здесь не первична по отношению к экзистенции, а, напротив, сама есть выражение экзистенциального выбора. Это как раз та ситуация, когда, по точному определению Н.А.Мещеряковой, «необходимым является то и только то, что порождено свободой и служит ее дальнейшему развитию»<sup>28</sup>.

Личность рождается через *технэ* своего существования и являет собой внутреннюю тайну существования, выраженную в форме сущего, ибо быть личностью – значит быть кем-то. Быть личностью – это усилие экзистенции. Это работа по преодолению некоторых своих модусов, и вместе с тем – это самораскрытие жизни *с помощью* разума, а не *диктат* разума над жизнью, как это имеет место у рациональной воли.

Технэ существования раскрывает себя в двух проекциях одного и того же человеческого бытия-в-мире. По отношению к *человеку* (Dasein) это индивидуализирующее начало экзистенции. По отношению к *миру* это технэ оформляет пространство бытия-в-мире.

В Dasein-перспективе бытие предстает как *время*. В «мировой» перспективе бытие раскрывает себя как континуум смысла, структурируемый через технэ существования. Это континуум, ибо между каждыми двумя его «точками» таится еще не освоенная бесконечность; но континуум, структурированный отношениями, есть пространство. Речь идет о пространстве, которое первично открыто не разуму, а экзистенциальному пониманию, и это именно пространство, ибо все возможности здесь даны в своем сосуществовании, ни одна из них еще не выбрана и слита с другими в неясном и тревожном предчувствии выбора. Такое пространство трансцендентально, ибо представляет собой контуры, по которым экзистенция ведет поиск новых способов своего осуществления.

Маркс был прав, подчеркивая практическую основу человеческого постижения мира. Но если возможности открываются нам через практику, то отсюда еще не следует, что они должны быть поняты преимущественно в практическом смысле. Первые орудия, обеспечивавшие успех человеческих действий, давали не только объективный результат, но и чувство силы, без которого человеческая экзистенция осталась бы навечно в плену примитивного страха (не путать с «ужасом» перед «ничто», о котором говорил Хайдеггер).

Освоение новых возможностей всегда несет на себе печать риска, даже если оно совершается в переживании. Между освоенными вехами экзистенциального пространства таится несоизмеримая с человеком бытийная бездна<sup>29</sup>. Человек не может открыться навстречу этой бездне, не ощутив ее сверхчеловеческой широты. Отсюда тот ужас, который вызывало у Паскаля созерцание мировых пространств. Паскаля ужасал не мир как таковой, но его неподвластность человеческому смыслу, невмещаемость в человеческую перспективу. Да и «ужас» хайдеггеровского Dasein – вызван ли он только экзистенциальным предвосхищением своей смерти? Или острое переживание собственной смертности во многом инициировано бессилием перед открывающейся нам бесконечностью бытия как такового?

Сказанное подводит к пониманию пространства как трансцендентальной формы человеческого бытия, формы осуществления свободы. Трансцендентальное пространство суть специфическое для каждого человека первичное структурирование смысловой бесконечности, пространство возможностей, в котором человек обретает свою индивидуальность. В таком понимании пространство становится «пространством вообще», оно перестает быть чем-то определенным, но лишь для того, чтобы стать предпосылкой выбора всех определенностей. Будет ли такой подход плодотворным при обращении к науке? Попытаемся ответить этот вопрос, обратившись к математическому творчеству.

### Трансцендентальность пространства в контексте математического познания

Уже в общем математическом определении пространства раскрывается его двоякая роль – как *среды* для осуществления отношений и как определенной *системы отношений*<sup>30</sup>. Если система отношений есть конкретное пространство, то термин «среда» скорее указывает на пространство вообще, на континуум как сферу осуществления самых различных форм. История математики показывает особую роль пространственных интуиций при формировании ключевых математических объектов. Обратимся к одному из самых значимых эпизодов в истории математики – открытию действительных чисел.

Одно из определений действительного числа предложено Дедекиндом. Мы возьмем его в формулировке Г.Вейля: «Назовем... *отрезком* область рациональных чисел, которая вместе с любым рациональным числом  $\eta$  всегда содержит также и все рациональные числа  $< \eta$ . Такой отрезок *открыт*, если не существует наибольшего принадлежащего ему рационального числа. Открытый отрезок рациональных чисел, отличный от пустого и универсального множеств, называется *действительным числом*»<sup>31</sup>.

Рассмотрим общий смысл ситуации. Сначала мы берем *неопределенное* (не имеющее однозначной верхней границы) множество чисел. Поскольку в исходном пункте даны *только* рациональные числа, то эта неопределенность имеет принципиальный

характер: данный отрезок нельзя однозначно сопоставить ни с одним числом. Как же превратить неопределенность в нечто определенное? Мы *постулируем*, что это неопределенное множество будет рассматриваться как число, пусть и особого рода. Post factum нашим оправданием будет применимость к новым числам всех правил арифметики. Но что является *источком* такого определения?

Открытие действительных чисел можно рассматривать двояким образом: как первое *созидание* нового математического предмета или как предметное *выделение* того, что неявно уже присутствовало в исходном континууме. Точки присутствуют в континууме и в этом смысле уже существуют. Но чтобы стать предметом строгого рассуждения, каждая точка должна быть однозначно выделена из континуума, что требует специальной процедуры. В рассматриваемом случае этой процедурой выступает дедекиндово сечение. Причем это сечение не столько создает, сколько предметно выделяет то, что уже присутствовало.

Таким образом, существование в математике может быть понято в двух различных смыслах. Речь идет о разделении, не совпадающем с различием существования соответственно в классической и конструктивистской трактовках. *Первый смысл* связывает существование математического предмета (в нашем случае – действительного числа) с его включенностью в однозначно определенные отношения. *Второй смысл* исходит из неявного присутствия определяемого в исходном умопостигаемом континууме. На это указывает сам Вейль, характеризуя рациональные числа как знаки, позволяющие локализовать точки одномерного континуума<sup>32</sup>. По-видимому, здесь мы имеем дело с общей закономерностью. Предпосылкой строгого определения новой математической формы является неявное присутствие этой формы в уже выделенной математической предметности. Примером может служить открытие теории групп. Галуа «увидел» математическую группу, обнаружив, что ответ на вопрос о разрешимости алгебраических уравнений связан с соответствующими этим уравнениям перестановочными отношениями.

Существует ли всеобщая предметность, которая способна выступать источником математической интуиции при введении новых математических форм? Для теории Галуа источником стали алгебраические соотношения, но последние есть обобщение число-



вых отношений. Тут вспоминается мысль Л.Кронекера о том, что Бог создал натуральное число, а человек – все остальное. Однако возможны и иные соображения относительно того, что является поистине фундаментальным. Как раз натуральные (и полученные из них рациональные) числа есть продукт творчества, ибо выделение из гераклитова потока жизни себетождественной абстрактной «единицы» является весьма искусственной процедурой. Дальнейшее развитие теории чисел было связано с проекцией рациональных чисел на умпостигаемый континуум, который есть не конструкция, а первичная интуиция. Интуиция континуума старше, чем интуиция числа, ибо линией и рисунком древний человек овладел раньше, чем числами. Действительные числа – это искры, высеченные из бесконечности континуума погруженными в него рациональными числами. Умпостигаемый континуум, таящий внутри себя неопознанные структуры, и есть первичный исток математических форм. Но математику интересен континуум как носитель неких отношений. И тогда континуум выступает как *пространство*. Континуум, выступающий как носитель скрытых, еще не выявленных отношений, есть *пространство вообще*, пространство как предмет интеллектуального созерцания и источник новых математических интуиций.

«Пространство как таковое» априорно не в гносеологическом, а в онтологическом смысле, как интуитивно данная возможность, пространство возможных умпостигаемых форм. Эти возможные формы суть многообразие траекторий, по которым «субъект» (т. е. социокультурно обусловленная мысль математика-человека) производит выделение математических *предметов*, т. е. создает теории с определенными математическими объектами. Первичные умпостигаемые формы надсубъективны в том смысле, что не зависят от воли и желания субъекта, что, однако, не означает возврата к платонизму. Платонизм предполагает, что математические формы существуют как *готовые предметности*, своего рода «идеальные вещи». Я же имею в виду, что первичные математические формы образуют пространство *возможных траекторий* мысли. Эти возможности суть *данность*, но данность, не существующая в виде самостоятельных предметностей. Предметное выражение этих возможностей зависит от активности субъекта, и в этом смысле математика есть творение человека.

Таким образом, в отличие от платоновского предметно оформленного абсолюта, мы имеем пространство предметно невыделенных возможностей, иначе говоря, «пространство вообще». Само по себе «пространство вообще» весьма неопределенно, это своего рода сетка возможных линий, по которым идет построение новых интеллектуальных конструкций, причем эти линии становятся отчетливыми только в процессе самого конструирования. Такое пространство трансцендентально по отношению ко всякому конкретному акту математического творчества.

### **Пространство как трансцендентальная форма исторической событийности**

Пространство истории – сам этот сюжет выглядит не совсем непривычно. Ведь история есть царство времени. Однако, если вдуматься, работа историка начинается с обращения к тому смысловому пространству, в координатах которого он рассматривает историческое событие. Любое значимое историческое событие включает в себя самые разные уровни и измерения: здесь присутствует историческая закономерность, ценностный мир эпохи, ментальность и социальные привычки основных действующих групп, но кроме этого здесь есть и замеченная Достоевским «слезинка ребенка», и царство социальной мечты, которое порой оказывает существенное влияние на течение процесса. Однако исследователь выделяет лишь некоторые, наиболее значимые, с его точки зрения, «координатные линии» событий, т. е. с самого начала рассматривает событие в тех или иных его проекциях. Координатные оси, в которых мы фиксируем историческое событие, образуют характерное пространство исторической событийности, или, кратко, пространство истории. Для нас важно то, что понятое таким образом пространство истории трансцендентально для восприятия и осмысления реальной истории. Для средневекового историка координатами этого пространства будет судьба исторических персонажей и сопутствующие ей небесные знамения и пророчества. Для ученого XIX века вступают в силу координаты, через которые раскрываются действующие в истории экономические силы. В свою очередь историческая наука XX века узаконила изучение ментальности (в том числе и ментальности сравнительно малых групп).

Было бы, пожалуй, поспешно назвать такого рода пространство только «исследовательским». Ведь исторический процесс осмысливается не только специалистами-историками, но и самыми широкими группами людей, каждая из которых имеет свое историческое пространство, свой способ видения истории. Но дело не только в способе видения. Люди не просто воспринимают историю, они ее делают, исходя из своего понимания смысла событий. А это значит, что историческое пространство является трансцендентальной предпосылкой не только *восприятия* истории, но и ее *осуществления*. И здесь возникает вопрос о связи пространства истории и исторического времени.

Мы обычно употребляем терминологическое сочетание «историческое время», подразумевая характерное для человеческой истории содержательное наполнение событий. Если отбросить частности, то очевидно, что темпоральная структура истории строится по образцу природного времени, как порядок последовательности; отличие лишь в событиях, образующих эту последовательность. Между тем, еще в начале XX века было понято, что различие процессов может быть источником различия пространственно-временных структур. Такой подход развивается главным образом в физике, однако сама идея (она впервые была выдвинута Эйнштейном) носит по существу метафизический характер. Во избежание недоразумений замечу, что было бы нелепо буквально переносить идеи, возникшие в контексте естествознания, в гуманитарную область. Речь идет о том, что эти идеи инициируют ряд вопросов, которые должны ставиться и решаться самими гуманитариями.

Нас будет интересовать вопрос: требует ли тематизация исторического пространства внесения каких-либо корректив в наше представление об историческом времени?

Пространство человеческой истории радикально отличается от пространства, в котором протекают природные процессы. Мы, конечно, рассматриваем природу под углом зрения наших ценностных установок, зачастую глубоко спрятанных в основании наших парадигм. Однако смысловое содержание обычно не включается в сам предмет естествознания<sup>33</sup>. Рассматривая пространство природного события, мы выделяем лишь объективно фиксируемые координаты. Напротив, пространство исторического события с необходимостью включает в себя человеческие цен-

ности и переживания. В этом пространстве объективные события сопряжены с человеческими надеждами и разочарованиями. И это относится не только к индивидуальной, но и коллективной жизни. Может быть, здесь надо искать причины для корректировки нашего представления о времени?

В нашей литературе вопрос о специфическом времени человеческого бытия был поставлен Н.Н.Трубниковым<sup>34</sup>. Его понимание времени связано с идеей гуманизации человеческой жизни. «Идея осуществления встает на место идеи существования. <...> Понятие осуществления вводит нас в восходящие структуры развития, в составе которых время оказывается не только общим условием существования, но и результатом человеческого осуществления жизни...»<sup>35</sup> Это время, рассмотренное под знаком самореализации человека, и оно создается нашими усилиями. Автор «хочет сказать, что одну секунду нашей жизни можно сделать другой, наполнив ее другим содержанием, что течение одного дня может быть прожито полнее и достойнее, чем течение другого. ...Время нашего бытия может быть наполнено иным, более отвечающим человеческой сущности, т. е. более человеческим, содержанием, и стать, таким образом, иным, более человеческим, временем»<sup>36</sup>.

Нас, в отличие от Н.Н.Трубникова, будут интересовать темпоральные структуры, которые менее всего определяются добродетелью и гуманностью. К человеческому бытию и, соответственно, к историческому пространству принадлежат самые разные ориентации – деградация и восхождение, смирение и преодоление, трусость и мужество. Основная проблема состоит в том, чтобы показать, что смысловые измерения исторического пространства задают специфику исторического времени. Будем исходить из известных общих принципов. Время по своей сути есть порядок последовательности. В истории элементами этой последовательности являются... исторические события? Да, но этого мало. В собственно человеческом бытии на первый план выступают не столько сами события, сколько связанные с ними чувства, переживания, как индивидуальные, так и коллективно разделяемые.

Если речь идет о *прошлом* или *настоящем*, то общественно значимые чувства включены в историческое пространство, но не продуцируют самостоятельной темпоральной структуры. То есть в данном случае смысловые измерения исторического пространства не задают

новой темпоральности, которая вступала бы в противоречие с последовательностью исторических событий. Данный тезис может показаться тривиальным, однако будет ли он справедлив, если мы применим его к *будущему*? Здесь-то и начинается самое интересное.

Для *исторической реальности* будущее есть возможность, которая переходит в действительность, и эта возможность коренится в уже имеющихся событиях и структурах. Для *бытия-в-истории* будущее – это прежде всего ожидание, в котором присутствуют надежда и безнадежность, страх и решимость, мечта и меркантильный расчет. Человеческие сообщества объединены не только общим прошлым, но и общим переживаемым будущим. Проецируемые вперед осознанные и неосознанные ожидания составляют полюс будущего, принадлежащий человеческому бытию-в-истории. Здесь применима формула Хайдеггера «временность временит исходно из будущего»<sup>37</sup>, а историческое время открывается из той области исторического пространства, которая задана координатами коллективной мечты и надежды. И вот будущее как коллективная *проекция–вперед* сталкивается с будущим как *наступающей реальностью*. Если рассматривать эту ситуацию в гносеологическом и психологическом плане, то перед нами случай неудавшегося прогноза или несбывшейся надежды (мы сейчас не рассматриваем счастливые исходы). Но ситуация имеет и онтологический смысл.

К темпоральной структуре реальности принадлежит объективно наступающее будущее. К темпоральной структуре человеческого бытия принадлежит будущее, которое открывается в наших надеждах и страхах, проектах и сомнениях. В спокойном течении событий обе темпоральные линии идут параллельно: люди видят реальный ход событий под углом ожидаемого будущего. В роковых событиях истории эти темпоральные измерения пересекаются, ибо реально наступившее будущее сокрушает и перечеркивает ожидаемое. Об этом хорошо сказал Х.Беллок: «...мы, разбирая современные нам события, пытаемся предсказать будущие, которые так никогда и не наступят. Между тем, скрытая от наших глаз в тумане будущего, на нас надвигается Европа, о которой мы не имеем ни малейшего представления»<sup>38</sup>. Однако «человеческое» время не сдается и воскресает заново после очередного столкновения с «реальной» темпоральностью. И мы снова (и индивидуально, и коллективно) проецируем на реальность время человеческого бытия.

Здесь можно предвидеть возражение следующего рода: нет надобности говорить о двух измерениях времени, речь идет лишь о несовпадении исторического времени и субъективного представления о нем. Такое возражение было бы совершенно верно, если бы наша история была чисто объективным процессом, наподобие эволюции Вселенной после «Большого взрыва». Однако в историю входит не только последовательность объективных и квазиобъективных форм, но и драма человеческих ожиданий. Можно, конечно, исключить эту драму из предмета исторической науки, но тогда это будет уже не человеческая, а чья-то другая история. Кроме того, есть еще одно важное соображение. В роковые моменты истории возникают ситуации, когда решения и поступки определяются не столько реальным положением дел (даже если оно достаточно очевидно), сколько действием страхов, иллюзий и ожиданий, плохо контролируемых разумом. Будущее, неосуществимое в реальности, но живущее в пространстве наших ожиданий, на какой-то исторический миг способно стать фактором великих свершений. В таком случае *время человеческого бытия* подчиняет себе *время исторической реальности* (в подобных ситуациях рождаются лозунги вроде известного «Время – вперед!»). Здесь утопические ожидания обретают плоть реальности, но лишь для того, чтобы реальность в конце концов сокрушила воплощаемую в ней утопию.

Таким образом, история определена переплетением двух темпоральных измерений – времени исторической реальности и времени человеческого бытия-в-истории. Время исторической реальности связано с объективными измерениями пространства исторических событий. Время человеческого бытия-в-истории задано пространством надежд и ожиданий, без которых нет ни истории, ни самой человеческой жизни. Понять историю как процесс можно лишь в том случае, если мы примем во внимание обе эти темпоральные структуры. При этом характер человеческого измерения исторического времени определен своеобразием исторического пространства, тех «координат», в которых историческая событийность схватывается и переживается ее участниками и творцами.

## Пространство языка: структуры значений и континуум неоформленного смысла

Пространственная (точнее, пространственноподобная) структура языка не требует специальных доказательств. Достаточно вспомнить о том, что знаки сосуществуют в рамках языка как целого, будучи связанными некой системой отношений. Грамматика задает своего рода априорную «метрику», указывающую на соотношение слов, независимо от их конкретного содержания. Принятый в языке способ построения выражений оказывает влияние на характер видения мира. «Мы... воспринимаем окружающий мир именно так, а не иначе, главным образом благодаря тому, что наш выбор при его интерпретации предопределяется языковыми привычками нашего общества»<sup>39</sup>, – отмечал Э.Сепир. Однако данный способ рассмотрения берет знаки в их устоявшихся значениях. Язык здесь выступает как наперед заданная система, которая лишь проявляет свои структуры в тех или иных актах коммуникации. Пространственные структуры языка здесь говорят о языке в его надвременной ипостаси, когда нечто новое возникает лишь как ситуативное осуществление предзаданных и уже сложившихся значений.

В языке как заданной структуре нас интересует «расстояние» между известными значениями. В.В.Налимов выразил эту сторону дела, сформулировав вероятностную концепцию значения: вероятность служит мерой, которая упорядочивает значения, связанные с одним языковым знаком (словом или обозначением). «...С каждым знаком вероятностным образом связано множество смысловых значений. Можно говорить об априорной функции распределения смысловых значений знака»<sup>40</sup>. Но язык имеет и другую, творческую ипостась, когда он выступает как сфера оформления и знакового закрепления принципиально новых смыслов. И здесь нас будет интересовать уже «расстояние» между *неоформленным* смыслом и его первичным *языковым выражением*.

А.Г.Вяткина в статье, посвященной проблеме творчества, высказывает интересную мысль о том, что творчество как создание нового совершается в пространстве, соединяющем неоформленные интуиции с предметностью понятия. «Пространство соиз-

меримости предметного и непредметного... есть “распакованная” точка полагающего интуитивного акта»<sup>41</sup>. Для А.Г.Вяткиной это пространство есть не что иное, как сфера воображения, сопрягающего чувственное и рациональное<sup>42</sup>. Но воображение, если оно имеет продуктивный выход, отталкивается от сферы уже закрепленных в языке смыслов и приводит к результатам, требующим для себя новых языковых форм. Неоформленное, предметно еще не выраженное новое содержание должно обрести знаковую плоть (иначе «мысль бесплотная в чертог теней вернется»<sup>43</sup>). Это возможно лишь в том случае, если неоформленное новое содержание уже входит в сферу языка, будучи неявным образом сопряжено с имеющимися значениями, в противном случае оно было бы вообще недоступно. А это значит, что не только воображение, но и *сам язык* изначально несет в себе пространство, сопрягающее предметные и предметно не выраженные смыслы.

Это пространство раскрывается двумя путями.

Первый путь был со всей отчетливостью выделен Хайдеггером, рассматривавшим язык как «дом бытия»<sup>44</sup>. Мир, по Хайдеггеру, – это мир возможностей, а бытие есть простор, разомкнутость этих возможностей. Язык как *дом бытия* не закрепляет, а напротив, размораживает сферу значений и открывает человеку ширящийся простор смысла, а значит, в языке открывается само бытие. Этот язык тех первичных интуиций, которые живут «между» жесткими значениями и раскрываются не путем аналитической работы, а через творчество поэта и художника. Как говорил Хайдеггер, «поэзия потому пребывает в языке, что язык хранит изначальную сущность поэзии»<sup>45</sup>. В описанном онтологическом контексте «непредметное» выступает как открытость бытия, которая и не должна обретать предметное значение. Непредметность здесь существует как размыкающее и расплавляющее, можно сказать, «огненное» начало языка, не дающее языковым смыслам замерзнуть в определенных формах. Здесь мы имеем дело с пространством, которое существует как интуитивный континуум неопределенности. В этот континуум погружены определенные отношения значений. Поэт и художник пробуждают этот континуум к жизни посредством обычных слов, но то, что они пробудили, не фиксируется стандартными языковыми средствами. Об этом писал Лермонтов: «Есть речи – значенье / Темно иль ничтожно, / Но им без волненья /



Внимать невозможно»<sup>46</sup>. Обратим внимание: ничтожно лишь *значение*, а значения всегда сопоставимы с предметностью, будь то образ, понятие или акт деятельности. «Волнение», с которым мы внимаем поэтической речи, связано не с ее «значениями», а с тем, что она *пробуждает нас к новому бытию*. Это пробуждение и есть смысл, не сводимый к значению, но бесконечно значимый для человеческого существования.

То, что поэт пробуждает в бездне языка, а затем и в нас самих, не сводится к предмету и не фиксируется обычным словом. Пробуждаемое бытие живет в пространстве неопределенных смыслов, составляющих среду для более формальных языковых отношений. Поэт преодолевает пространство между неоформленной бездной и обычным словом, и бездна обретает язык. Об этом еще до Хайдеггера писал А.Блок: «На бездонных глубинах духа, где человек перестает быть человеком, на глубинах, недоступных для государства и общества... катятся звуковые волны, подобные волнам эфира, объемлющим вселенную... Эта глубина духа заслонена явлениями внешнего мира. <...> Первое дело, которое требует от поэта его служение, – бросить “заботы суетного света” для того, чтобы... открыть глубину. <...> Тайнственное дело свершилось: покров снят, глубина открыта, звук принят в душу. Второе требование Аполлона заключается в том, чтобы поднятый из глубины... звук был заключен в прочную и осязательную форму слова... Это – область мастерства»<sup>47</sup>.

Было бы наивным буквализмом счесть эти «волны» только звуками. Это волны смысла, но не того заранее оформленного смысла, который довлеет над литературной посредственностью. Речь идет о неявленном смысле, который ищет себе слова, но никогда не может быть вполне выражен обычным словоупотреблением. Тут не столько поэт владеет словом, сколько волна смысла владеет поэтом, чтобы через него раскрыть нечто неведомое.

Но есть и другой способ сопряжения предметного и непредметного в языке. Математики и физики-теоретики выявляют неотрафлексированное содержание, которое таится в «заворах» старых значений, и находят для них прямое предметное выражение, облакая его в знаковую форму. Такое содержание нередко прячется в отношениях симметрии, которые, будучи предметно выражены, приводят к новым онтологическим представлениям.

Именно так были открыты кварки. В теоретическом плане «кварки» есть выражение неприводимого представления группы  $SU(3)$  в виде физической предметности. Аналогичным образом были введены виртуальные частицы. Фейнмановский диаграммный метод, лежащий в основе квантовой электродинамики, связан с перегруппировкой элементов, входящих в члены ряда теории возмущений. Взаимодействие здесь представлено последовательностью диаграмм, каждая из которых истолковывается как процесс рождения и уничтожения промежуточных (виртуальных) частиц.

Ряд примеров можно было бы продолжить. Здесь теоретические объекты возникают как своего рода «свертка» доселе неосознанных отношений в новую знаковую форму<sup>48</sup>. Язык выступает как пространство отношений, таящих в себе возможность предметного выражения новых смыслов, и, соответственно – возможность новых теоретических предметностей. Если эти отношения жестко закреплены, то получается, что мысль вынуждена вечно оформлять одно и то же содержание. В реальном познании, напротив, постоянно осуществляется обогащение языка, его наполнение новыми смыслами. Понять общий механизм этого обогащения можно, используя идею Витгенштейна о языковых играх<sup>49</sup>.

У самого Витгенштейна идея языковых игр служит для того, чтобы понять язык не в плане онтологии, а в плане субъективной коммуникации. Но в науке коммуникация – не самоцель; научная коммуникация осуществляется по поводу бытия и ради выражения бытия. Язык дает пространство для осуществления коммуникационных игр – это правда. Однако в общем случае языковая игра – это не только *коммуникация субъективностей*, но и живая *связь с бытием*. И если постмодернизм перестал видеть такую связь, это не значит, что ее не существует. При обсуждении научных проблем «языковая игра» вовлекает в сферу обозначения новое содержание, которое уже присутствует, но еще не имеет прямого и явного выражения. Например, подобного рода языковые процессы имеют место в теоретической физике, если налицо ситуация теоретической неопределенности<sup>50</sup>.

Подытоживая рассмотренный выше сюжет, можно заключить, что язык дает нам предпосылочное (трансцендентальное) пространство, среду, в которой происходит раскрытие бытия и его выражение в новых языковых формах.

Мы рассмотрели некоторые сюжетные линии, связанные со старой темой – темой трансцендентальности пространства. Эти линии связаны с разными предметными областями, но все они так или иначе сходятся в одной точке, которая знаменует собой новый взгляд на пространство и его трансцендентальную функцию.

Обычно говорят об *измерениях* пространства. Но, помимо обычных измерений, пространство как таковое расщепляется на два уровня, представая в различных когнитивных и онтологических проекциях. Дело в том, что работа с пространством уводит мысль в двух противоположных, но внутренне связанных направлениях. Первое направление – это путь к прояснению и даже формализации тех или иных систем отношений. На этом пути пространство становится теоретическим предметом. Второе направление – это мысленное погружение в ту смысловую среду, где присутствуют еще не выделенные формы. Эта среда образует горизонт всякой предметно сфокусированной мысли и несет в себе возможности, не выводимые напрямую из наличной логически оформленной предметности.

Сегодня трансцендентальность пространства выражается во все не в том, что теоретической мысли предпослана та или иная система отношений. Трансцендентальным является пространство как континуум возможностей, еще не выделенных предметным мышлением. Очерченный выше подход к пространству есть продолжение поисков неклассической философии XX века, стремившейся сохранить безусловное в качестве предпосылки и в то же время вывести его из-под власти заданных форм. Одной из таких предпосылочных безусловностей, на мой взгляд, и выступает интуиция *пространства вообще*.

## Примечания

- <sup>1</sup> Если мы хотим теоретически представить время, мы (по крайней мере, в физике) должны выразить его на языке пространства. Данный подход лежит в основе теоретической физики, хотя он жертвует существенными чертами темпоральности. Например, в реальном времени выделен момент «сейчас», разделяющий прошлое и будущее. В теоретически представленном времени такое деление становится подвижным и релятивным. Это со всей отчетливостью было осознано Эйнштейном, заметившим, что в пространстве Минковского «не существует каких-либо сечений, которые объективно представляли бы “сейчас”» (*Эйнштейн А.* Относительность и проблема пространства // *Эйнштейн А.* Собр. науч. тр.: в 4 т. Т. 2. М., 1966. С. 754). В реальном времени существенна его необратимость. Однако она не фигурирует на уровне исходных уравнений квантовой теории поля.
- <sup>2</sup> В современной физике, отмечает А.Д.Линде, «пространство перестает быть лишь вспомогательной математической конструкцией, нужной для описания реального мира, и приобретает все большую и большую самостоятельную значимость, постепенно включая в себя все материальные частицы как свои собственные степени свободы» (*Линде А.Д.* Физика элементарных частиц и инфляционная космология. М., 1990. С. 247).
- <sup>3</sup> *Кант И.* Прологомены ко всякой будущей философии, могущей появиться как наука // *Кант И.* Соч.: в 6 т. Т. 4. Ч. 1. М., 1965. С. 199.
- <sup>4</sup> *Кант И.* Критика чистого разума. М., 1994. С. 97.
- <sup>5</sup> Во избежание недоразумений необходимо сделать примечание, касающееся Кантовой терминологии. С одной стороны, пространство есть априорная форма, посредством которой субъекту даны внешние чувства, и в этом смысле невозможно отрицать трансцендентальность пространства в качестве формы созерцания. С другой стороны, Кант в начале первой «Критики» применяет термин «трансцендентальное» применительно к знанию о пространстве, но не к пространству как созерцанию. «...Трансцендентальным (т. е. касающимся возможности или применения априорного познания) следует называть не всякое априорное знание, а только то, благодаря которому мы узнаем, что те или иные представления (созерцания или понятия) применяются... исключительно а priori... Поэтому ни пространство, ни какое бы то ни было априорное геометрическое определение его не есть трансцендентальное представление; трансцендентальным может называться только знание о том, что эти представления... не имеют эмпирического происхождения...» (*Кант И.* Критика чистого разума. М., 1994. С. 73). Тем не менее пространство в качестве чистого созерцания обладает основными характеристиками трансцендентальности.
- <sup>6</sup> *Коген Г.* Теория опыта Канта. М., 2012. С. 204.
- <sup>7</sup> Там же. С. 578. Как подчеркивает П.П.Гайденко, «поправка Когена имеет целью освободить кантовские формы чистого созерцания от атрибута данности, а тем самым снять принципиальное различие между ними и категориями рассудка» (*Гайденко П.П.* Научная рациональность и философский разум. М., 2003. С. 359).
- <sup>8</sup> См.: *Коген Г.* Указ. соч. С. 264–265.

- 9 «...Наша евклидова геометрия есть лишь род условного языка; мы могли бы изложить факты механики, относя их к неевклидову пространству, которое было бы основой, менее удобной, но столь же законной, как и наше обычное пространство; изложение слишком осложнилось бы, но осталось бы возможным» (*Пуанкаре А. Наука и гипотеза // Пуанкаре А. О науке. М., 1983. С. 80.*)
- 10 *Кант И. Критика чистого разума / Пер. Н.О. Лосского. М., 1999. С. 79.*
- 11 «Геометрия есть наука, определяющая свойства пространства синтетически и тем не менее аргюти» (*Кант И. Критика чистого разума. М., 1994. С. 52.*)
- 12 «...Это есть действие рассудка на чувственность и первое применение его... к предметам возможного для нас созерцания. Этот синтез, как фигурный, отличается от интеллектуального синтеза, производимого одним лишь рассудком, без всякой помощи воображения» (Там же. С. 110).
- 13 Там же. С. 112.
- 14 *Эйнштейн А. Относительность и проблема пространства. С. 758.*
- 15 *Эйнштейн А. Геометрия и опыт // Эйнштейн А. Собр. науч. тр.: в 4 т. Т. 2. С. 87.*
- 16 *Хайдеггер М. Бытие и время. М., 1997. С. 208.*
- 17 «Само-отдача открытости вместе с самой открытостью – это, собственно, и есть бытие как оно есть» (*Хайдеггер М. Письмо о гуманизме // Хайдеггер М. Время и бытие: Ст. и выступления. М., 1993. С. 204.*)
- 18 См.: *Кант И. Критика практического разума // Кант И. Соч.: в 6 т. Т. 4. Ч. 1. С. 499.*
- 19 *Хайдеггер М. Исток художественного творения: Избр. работы разных лет. М., 2008. С. 143.*
- 20 *Хайдеггер М. Вещь // Хайдеггер М. Время и бытие: Ст. и выступления. С. 325.*
- 21 Dasein «способно собственно бывшим *быть* лишь поскольку оно *настающе*. Бывшее возникает известным образом из будущего» (*Хайдеггер М. Бытие и время. С. 326.*)
- 22 *Vokotopulos P. Byzantines eikones. Athens, 1995.*
- 23 «Когда-то словом “техне” называлось и то раскрытие потаенного, которое выводит истину к сиянию явленности» (*Хайдеггер М. Вопрос о технике // Хайдеггер М. Время и бытие: Ст. и выступления. С. 237.*)
- 24 Это отчетливо видно в выступлениях и публикациях Хайдеггера в 50-е гг. XX в.
- 25 «Жить – вот... мое искусство» (*Монтень М. Опыты. М.–Л., 1958. Кн. 2. С. 59.*)
- 26 *Левинас Э. Избранное. Тотальность и Бесконечное // Левинас Э. М.–СПб., 2000. С. 84.*
- 27 *Хайдеггер М. Письмо о гуманизме // Хайдеггер М. Время и бытие: Ст. и выступления. С. 200.*
- 28 *Мецзякова Н.А. Детерминизм и свобода в ценностном мире современной науки // Metzzyakova N.A., Zharov S.N. Онтологические и ценностные основания научной рациональности. Воронеж, 2011. С. 53.*
- 29 См. обсуждение этой темы в книге: *Жаров С.Н. Трансцендентное в онтологических структурах философии и науки. Воронеж, 2006. С. 229–232.*
- 30 «Пространство – логически мыслимая форма (или структура), служащая средой, в которой осуществляются другие формы и те или иные конструкции» (*Александров А.Д. Пространство // Математическая энцикл.: в 5 т. М., 1977. Т. 4. Стб. 712.*)

- 31 *Вейль Г.* Математическое мышление. М., 1989. С. 139–140.
- 32 См.: Там же. С. 14.
- 33 Сегодня жесткая демаркация между предметом естествознания и сферой человеческих смыслов отнюдь не является истиной в последней инстанции. Н.А.Мещерякова в ряде своих работ показывает, что природа как предмет современного естествознания необходимо включает в себя ценностно-смысловое измерение, что требует гуманизации науки. См.: *Мещерякова Н.А.* Отношение к природе как аксиологическая проблема (естественно-научный аспект) // Филос. науки. 1986. № 6. С. 131–134; *Ее же.* Наука в ценностном измерении // Свободная мысль. 1992. № 12. С. 34–44.
- 34 См.: *Трубников Н.Н.* Время человеческого бытия. М., 1987.
- 35 Там же. С. 247.
- 36 Там же. С. 251.
- 37 *Хайдеггер М.* Бытие и время. С. 331.
- 38 *Беллок Х.* Ришелье. СПб., 2002. С. 58.
- 39 *Сепир Э.* Статус лингвистики как науки // Языки как образ мира. М., 2003. С. 131.
- 40 *Налимов В.В.* Вероятностная модель языка. М., 1979. С. 78.
- 41 *Вяткина А.Г.* Воображение как основа творческого процесса // Научные проблемы гуманитарных исследований: научно-теорет. журн. Вып. 6. Пятигорск, 2011. С. 252.
- 42 См.: Там же.
- 43 *Мандельштам О.* Собр. соч.: в 4 т. Т. 1. М., 1991. С. 81.
- 44 *Хайдеггер М.* Письмо о гуманизме. С. 192.
- 45 *Хайдеггер М.* Исток художественного творения: Избр. работы разных лет. М., 2008. С. 209.
- 46 *Лермонтов М.Ю.* Собр. соч.: в 10 т. Т. 2. М., 2000. С. 157.
- 47 *Блок А.* О назначении поэта // *Блок А.* Собр. соч.: в 6 т. Т. 4. Л., 1982. С. 415–416.
- 48 См.: *Жаров С.Н.* Соотношение простоты и истинности научной теории // Филос. науки. 1979. № 1. С. 122–125.
- 49 См.: *Витгенштейн Л.* Философские исследования // Языки как образ мира. С. 220–548.
- 50 Одна из подобного рода ситуаций описана Ш.Л.Глэшоу: «Специалисты по физике частиц настолько отчаялись найти хоть что-то, что можно было бы обсудить, что начали играть в игру “Представим, что...”» (*Глэшоу Ш.Л.* Очарование физики. Ижевск, 2002. С. 282). Не следует забывать, что с известных позиций современная квантовая теория поля есть не жестко определенная конструкция, а нечто «вроде грамматики, правила конструирования “теорий”, некоторый универсальный язык» (*Кобзарев И.Ю., Манин Ю.И.* Элементарные частицы: Диалоги физика и математика. М., 1997. С. 49).

## **Пространство как априорная предпосылка познания реальности**

**Введение.** Ввиду отсутствия ясного взгляда на пространство и даже, быть может, четкого определения рассмотрим историю вопроса, которая открывается греческой философией и проходит практически через все основные философские учения. Мы сознательно обойдем слишком экзотические концепции, такие как теория Бергсона. Это вовсе не значит, что они совсем остались без внимания. Дело в том, что их ценность для современности и будущего науки представляется сомнительной. Все многообразие взглядов можно разделить на две основные категории: 1) пространство и время субъективны; 2) они объективны. Я – последовательный сторонник первой точки зрения. В разные времена люди ставили разные вопросы касательно природы и свойств пространства и времени, но один из них, по крайней мере, прослеживается издревле: существует ли «пустое пространство»? Позже к нему примкнул другой: можно ли говорить о времени, если «ничего не происходит»? Не буду интриговать читателя и скажу, что на эти вопросы в середине XX века наконец-то получен строгий однозначный ответ – нет. Почему? С объяснением придется подождать. Необходимые комментарии и пояснения из области физики будут даны по ходу обсуждения.

Действительно, категории пространства и времени являются, пожалуй, одними из самых сложных в философии. Человек желает раскрыть истинный смысл и природу вещей и явлений, его окружающих. Если с объяснением материальных объектов

(назовем их так) дело обстоит более или менее неплохо, то с пространством и временем вопрос темный. Как мне представляется, причина состоит в том, что большинство материальных объектов человек может «повертеть в руках», рассмотреть их, поэкспериментировать с ними и, поразмыслив, составить представление об их природе. Ставить опыты со временем и пространством человечество еще не научилось, и на долю ученых остается лишь их мысленное созерцание. Мы до сих пор подобны греческим философам, которые строили свои метафизические теории без активного вмешательства в природу, ограничиваясь случайными и, в общем-то, неупорядоченными наблюдениями. Понятно, что при этом трудно рассчитывать на глубокое и правильное понимание вопроса. Видимо, придется ждать нового Галилея, который сможет ставить опыты со временем и пространством. Если верить обещаниям американских физиков и инженеров, то ждать осталось недолго. В скором времени мы станем свидетелями первого в истории человечества эксперимента с пространством и временем – возможным наблюдением гравитационных волн<sup>1</sup> в рамках американского проекта LIGO.

**Греки.** Итак, начнем с греков. Большинство философов того далекого прошлого не интересовались пространством в чистом виде, обсуждение подобных проблем носило вспомогательный характер при анализе покоя и движения. Это в свою очередь для греков неизбежно сводилось к вопросу о существовании пустоты или, мы бы сказали, «пустого пространства», не заполненного никакими телами. Доводы сторонников существования пустоты в природе сводились к аргументу, что если бы в мире все места были заполнены, то тела не смогли бы двигаться, и это противоречит истинному положению дел. Этот довод был очень сильным. Греки, в общем-то, ничего не смогли противопоставить ему по существу. Вывод, сделанный последователями Парменида, был неожиданным и парадоксальным: движения нет. Не будем обсуждать мировоззрение и философию, следующие отсюда, сосредоточимся на самом утверждении. Конечно, можно возразить, и, вероятно, это будет основательно, что движение никогда не может возникнуть в заполненном пространстве, но нельзя обоснованно утверждать, что оно там вовсе не может происходить.



Замечательны в этом отношении апории Зенона, ученика Парменида. Мы вполне можем утверждать, что эти парадоксы касаются непосредственно свойств пространства и времени. Для нас очень важно то, что пространственный отрезок Зенон считал возможным делить до бесконечности, так же, как и рассматривать бесконечно близкие моменты времени. Интересное разрешение парадоксов Зенона было дано Демокритом. Он считал «зернистым» не только вещество, но и сами пространство и время. По Демокриту, пространство дискретно, и для тела возможно лишь определенное счетное множество положений. Пространство представлялось ему как бы разлинованным на клеточки, и атомы могут находиться только в определенных клетках, а с одного места в соседние перемещаться скачкообразно. Долгое время казавшаяся оригинальной, *но не имеющей никакого отношения к действительности*, эта точка зрения вновь привлекла к себе внимание лишь сейчас в связи с гипотезами теории квантовой гравитации. Недавно некоторые авторы, к которым относится известный советский физик Блохинцев, делали попытки проанализировать модель дискретного пространства-времени. Квант пространства при этом равнялся невообразимо малой величине  $10^{-33}$  см, а квант времени  $10^{-43}$  сек. Столь неожиданные параллели между античными идеями и современными физическими парадигмами весьма замечательны. Сейчас уже речь, конечно, не идет о преодолении классических апорий, причина введения дискретного пространства состоит в другом.

Позже греки отчетливо разделяли материю и пространство как вместители все вещей. Наиболее четко такая позиция сформулирована у Аристотеля: «Утверждающие существование пустоты называют ее местом; в этом смысле пустота была бы местом, лишенным тела»<sup>2</sup>. Кстати, у Аристотеля движение возможно только благодаря веществу. Брошенное тело высвобождает позади себя место, куда устремляется воздух, подталкивая тело вперед. Далее следует развитие этой мысли, что в более разреженной среде сопротивление движению слабее и тело движется быстрее. Поэтому в пустоте движение стало бы настолько быстрым, что тело приобрело бы свойство вездесущности. Этот вывод говорит о весьма оригинальном понимании Аристотелем пространства и его свойств.

Говоря об античном воззрении на пространство и время, никак нельзя обойти геометрию Евклида. Это, наверное, первая строгая и последовательная научная теория, построенная индуктивным способом на основе аксиом. Можно сказать, что во времена Евклида появились абстрактные представления о пространстве, что знаменует качественный скачок в сознании: с пространством, оказывается, можно оперировать, отвлекаясь от наполняющего его вещества.

**Декарт.** Гораздо важнее для нас Декарт<sup>3</sup>. Он полагал, что материя и протяженность суть одно и то же. Для него пустое пространство столь же абсурдно, как счастье без чувствующего существа. Можно констатировать, что для Декарта пространство, коль скоро оно есть, заполнено материей, средой. Такую особенную среду Декарт назвал «тонкой материей». Для физиков второй половины XIX века такой «тонкой материей» был эфир – некая среда, наполняющая пространство, относительно которой распространяются электромагнитные волны. Видимо, используя такую аналогию, я не сильно искажаю понятие «тонкой материи» Декарта (за исключением, естественно, всего сказанного о колебаниях электромагнитного поля). Пространство надо было заполнить такой протяженной материей, причем эта материя практически не проявляется в нашем мире. Мне представляется, что тогда «тонкая материя» фактически ничем не отличается от пустоты.

Декарт, похоже, все же очень хотел исследовать пространство как таковое без вещества. Неудивительно, что прогресс в этой области достигнут рационалистом, ведь возможность исследования пространства эмпирическими методами представляется на тот момент несколько сомнительной. Декарту принадлежит изобретение координатной плоскости. Это уже следующая степень абстракции после Евклида. За счет введения системы координат удалось свести геометрию к чисто аналитической дисциплине, не говоря о том, что сам метод координат играет решающую роль в современной релятивистской физике. Декартовы координаты, будучи определены при помощи тройки действительных чисел, совершенно четко показывают непрерывность пространства и его трехмерность. Выражаясь языком современной математики, после Декарта пространство стало многообразием, т. е. таким множеством элементов (точек), которое можно параметризовать

при помощи набора действительных чисел. Утверждение о том, что пространство есть многообразие, является важнейшим положением современной физики.

Следующий принципиальный шаг был сделан с появлением механики Исаака Ньютона. Чтобы сформулировать законы динамики, Ньютону пришлось обратиться к принципиальному вопросу: что есть пространство и время? Ему было необходимо просто-напросто дать определение этим понятиям, раз уж он строил аксиоматическую теорию наподобие евклидовой геометрии.

По Ньютону, пространство по самой своей сущности абсолютно, т. е. его свойства не зависят от свойств и движений тел, так что оно остается всегда одинаковым и неподвижным. Относительное есть его мера или какая-либо ограниченная подвижная часть, которая определяется нашими чувствами по положению его относительно некоторых тел. Важно, что в «Началах» различаются абсолютное и относительное движения.

Наверное, Ньютон находился под влиянием Декарта, но, выкинув «тонкую материю», он оставляет для своей механики только абстрактную жесткую и неподвижную систему координат, считая ее вполне реальной сущностью. Разделяя абсолютное и относительное движение, Ньютон даже сделал шаг назад по сравнению с Декартом, который еще раньше вполне правильно понимал относительность всякого движения. Однако успех механики был столь велик, что «судить победителя» научное сообщество взялось только два столетия спустя, когда началось внимательное осмысление фундаментальных положений теории Ньютона такими учеными, как Ланге и Мах. Их идеи логично будет поместить здесь, т. к. во многом они вытекают из критики Ньютона.

Э.Мах<sup>4</sup> придерживался той точки зрения, что нелепо говорить о движении тела безотносительно к другим телам, измеряя движение лишь в абсолютном пространстве. Весь наш опыт ведь сводится к измерению лишь расстояний между отдельными предметами. Мах приводит парадокс. Предположим, что тело помещено в абсолютно пустое пространство, которое лишено даже сильно удаленных звезд. Тогда нельзя понять, находится ли наше тело в покое или, к примеру, вращается вокруг собственной оси, не измерив его центростремительное ускорение. Мах предлагает следующий выход. Давайте сформулируем закон инерции (который и определяет, что

есть инерциальная система отсчета) иначе. «Вместо того чтобы относить движущееся тело... к пространству (к какой-нибудь системе координат), мы будем теперь прямо рассматривать его отношение к телам мирового пространства, которыми эта система координат только и может быть определена»<sup>5</sup>. Очень далекие друг от друга тела движутся с постоянными по величине и направлению (относительными) скоростями. Близкие тела, находящиеся «в более сложном отношении» или, мы бы сказали, взаимодействующие друг с другом, движутся уже с непостоянной относительной скоростью. Теперь, по Маху, вместо того, чтобы говорить: расстояние и скорость массы в пространстве остаются постоянными, можно употреблять выражение, что среднее ускорение массы относительно всех других масс равно нулю<sup>6</sup>. При этом ненулевое ускорение относительно ближайших тел будет скомпенсировано большим вкладом массивных удаленных объектов (звезд), которые с исследуемым телом не взаимодействуют. Поясним, что наше тело на самом деле свободно, а ускорение относительно соседей может быть из-за того, что эти самые соседние тела могут быть по каким-то причинам подвержены действию сил и тем самым ускорены. Удаленные массы во Вселенной «задают» инерциальн(ую/ые) системы отсчета.

Такая трактовка закона инерции Махом поистине относительная, однако подразумевает некоторую космологию, хотя и не важно, какую именно. На это Эрнст Мах отвечает, что, возможно, не существует локальных законов типа ньютоновских, и, чтобы описывать даже движение тел в небольшом объеме, «отвлечься от остального мира *невозможно*»<sup>7</sup>. Он далее замечает, что «природа не начинается с элементов, как вынуждены начинать с них мы. Для нас во всяком случае счастье то, что мы в состоянии временами отвлечь наш взор от огромного целого и сосредоточиться на отдельных частях его»<sup>8</sup>. Мах исправляет идейные основания классической механики, констатируя, что в обыденности мы можем пользоваться законами Ньютона, понимая, однако, по-другому, что такое инерциальная система отсчета.

Оставим пока Маха и вернемся чуть назад во времени. Наверное, во времена Юма возникло также новое причинное понимание времени, которое, упрощенно говоря, состоит в том, что время воспринимается нами как «параметр», по которому упорядочиваются причина и производимое ею следствие.

Следующий, на ком мы остановим свой пристальный взгляд, – Лейбниц<sup>9</sup>. Тут мы сталкиваемся с новой субъективной теорией пространства, которая нашла свое завершение в философии Иммануила Канта. Основываясь на своем учении о монадах, Лейбниц считает, что «пространства – как оно является чувствам и как его рассматривает физика, – не существует, но оно имеет реального двойника, а именно расположение монад в трехмерном порядке соответственно точке зрения, с которой они отражают мир. Каждая монада видит мир в определенной перспективе, присущей только ей. В этом смысле мы можем несколько произвольно говорить о монадах как имеющих пространственное положение».

Кант утверждает, что наши ощущения возникают из-за воздействия «вещей в себе» на органы чувств. «Вещь для нас» (мир явлений) возникает в результате упорядочивания исходных ощущений *априорными формами*. Последние делятся на *априорные формы созерцания* (пространство и время) и *категории рассудка*. При этом пространство «ответственно» за работу с внешними ощущениями, а время – с внутренними. Для обоснования своей позиции Кант выдвигает несколько доказательств того, что пространство и время являются априорными формами.

«Пространство не есть эмпирическое понятие, выводимое из внешнего опыта. В самом деле, представление пространства должно уже лежать в основе для того, чтобы известные ощущения были относимы к чему-то вне меня (то есть к чему-то в другом месте пространства, чем то, где я нахожусь), а также для того, чтобы я мог представлять их как находящиеся вне друг друга, следовательно, не только как различные, но и как находящиеся в различных местах»<sup>10</sup>.

«Пространство есть не дискурсивное, или, как говорят, общее, понятие об отношениях вещей вообще, а чисто наглядное представление. В самом деле, можно представить себе только одно-единственное пространство, и если говорят о многих пространствах, то под ними подразумевают лишь части одного и того же единого пространства, к тому же эти части не могут предшествовать единому всеохватывающему пространству как его составные элементы (из которых возможно было бы сложение), но могут быть мыслимы только как находящиеся в нем. Пространство существенно едино; многообразие в нем, а следовательно, также общее понятие о пространствах вообще основывается исключительно на ограничениях»<sup>11</sup>.

Выводы, которые делает Кант, еще можно было принять в век торжества ньютоновской механики, но с появлением общей теории относительности они становятся с очевидностью ошибочными. Поясню свою мысль. Дело в том, что в эйнштейновской теории гравитации искривление самого пространства ведет к вполне определенным регистрируемым эффектам. Если стоять на позиции Канта, то получается, что мое субъективное восприятие мира («вид» пространства) приводит к объективным ощущениям (физическим явлениям).

Второе доказательство Канта, касающееся единства пространства и невозможности воображения «других пространств», с релятивистской точки зрения опровергается тем, что пространство или пространства не являются субстанциями (так считает Бертран Рассел). Я же могу добавить, что если понимать «пространство» в математическом смысле слова, т. е. допустить существование пространств различных размерностей, сигнатур и топологий, то они никак не могут являться частями одного (плоского трехмерного) пространства. Мне кажется, что здесь я достаточно показал несостоятельность теории Канта с точки зрения современной науки, поэтому не будем углублять критику, а лучше обратимся к более важным и реалистичным парадигмам, тем более что нас ждет новая эпоха – время релятивизма.

**Пространство и время в теории относительности Альберта Эйнштейна.** Субстанциальной концепции пространства-времени со времен Аристотеля противостояла реляционная. Согласно этой концепции, пространство и время – не самостоятельные сущности, а системы отношений, образуемые взаимодействующими материальными объектами. Соответственно, свойства пространства и времени зависят от характера взаимодействия материальных систем. Наиболее последовательно эта концепция проведена в неевклидовой геометрии Лобачевского и Римана и в теории относительности А.Эйнштейна.

В теории относительности Эйнштейна вопрос о свойствах и структуре эфира трансформируется в вопрос о реальности самого эфира. Отрицательные результаты многих экспериментов по обнаружению эфира нашли естественное объяснение в теории относительности – эфир не существует. Отрицание существования эфира и принятие постулата о постоянстве и предельности скорости све-

та легли в основу теории относительности, которая выступает как синтез механики и электродинамики. Принцип относительности и принцип постоянства скорости света позволили Эйнштейну перейти от теории Максвелла для покоящихся тел к непротиворечивой электродинамике движущихся тел. Далее Эйнштейн рассматривает относительность длин и промежутков времени, что приводит его к выводу о том, что понятие одновременности лишено смысла: «Два события, одновременные при наблюдении из одной координатной системы, уже не воспринимаются как одновременные при рассмотрении из системы, движущейся относительно данной системы»<sup>12</sup>. Возникла необходимость развить теорию преобразования координат и времени от покоящейся системы к системе, равномерно и прямолинейно движущейся относительно первой. Эйнштейн пришел к формулировке преобразований Лоренца, из которых вытекало отрицание неизменности протяженности и длительности, величина которых зависит от движения системы отсчета.

В специальной теории относительности функционирует новый закон сложения скоростей, из которого вытекает невозможность превышения скорости света в вакууме. Коренным отличием специальной теории относительности от предшествующих теорий является признание пространства и времени в качестве внутренних элементов движения материи, структура которых зависит от природы самого движения, является его функцией.

Таким образом, сформулированная в 1905 г. А.Эйнштейном специальная теория относительности представляет собой современную физическую теорию пространства и времени, в которой, как и в классической ньютоновской механике, предполагается, что время однородно, а пространство однородно и изотропно. В основе специальной теории относительности лежат постулаты Эйнштейна: 1) принцип относительности: никакие опыты (механические, электрические, оптические), проведенные в инерциальной системе отсчета, не дают возможности обнаружить, покоится ли эта система или движется равномерно и прямолинейно; все законы природы инвариантны по отношению к переходу от одной инерциальной системы отсчета к другой; 2) принцип инвариантности скорости света: скорость света в вакууме не зависит от скорости движения источника света или наблюдателя и одинакова во всех инерциальных системах отсчета.

Первый постулат, являясь обобщением механического принципа относительности Галилея на любые физические процессы, утверждает таким образом, что физические законы инвариантны по отношению к выбору инерциальной системы отсчета, а уравнения, описывающие эти законы, одинаковы во всех инерциальных системах отсчета. Согласно этому постулату, все инерциальные системы отсчета совершенно равноправны, т. е. механические, электродинамические, оптические и прочие явления и процессы во всех инерциальных системах отсчета протекают одинаково.

Согласно второму постулату Эйнштейна, постоянство скорости света в вакууме является одним из фундаментальных свойств природы. Специальная теория относительности потребовала отказа от привычных классических представлений о пространстве и времени, поскольку они противоречили принципу постоянства скорости света. Из специальной теории относительности следуют новые пространственно-временные представления, такие, например, как относительность длин и промежутков времени. Впрочем, следует отметить, что при скоростях, существенно меньших скорости света в вакууме (что, как правило, соответствует реалиям обыденной жизни человечества), пространственно-временные соотношения, определяемые специальной теорией относительности, соответствуют таковым классической механики. Лишь отдельные области человеческой деятельности (например, исследования, проводимые на ускорителях элементарных частиц) требуют применения релятивистской механики.

**Пространство и время в общей теории относительности (ОТО).** Переход от классической механики к специальной теории относительности можно представить на теоретическом уровне (переход от абсолютных и субстанциальных пространства и времени к абсолютному и субстанциальному единому пространству – времени) и на эмпирическом уровне (переход от абсолютных и экстенсивных пространства и времени Ньютона к реляционному пространству и времени Эйнштейна).

Однако, когда Эйнштейн попытался расширить концепцию относительности на класс явлений, происходящих в неинерциальных системах отсчета, это привело к созданию новой теории гравитации, к развитию релятивистской космологии и т. д. Новая теория (общая теория относительности) строилась путем построения



обобщенного пространства и перехода от теоретической структуры исходной теории (специальной теории относительности) к теоретической структуре новой, обобщенной теории с последующей ее эмпирической интерпретацией.

Одной из причин создания общей теории относительности было желание Эйнштейна избавить физику от необходимости введения инерциальной системы отсчета. Создание новой теории началось с пересмотра концепции пространства и времени в полевой доктрине Фарадея-Максвелла и специальной теории относительности. Эйнштейн акцентировал внимание на одном важном пункте, который остался незатронутым. Специальная теория относительности не затрагивала проблему воздействия материи на структуру пространства-времени, а в общей теории Эйнштейн непосредственно обратился к органической взаимосвязи материи, движения, пространства и времени.

Эйнштейн исходил из известного факта о равенстве инертной и тяжелой масс. Он усмотрел в этом равенстве исходный пункт, на базе которого можно объяснить загадку гравитации. Проанализировав опыт Этвеша, Эйнштейн обобщил его результат в принцип эквивалентности: «физически невозможно отличить действие однородного гравитационного поля и поля, порожденного равноускоренным движением». Принцип эквивалентности носит локальный характер и, вообще говоря, не входит в структуру общей теории относительности. Он помог сформулировать основные принципы, на которых базируется новая теория: гипотезы о геометрической природе гравитации, о взаимосвязи геометрии пространства-времени и материи.

В работе «Относительность и проблема пространства» Эйнштейн специально рассматривает вопрос о специфике понятия пространства в общей теории относительности. Согласно этой теории, пространство не существует отдельно, как нечто противоположное «тому, что заполняет пространство» и что зависит от координат. «Пустое пространство, т. е. пространство без поля, не существует. Пространство-время существует не само по себе, а только как структурное свойство поля»<sup>13</sup>.

Для общей теории относительности до сих пор актуальной является проблема перехода от теоретических к физическим наблюдаемым величинам. Теория предсказала и объяснила три

общерелятивистских эффекта: были предсказаны и вычислены конкретные значения смещения перигелия Меркурия, отклонение световых лучей звезд при их прохождении вблизи Солнца, а также эффект красного гравитационного смещения спектральных линий.

Рассмотрим далее два направления, вытекающих из общей теории относительности: геометризацию гравитации и релятивистскую космологию, так как с ними связано дальнейшее развитие пространственно-временных представлений современной физики. Доэйнштейновские представления о Вселенной можно охарактеризовать следующим образом: Вселенная бесконечна и однородна в пространстве и стационарна во времени. Они были заимствованы из механики Ньютона – это абсолютные пространство и время. Такая модель казалась очень гармоничной и единственной. Однако первые попытки приложения к этой модели физических законов и концепций привели к неестественным выводам. Уже классическая космология требовала пересмотра некоторых фундаментальных положений, чтобы преодолеть противоречия. Таких положений в классической космологии четыре: стационарность Вселенной, ее однородность и изотропность, евклидовость пространства. Однако в рамках классической космологии преодолеть противоречия не удалось. Модель Вселенной, которая следовала из общей теории относительности, связана с ревизией всех фундаментальных положений классической космологии. Общая теория относительности отождествила гравитацию с искривлением четырехмерного пространства – времени. Чтобы построить работающую относительно несложную модель, ученые вынуждены ограничить всеобщий пересмотр фундаментальных положений классической космологии: общая теория относительности дополняется космологическим постулатом однородности и изотропности Вселенной. Строгое выполнение принципа изотропности Вселенной ведет к признанию ее однородности. На основе этого постулата в релятивистскую космологию вводится понятие мирового пространства и времени. Это не абсолютные пространство и время Ньютона, которые хотя тоже были однородными и изотропными, но в силу евклидовости пространства имели нулевую кривизну. В применении к неевклидову пространству условия однородности и изотропности влекут постоянство кривизны, и здесь возможны три модификации такого пространства: с нулевой, отрицательной и положительной кривиз-

ной. Возможность для пространства и времени иметь различные значения постоянной кривизны подняли в космологии вопрос: конечна Вселенная или бесконечна? В классической космологии подобного вопроса не возникало, так как евклидовость пространства и времени однозначно обуславливала ее бесконечность.

Космология Фридмана не дает однозначного ответа на вопрос о конечности или бесконечности пространства: она допускает как замкнутые модели (при  $k = +1$ , где  $k$  – параметр пространственной кривизны), так и открытые (при  $k = 0$  и  $k = -1$ ). Причем конечность и бесконечность пространства рассматриваются как взаимоисключающие возможности. Таким образом, космология никак не разрешала вопрос, конечна или бесконечна Вселенная в пространстве. Как замечает А.Л.Зельманов, это происходило потому, что сам вопрос о конечности и бесконечности пространства решался только по отношению к одной, физически преимущественной системе отсчета – сопутствующей веществу. Тем самым обходился вопрос о возможной зависимости конечности или бесконечности пространства от движения системы отсчета. Между тем, в теории относительности инвариантны, то есть независимы от выбора движения системы отсчета, лишь свойства 4-мерного мира, но не его расщепление на пространство и время. «В таком случае, – спрашивает А.Л.Зельманов, – не может ли зависимость свойств *рассматриваемых порознь* пространства и времени от движения системы отсчета простирается так далеко, чтобы затрагивать конечность или бесконечность пространства?»<sup>14</sup>.

Чтобы получить ответ, надо было рассмотреть вопрос в чистом виде, т. е. отрешиться от привилегированных систем отсчета – избавиться от сопутствия их материи, а проще всего – совсем изгнать из фридмановских моделей материю. ОТО допускает такие модели (называемые *пустыми*), ибо в них искривленное пространство-время может существовать автономно, без порождающей кривизну материи. Для таких моделей А.Л.Зельманов и получил свой замечательный результат: бесконечное пространство одной системы отсчета может оказаться конечным с точки зрения другой системы отсчета, движущейся относительно нее. Наиболее выразительным этот результат оказался для 4-мерных миров де Ситтера – пустых миров при  $\Lambda > 0$  ( $\Lambda$  – космологическая постоянная; это космическое поле сейчас считается ответственным за наблюдаемое ускоре-

ние расширения Вселенной). А.Л.Зельманов рассмотрел три типа таких миров, 4-мерная метрика которых задана в системах отсчета Ланцоша (мир Ланцоша), Леметра и Робертсона (миры Леметра и Робертсона). Каждый из миров Леметра и Робертсона в своей системе обладает бесконечным пространством. Но из координатной связи этих миров с миром Ланцоша следует, что эти миры составляют лишь *часть* мира Ланцоша, в системе которого они, однако, имеют конечные пространства.

Дальнейшее развитие космологии оказалось связанным с нестационарной моделью Вселенной. Впервые нестационарная модель была развита А.А.Фридманом. Метрические свойства пространства оказались изменяющимися во времени. Выяснилось, что Вселенная расширяется. Подтверждение этого было обнаружено в 1929 году Э.Хабблом, который наблюдал красное смещение спектральных линий. Оказалось, что скорость разбегания галактик линейно возрастает с расстоянием (закон Хаббла). Этот процесс продолжается и в настоящее время. В связи с этим встают две важные проблемы: проблема расширения пространства и проблема начала времени. Существует гипотеза, что так называемое «разбегание галактик» – наглядное обозначение раскрытой космологией нестационарности пространственной метрики. Таким образом, не галактики разлетаются в неизменном пространстве, а расширяется само пространство.

**Заключение.** Историю человеческого познания категорий материи, пространства и времени можно представить как бесконечную лестницу познания, которая простирается от древнейших времен до наших дней. Каждая следующая ступень познания при этом основывается на предыдущей, включая в себя все ее достижения. Так, классическая механика была построена на атомизме и геометрии Евклида. Теория относительности стала следующей ступенью развития физической науки, включив в себя позитивные моменты предшествующих ей теорий. Эйнштейн в своих работах, отрицая абсолютизм механики Ньютона, не отбросил ее полностью, но отвел ей подобающее место в структуре физического знания, считая, что теоретические выводы ньютоновской механики описывают лишь определенный круг явлений.

Теория относительности позволила сделать громадный шаг вперед в описании окружающего нас мира, объединив бывшие обособленными понятия материи, движения, пространства и вре-

мени. Она дала ответы на множество вопросов, оставшихся неразрешенными в течение веков, сделала ряд предсказаний, подтвердившихся впоследствии. Одним из таких предсказаний было предположение, сделанное Эйнштейном, об искривлении траектории светового луча вблизи Солнца. Вместе с этим перед учеными возникли новые вопросы: есть ли предел делимости материи? каковы законы мира сверхмалых масштабов? что стоит за явлением сингулярности? что есть на самом деле гравитационный коллапс? как зарождалась Вселенная? Решить эти и многие другие вопросы станет возможным, лишь поднявшись еще на одну ступень вверх по бесконечной лестнице познания. Мне кажется, я достаточно полно осветил основные представления о пространстве и времени, существовавшие на протяжении веков. Сейчас судьба вопроса всецело в руках физики, как и должно быть, и, надеюсь, скоро с созданием теории квантовой гравитации мы станем обладателями нового, еще более полного и правильного, понимания того, что же такое пространство и время.

### Примечания

- 1 Согласно общей теории относительности Эйнштейна, в Космосе могут распространяться так называемые гравитационные волны – бегущие со скоростью света искривления пространства – времени. Такие возмущения должны, как считается, существовать, но они чрезвычайно слабы, и требуется высокопрецизионная аппаратура для их регистрации, создание которой стало возможным только в наше время.
- 2 *Аристотель*. Физика // *Аристотель*. Соч.: в 4 т. Т. 3. М., 1981. С. 132.
- 3 *Декарт Р.* Рассуждения о методе // *Декарт Р.* Избр. произведения. М., 1950.
- 4 *Мах Э.* Механика: Историко-крит. очерк ее развития. Ижевск, 2000.
- 5 Там же. С. 198.
- 6 Там же. С. 199.
- 7 Там же. С. 200.
- 8 Там же.
- 9 *Лейбниц Г.В.* Монадология // *Лейбниц Г.В.* Соч.: в 4 т. Т. 1. М., 1982. С. 413–429.
- 10 *Кант И.* Критика чистого разума // *Кант И.* Соч.: в 6 т. Т. 3. М., 1964. С. 130.
- 11 Там же. С. 131.
- 12 *Эйнштейн А.* Собр. научн. тр.: в 4 т. Т. I. М., 1965. С. 13.
- 13 *Эйнштейн А.* Собр. науч. тр.: в 4 т. Т. II. М., 1966. С. 758.
- 14 *Зельманов А.Л.* Многообразие материального мира и проблема бесконечности Вселенной // *Бесконечность и Вселенная*. М., 1969. С. 314.

**Понятие пространства в контексте культуры  
(на материале перехода от аристотелевского  
пространства к пространству  
физики Нового времени)**

Изменение статуса и характера пространственных представлений явилось одним из существенных моментов, определивших переход от аристотелевской физики к науке Нового времени. В процессе этого перехода на смену аристотелевскому понятию пространства как «места» (топоса) пришло бесконечное гомогенное геометрическое пространство галилеевско-ньютоновской физики. Пространственные идеи новой физики позволили сформулировать принцип инерции, являющийся основополагающим для науки Нового времени. Этот принцип дал возможность отказаться от представлений, согласно которым для возникновения и поддержания движения тел нужна сила (Аристотель), и принять картину мира, в которой тело может бесконечно долго находиться в состоянии движения, если на него не действуют никакие силы. Создание и теоретическая ассимиляция новых пространственных идей представляли настоящую революцию в науке.

И дело было даже не в том, что у Аристотеля пространство – это «место», что у него, по сути, нет даже термина «пространство». (Так же как не было пространства у всех других научных школ античности. Но об этом позже.) Ведь характеризуя пространство, Ньютон также употребляет термин «место». И Ньютон, и Аристотель говорят о пространстве как о «месте»; оба утверждают, что места существуют «наряду» с телами, характеризуют движение как «изменение места». Характеризуя постулируемые им понятия

абсолютного пространства и абсолютного времени, Ньютон пишет: «По своей сущности они есть места, приписывать же первичным местам движения нелепо»<sup>1</sup>.

Здесь обращает на себя внимание именно сходство, тождественность терминологии, используемой Аристотелем и Ньютоном при характеристике пространственных представлений. Исследователь проблемы легко может попасть в ловушку одинаковых по звучанию слов и не почувствовать несоизмеримости рассматриваемых понятий.

На самом деле существует глубокое различие между аристотелевским и ньютоновским понятиями места. Оно связано с такой характеристикой места, как его отделимость от тел. В отличие от ньютоновской физики, в физике Аристотеля *места неотделимы от тел*. Это неважно, что Аристотель использует такие слова, как «место может быть оставлено предметом»<sup>2</sup> или «место не есть ни часть, ни устойчивое свойство отдельного предмета, а нечто от него отделимое»<sup>3</sup>. (Хотя те же самые выражения по отношению к месту и пространству используются и Ньютоном.) Но у Аристотеля слова «оставлено», «отделимое», «наряду» наполнены совсем другим смыслом по сравнению с тем, какой в них вкладывает Ньютон. В физике Аристотеля «место» – это *граница тела, причем не того тела, о месте которого идет речь, а объемлющего его тела*. И если этого объемлющего тела нет, то нет и места. (Ср. с ньютоновским пониманием места: «Место есть часть пространства, занимаемая телом, и по отношению к пространству бывает или абсолютным или относительным. Я говорю «часть пространства», а не положение тела и не объемлющая его поверхность»<sup>4</sup>.)

Более того, детальное рассмотрение пространственных представлений Стагирита показывает, что трактовка понятия места у него носит более сложный, чем это кажется на первый взгляд, характер. Для адекватного понимания его концепции следует проводить различие между отделимостью в «глобальном» смысле и отделимостью в «локальном» смысле. «Место, с одной стороны, [есть нечто] общее, в котором находятся все тела, с другой – особое, в котором... [помещается данное тело]»<sup>5</sup>. В глобальном смысле, как полагает Аристотель, места неотделимы от тел (пустого места – пустоты – не существует). Но конкретные места могут быть отделимы от тел, так же как конкретные тела отделимы от мест.

Ньютон отказался от присущего аристотелевской физике понятия «глобальной неотделимости» тел (от мест): в физике Галилея и Ньютона тела отделимы от мест и в локальном, и в глобальном смысле этого слова. «...Так что необходимо, – пишет Ньютон, – чтобы определение места и, следовательно, локального движения было отнесено к неподвижной вещи такой как протяжение или “пространство”, в той мере, в какой пространство рассматривается как действительно отличное (distinct) от движущихся тел»<sup>6</sup>.

(Как мы увидим ниже, именно представления о глобальной неотделимости места от тел частично реанимированы в современной физике, а именно в пространственных представлениях общей теории относительности (ОТО).)

Для лучшего понимания того, что такое «место», Аристотель обращается к наглядному примеру конкретного места, в качестве которого у него фигурирует пустой или наполненный сосуд. Вода в сосуде – это тело, местом которого будет первая граница «объемлющего» воду сосуда. Если вылить воду из сосуда, место воды заполнит другое тело – воздух. Вода же займет какое-то другое место: это может быть внутренняя поверхность другого сосуда либо вогнутая поверхность какого-либо другого предмета.

Если в физике Аристотеля удалить все тела, находящиеся в том или ином месте, то не останется *ничего*, в то время как в ньютоновской физике останется пространство. Если же в физике Аристотеля удалить все тела, объемлющие данное тело, то у этого тела не будет места. Недаром аристотелевский космос оказался неподвижным: его ничто не объемлет, у него нет «места», перемещаясь из которого он мог бы двигаться. «...Всякое тело, способное к перемещению или к увеличению само по себе, находится где-нибудь, небесный же свод в целом находится нигде и ни в каком месте, раз никакое тело его не объемлет»<sup>7</sup>.

Аристотель и сам понимает, какие aberrации могут возникнуть при попытке понять его концепцию пространства. «Место кажется чем-то особенно трудным для понимания оттого, – говорит он, – что имеет видимость материи и формы, и оттого, что в находящемся в покое объемлющем теле происходит перемещение движущегося тела, ибо тогда кажется возможным существование в середине [объемлющего тела] протяжения, отличного от движущихся величин. [К этой видимости] добавляет нечто и воздух,



кажущийся бестелесным: представляется, что *место это не только граница сосуда, но и лежащее между ними, как бы пустота*<sup>8</sup> (курсив мой. – Е.М.).

Утверждение, что место может быть материей или формой предмета, Аристотель опровергает ссылкой на неотделимость. «Нетрудно видеть, что место не может быть ни тем, ни другим, так как форма и материя неотделимы от предмета, а для места это допустимо»<sup>9</sup>. И чтобы не возникало подобных недоразумений, он еще раз уточняет, что «...первая неподвижная граница объемлющего [тела]»<sup>10</sup> – это и есть место.

Вот это замещение понятия места как границы объемлющего тела понятием места как того, что останется, если убрать все тела, находящиеся в нем, и составляет суть перехода от пространственных представлений Аристотеля к ньютоновским представлениям.

Все теоретические построения Аристотеля относительно понятия места преследуют две тесно связанные между собой цели: 1) обосновать возможность движения в природе и 2) доказать отсутствие пустоты.

«Вопрос о природе места – это пункт, где сталкиваются между собой <...> три научные программы античности: атомизм, «математизм Платона и пифагорейцев и, наконец, аристотелевский континуализм», – верно отмечает П.П.Гайденко<sup>11</sup>. Математизм Платона и пифагорейцев не мог быть принят Стагиритом для обоснования движения, поскольку «все, что составляло предмет познания античной математики <...> исключало движение и изменение», – пишет П.П.Гайденко<sup>12</sup>.

Атомизм Левкиппа и Демокрита Аристотель критиковал за то, что они исходили из признания пустоты. И атомы, и пустота были необходимы атомистам для того, чтобы обосновать наличие движения. Атомисты не принимали основной принцип элеатов – Парменида, Зенона, Ксенофанта, Мелисса, – постулирующих представления о том, что бытие едино и неподвижно. Они спрашивали: если нет движения в теории, как можно объяснить тот факт, что мы видим, ощущаем и наблюдаем движение, что оно очевидным образом существует в природе? Атомисты отрицали утверждения элеатов о неделимости бытия. Мелисс, говорит по этому поводу Аристотель, «на этом основании и доказывает, что все неподвижно, ибо если оно будет двигаться, должна быть <...> пустота, а пустота не принадлежит к числу существующих вещей»<sup>13</sup>.

Критикуя атомистов, Аристотель утверждает, что пустота для движения вовсе не нужна. Напротив, пустота как раз и препятствовала бы самой возможности движения. «При [более тщательном] рассмотрении для признающих пустоту как нечто необходимое, поскольку существует движение, получается скорее обратное: ни один [предмет] не может двигаться, если имеется пустота. Ведь подобно тому как, по утверждению некоторых, Земля покоится вследствие одинаковости [всех направлений] так необходимо покоиться и в пустоте, ибо нет оснований двигаться сюда больше, сюда меньше: поскольку это пустота, в ней нет различий»<sup>14</sup>.

Аргумент необязательности существования пустоты для движения тел Стагирит использовал и при обосновании своего знаменитого утверждения, согласно которому скорости свободно падающих тел зависят от их тяжести (массы). Это положение было опровергнуто Галилеем, утверждавшим, что скорости (точнее ускорения) всех падающих тел равны. Наблюдая за телами, падающими свободно в воздушной среде, Аристотель объясняет их движение так: более тяжелые тела падают быстрее, потому что они легче раздвигают воздушную среду по сравнению с более легкими<sup>15</sup>. Размышляя о том, как бы вели себя тела, падая в пустоте, где нет сопротивления среды, он приходил к верному выводу, что в пустоте все тела падали бы с равной скоростью. «Но это невозможно», – восклицал он<sup>16</sup>. Сам Аристотель не объяснил, почему это невозможно. Одно можно сказать: Аристотель полагал, что это невозможно не потому, что он не верил в существование пустоты. Напротив, невозможность для тел разной массы падать с одинаковой скоростью в пустоте служила у него аргументом в пользу отрицания пустоты. По-видимому, он имел в виду свой (уже цитировавшийся выше) аргумент (имеющий и антропоморфный привкус), согласно которому в пустоте нет оснований двигаться «сюда больше, сюда меньше: поскольку это пустота, в ней нет различий».

Аристотель, по-видимому, догадывался, что сопротивление среды не было главным фактором. И это было верно. Недаром многие присутствующие на опытах Галилея, наблюдая, как шары одинаковой формы, но разной массы (такие шары использовались Галилеем для элиминирования сопротивления воздуха), будучи выпущенными из рук с Пизанской башни, одновременно ударяются о Землю, все равно не поверили утверждению Галилея, что свободно

падающие тела падают с одинаковой скоростью (ускорением). Это было не только потому, что для них опыты и эксперименты не служили доказательством правильности теоретических заключений, поскольку в качестве таковых выступали тексты Аристотеля. (Хотя и это обстоятельство играло роль.) Главным было то, что результаты опыта казались парадоксальными и непонятными. Оставался вопрос: почему все-таки тела с разным весом, с разной тяготеющей массой падают в безвоздушной среде с одинаковой скоростью? На этот вопрос аристотелевская физика не могла дать ответ, даже если бы Аристотелю удалось устранить эффект сопротивления воздуха или поверить в существование пустоты. Для того чтобы это объяснить, нужно было ввести в рассмотрение представление о существовании не только гравитационной, но и инертной массы (что было сделано в рамках галилеевско-ньютоновской физики) и доказать равенство этих масс (это было сделано уже Эйнштейном). Тогда рассматриваемый факт получал убедительное и красивое объяснение: тела более тяжелые (имеющие большую гравитационную массу) имеют и большую инертную массу; а она характеризует присущее телу стремление оставаться в покое, своеобразную «леность» тела. Более тяжелое, обладающее большей гравитационной массой тело, с большей силой, по сравнению с более легкими, притягивается к Земле и «стремится» падать быстрее, но его большая инерционная масса «не дает» ему этого делать. Она задерживает скорость его падения во столько раз, во сколько раз его инертная масса больше инертной массы более легкого тела. Именно поэтому все шары в эксперименте Галилея, независимо от их массы, падали с одинаковой скоростью, а поскольку свободное падение тел является равноускоренным, то и с одинаковым ускорением.

По Аристотелю, для того чтобы обосновать возможность движения и показать, что движение как перемещение тел относительно места существует, совсем не нужно вводить понятие пустоты. «Нет никакой необходимости, если существует движение, признавать пустоту; для всякого движения вообще – это просмотрел и Мелисс – ни в коем случае, так как качественно изменяться может и наполненное тело. Но это относится также и к движению по отношению к месту, так как тела могут уступать друг другу место одновременно, даже при отсутствии промежутка, существующего наряду с движущимися телами. <...> Возможно также и уплотне-

ние тела не путем вхождения в пустоту, а вследствие вытеснения находящегося внутри [например, при сдавливании водой находящегося внутри воздуха]; возможно и увеличение не только за счет вхождения в тело чего-нибудь, но и путем качественного изменения, например, если из воды возникает воздух»<sup>17</sup>.

Нам трудно встать на точку зрения аристотелевской науки и увидеть пространство таким, каким видели его в античности. Настолько свыклись мы с представлениями галилеевско-ньютоновской физики. Но и представителям античной науки было, по-видимому, также трудно увидеть пространство таким, каким видим его мы.

Как мы уже писали в начале статьи, у всех философов античности пространства как такового не было. Было место. Что дает нам основание делать такое неожиданное утверждение? Ведь известно, что разные натурфилософские школы античности использовали различные понятия пространства, каждое со своими особенностями. Оно могло быть ограниченным у одних и безграничным у других; оно могло быть непрерывным или дискретным, пустым или неотделимым от тел. Но все понятия пространства были сходны в одном – они не были пространством физики Нового времени: они не имели глубины. В этом плане между аристотелевским пространственными представлениями и пространственными идеями других философских систем античности различий не было.

Пустота у атомистов фактически представляет собой *промежутки* между атомами. Споря со сторонниками существования пустоты, Аристотель очень хорошо понимал, *что* он хочет опровергнуть. Его целью было показать, что аргумент Анаксагора, отрицающего пустоту, согласно которому воздух есть нечто, так что место, наполненное воздухом, не является пустым, бьет мимо цели. Хотя сам Аристотель, как мы видели, также использует этот аргумент. Но он не считает его главным. Нужно доказывать, полагает он, что «...не существует протяжения, отличного от тел, отделимого от них <...> которое разнимает всякое тело, делая его не сплошным, как утверждают Демокрит и Левкипп <...> или находится вне тела вселенной, если [это тело] сплошное (как думают элеаты, добавим от себя. – Е.М.)»<sup>18</sup>. Такие же пустые промежутки были и в концепции пифагорейцев, только на этот раз между числами. «Пифагорейцы

также утверждали, – пишет Аристотель, – что пустота существует и входит из бесконечной пневмы в само Небо, как бы вдыхающее в себя пустоту, которая разграничивает природные [вещи], как если бы пустота служила для отделения и различения смежных [предметов]. И прежде всего, по их мнению, это происходит в числах, так как пустота разграничивает их природу»<sup>19</sup>.

Многие данные говорят о том, что пространственные представления, сходные с представлениями античной науки, были присущи и обыденному сознанию современников Аристотеля. Об этом свидетельствует прежде всего характер античного искусства, которое не знало пространства (в нашем понимании этого слова), так же как не знала его и античная наука. Эта особенность античного искусства была в свое время тонко подмечена О.Шпенглером. «Античный рельеф, – писал он, – строго стереометрически наложен на плоскость. Есть только промежутки между фигурами, но отсутствует пространственная глубина»<sup>20</sup>. Такого же мнения придерживался и отечественный искусствовед Б.Р.Виппер. «Цель греческих живописцев, – утверждал он, – телесное, но не пространственное изображение. Они изображали не самое пространство, но фигуры в пространстве»<sup>21</sup>. Это мнение разделяют многие современные нам искусствоведы. «Лучше было бы назвать изображение пространства в греческой живописи не “перспективой” (то есть смотрением сквозь пространство), – пишет один из них, – а “аспективной”, т. е. осматриванием, пластическим ощупыванием пространства глазами»<sup>22</sup>. П.Флоренский находил аналогичную особенность и в значительно более позднем виде искусства – средневековой иконописи. Он называл эту особенность *разноцентренностью в изображении*. «Рисунок строится так, как если бы на разные части его глаз смотрел, меняя свое место»<sup>23</sup>.

Пространственные представления античности наложили свой отпечаток и на искусство скульптуры. Греческая статуя в определенном отношении была уникальным явлением в истории искусства. В отличие, например, от статуй в готических храмах, расположенных в нишах, античная статуя была «круглой», т. е. стояла свободно на плоской поверхности и могла быть осматриваема со всех сторон, а не только со стороны, избранной ваятелем. И такой характер скульптуры становится понятным, если учесть особенности пространственных представлений греков. Как отмечает

О.Шпенглер, «избрать определенное место положения статуи с целью развить желаемое впечатление значит вносить пространственное взаимоотношение, между зрителем и произведением, в язык форм последнего»<sup>24</sup>.

Не знала глубины и средневековая живопись. Начиная с эпохи раннего христианства, художники стремились ограничиться изображением только близкого, неглубокого слоя пространства. Такой изобразительный прием превалировал в период романского стиля и сохранился вплоть до эпохи готики. Средневековая живопись не знала линейной перспективы. Как показали исследования, перспективной основой византийского и древнерусского искусства была аксонометрия, главным принципом которой (в отличие от линейной перспективы, в которой параллельные линии сходятся к горизонту) является сохранение параллельности. Нередко аксонометрия нарушалась так называемой «обратной» перспективой, при которой параллельные линии не сходятся, а расходятся к горизонту. Точка их схождения находится по *эту* сторону полотна, там же, где располагается зритель<sup>25</sup>. И если необходимость в передаче глубины пространства все-таки возникала, привлекались изобразительные средства, в принципе отличные от тех, которыми пользовались художники Нового времени. В живописи Ренессанса, в которой впервые была открыта линейная перспектива (по мнению одних искусствоведов это было сделано Филиппо Брунеллески, по мнению других – великим художником эпохи раннего Возрождения Джотто ди Бондоне), для изображения удаленных предметов уменьшают их видимые размеры; в средневековой живописи более удаленные предметы сохраняли свой размер, но располагались выше по отношению к линии горизонта по сравнению с близкими.

П.Флоренский критикует попытки трактовать такие характерные черты средневековой иконописи как свидетельства наивности, примитивности самого искусства и рассматривать иконописца как «еще детски-беззаботного по части художественной грамотности». «Принадлежность икон с сильным нарушением правил перспективы именно высоким мастерам, – пишет он, – тогда как меньшее нарушение этих самых правил свойственно мастерам второго и третьего разряда, побуждает обдумать не наивно ли самое суждение о наивности икон»<sup>26</sup>.

Художники и математики Возрождения открыли законы и разработали теорию линейной перспективы. В XV в. появляется трехтомный труд о живописи итальянского ученого и теоретика искусства Леона Батисты Альберти, обобщившего изменения в перспективных представлениях в живописи, имевших место в эпоху Ренессанса. «Для живописи это было откровением, позволившим превратить плоскость холста (фрески) как бы в открытое на мир, но реальное глубокое пространство»<sup>27</sup>.

Эти изменения продолжились и в Новое время. Одновременно с возникновением представлений о бесконечном геометрическом пространстве в науке Нового времени идут близкие по духу изменения и в других областях культуры. Как отмечает Шпенглер, с XIII–XIV вв. в основе языка всех видов искусства в качестве фундаментального образующего принципа начинает выступать единое безграничное геометрическое пространство. На смену античной скульптуре, символизирующей телесность, идет масляная живопись, построенная с учетом линейной перспективы. «В картине появляется горизонт как великий символ вечного, безграничного мирового пространства»<sup>28</sup>. Тот же символический смысл, пишет О.Шпенглер, приобретают облака, с помощью которых живописцам удается особенно выразительно передавать эффекты далекой перспективы. На смену стилю, при котором господствующим элементом картины является контур, приходит иная манера письма – главенствующее значение приобретают свет и тени, игра которых «лепит» изображение.

Начиная с конца XVI в. и достигая своего кульминационного пункта у импрессионистов, живопись все более настойчиво освобождается от контура, ограничивающего *тело*, и стремится передать ощущение пространства, дали, перспективы. В парковом искусстве появляются длинные пруды, дороги, аллеи, просветы, галереи, «имевшие целью выразить и в картине природы ту же тенденцию, которая в живописи олицетворялась линейной перспективой»<sup>29</sup>. («В китайско-японском парке, – замечает Шпенглер, – в согласии с их перспективой картин, этот конструктивный принцип отсутствует»<sup>30</sup>.)

В картинах появляется голубой цвет, не используемый в античных фресках или в рисунках на вазах: здесь господствовали красный и черный цвета. Сходные движения наблюдаются и в ар-

хитектуре. В эпоху готики возникает сложная каркасная конструкция соборов. Она не только способствовала преодолению массивности романских построек, но и помогала создавать динамическое единство пространственных ячеек. В музыке на смену произведениям, в которых главную роль играли словесный текст и человеческий голос, шли чисто инструментальные музыкальные формы, «все в большей мере свободные от “телесности”».

Возникает вопрос: что означают эти параллели? Как объяснить сосуществование близких по духу пространственных идей в различных проявлениях культуры в античности и в эпоху Нового времени? Каков характер этих параллелей, что они собой представляют, какая связь существует между ними и существует ли она вообще? Должен ли исследователь довольствоваться лишь констатацией их существования? Вопрос этот не простой.

Предпринимались различные попытки объяснить это явление. Сам Шпенглер, занимаясь морфологией культур, видит основание для возникновения параллелей в том, что каждая из них обладала особым *прафеноменом* (прасимволом). Таким прафеноменом для античной культуры (Шпенглер называет ее аполлоновской) выступала *телесность*, для культуры Нового времени (по Шпенглеру – фаустовской культуры) – *пространство*.

Прафеномен определяет миросозерцание представителей той или иной культуры. Грекам была совершенна чужда идея бесконечности, которая прочно вошла в науку, математику и культуру Нового времени. «Для античного человека космос – гармонический распорядок всех заключенных в соответствующие границы осязаемо-наличных предметов. Сумма таких предметов, пишет Шпенглер, – и есть (для греков античности. – *Е.М.*) вселенная. Промежуток между ними, наше преисполненное всем пафосом высокого символа мировое пространство есть (для них. – *Е.М.*) ничто»<sup>31</sup>. Античное миросозерцание определило даже структуру греческого государственного устройства: греки были жителями маленьких городов-государств, и им было чуждо столь свойственное человеку фаустовской культуры стремление к объединению античных полисов в большие политически организованные страны.

Другой попыткой объяснить возникновение культурных параллелей была ссылка на особенности жизнедеятельности представителей двух рассматриваемых культур, специфику их «жизненного



мира» (если воспользоваться терминологией Гуссерля) как на основании их сходства. Вполне естественным объяснением отсутствия линейной перспективы в живописи античности и средневековья служит предположение, согласно которому художники просто стремились к наиболее точному изображению того, что они видели. И суть дела заключается в том, что именно так они и *видели* мир<sup>32</sup>.

Более того, многие данные (в частности, исследование процесса видения у детей) говорят о том, что и современный человек видел бы мир таким же образом, если бы весь предшествующий опыт не научил его корректировать видимое. Изображение внешнего мира строится в мозге человека. Видение – это совместная деятельность глаза и мозга. Мозг совершает работу по преобразованию того изображения, которое получается на сетчатке глаза, в видимое. Характер этой работы определяется предшествующим опытом. Современный человек, в отличие от античного и средневекового, с детства воспитывается на изображениях, выполненных по правилам линейной перспективы (фотография, кино, живопись и т. д.). И именно поэтому он видит мир не таким, каким его видел античный человек или человек средневековья<sup>33</sup>.

В формирование способа видения у человека Нового времени внесла свой вклад и галилеевско-ньютоновская физика, утверждавшая новые пространственные представления (и продолжает вносить в настоящее время в процессе школьного обучения детей). Вряд ли, однако, можно предположить, что именно развитие физики определило появление линейной перспективы в живописи и в других видах изобразительного искусства. Также маловероятно противоположное утверждение, согласно которому изменение пространственных представлений в науке было вызвано появлением живописи Возрождения. Во взаимодействии всех этих различных явлений (наука – искусство – религия – культура) невозможно выделить одно, которое генетически предшествовало бы остальным. Все они возникли примерно в одно и то же время, и ни одно из них не порождало другого. Так что, если между двумя рядами культурных явлений существует какое-либо более глубокое, чем простая рядоположенность, отношение, вряд ли его можно будет квалифицировать как каузальное. Вместе с тем, эта связь не кажется и чисто случайной: слишком часто такого рода параллелизм обнаруживается в истории культуры.

Выскажу предположение: в случае рассматриваемых нами культурных параллелей осуществляется тип связи, отличный от причинного. Это связь была впервые описана автором глубинной психологии К.Г.Юнгом и названа им *синхронистичностью*. Юнг утверждал, что для полного понимания природных процессов необходимо признать существование трех типов отношений между явлениями: 1) каузальные; 2) акаузальные, являющиеся чисто случайными совпадениями; 3) и опять-таки акаузальные отношения, но представляющие собой не просто случайные совпадения, а осмысленные, полные значения событийные связи явлений. Эти последние Юнг и охарактеризовал как синхронистичность<sup>34</sup>.

Поскольку Юнг исследовал проявления психической деятельности людей, он определял синхронистичность как устойчивое, повторяющееся появление определенного психического состояния индивида одновременного с некоторым внешним событием, которое осознается как осмысленная параллель. Вот как рассказывает он об этом сам. «Мои занятия психологией бессознательных процессов <...> побудили меня обратиться к иному (по сравнению с каузальным. – *Е.М.*) объяснительному принципу, поскольку каузальный принцип я считал недостаточным, чтобы объяснить особые явления психологии бессознательного. Прежде всего я обнаружил, что есть параллельные психологические явления, между которыми просто невозможно установить каузальные отношения, но которые должны быть поставлены в иную событийную связь. Эта связь, как мне показалась, состоит, главным образом, в факте соотносительной одновременности, отсюда и выражение “синхронистический”»<sup>35</sup>. В качестве примеров такого рода связей Юнг приводит факты одновременного появления идентичных мыслей, символов, психических состояний у разных людей, находящихся в различных, иногда очень удаленных друг от друга местах. Другим примером является появление одних и тех же символов или психических состояний при осуществлении одного и того же внешнего события; оно может происходить одновременно с этим состоянием индивида и быть в поле его восприятия, либо осуществляться на далеком расстоянии от него, либо появляться только в будущем. Главное – такое совпадение не может быть объяснено на основе причинно-следственного отношения<sup>36</sup>.

Аналогичную по типу связь между явлениями духовной и материальной культур обнаруживает отечественный философ Ю.А.Шичалин в истории развития европейской культуры. Он выделяет в истории Европы ряд периодов сквозных перемен, которые, используя термин К.Ясперса, называет «осевыми периодами». В качестве таковых фиксируются VI в. до н. э. – время одновременного появления основных научных дисциплин и философии, происходящих на фоне глубоких изменений в социальной жизни; рубеж между старой и новой эрами, характеризующимися открытием и переоткрытием огромного корпуса текстов предшествующих периодов (таких, как сочинения Платона и Аристотеля), открытия римских классиков; XV век европейской истории, ассоциируемый с появлением книгопечатания, и т. д. Все это Ю.А.Шичалин характеризует как эпохи «перемен одновременных, но непосредственно не связанных между собой причинно-следственными отношениями»<sup>37</sup>. По-видимому, такие же отношения между различными интеллектуальными движениями были характерны для «осевого времени», описанного самим К.Ясперсом.

В последние годы связь по типу синхронистичности обращает на себя пристальное внимание исследователей в самых разных областях естествознания, прежде всего в физике. Обнаружилось, что она присуща широкому классу явлений, среди которых – несиловые взаимодействия в физике (В.А.Фок), макроскопические квантовые эффекты (лазеры), явления самоорганизации в природных процессах и т. п. Эти явления характеризуются как когерентные (согласованные, совпадающие по фазе).

Связь по типу синхронистичности лежит и в основании перепутанных (*entanglement*) состояний (ЭПР-парадокс в квантовой механике). Мы не будем входить в суть парадокса – он хорошо известен всем, кто знаком с квантовой механикой и знаменитым спором между Эйнштейном и Бором по поводу характера микрореальности. Эйнштейн полагал, что вопреки квантовой теории наша Вселенная локальна, поскольку в ней не существует мгновенных дальнедействующих связей. И то, что квантовая механика утверждает, что такие связи существуют, указывают на ее неполноту. Многие физики считают, что, поскольку в процессе взаимодействия запутанных частиц не происходит передачи информации (она может передаваться не мгновенно, а со скоростью не большей скорости света), можно

утверждать, что между СТО и квантовой механикой реализуется «мирное сосуществование». Но есть достаточное число исследователей, которые полагают, что это не так, что Эйнштейн ошибался: несмотря на данные экспериментов, подтвердивших известные результаты Дж. Белла, «странные, таинственные и мистические» (как их характеризует известный физик и популяризатор науки Б.Грин<sup>38</sup>), связи могут существовать между частицами, пребывающими в состоянии «квантовой запутанности» (entanglement).

Стремясь раскрыть загадку антропного принципа в космологии, суть которого в фиксируемой «подогнанности» некоторых весьма существенных для возникновения и существования человека параметров Вселенной, известный космолог А.Линде объясняет его также существованием связи по типу синхронистичности. «В действительности, однако, – пишет он, – речь может идти не о причинном взаимодействии (между двумя этими явлениями. – *Е.М.*), а лишь о корреляции свойств наблюдателя и свойств мира, которые он наблюдает (в том же смысле, в котором нет взаимодействия, но есть корреляция между состояниями двух разных частиц в эксперименте Эйнштейна-Подольского-Розена)»<sup>39</sup>.

Теория когерентных явлений одно время довольно интенсивно разрабатывалась отечественными физиками и методологами<sup>40</sup>. Делались, например, попытки в случае с перепутанностью состояний в квантовой механике (фиксируемой ЭПР-парадоксом) указать на возмущение среды, которая ведет к корреляции частиц и заставляет систему частиц «откликаться как целое»<sup>41</sup>. Такие попытки делались, по-видимому, для того, чтобы снять с идеи синхронистичности налет мистичности, сделать саму идею более рациональной. Эти интенции понятны. Но нельзя не видеть, что такое объяснение вновь возвращает нас к причинной связи, лишив таким образом коррелятивные связи их специфики.

Оставим пока в стороне дальнейшее рассмотрение природы синхронистичности (этот вопрос требует дальнейшего и более детального анализа) и вернемся к пространственным представлениям как таковым. Нас будет интересовать вопрос: исчезли ли навсегда античные пространственные представления вообще и аристотелевские в частности из физики? Или хотя бы некоторые особенности античных пространственных представлений реанимированы в современном физическом познании?

Представляется, что на последний вопрос можно с известной долей осторожности ответить положительно. Такое возрождение произошло в ОТО и продолжается по крайней мере в одном (как представляется наиболее многообещающем) подходе к квантовой теории гравитации. Попытаемся это показать.

В специальной теории относительности (СТО) на смену пространству Ньютона пришло пространство-время Минковского. В интересующем нас отношении между этими концепциями пространства нет радикальных различий. Подлинные изменения произошли лишь в общей теории относительности (ОТО). В отличие от классической физики и СТО, ОТО является независимой от фона (background independent) теорией. «Можно сказать, что согласно ОТО пространства-времени просто не существует, – пишет один из создателей петлевого подхода к квантовой теории гравитации Карло Ровелли. В ньютоновской физике и в СТО если мы уберем динамические сущности – частицы и поля – останется пространство-время. Если мы уберем динамические сущности в ОТО – не останется ничего. Пространство Ньютона и пространство-время Минковского в ОТО реинтерпретированы в конфигурации гравитационного поля»<sup>42</sup>.

Вспомним, что в концепции Стагирита пространства фактически нет, что его роль играет «место», основная особенность которого состоит в том, что оно неотделимо от тел. Применяя современную терминологию, можно утверждать, что аристотелевская концепция пространства, как и общая теория относительности, является независимой от фона (background independent). «Это означает, что Универсум не сделан из полей, существующих на пространстве-времени. Он сделан из полей, существующих на других полях», – пишет Ровелли<sup>43</sup>.

Кроме того, опять-таки употребляя современную терминологию, можно сказать, что аристотелевская концепция пространства как и концепция пространства ОТО, является не субстанциальной, а реляционной по своей сущности: ведь и в той, и в другой теориях пространства как самостоятельной сущности, как субстанции нет. В аристотелевской – пространство, фактически, это место, неотделимое от тел; в ОТО – это лишь конфигурации гравитационного поля.

Дальнейшая эволюция пространства связана с его трансформациями в становящейся теории квантовой гравитации. Важнейшая задача, которую должна решить эта теория, состоит в том,

чтобы осуществить синтез двух теорий современной физики и космологии – квантовой механики и ОТО. На планковских масштабах величин эти теории противоречат друг другу, что разрушает существовавшую до сих пор единую картину мира.

Наиболее известны два подхода к реализации синтеза квантовой механики и общей теории относительности – петлевой подход, авторами которого являются Карло Ровелли, Ли Смолин, Абэй Аштекар, и струнный подход, разрабатываемый Г.Венециано, Майклом Грином, Джоном Шварцем, де Виттенем, тем же Ли Смолином и многими др. Нас здесь будет интересовать попытка построения петлевой квантовой гравитации, поскольку именно на этом пути просматривается ренессанс аристотелевского понятия пространства-места, да и вообще античных пространственных представлений.

С позиции авторов петлевого подхода причина конфликта между квантовой механикой и ОТО в том, что они оперируют различными понятиями пространства (и времени). В квантовой механике пространство представляет собой фиксированное, не динамическое основание, некий фон, на котором определена квантовая теория поля (КТП), являющаяся теоретическим основанием квантовой механики. На этом пространстве «живут» динамические сущности – поля и частицы. Что касается ОТО – это, как уже говорилось, независимая от фона теория. Авторы петлевого подхода полагают, что для устранения конфликта между КМ и ОТО понятие пространства в КМ должно трансформироваться. Изменения должны коснуться квантовой теории поля. Эта теория должна стать, как и ОТО, независимой от фона.

Должна измениться и ОТО. Согласно квантовой механике любая динамическая сущность должна быть «сделана» из квантов. Так что пространство-время ОТО, будучи динамической сущностью, должно стать квантованным. Но в соответствии с петлевым подходом кванты поля не могут «жить» в пространстве-времени, они должны сами строить «пространство-время». Именно это и делают кванты пространства в петлевой квантовой теории гравитации<sup>44</sup>.

Нам важно отметить, что современной физике и космологии свойственно стремление к построению теорий, в которых фигурируют пространственные представления, аналогичные понятию аристотелевского «места», основной характеристикой которого яв-

ляется неотделимость от тел. В современной физике пишет физик-теоретик Брайан Грин «сама ткань пространства и времени состоит из более фундаментальных беспространственных... элементов»<sup>45</sup>.

Более того, существуют и другие аналогии с пространством Аристотеля. Авторы петлевого подхода к квантовой теории гравитации предполагают, что на самых малых (планковских) масштабах длин и времен пространство является не гладким многообразием, как в классической физике, а представляет собой связь сингулярных геометрических объектов или петель (loops). Эти петли являются элементарными петлями пространства. Соединяясь, они подобно петлям ткани «ткуют» текстуру реальности (Б.Грин). *При этом предполагается, что вся пространственно-временная метрика концентрируется вдоль петель. Вне и внутри петель она обращается в нуль*<sup>46</sup>.

Не напоминают ли эти петли «место» в концепции Аристотеля? «Место», как оно трактовалось в физике Аристотеля, это первая граница тела, объемлющего данное тело (т. е. тела, о месте которого ведется речь). И так же как на масштабах планковских величин в нашей Вселенной, согласно петлевому подходу, внутри маленьких ячеек пространства (петель) пространственной метрики не существует (она обращается в нуль), ее нет и в промежутке между границами объемлющего тела в концепции Аристотеля. И так же как пространственная метрика в петлевом подходе отсутствует вне петли (она здесь также обращается в нуль), ее нет и вне античного космоса, поскольку у него нет «места».

Таким образом, можно констатировать наличие определенного сходства не только между аристотелевской идеей «места» и понятием пространства в ОТО (свойственная и той, и другому неотделимость от тел), но также и сходства между аристотелевским понятием «места» и пространством в петлевом варианте квантовой теории гравитации. Значит ли это, что сторонники петлевой квантовой гравитации находились под влиянием или заимствовали пространственные представления из физики Аристотеля? По-видимому, нет: никакого упоминания об античных идеях пространства как «места» ни у одного из сторонников петлевого подхода не наблюдается. Скорее в данном случае можно говорить лишь о конгениальности идей, о случайном совпадении, которые и обнаружались-то только постфактум. Но само совпадение удивитель-

тельно. Укрепятся ли, «выживут» ли пространственные представления петлевого подхода или победит струнный подход или синтез того и другого? Либо на смену этим двум подходам придет нечто третье? Сказать трудно. Теория квантовой гравитации все еще находится в стадии становления.

Значительно более оптимистичные прогнозы связаны с проектом построения независимых от фона теорий, типа ОТО. «Представляет ли пространство собой нечто? Является ли чем-то пространство-время? – спрашивает автор уже цитировавшейся нами книги Брайан Грин. – ...Я думаю, что экспериментально подтвержденный, “независимый от фона” союз между общей теорией относительности и квантовой механикой приведет к удовлетворительному решению этой проблемы»<sup>47</sup>. Так что есть основания надеяться, что идея Аристотеля о пространстве как «месте», неотделимом от тел, не будет сброшена с корабля науки, а сохранится и надолго войдет в структуру будущего физического знания.

### Примечания

- <sup>1</sup> *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии / Пер. с лат. и коммент. А.Н.Крылова. М., 1989. С. 32.
- <sup>2</sup> *Аристотель.* Физика // *Аристотель.* Соч.: в 4 т. Т. 3. М., 1981. С. 129.
- <sup>3</sup> Там же. С. 126.
- <sup>4</sup> *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии. С. 31.
- <sup>5</sup> Там же. С. 126.
- <sup>6</sup> Цит. по: *Rovelli C.* Quantum Gravity. Cambridge Univ. Press, 2008. P. 77.
- <sup>7</sup> *Аристотель.* Физика. С. 133.
- <sup>8</sup> Там же. С. 132.
- <sup>9</sup> Там же. С. 126.
- <sup>10</sup> Там же. С. 132.
- <sup>11</sup> *Гайдено П.П.* Эволюция понятия науки. М., 1980. С. 336.
- <sup>12</sup> Там же. С. 255
- <sup>13</sup> *Аристотель.* Физика. С. 135.
- <sup>14</sup> Там же. С. 138.
- <sup>15</sup> *Аристотель.* О небе // *Аристотель.* Соч.: в 4 т. Т. 3. С. 398.
- <sup>16</sup> *Аристотель.* Физика. С. 141.
- <sup>17</sup> Там же. С. 137.
- <sup>18</sup> Там же. С. 135.
- <sup>19</sup> Там же. С. 136.
- <sup>20</sup> *Шпенглер О.* Закат Европы. М.–Пг., 1923. С. 195.
- <sup>21</sup> *Виттер Б.Р.* Искусство Древней Греции. М., 1972. С. 297–298.



- 22 <http://linterum.ru/article45.html>.
- 23 *Флоренский П.* Обратная перспектива // *Философия русского религиозного искусства*. М., 1993. С. 249.
- 24 *Шпенглер О.* Указ. соч. С. 240.
- 25 См.: *Раушенбах Б.В.* Пространственные построения в живописи. М., 1980. С. 384–416.
- 26 *Флоренский П.* Указ. соч. С. 248.
- 27 <http://linterum.ru/article45.html>
- 28 *Шпенглер О.* Указ. соч. С. 251.
- 29 Там же. С. 252.
- 30 Там же. С. 325.
- 31 Там же.
- 32 *Раушенбах Б.В.* Пространственные представления в живописи. С. 117.
- 33 *Раушенбах Б.В.* О перспективах в древнерусской живописи // *Древнерусское искусство: Зарубеж. связи*. М., 1975. С. 429.
- 34 *Юнг К.Г.* Синхронистичность: акаузальный объединяющий принцип // *Юнг К.Г.* Синхронистичность. М., 1997.
- 35 *Юнг К.Г.* Памяти Рихарда Вильгельма // *Юнг К.Г.* Феномен духа в искусстве и науке. М., 1992. С. 83.
- 36 *Юнг К.Г.* Синхронистичность: акаузальный объединяющий принцип. С. 187.
- 37 *Шичалин Ю.А.* Античность. Европа. История. М., 1999. С. 66–87.
- 38 *Грин Б.* Ткань космоса. Пространство, время и текстура реальности. М., 2004. С. 96.
- 39 *Линде А.Д.* Физика элементарных частиц и инфляционная космология. М., 1900. С. 240.
- 40 *Шелепин Л.А.* Теория когерентных кооперативных явлений // *Физическая теория: философско-методологический анализ*. М., 1980.
- 41 Там же. С. 447.
- 42 *Rovelli С.* Op. cit. P. 9.
- 43 Ibid. P. 77.
- 44 Ibid. P. 9.
- 45 *Грин Б.* Ткань космоса. Пространство, время и текстура реальности. С. 495.
- 46 *Rovelli С.* Op. cit. P. 9.
- 47 *Грин Б.* Указ. соч. С. 493.

## Пространство

Понятие пространства является одним из фундаментальных понятий современной науки и философии. На определенной ступени развития культуры, как в древних мифологических, религиозных, а затем философских и научных системах, оно стало рассматриваться как нечто первичное, генетическое начало мира.

**Античные представления о пространстве.** В свое время Эйнштейн, радикально изменивший в XX веке представления о пространстве, утверждал, что научное мышление – это продолжение донаучного. Поскольку в последнем понятие пространства уже играет фундаментальную роль, мы должны начать с понятия пространства в донаучном мышлении. Первые, отличающиеся друг от друга понятия пространства, структурные аспекты которых можно проследить вплоть до современных различных представлений, появляются в античности.

Одной из первых в античности появляется концепция пространства как пустоты у Демокрита. Он исходил из существования двух начал: Бытия и Небытия. Понятие бытия у него, в противоположность школе элеатов, множественно, являющееся атомами, едиными и неделимыми, которые непрерывно двигаются в пустоте (кенон). Пространство, пустота непрерывна и выступает как вместительница для дискретных атомов, как своеобразная непрерывная и безграничная арена движения и взаимодействия атомов. Аристотель подчеркивал отсутствие различий в таком понимании пустоты. Отсюда вытекает идея ее непротяженности.

С.Я.Лурье подчеркивал: «Пустое пространство (кенон)... – “не-существующее” (менон), вернее, ему соприсуще бытие в ином смысле, чем материи; протяженность есть категория материи; пустота непротяженна; в пустоте не существует расстояний»<sup>1</sup>. Непротяженность пустого пространства вытекает из ее негативности, пустота неактивна и безразлична.

Иная концепция пространства выстроена у Аристотеля. Стагирит выступает как противник атомистической концепции и отрицает существование пустоты («природа боится пустоты»). Он развивает концепцию пространства как топоса, места, где существуют тела. Ничто не существует без места, место же существует и без ничего. Существует различие в понятии кенона у Демокрита и места у Аристотеля. Пространство Демокрита бесконечно, а у Аристотеля оно ограничено сферой звезд, космос конечен. Главное же отличие состоит в том, что пустота Демокрита является лишь условием движения, оно пассивно, а топос – начало активное и наделено специфической силой. Аристотель так характеризует «динамические» особенности места: «...перемещения простых физических тел, например огня, земли и подобных им, показывают, что место есть не только нечто, но что оно имеет и какую-то силу. Ведь каждое из них, если ему не препятствовать, несется в свое собственное место»<sup>2</sup>.

В дальнейшем развитии философии основные положения аристотелевской концепции пространства оставались неизменными почти два тысячелетия.

**Абсолютное пространство Ньютона.** Концепция пространства Ньютона оставалась общепринятой в науке на протяжении двух веков. Несмотря на известное утверждение Ньютона: «Hypotheses non fingo» – «Гипотез не измышляю», его концепция пространства носит чисто метафизический характер и противоречит его установке: «Я лишь делаю выводы из фактов». Ньютон принадлежал к т. н. Кэмбриджской школе неоплатоников, представитель которой Генри Мор (1614–1687) оказал сильное влияние на Ньютона. Мор отождествлял пространство с атрибутом Бога: пространство он считает несотворенным в отличие от материи, его наполняющей, и даже единым, – а «единое» есть первое имя божества, как его понимали неоплатоники. Бог абсолютен и бесконечен, и его атрибуты, как пространство и время, носят абсолютный характер. Оно бесте-

лесно, абсолютно проницаемо, ни на что не действует, но при этом не является пассивным, а наделяется Ньютоном особым свойством активности, которое связано с его понятием «чувствилище Бога» (*Sensorium Dei*). Абсолютное пространство Ньютона вследствие неразличимости своих частей неизмеримо и непознаваемо. Познавать мы можем только свойства относительного пространства, в частности расстояния между материальными точками, а также углы между направлениями прямых, проходящих между этими точками. Наш опыт имеет дело только с относительным пространством, которое, так же как и абсолютное, определяется Ньютоном в «Математических началах натуральной философии».

«Абсолютное пространство по самой своей сущности, безотносительно к чему бы то ни было внешнему, останется всегда одинаковым и неподвижным. Относительное есть его мера или какая-либо ограниченная подвижная часть, которая определяется нашими чувствами по положению его относительно некоторых тел, и которое в обыденной жизни принимается за пространство неподвижное...»<sup>3</sup> Ньютон рассматривает пространство как пустое вместилище вещей, оно при этом трехмерно, непрерывно, неподвижно, бесконечно, однородно и изотропно, т. е. его части ничем не отличаются друг от друга. Представление о таких свойствах пространства опиралось на геометрию Эвклида. Пространство Ньютона – это бесконечный «ящик без стенок», по словам Эйнштейна, или «сцена», на которой разыгрывается космическое действие. В философии науки синонимом абсолютной концепции пространства, как и времени, стало понятие субстанциального пространства, т. е. того, что существует «само по себе», безотносительно к чему бы то ни было внешнему.

***Реляционная концепция пространства у Лейбница.*** С критикой ньютоновской концепции пространства выступили многие ученые и философы, такие, например, как Христиан Гюйгенс и Лейбниц. Реляционная концепция Лейбница наиболее известна. Им отвергалось представление о пространстве как об абсолютном, самостоятельном начале бытия, наряду с протяженными вещами и независимо от них. Лейбниц настаивал: «Я... считаю пространство, так же как и время, чем-то чисто относительным: пространство – порядком сосуществований, а время – порядком последовательностей... Говорят, что пространство не зависит от положения

тел. На это я отвечаю, что оно, конечно, не зависит от... положения тел, тем не менее оно является таким порядком, который делает возможным само расположение тел и в силу которого они в своем существовании друг подле друга обладают отношением расположения»<sup>4</sup>. Пространство по Лейбницу не что иное, как «порядок существования вещей», и ньютоновское абсолютное пространство вне вещей не более чем голая абстракция, им критикуемая. В центре дискуссии между Лейбницем и последователями Ньютона, а именно Самуэлем Кларком, оказалось как раз понятие «порядка» (отношения). В концепции Лейбница пространство есть совокупность различных отношений вещей. Понятие протяженности одного тела, рассматриваемого в отрыве от всей совокупности вещей, в его концепции не имеет смысла. Пространство в такой концепции есть только «суть отношения вещей» и имеет смысл, только когда применяется ко всей их совокупности. Несмотря на серьезную критику, предпринятую в то время сторонниками реляционной концепции пространства, концепция абсолютного пространства, казавшаяся простой и самоочевидной, продержалась более двух столетий. В реальности же непосредственный опыт не дает никаких данных о существовании пространства как самостоятельной сущности, ни от чего не зависящей. На практике мы имеем дело только с протяженными телами, занимающими определенное положение относительно других тел, и абсолютное пространство представляет собой чистую абстракцию.

**Кантианская концепция пространства.** Особо выделяется в философии концепция пространства у Канта. Оно не является у него эмпирическим понятием, не выводится из внешнего опыта. Более того, сам опыт осуществим благодаря представлению о пространстве как необходимом условии пространственного положения внешних сосуществующих объектов и явлений. Кант утверждает: «Пространство есть необходимое априорное представление, лежащее в основе всех внешних созерцаний»<sup>5</sup>. Он подчеркивает, что «пространство есть не дискурсивное, или, как говорят, общее понятие об отношениях вещей вообще, а чистое созерцание». Пространство, как и время, выступают у него как субъективные и необходимые условия чувственности, как априорные формы созерцания. Это определяет их эмпирическую реальность применительно лишь к миру явлений, феноменов, но они не имеют никакого от-

ношения к миру ноуменов, или вещам-в-себе, которые служат внечувственной основой явлений. В своем учении о пространстве и времени Кант синтезирует субстанциальную и реляционную концепции. Пространство и время, выступая априорными формами созерцания, являются координирующими условиями, представляющими мир феноменов во временной и пространственной форме, т. е. являются определенной системой отношений. Он пишет: «... пространство есть не субстанция, а лишь некоторое явление внешнего отношения субстанций»<sup>6</sup>, однако, как показывает анализ, например, Б. Рассела, пространство Канта абсолютно, подобно пространству Ньютона, а не только система отношений.

**Концепция пространства в теории относительности.** XX век навсегда войдет в историю науки как время великих открытий, заставивших отказаться от устоявшихся представлений о пространстве и времени, господствовавших на протяжении нескольких столетий. Были созданы специальная и общая теории относительности, в которых пространство и время оказались объединенными в единое 4-мерное многообразие. В 1905 году Альбертом Эйнштейном была создана *специальная теория относительности (СТО)*. Она базируется на двух постулатах: принципе относительности и постулате постоянства скорости света. Принцип относительности утверждает равноправие т. н. инерциальных систем отсчета (ИСО), означающее, что все физические процессы, как механические, так и электромагнитные, в инерциальных системах отсчета описываются одинаковым образом. Второй постулат утверждает, что скорость света не зависит от скорости движения источника и одинакова во всех инерциальных системах отсчета.

Несмотря на формальную простоту этих двух постулатов, из них следуют весьма нетривиальные следствия, которые первоначально не были приняты и оценены крупнейшими физиками, даже такими, как, например, Н. Бор, К. Рентген, и целым рядом других. Оказалось, что как пространственные, так и временные промежутки в СТО зависят от выбора системы отсчета. Например, пространственный промежуток  $\Delta l$  между двумя событиями *A* и *B* сокращается в движущейся инерциальной системе относительно неподвижной, а временной промежуток увеличивается. Этот факт напрямую связан с тем, что в теории относительности пространство и время нельзя отделить друг от друга, они связаны в еди-

ное 4-мерное пространство-время. Если в обычном классическом пространстве инвариантной величиной при всех преобразованиях координат в ИСО является квадрат длины между двумя точками, то роль длины в пространстве-времени СТО играет т. н. *интервал* между двумя событиями  $\Delta s$ . Интервал, определяемый как  $(\Delta s)^2 = (c\Delta t)^2 - (\Delta l)^2$  и связывающий расстояние между местами близких событий и промежуток времени между ними, остается величиной неизменной во всех ИСО. Именно из инвариантности величины  $\Delta s$  следует, что расстояние между двумя событиями А и В сокращается при переходе от одной системы отсчета к другой, а промежуток времени между этими же двумя событиями увеличивается. Переход от одной системы отсчета к другой описывается преобразованиями Лоренца, для которых преобразования Галилея, использовавшиеся в механике Ньютона, оказались частным случаем. Из лоренцевых преобразований следует, что скорость света является величиной фундаментальной и предельной. Ни одно тело не может двигаться со скоростью, превышающей скорость света.

В основе современных представлений о пространстве-времени лежит общая теория относительности (ОТО), законченная А.Эйнштейном в 1915 г. В ее основе лежит факт равенства т. н. инертной и гравитационной массы. Инертная масса входит во второй закон Ньютона, а гравитационная масса – в закон тяготения. Их равенство приводит к тому, что движение тела в гравитационном поле не зависит от его массы, что было известно уже Галилею. Этот факт позволил Эйнштейну сформулировать *принцип эквивалентности*. Согласно нему *все* физические процессы в поле тяготения и в ускоренной системе отсчета (при отсутствии тяготения) протекают по одним и тем же законам. Следствием из этого принципа явилось то, что пространство должно описываться неевклидовой геометрией. Это можно понять из простого мысленного эксперимента. Представим себе вращающуюся окружность радиуса  $R$ . В соответствии с требованием СТО при ее вращении расстояние вдоль линии движения уменьшается, радиус остается величиной неизменной и, следовательно, длина окружности становится меньше  $2\pi R$ . Такая ситуация требует перехода к неевклидовой геометрии. Вращательное движение является ускоренным, и в соответствии с принципом эквивалентности поле тяготения также требует введения неевклидовой, а именно римановой геоме-

трии. Ключевым при этом оказывается введение понятия метрики, способа задания квадрата длины между двумя точками (событиями), находящимися на бесконечно малом удалении друг от друга. Интервал между двумя событиями  $(\Delta s)^2 = (c\Delta t)^2 - (\Delta l)^2$  принято переписывать в следующей форме:

$$\Delta s^2 = \eta_{ik} \Delta x^i \Delta x^k,$$

или, переходя к бесконечно малым расстояниям:

$$ds^2 = g_{ik} dx^i dx^k,$$

где  $g_{ik}$  – совокупность из 16 компонентов метрического тензора, который и задаст расстояние между двумя бесконечно близкими точками. Важным оказывается то, что метрический тензор  $g_{ik}(x)$  сам зависит от координат пространства-времени, т. е. **геометрические** свойства 4-мерного пространства-времени являются различными в разных точках, или, проще говоря, пространство становится искривленным. Осуществление нумерации точек может быть совершенно произвольным, т. е. все основные законы физики не должны изменяться при любых координатных преобразованиях. Эти преобразования обобщают как преобразования Галилея, так и Лоренца. С этим частично и связано название «общая теория относительности».

Все тела в искривленном пространстве-времени движутся по т. н. **геодезическим линиям**. Их аналогами в плоском пространстве-времени являются прямые линии. Фактически в ОТО отсутствует понятие «поле тяготения». Движение осуществляется по инерции вдоль геодезических линий искривленного 4-мерного пространства-времени. Искривление такого пространства задается уравнениями Эйнштейна

$$R_{ik} - (1/2)g_{ik} R = -\chi T_{ik}.$$

Левая часть в этом уравнении описывает геометрию пространства. Здесь  $R_{ik}$  и  $R$  – так называемые **кривизны**, соответственно т. н. тензор Риччи и скалярная кривизна. В правую часть входит  $T_{ik}$  – тензор энергии-импульса материи в искривленном пространстве-времени. В него дают вклад вещество, электромагнитное поле и другие виды материи. Уравнения Эйнштейна выражают то принципиальное обстоятельство, что искривление пространства-времени (левая



часть уравнения) задается распределением материи (правая часть уравнения). В качестве коэффициента между геометрическими и физическими характеристиками выступает гравитационная постоянная Эйнштейна  $\chi = 8\pi G/c^4$ , где  $G$  – **обычная ньютоновская гравитационная постоянная**, а  $c$  – скорость света.

ОТО Эйнштейном была закончена в 1916 г. и впоследствии получила ряд блестящих подтверждений. Первым успехом стало объяснение аномальной прецессии перигелия Меркурия. В 1919 г. Артуром Эддингтоном подтверждена предсказанная Эйнштейном величина отклонения света вблизи Солнца, отличающаяся от ньютоновской величины в два раза. В настоящее время с большой степенью точности подтверждено гравитационное красное смещение, или замедление течения времени в гравитационном поле. На основе ОТО построены современные космологические теории происхождения Вселенной – «теория Большого взрыва» и Инфляционная теория.

**Квантовая теория гравитации.** Последующее развитие идей пространства в физике тесно связано с квантовой механикой и теорией многомерности. Квантовая механика получила свое окончательное завершение в конце 20-х гг. XX в. Почти с самого начала возникновения квантовой механики появляются попытки сопряжения ее аппарата с формализмом ОТО (А.Эддингтон, Ж.Леметр). Начали появляться квантовые теории пространства-времени, что позднее получило название квантовой теории гравитации.

Одним из главных выводов в ее рамках оказалось, что существует т. н. планковская длина, равная примерно  $l_p \approx 10^{-33}$  см, где традиционные представления о пространстве-времени становятся неприменимыми. На таких расстояниях пространство-время приобретает существенно динамические характеристики. Возникает «квантовая пена», представляющая собой хаос пространственно-временных характеристик. На планковских длинах привычные три пространственных измерения напоминают собой флуктуирующую «пену», непрерывно изменяющую свою геометрию каждые  $t_p \approx 5 \times 10^{-44}$  секунды. Последняя величина представляет собой планковский промежуток времени, минимальное время, ниже которого все представления о времени теряют свой смысл. На этих расстояниях, по представлениям квантовой гравитации, может даже нарушаться принцип причинности.

Из такой «пены», по современным представлениям, и возникает Вселенная. Эта пена носит «вакуумный» характер. «Вакуум» не рассматривается как ничто. Он является одной из физических свойств материи. С точки зрения квантовой механики «вакуум», отсутствие частиц поля, не означает отсутствие самого поля. Это «вакуумное» состояние и порождает в Инфляционной теории, предложенной Андреем Линде в 1982 г., наблюдаемую Вселенную. Квантовая флуктуация «вакуума» приводит к образованию классического пространства-времени, произошедшего за чрезвычайно короткое время  $\Delta t \approx 10^{-35}$  сек. Существенно, что в таком процессе возникает не одна Вселенная, а целое множество, в принципе, в этой концепции их может быть бесконечное количество. Каждая Вселенная характеризуется своими конкретными физическими параметрами, так что при этом жизнь может возникнуть только не во многих из них, а только в тех, где выполняется антропный принцип. Такая концепция в современной науке получила название Мультиверс.

**Многомерные концепции пространства.** Одна из особенностей современного описания пространства состоит в использовании понятия многомерия. В настоящее время существует множество теорий, в которых пространство рассматривается как многомерная конструкция. Одной из самых известных является теория суперструн. В ее основе лежат три идеи: 1) идея нелокальности объектов – носителей фундаментальных взаимодействий, 2) наличие суперсимметрии между фермионами и бозонами и 3) идея Калуцы о многомерии физического пространства.

В этой теории первичным объектом является струна – релятивистский одномерный объект (с учетом времени струна 2-мерна). Характерная длина струны – порядка длины Планка, и она погружена в 10-мерное пространство. Реально мы наблюдаем только четыре измерения – три пространственных и одну временную координату. Остальные измерения не наблюдаемы из-за явления компактификации. Идея многомерности пространства восходит к работе начала 20-х гг. XX в. Теодора Калуцы. В основе этой теории лежит идея о том, что наш мир является искривленным 5-мерным пространством. В этом мире четыре измерения пространственные и одна временная координата. Сама теория построена по типу ОТО Эйнштейна, новое состояло в том, что добавлялось новое из-

мерение и оно связывалось непосредственно с электромагнетизмом. По сути, эта теория являлась единой теорией гравитации и электромагнетизма. Объединение происходило за счет увеличения размерности наблюдаемого пространства. Долгое время оставался непонятным факт непосредственной ненаблюдаемости дополнительного измерения. Кардинальной оказалась идея А.Эйнштейна и П.Бергмана, высказанная ими в 1938 г., что пятое измерение «замкнуто» само на себя. Мир вдоль пятой координаты изменяется только в некоторых пределах, т. е. вдоль этого измерения мир находится как бы в некотором слое определенной толщины. Это и есть идея компактификации.

Долгое время эти идеи находились в стороне от внимания физиков. Теория объединения двух взаимодействий, хотя и давала абсолютно правильные уравнения гравитации и электромагнетизма, не несла ничего нового. Вскоре были открыты еще два взаимодействия: сильное и слабое, и в определенном смысле теория Калуцы устарела. Интерес к этим идеям проснулся полвека спустя, когда стало ясно, что, используя идеи Калуцы, идеи многомерности, можно объединить все наблюдаемые четыре взаимодействия в рамках одной теории. Самой известной из множества возможных теорий является теория суперструн. Наблюдаемые частицы в рамках этой теории есть ничто иное, как моды колебаний струны.

В середине 1990-х гг. появилось и обобщение теории суперструн. Эдвард Виттен и другие физики-теоретики показали, что различные модели суперструнных теорий являются предельным случаем М-теории, в которой в качестве фундаментального объекта выступает т. н. *брана*, которая находится в 11-мерном пространстве. Брана обобщает понятие струны и может сама иметь два или большее количество измерений.

Теория суперструн в настоящее время находится на переднем крае исследований, тем не менее она подвергается весьма серьезной критике (Р.Пенроуз, Ш.Глэшоу, Ли Смолин, В.А.Рубаков и др.). Одним из самых серьезных недостатков этой теории является ее существенная неоднозначность, связанная с выбором шести скрытых, компактифицированных размерностей в исходном 10-мерном пространстве. Такие шестимерные многообразия получили название «пространства Калаби-Яу». Существуют десятки тысяч классов различных возможных вариантов для пространств

Калаби-Яу, а в рамках одного класса этих пространств вообще существует бесконечно много различных вариантов, отличающихся друг от друга значениями некоторых параметров. На настоящий момент эта проблема не решена.

Самым существенным недостатком этой теории является отсутствие каких-либо экспериментальных подтверждений, несмотря на то, что она существует больше четырех десятилетий. В ее рамках предсказано существование суперсимметричных партнеров для каждой из элементарных частиц, существование элементарных частиц с дробным электрическим зарядом, сделан ряд иных предсказаний. Многие из них находятся в настоящее время вне пределов современного технического обнаружения, однако ряд из них, например, такие как суперсимметричные партнеры для частиц, уже должны наблюдаться на современных ускорителях, однако мы не видим даже их следов.

В целом теория струн носит характер абстрактной математической гипотезы, от которой непонятно как в настоящее время можно перебросить мостик к наблюдаемой реальности.

***Современные реляционные концепции пространства.*** В книге «Элегантная Вселенная» Брайана Грина, одного из известных сторонников теории струн, есть раздел под следующим названием: «Что есть пространство-время на самом деле и можем ли мы без них обойтись?». Из этого раздела ясно, что сторонники теории суперструн отдают себе отчет в использовании концепции абсолютного пространства-времени. Грин прямо ставит вопрос: «...можно спросить, является ли геометрическая модель пространства-времени, играющая центральную роль в ОТО и теории струн, всего лишь удобной формулировкой для описания пространственных и временных отношений между различными событиями или необходимо считать, что мы погружены во *что-то*, когда говорим о нашем местонахождении внутри ткани пространства-времени?»<sup>7</sup>. Далее он констатирует, что концепция Лейбница, развитая Эрнстом Махом, гораздо ближе к современной картине. Фактически мы ограничиваем теорию, заставляя действовать в рамках существующего пространства-времени. Она сама должна «создавать собственную пространственно-временную арену», однако создание такой теории, как признает Грин, требует «предельного напряжения ума». Грин фактически приходит к выводу Эйнштей-

на 1948 года, анализировавшего понятие пространства-времени с точки зрения базовых понятий квантовой механики, который также утверждал, что пространственно-временные характеристики не могут быть фундаментальными. Эйнштейн также констатировал, что построение теории такого типа напоминает «попытку дышать в безвоздушном пространстве».

В настоящее время все же появились теории такого типа. Одной из первых следует назвать твисторную программу Роджера Пенроуза, развиваемую им с 60-х гг. XX в. В этой теории пространство-время явным образом лишаются той первичной роли, которую они всегда имели в рамках физической теории. Пространство-время становится вторичной конструкцией, построенной из более первичных элементов, получивших название твисторов. По сути дела, у Пенроуза твисторы – это микрообъекты, подчиняющиеся особенностям квантовой механики. Они описываются, и это является основополагающим, с помощью комплекснозначных чисел. Пенроуз показал, что можно ввести понятие эвклидова пространства, исходя из предела вероятности взаимодействия большой сети частиц, обменивающихся квантовыми спинами. При таком подходе эвклидова структура возникает из вероятностных, комбинаторных правил, т. е. пространство-время носит статистический, макроскопический характер. Пенроуз фактически одним из первых реализовал идеи, которые еще с середины XIX века высказывались рядом известных математиков и физиков, в частности Б.Риманом, Д.ван Данцигом, Е.Циммерманом, П.К.Рашевским и др. Приведу в качестве примера только одно высказывание Рашевского: «Трудно сомневаться в том, что макроскопические понятия, в том числе и наши пространственно-временные представления, на самом деле уходят своими корнями в микромир. Когда-нибудь они должны быть раскрыты как некоторый статистический итог, вытекающий из закономерностей этого мира при суммарном наблюдении огромного числа микроявлений»<sup>8</sup>. Теория твисторов Роджера Пенроуза явилась первой реальной попыткой реализации такой программы. К успеху на данный момент она не привела, что отмечает и сам Пенроуз. Эта теория, так же как и теория суперструн, носит абстрактный математический характер, не прояснен физический характер смысла твисторов, и она предсказывает более сильную асимметрию пространства, нежели чем наблюдается на самом деле.

Значительно более успешной явилась программа бинарной геометрофизики Ю.С.Владимирова. В основе этой теории лежат обобщения основных представлений современной физики. Первое, в основе мира лежат первичные элементы, проточастицы. Они взаимодействуют между собой, и это взаимодействие, как и у Пенроуза, описывается квантово-механически, с помощью комплекснозначных отношений. Эти отношения подчиняются обобщенному принципу относительности и ковариантности, что приводит к формулировке т. н. закона фундаментальной симметрии. В рамках единого формализма этой теории к настоящему времени получен ряд серьезных результатов. Выводится наблюдаемая структура пространства-времени с тремя пространственными и одной временной координатой; естественным образом выводится формализм теории относительности и уравнения квантовой механики; дается объяснение четырем наблюдаемым видам взаимодействия. Получен также ряд других серьезных результатов, что позволяет рассматривать эту теорию как перспективную теорию обобщенного описания физической реальности.

**Свойства пространства.** Свойства пространства делят на метрические и топологические. К метрическим относят, например, кривизну, однородность и изотропность пространства, свойство протяженности, конечность или бесконечность пространства. На протяжении всей истории на последний вопрос давались различные ответы. Бесконечное пространство у Демокрита, Дж.Бруно, Ньютона; конечное – у Платона и Аристотеля. Кант дает антиномическую концепцию пространства, которую своеобразным образом продолжает общая теория относительности. Пространство в ОТО безгранично, но при этом – конечно.

Однородность пространства означает равноправность всех точек пространства, т. е. не существует такой точки, относительно которой существует некоторая выделенная симметрия. Изотропность говорит об одинаковости свойств пространства во всех направлениях, существует инвариантность, симметрия по отношению к выбору любого направления в пространстве, в противоположность анизотропии.

Из этих геометрических свойств пространства вытекают фундаментальные законы физики. Из однородности пространства вытекает закон сохранения импульса, а из изотропности – сохранение момента количества движения.

Одно из топологических свойств – размерность пространства. Эмпирически наблюдаемое пространство трехмерно, т. е. положение любого тела задается тремя независимыми координатами. Особенностью современного описания реальности является переход, как мы видели, к многомерным концепциям.

К топологическим свойствам относят и свойство непрерывности. Структура пространства может быть как непрерывной, так и дискретной, что возникало уже в апориях Зенона. С появлением квантовой теории концепции квантованного пространства в настоящее время рассматриваются всерьез.

Интересен вопрос о симметрии пространства. В середине XX века выяснилось, что реальное пространство не обладает зеркальной симметрией, т. е. правое отличается от левого. В нашем мире превалирует левосторонняя симметрия. Объяснение этот феномен получил в рамках т. н. СРТ-теоремы, что мир обладает более глобальной симметрией, когда зеркальное отображение должно отображаться инверсией времени и заряда.

### Примечания

- <sup>1</sup> Цит. по: *Ахундов М.Д.* Проблема прерывности и непрерывности пространства и времени. М., 1974. С. 39.
- <sup>2</sup> *Аристотель.* Физика. Кн. 4. Гл. 1. 208b5–10.
- <sup>3</sup> *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии. М.–Л., 1936. С. 30.
- <sup>4</sup> *Лейбниц Г.В.* Соч.: в 4 т. Т. 1. М., 1982. С. 441.
- <sup>5</sup> *Кант И.* Критика чистого разума // *Кант И.* Соч.: в 6 т. Т. 3. М., 1966. С. 130.
- <sup>6</sup> *Кант И.* Применение связанной с геометрией метафизики в философии природы // *Кант И.* Указ соч. Т. 1. М., 1963. С. 324.
- <sup>7</sup> *Грин Б.* Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М., 2004. С. 746.
- <sup>8</sup> *Рашиевский П.К.* Риманова геометрия и тензорный анализ. 7-е изд. М., 2010. С. 252.

*Ю.С. Владимиров*

## **О фундаментации пространственно-временных представлений средствами современной теоретической физики**

В настоящее время есть все основания полагать, что классические пространственно-временные представления справедливы лишь для описания макрообъектов определенного масштаба и за его пределами они теряют силу и должны быть изменены. Это проявляется как при переходе к большим масштабам, где вступают в силу закономерности общей теории относительности, так и в масштабах микромира, где им на смену приходят закономерности квантовой механики и физики элементарных частиц.

Идея о неприменимости классических пространственно-временных представлений в микромире была высказана давно. Еще Б.Риман в своем мемуаре «О гипотезах, лежащих в основаниях геометрии» писал: «Эмпирические понятия, на которых основывается установление пространственных метрических отношений, – понятия твердого тела и светового луча, – по-видимому, теряют всякую определенность в бесконечно малом. Поэтому вполне мыслимо, что метрические отношения пространства в бесконечно малом не отвечают геометрическим допущениям»<sup>1</sup>.

Вслед за Риманом эта идея высказывалась многими физиками, в том числе и рядом наших соотечественников: А.Л.Зельмановым, А.В.Левашёвым и другими. Так, Д.И.Блохинцев в своей книге «Пространство и время в микромире», специально посвященной этому вопросу, писал: «Возникает сомнение в логической законности употребления символов  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $t$  в качестве пространственно-временных координат, пригодных для описания явлений внутри



элементарных частиц. Это обстоятельство предоставляет теоретику определенную свободу в выборе пространственно-временных и причинных связей внутри элементарных частиц, иными словами, произвол в выборе *геометрии в малом*»<sup>2</sup>.

Можно привести еще более категорические высказывания американского физика-теоретика Дж.Чью в статье 1960-х гг. с характерным названием «Сомнительная роль пространственно-временного континуума в микроскопической физике». В этой статье он писал: «Концепция пространства и времени играет в современной физике микромира роль, аналогичную той, что играл эфир в макроскопической физике XIX века»<sup>3</sup>. Аналогичным образом высказывался ряд других известных физиков-теоретиков.

Все эти и ряд других соображений свидетельствуют о том, что созрели условия не только для изменения классических пространственно-временных представлений в физике микромира, но и о необходимости приступить к решению еще более глобальной задачи – вывода понятий пространства-времени из неких более элементарных физических понятий и закономерностей микромира вместо того, чтобы продолжать его подкладывать под все наши теоретические построения. Как нам представляется, это главная проблема фундаментальной теоретической физики XXI в.

Для того чтобы приступить к конкретному решению данной фундаментальной проблемы, прежде всего необходимо ответить на ряд принципиально важных вопросов. Перечислим главные из них.

## **1. На каких масштабах теряют силу классические пространственно-временные представления?**

В работах физиков-теоретиков назывались разные масштабы. Чаще всего имеют в виду планковскую длину порядка  $10^{-33}$  см. Этой позиции придерживались М.А.Марков, настаивая на наличии планкеев – частиц с планковской массой, соответствующей планковским длинам, И.В.Волович, полагавший, что на планковских длинах должна иметь место неархимедова геометрия, опирающаяся на теорию р-адических чисел, и ряд других авторов.

Некоторые авторы называли значительно большие размеры: масштабы слабых или сильных взаимодействий  $10^{-13} - 10^{-17}$  см. Так, Д.И.Блохинцев писал: «Мы привыкли считать  $x$  пространственной

координатой, а  $t$  – временем и употребляем их в этом смысле даже внутри элементарных частиц. Однако что соответствует им в действительности? Не должны ли пространственно-временные отношения радикально измениться в области столь малых масштабов, которые характерны для мира элементарных частиц?»<sup>4</sup>

Однако есть основания полагать, что классические пространственно-временные представления теряют силу на еще больших масштабах атомов  $10^{-7}$  см, свидетельством чего являются закономерности квантовой механики. Примечательно, что об этом уже говорили ее создатели еще на заре становления квантовой механики. В частности, на этом настаивал Луи де Бройль.

## **2. Связана ли интерпретация квантовой механики со свойствами пространства-времени?**

Общепринятая квантовая теория строится в рамках классического пространства-времени с использованием ряда специфических понятий и постулатов. Это дает основание полагать, что в масштабах квантовой механики (порядка  $10^{-7}$  см) классические пространственно-временные отношения сохраняют силу. Однако имеется и иная точка зрения, состоящая в том, что вводимые дополнительные понятия свидетельствуют о необходимости замены классических пространственно-временных представлений на нечто иное, что временно удастся имитировать дополнительными соображениями общепринятой квантовой теории. Эту мысль высказал один из создателей квантовой механики Луи де Бройль, который писал: «Понятия пространства и времени взяты из нашего повседневного опыта и справедливы лишь для явлений большого масштаба. Нужно было бы заменить их другими понятиями, играющими фундаментальную роль в микропроцессах, которые бы асимптотически переходили при переходе от элементарных процессов к наблюдаемым явлениям обычного масштаба в привычные понятия пространства и времени. Стоит ли говорить, что это очень трудная задача? <...> Однако пока мы не добились успеха в распространении наших представлений в указанном направлении, мы должны с большими или меньшими трудностями втиснуть микроскопиче-

ские явления в рамки понятий пространства и времени, хотя нас все время будет беспокоить чувство, что мы пытаемся втиснуть алмаз в оправу, которая ему не подходит»<sup>5</sup>.

Имеется достаточно оснований утверждать, что закономерности квантовой механики имеют реляционную сущность. И главным доводом здесь выступает то, что *квантовая механика имеет вероятностный характер*, поскольку в ней решаются задачи нахождения вероятностей (амплитуд вероятностей) переходов микросистем из одного состояния в другое. Суть квантовой теории наиболее последовательно формулируется в рамках S-матричного подхода, основанного в работах Дж. Уилера и В. Гейзенберга и развитого в 60-х гг. минувшего века. В настоящее время эта идея может быть математически реализованной в рамках реляционного подхода на основе теории бинарных систем комплексных отношений (бинарной геометрофизики)<sup>6</sup>.

### **3. О чем говорит принцип неопределенностей?**

Можно сказать, что это ключевой вопрос в интерпретации квантовой механики. Некоторые полагают, что принцип неопределенностей обусловлен нашим неполным знанием классических свойств микросистем, однако подавляющее большинство это связывают с принципиальным изменением закономерностей в микромире. Геометрия пространственно-временных представлений оказалась необычным образом связанной с геометрией импульсного пространства. Квантовые системы можно описывать либо в координатном, либо в импульсном представлении. Замеченная уже в гамильтоновом формализме классической механики симметрия между координатами и импульсами принимает еще большее значение в квантовой механике. Более того, она принимает неожиданную форму альтернативы того или другого описания. Это даже породило постановку вопроса: какое пространство – координатное или импульсное – является более первичным?

На наш взгляд, наличие принципа неопределенностей свидетельствует о том, что как координаты, так и импульсы имеют некую общую природу происхождения, и вскрыть этот единый источник происхождения этих понятий является важной задачей

фундаментальной физики. В рамках бинарной геометрофизики возникновение понятий координат и импульсов обусловлено бинарной системой комплексных отношений минимального ранга (2,2), через которую вводятся фазовые вклады в отношения между начальными и конечными состояниями микросистем.

#### 4. Дискретно или непрерывно пространство-время?

Одним из наиболее существенных атрибутов классического пространства-времени является его непрерывность, на которой основана вся концепция близкодействия и, следовательно, доминирующая ныне в физике теория поля. Но, как это ни парадоксально, квантовая физика, построенная в рамках теории поля, одновременно ставит под вопрос свойство непрерывности. Об этом неоднократно писал Р.Фейнман: «Теория, согласно которой пространство непрерывно, мне кажется неверной, потому что она приводит к бесконечно большим величинам и другим трудностям. Кроме того, она не дает ответа на вопрос о том, чем определяются размеры всех частиц»<sup>7</sup>.

Подобный вопрос ставил А.Эйнштейн, замечая, что «введение пространственно-временного континуума может считаться противостественным, если иметь в виду молекулярную структуру всего происходящего в микромире», но в то же время полагал, что отказ от пространственно-временного континуума «в настоящее время смахивает на попытку дышать в безвоздушном пространстве»<sup>8</sup>. Обсуждению доводов в пользу дискретности пространства-времени была специально посвящена обстоятельная книга А.Н.Вяльцева «Дискретное пространство-время», в которой автор писал: «Как показывает знакомство с историческими документами, представление об атомах пространства и времени отнюдь не чуждо истории человеческой мысли. Вклад в развитие этого представления, оригинальный или компилятивный, делала почти каждая эпоха. Особенно большой вклад, причем продолжающий стремительно расти, сделан в новое время. Последний факт невольно наводит на мысль: не является ли общепринятый, континуалистический взгляд на пространство и время исторически преходящим и не находимся ли мы сейчас в той стадии развития, когда создались, наконец, необходимые условия для перехода от него к новому, атомистическому взгляду?»<sup>9</sup>.

## 5. Какова природа метрических отношений?

Вопрос о физической подоплеке метрических отношений в геометрии был поставлен еще в знаменитом мемуаре Б.Римана «О гипотезах, лежащих в основаниях геометрии». В дальнейшем этот вопрос поднимался рядом физиков-теоретиков и математиков. Так, известный физик-гравитационист и космолог А.Л.Зельманов утверждал: «Вся современная физика явно или неявно пользуется метрической геометрией. Что такое метрическая геометрия? Это геометрия, в которой основным понятием служит понятие длины. И поскольку понятие длины – понятие основное, оно не подлежит определению в рамках метрической геометрии. Если физика пользуется метрической геометрией, значит понятие длины (а поскольку мы говорим о физике, то не только понятие длины, но и понятие промежутка времени) принадлежит к основным физическим понятиям, не подлежащим определению»<sup>10</sup>.

Далее он писал, что в теории будущего придется отказаться от ряда привычных свойств классического пространства-времени. «По-видимому, первое представление, от которого придется отказаться, это представление о метричности пространства и времени в глубоком микромире и при очень высокой плотности»<sup>11</sup>. Он неоднократно своим ученикам говорил, что «будущая физическая теория будет аметрической или полиметрической», а ее наиболее общие уравнения не будут дифференциальными.

Решение данного вопроса ставится во главу угла бинарной геометрофизики.

## 6. Каковы причины использования комплексных чисел в физике микромира?

В теории классического пространства-времени и в аксиоматике ее геометрии, как известно, всегда подразумевается блок неявно заданных аксиом арифметики. Именно там заложено понятие вещественных чисел. В частности, вещественные числа тесно связаны с аксиомой Архимеда, позволяющей сравнивать два отрезка, вводить понятия «больше» или «меньше». Квантовая механика и

вообще закономерности микромира описываются на основе комплексных чисел, поскольку для комплексных чисел нельзя сказать, какое из них больше или меньше.

В этой связи напомним позицию Р. Пенроуза. При обсуждении оснований физики и своей теории твисторов он говорил о «магии комплексных чисел»: «Особая магия этих чисел проявляется не только в математике, но и сама Природа использует эту магию в устройстве Вселенной на самых глубоких уровнях. Можно задать вопрос: действительно ли это является особенностью нашего мира, или просто эти числа настолько полезны в математическом отношении, что находят широкое применение в физической теории. Многие физики, я полагаю, склоняются ко второму варианту. Но тогда им придется объяснить, почему оказывается столь универсальной роль этих чисел в квантовой теории, где они лежат в основе фундаментального принципа квантовой суперпозиции и в несколько ином облике в основе уравнений Шредингера, условия положительной частоты и бесконечномерной “комплексной структуры”, которая появляется в квантовой теории поля. Таким физикам вещественные числа кажутся “естественными”, а комплексные – “таинственными”. Однако с чисто математической точки зрения вещественные числа ничуть не “естественнее” комплексных. Учитывая несколько магический математический статус комплексных чисел, вполне можно занять противоположную позицию и считать их более “естественными” (или, если угодно, “данными Богом”), нежели вещественные числа»<sup>12</sup>.

В бинарной геометрофизике комплексные числа заложены в самое основание теории, поскольку она опирается на бинарные системы именно комплексных отношений.

## **7. Каковы причины спинорного характера элементарных частиц?**

У каждого при освоении физики микромира возникает вопрос: почему основные виды элементарных частиц описываются именно спинорными волновыми функциями? Если исходить из классических представлений, казалось бы, ничто не мешает частицам быть скалярными или векторными. В общепринятом подходе наиболее

убедительный ответ на этот вопрос состоит в том, что из спинорных величин можно построить скалярные и векторные величины, а наоборот так просто нельзя. Спинор представляется самым простым объектом, его можно рассматривать как своеобразный корень из векторов. Не случайно в 30-е годы спиноры называли полувекторами.

Но почему для перехода к закономерностям микромира необходимо извлекать квадратный корень из вероятности, из векторов, из метрики (для описания спиноров необходимо перейти от метрического тензора к тетрадам – к его квадратному корню) и т. д.? Это вопрос не из простых. Для обсуждения этой проблемы в США созывалась специальная конференция, о которой в своих работах писал Дж. Уиллер. В его работах можно найти следующие рассуждения по этому вопросу: «Многие элементарные частицы имеют полуцелый спин. Нельзя признать удовлетворительной ни одну из трактовок элементарных частиц, в которой нет места для частиц спина  $\frac{1}{2}$ . Что же в таком случае может дать какое-либо чисто геометрическое описание для объяснения спина  $\frac{1}{2}$ ?»<sup>13</sup>.

Далее Дж. Уиллер касался принципиально важной проблемы: «Иногда выдвигаются предложения не стремиться получить спинорное поле из геометрии, а попытаться получить гравитационное и электромагнитное поля из спинорного поля. Вместо того, чтобы идти по направлению

**Тензор → Вектор → Спинор,**

одно время казалось более естественным идти по направлению

**Спинор → Вектор → Тензор.**

Однако наиболее исследованная попытка подобного типа (нейтринная теория света) оставлена»<sup>14</sup>.

Как показало время, нейтринная природа света действительно должна быть оставлена, однако имеется иной способ реализации данной идеи, который предлагается в бинарной геометрофизике, где показано, что элементы бинарной структуры комплексных отношений минимального невырожденного ранга (3,3) описываются 2-компонентными спинорами. Это позволяет считать, что в современной квантовой электродинамике уже давно неявно используются идеи бинарной геометрофизики.

## **8. Какова роль зарядов, четности и направления времени (СРТ-теоремы) в теории пространства-времени?**

Названные физические понятия и их роль в теории пространства-времени трактуются по-разному в различных парадигмах. Так, в теоретико-полевой парадигме это сугубо физические понятия, вводимые в готовое (априорно заданное) пространство-время вместе с категорией полей. Другими словами, эти понятия непосредственно не связаны с природой пространства-времени.

Иначе обстоит дело в геометрической парадигме, где понятие электрического и иных зарядов тесно связано с размерностью используемого пространственно-временного многообразия. Так, в 5-мерной геометрической теории Калуцы электрический заряд имеет смысл дополнительной компоненты 5-мерного импульса. Аналогичным образом вводятся три хроматических заряда в 8-мерной геометрической модели сильных взаимодействий, соответствующей калибровочной хромодинамике.

Роль зарядов и четности еще больше возрастает в реляционном подходе к природе пространства-времени, особенно в рамках бинарных систем комплексных отношений, где истоком метрических отношений в геометрии считается атом, т. е. система из связанных состояний заряженных частиц двух противоположных знаков. Другими словами, электрические заряды в конечном итоге ответственны за возникновение метрики и других классических понятий. Вследствие установленной в физике микромира СРТ-теоремы естественно ставится вопрос и о роле четности в теории пространства-времени.

## **9. Каким образом совместить принципы общей теории относительности и квантовой теории?**

Квантовая теория и общая теория относительности составляют два основных столпа фундаментальной теоретической физики XX столетия. В их основе лежат принципиально различные принципы, и трудно смириться с мыслью, что это останется навсегда. Большинство ведущих физиков-теоретиков стремились найти способ объединения принципов этих двух теорий. Это направление исследований в литературе принято называть проблемой



квантования гравитации. На попытки ее решения были затрачены гигантские усилия. Над этой проблемой работали А.Эйнштейн, П.Бергман, Дж.Уилер, Ю.Б.Румер, П.А.М.Дирак, М.П.Бронштейн, Р.Пенроуз, С.Хокинг и многие другие. От решения этой проблемы ожидалось (и продолжают ожидать) решения ряда принципиальных проблем как в физике микромира, так и в космологии.

Окидывая взглядом выполненные в XX в. попытки решения данной проблемы, можно констатировать, что мнения исследователей существенно разделились. Одни считали, что одна из синтезируемых теорий должна быть частью завершенной другой. Так, А.Эйнштейн одно время считал общую теорию относительности более подходящей основой для создания теории, охватывающей и квантовую теорию. Другие, составлявшие большинство, считали, наоборот, квантовую теорию, достаточно развитую, основой для описания закономерностей общей теории относительности.

Постепенно научная общественность стала склоняться к мысли, что для решения данной проблемы не хватает понимания неких принципиальных сторон физического мироздания. Действительно, как уже отмечалось, общая теория относительности и квантовая теория построены в рамках двух разных метафизических парадигм: общая теория относительности сформулирована в рамках геометрической парадигмы, тогда как квантовая теория – в рамках теоретико-полевой парадигмы. Таким образом, данная проблема является парадигмальной – необходимо найти способ подняться над двумя парадигмами так, чтобы принципы синтезируемых теорий вытекали из неких более общих закономерностей. Для этого необходимо более пристально взглянуть на природу классического пространства-времени. Но каким образом нужно изменить сложившиеся представления о пространстве-времени? Какие принципы должны быть положены в основу новой теории?

## **Заключение**

Если согласиться с тем, что в микромире теряют силу классические пространственно-временные представления, то сразу же возникает вопрос о том, что приходит им на смену и каковы его свойства. В наших работах предлагается ответ на этот вопрос. Он

основан на реляционно-статистическом подходе к природе пространственно-временных представлений. Это означает, что в основу кладутся бинарные матрицы излучений (отношений между излучателями и возможными поглотителями), описываемые бинарными системами комплексных отношений минимальных рангов. Их можно трактовать как бинарные предгеометрии. Предлагается строить пространственно-временные понятия из комплексных вкладов в отношения, задаваемые этими матрицами. Таких матриц в мире много, что позволяет говорить о статистической природе пространственно-временных понятий.

Отметим, что идея о статистической природе классического пространства-времени (геометрии) ранее высказывалась рядом авторов: П.К.Рашевским<sup>15</sup>, Д. ван Данцигом<sup>16</sup>, Е.Циммерманом и другими физиками и математиками.

### Примечания

- <sup>1</sup> *Риман Б.* О гипотезах, лежащих в основании геометрии // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М., 1979. С. 32.
- <sup>2</sup> *Блохинцев Д.И.* Пространство и время в микромире. М., 1970. С. 6.
- <sup>3</sup> *Chew G.F.* The dubious role of the space-time continuum in microscopic physics // Science Progress. 1963. Vol. LI. No. 204. P. 529.
- <sup>4</sup> *Блохинцев Д.И.* Пространство и время в микромире. С. 8.
- <sup>5</sup> *Де Бройль Л.* Революция в физике. М., 1963. С. 187.
- <sup>6</sup> *Владимиров Ю.С.* Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. Ч. 1: Теория систем и отношений. М., 1996; *Его же.* Основания физики. М., 2008.
- <sup>7</sup> *Фейнман Р.* В поисках новых законов // Характер физических законов. М., 1968. С. 184.
- <sup>8</sup> *Эйнштейн А.* Физика и реальность // *Эйнштейн А.* Собр. науч. тр. Т. 4. М., 1967. С. 223.
- <sup>9</sup> *Вяльцев А.Н.* Дискретное пространство-время. М., 1965. С. 7.
- <sup>10</sup> *Зельманов А.Л.* Некоторые вопросы космологии и теории гравитации // Физическая наука и философия. М., 1973. С. 278.
- <sup>11</sup> Там же. С. 279.
- <sup>12</sup> *Пенроуз Р.* Путь к реальности, или законы, управляющие Вселенной. М.–Ижевск, 2007. С. 855.
- <sup>13</sup> *Уиллер Дж.* Гравитация, нейтрино, Вселенная. М., 1962. С. 152–153.
- <sup>14</sup> Там же.
- <sup>15</sup> *Рашевский П.К.* Риманова геометрия и тензорный анализ. М., 1967.
- <sup>16</sup> *D. Van Dantzig.* On the relation between geometry and physics and the concept of space-time // Funfzig Jahre Relativitatstheorie. Konferenz Bern. Basel, 1955. Bd. 1. P. 569.

## **Понятие пространства и мир планковских масштабов**

«Физика встречается с философией на планковском масштабе» – так называется сборник, выпущенный в 2004 г., в котором принял участие ряд ведущих физиков и философов<sup>1</sup>. Планковский масштаб представляет собой совершенно особую область исследования: по существу исследуется, возможно, предельная форма физического бытия. Он был открыт Планком в 1899 г., по существу, сконструирован, скомбинирован из двух введенных им постоянных величин (получивших позднее названия планковской и больцмановской констант) и двух уже известных в то время физических констант (скорости света  $c$  и гравитационной константы  $G$ )<sup>2</sup>, которые предназначались для получения значений всех известных физических измеримых величин: расстояния, времени, энергии и так далее. Можно сказать, что на планковском масштабе в фундаментальной физике сейчас ожидается все самое интересное. Можно также полностью согласиться с тем, что «Следует обратить внимание на существенность качественного скачка при приближении к планковским границам, требующего и более углубленного философского подхода к реальности»<sup>3</sup>.

В современном фундаментальном физическом познании планковский масштаб играет чрезвычайно важную, можно даже сказать определяющую роль. Важнейшая задача создаваемой квантовой теории гравитации состоит в том, чтобы «дать точное описание природы на всех масштабах, включая планковский»<sup>4</sup>. При этом она должна «сказать нам, что есть время и пространство на языке, полностью

совместимом и с квантовой теорией, и с тем фактом, что геометрия пространства-времени является динамической. Сказать, как световой конус, причинная структура, метрика и т. д. должны описываться квантово-механически в том числе на планковском масштабе»<sup>5</sup>.

Это, по-видимому, предельная реальность, которая требует подключения к физике философских представлений, новой онтологии. На этом масштабе реальности исследовать с помощью существующих методов так же, как и использовать старые онтологические представления, не представляется возможным. Поэтому нужны новые философские обобщения, новые мировоззренческие представления, в том числе, возможно, как это предполагают некоторые варианты фундаментальных физических теорий, даже исключение времени и пространства.

Исследование планковского масштаба физической реальности является важнейшей задачей современной теоретической и экспериментальной физики. Согласно современным представлениям Вселенная возникла и начала эволюционировать из состояния с планковскими параметрами. Из шести планковских величин в данной работе мы выделим и проанализируем некоторые особенности только одной из них – планковской длины – и обсудим некоторые концептуальные аспекты планковского пространства. Хотя обе теории относительности настаивают на существовании единого пространства-времени, специфика планковских величин позволяет, на наш взгляд, в определенном приближении рассматривать их по отдельности.

### **Специфические свойства планковских пространственных характеристик**

На наш взгляд, планковский уровень сегодня следует рассматривать в качестве предела физического бытия, за которым либо нет ничего физического, либо начинается радикально другая физика.

Что представляет собой физический объект предельно возможной минимальной длины? Что представляет собой состояние материи с предельно возможной плотностью  $10^{94}$  г/см<sup>3</sup>? Несколько радикализируя, ситуацию можно выразить и так: «Мы уже знаем те законы, которым подчиняется поведение вещества во всех

условиях, кроме экстремальных»<sup>6</sup>. Содержит ли в себе квантовая гравитация (она же в некоторых подходах и единая теория) какую-то принципиально новую физику? Необходимо ли на этом уровне радикальное изменение категориального аппарата физики? В настоящее время ведутся активные попытки исследовать сам планковский уровень<sup>7</sup>.

**Онтология предельной планковской длины.** С концептуальной точки зрения чрезвычайно интересна физическая онтология той области реальности, которую называют планковской. Прежде всего попытаемся найти ответ на вопрос о физическом смысле планковской длины ( $l_{pl}=10^{-33}$  см). В частности, существует ли длина, меньшая планковской? Соответственно, существует ли объем пространства меньше планковского ( $10^{-99}$  см<sup>3</sup>)? Среди специалистов мнения по этому вопросу расходятся.

Так, А. Линде считает, что расстояния меньше планковского существуют, просто их нельзя измерить: «... $t$  планковское – это примерно 10 в минус сорок третьей секунды ( $t_p \sim 10^{-43}$  с). Это момент, начиная с которого впервые мы можем Вселенную рассматривать в терминах нормального пространства-времени, потому что если мы возьмем объекты на временах меньше, чем это, или на расстояниях меньше, чем планковское расстояние (это  $10^{-33}$  см), – если мы возьмем меньшее расстояние, то на меньших расстояниях пространство-время так сильно флуктуирует, что померить их будет нельзя: линейки гнутся, часы вращаются, как-то нехорошо...»<sup>8</sup> С точки зрения Л. Рэндалла: «Установление физических законов, применимых к размерам меньше планковского масштаба длины, должно пролить свет на сверхранние стадии эволюции нашей Вселенной»<sup>9</sup>.

Подобной точки зрения, казалось бы, придерживается и Б. Грин: «...на масштабах меньше планковской длины <...> пространство становится бурлящим, кипящим котлом бешеных флуктуаций»<sup>10</sup>. Аналогично и со временем: «Даже обычное понятие до/после <...> из-за квантовых флуктуаций становится бессмысленным на временных масштабах меньше планковского времени <...> В итоге, на масштабах более мелких, чем планковская длина и планковское время, квантовая неопределенность делает ткань космоса настолько перекрученной и искаженной, что обычные концепции пространства и времени более не применимы»<sup>11</sup>. А да-

лее он пишет: «...что представляют собой “молекулы” и “атомы” пространства и времени, – этот вопрос в настоящее время очень энергично изучается. На него еще предстоит дать ответ»<sup>12</sup>.

В отношении космологии ранней Вселенной он далее пишет очень осторожно: «...наступит момент, когда вся известная Вселенная будет иметь размер, *близкий* (курсив мой. – В.Э.) к планковской длине <...> при которой общая теория относительности и квантовая механика сталкиваются лбами»<sup>13</sup>. Это происходит вследствие того, что «...уже вполне ясно, что на самых мелких масштабах гладкий характер пространства и времени, который представляет нам общая теория относительности, вступает в борьбу с неистовыми флуктуациями квантовой механики. Основной принцип общей теории относительности Эйнштейна, что пространство и время имеют плавно искривленную геометрическую форму, сталкивается с основным принципом квантовой механики, с принципом неопределенности, который подразумевает дикую, буйную, спутанную среду на мельчайших масштабах. Глубокий конфликт между центральными идеями общей теории относительности и квантовой механики сделал объединение двух теорий одной из самых трудных проблем, с которыми физики сталкивались в течение последних восьмидесяти лет»<sup>14</sup>.

И еще: «Неконтролируемые квантовые флуктуации <...> возникают только тогда, когда мы рассматриваем квантовую неопределенность на произвольно коротких масштабах расстояний – масштабах короче планковской длины»<sup>15</sup>. На наш взгляд, в рамках космологии ранней Вселенной принципиально интересен вопрос о том, остановится ли коллапс Вселенной на масштабах, *близких* к планковскому, или же он с неизбежностью должен сжать Вселенную строго до планковского размера, т. е. до объема  $10^{-99}$  см<sup>3</sup>.

Затем Б.Грин значительно смягчает свою позицию в отношении объективности существования постпланковских расстояний<sup>16</sup>: «А поскольку гравитоны являются мельчайшими, наиболее элементарными составляющими гравитационного поля, не имеет смысла говорить о поведении гравитационных полей в масштабах меньше планковской длины»<sup>17</sup>. Другими словами, постпланковская длина возможно и существует, но, исходя из некоторых прагматических соображений, говорить о ней не имеет смысла.

А далее он противоречит сам себе: «В теории струн струны являются самыми мелкими составными частями, так что наше путешествие в ультрамикроскопическое подходит к концу, когда мы достигаем длины Планка – размера самих струн». А также: «...из-за неограниченного роста квантовых флуктуаций по мере уменьшения пространственно-временных масштабов представление о делимости пространства и времени перестает быть справедливым при достижении планковской длины ( $10^{-33}$  см) и планковского времени ( $10^{-43}$  с)».

У него есть также и такие слова: «...все попытки включить гравитацию в квантово-механическую формулировку этой модели закончились неудачей из-за неистовых флуктуаций структуры пространства, проявляющихся на ультрамикроскопических расстояниях, т. е. на расстояниях, меньших планковской длины»<sup>18</sup>.

Точка зрения Г.Венециано противоположна и вполне конкретна: «Струна не может быть короче кванта длины (курсив мой. – В.Э.), поэтому вещество в принципе не может быть бесконечно плотным»<sup>19</sup>. «...Принцип неопределенности Гейзенберга не позволяет нам разделить струну на части длиной меньше, чем приблизительно  $10^{-34}$  м. Мельчайший квант длины обозначается  $l_s$  и представляет собой природную константу, которая в теории струн стоит в одном ряду со скоростью света и постоянной Планка»<sup>20</sup>. Приведенные утверждения позволяют сделать вывод, что Г.Венециано придерживается противоположной позиции: планковская длина – минимально возможная. Учитывая наличие прямо противоположных точек зрения, а следовательно, недоопределенность этого физического понятия, рассмотрим связанную с этим вопросом проблематику с точки зрения некоторых онтологических особенностей планковской длины.

Принципиально важным является вопрос о физической природе планковской длины. Прежде всего следует выяснить вопрос о том, что может представлять собой *квант длины*? Каково физическое содержание этого понятия? Поскольку квант в физике означает дискретность и минимальность, дальнейшую неделимость, логично исходить из признания физической минимальности (квантованности) этой длины<sup>21</sup>. Но это означает, что не существует длины меньше планковской, например  $10^{-68}$  см. Таким образом, согласно квантовой теории, планковская длина  $10^{-33}$  см – минимально воз-

можный размер физического пространства. Но это означает, что 1) не существует никаких объектов, имеющих размеры меньше планковских, 2) не существует никаких движений в области пространства от 0 см до  $10^{-33}$  см. Причем движения как перемещения (любой физической природы) на этом отрезке пространства, так и движения как любого изменения вообще. Последнее определяется тем, что во всех случаях любые внутренние изменения объекта (или системы объектов) определяются изменениями в структуре и характере взаимодействий в соответствии с этой структурностью. Поскольку не существует размеров меньше планковской длины, то не может существовать и никакой внутривпланковской структуры. Но тогда возникает вопрос о том, какова физическая природа области реальности с такими минимальными свойствами.

С квантовой точки зрения планковская длина представляет собой *квант длины*. По существу, это должна быть область без физических взаимодействий. Ведь «внутри» планковского кванта не может быть ничего, нет никаких отличающихся друг от друга свойств и качеств, нет никаких элементов. При этом при допущении сложного характера планковской области реальности *вся* физическая реальность такого масштаба должна была бы представлять собой совокупность (ансамбль) таких нефизичных образований. Предполагаемая планковская структура пространства предоставляет возможность провести определенную аналогию между дискретностью пространства и известным парадоксом времени, суть которого состоит в следующем. Прошлого, как известно, уже нет, будущего, очевидно, еще нет. Если уж что-то и существует, так это мгновение настоящего. Но любая попытка смещения из этого мгновения в прошлое или даже в будущее даже на бесконечно малую долю невозможна, поскольку и этого бесконечно малого смещения либо уже нет, либо еще нет. Получается, что любые объекты, да и мы сами как бы замурованы, заперты в этом мгновении настоящего. А это означает, что невозможно никакое изменение (движение) во времени. Аналогично в случае дискретности пространства нельзя перепрыгнуть из одной планковской ячейки пространства в другую – перемещение в пространстве невозможно.

У физического планковского отрезка длиной в  $10^{-33}$  см не может быть также никаких внутренних геометрических свойств. Соответственно не может быть никаких внутренних свойств и у



любого физического объекта планковской длины. В этой связи серьезно проблематизируются некоторые представления, например, о струнах. Если струна – это «материальный объект» планковского размера, а в пределе – единичного планковского кванта, то в этом пределе планковская струна с рассматриваемой точки зрения не может иметь никаких внутренних свойств.

Наконец, размеров меньше планковских не может существовать также и потому, что при их наличии нижним пределом длины (размера) объектности становится нуль. Но это означает, что мы снова возвращаемся к парадигме точечных частиц со всеми неприятностями в виде бесконечной энергии частиц и т. д.

В то же время в 2004 и 2006 гг. были получены наблюдательные данные, которые могут изменить представления о планковском масштабе.

1. В 2004 году с помощью европейского космического телескопа *Integral* наблюдалась гамма-вспышка GRB 041219A, находящаяся на расстоянии 300 млн световых лет. Она вошла в 1 % самых ярких гамма-вспышек. Влияние величины квантов пространства влияет на особенности прохождения гамма-квантов через пространство. Проведенный анализ результатов наблюдения показал, что «зернистость» (квантованность) пространства должна составлять величину  $10^{-48}$  м или меньше<sup>22</sup>. Планковская же длина равняется  $10^{-35}$  м.

2. 17 марта 2014 г. были обнародованы результаты астрофизического эксперимента BICEP2 по наблюдению поляризации реликтового излучения. Эти результаты представляют собой косвенное подтверждение существования первичных гравитационных волн, которые могли возникнуть только во время стадии инфляционного раздувания Вселенной. Поэтому результат BICEP2 можно считать также косвенным экспериментальным подтверждением квантовой гравитации. Высказываются предположения, что поскольку за осуществление космологической инфляции отвечает инфлатонное поле, то наличие этого поля и измеренная интенсивность гравитационных волн дают основания предполагать, что на масштабе порядка  $10^{16}$  ГэВ существует новая физика<sup>23</sup>.

*О природе флуктуаций пространства на планковском масштабе.* В квантовой теории существуют представления о квантовых флуктуациях, которыми наполнен весь микромир. С точки зрения Б.Грина, на планковских масштабах «флуктуации ткани

пространства все еще остаются, так как гравитационное поле все еще подвержено квантовому дрожанию. Но эта дрожь достаточно мягкая, чтобы избежать неустрашимого конфликта с общей теорией относительности. Точная математика, лежащая в основе общей теории относительности, должна быть модифицирована, чтобы включить эти квантовые колебания, но это может быть сделано, и математика остается осмысленной»<sup>24</sup>. На наш взгляд, существующие представления о флуктуациях нельзя буквально переносить на планковский уровень. Ведь соотношение неопределенностей, на которых они базируются, сформулировано для низкоэнергетического и дорелятивистского предела<sup>25</sup>. Кроме того, до сих пор нет общего согласия по поводу их концептуального содержания: то ли эти соотношения описывают особенности процедур измерения, то ли выражаемая ими неопределенность принадлежит квантовым объектам самим по себе. Существует, конечно, вариант, когда можно рассматривать и то и другое совместно, но в различных интерпретациях, и прежде всего в самой копенгагенской при такой трактовке возникают сложности<sup>26</sup>.

Но еще более сложный вопрос связан с тем, какова природа флуктуаций на планковском масштабе (если, конечно, они там существуют). Каков физический смысл флуктуаций локального пространства, содержащего конечное число планковских ячеек? Ведь между ними нет пространства. Или внутри объекта, например, гравитона, состоящего примерно из сотни планковских квантов пространства?<sup>27</sup> Наконец, каков физический смысл флуктуации в предельном случае – внутри планковского кванта? Что такое флуктуация в предельно возможной плотности  $10^{94}$  г/см<sup>3</sup>? Вероятно, существует выбор из следующих двух возможностей: либо представления о флуктуациях как отклонениях от среднего значения не являются универсальными и не являются всеобщим принципом природы, либо являются таковыми и необходимо вырабатывать какие-то новые представления о флуктуациях для форм бытия материи (и для форм движения материи) в ее экстремальных состояниях.

Что может представлять собой флуктуация в физически предельно малых периодах времени? Ведь *квант времени не флуктуирует!* А любая флуктуация – это изменение каких-то характеристик во времени. Явная несостыковка. На самом деле ситуация

даже еще хуже: ведь на уровне квантовой гравитации, а следовательно, и на планковском уровне даже в соответствии с уравнением Уиллера-ДеВитта времени просто не существует. Можно ли себе представить изменение (изменение физических характеристик в том числе) вне времени?

Но парадоксально то, что свет не может пройти квант длины, поскольку, как отмечалось выше, не может существовать никакого процесса «внутри» кванта времени. Более того, планковское состояние – это предельно плотное состояние известной материи, которое в принципе *не может быть представлено структурно*. В обычной жизни и в рамках обыденного познания мы привыкаем к тому, что любая плотность – это «сдавленная структура», т. е. совокупность частиц материи, определенным образом расположенных в пространстве. Но в планковском состоянии такой образ не работает. Планковскую плотность нельзя представлять себе в качестве рядоположенности элементов. Просто потому, что нет расстояний, а следовательно, нет соседних элементов, да и вообще нет элементов. Планковское состояние – это один предельно плотный элемент реальности, без внутренней протяженности<sup>28</sup>, вне изменений, предельно плотный и странным образом в то же время предельно горячий ( $T_{\text{пл}} \approx 10^{32}$  К).

Однако последнее утверждение также вызывает возражения. В силу предыдущих аргументов можно предположить, что используемое в космологии понятие температуры также некорректно. И действительно, не только в макроскопическом термодинамическом подходе, но и на уровне молекулярно-кинетической теории и даже на основе самых общих представлений, которые можно связать с понятием температуры, кинетической энергии квантовых частиц, энтропии<sup>29</sup> и т. д. Никакое определение температуры не работает на истинно планковском уровне, поскольку отсутствует любое из перечисленных оснований для ее определения.

Но, правда, существует энергия. Предельно возможная плотность энергии, а в планковской космологии – и предельно возможная энергия для нашей сколлапсированной планковской Вселенной. Из предыдущего вытекает, что вся эта энергия не может существовать в форме кинетической энергии, поскольку, как было показано выше, в планковском режиме не существует никакого движения в обычном понимании, а следовательно, понятие

кинетической энергии становится либо некорректным, либо неопределенным. Планковская энергия не может существовать и в потенциальной форме, поскольку последняя определяется через координаты частиц, но на планковском уровне не существует ни самих частиц, ни координат, которые им можно было бы приписать, поскольку планковская ячейка – это квант пространства и материи-энергии. Последнее легко показать: если бы это был не квант материи-энергии, то части материи располагались бы в различных областях пространства. Но пространство квантовано, у него отсутствуют части, поэтому не могут существовать и различные элементы материи. Соответственно потенциальная энергия (если она существует) также должна иметь принципиально новое физическое содержание, которое еще предстоит выяснить. Возможно, что необходимость углубления понятий потенциальной и кинетической энергии на планковском масштабе позволит дать новую трактовку известного уравнения квантовой гравитации – уравнения Уиллера-ДеВитта, поскольку в него входит гамильтониан, тесно связанный с понятием энергии.

Таким образом, планковское состояние материи (реальности) не описывается никакими существующими представлениями.

По-видимому, на этом уровне отсутствует сама объектность в любом из понимаемых сегодня смыслов или форм. И тем не менее мы не можем и в этом случае полностью отказаться от объектности, поскольку существующая глобальная парадигма, все существующие мировоззренческие представления говорят нам о том, что процессы должны существовать между чем-то, между какими-то объектами. И раз уж планковское состояние смогло эволюционировать в сложную крупномасштабную структуру современной наблюдаемой Вселенной, то разумно предположить присутствие на планковском уровне некоторой физической объектности. Но объектности какой-то принципиально иной природы. Несколько парадоксально можно сказать, что *необходима новая онтология объектности, допускающая онтологию безобъектности*. Существенно отметить, что одна из форм физического бытия, близкая подобной онтологии, нам уже известна: это – движение света. Фотон не есть некая частица, движущаяся со скоростью света, поскольку сама частица в классической и квантовой парадигме – это то, что может покоиться. Говорить о частице, которая

принципиально не может быть в покое – некорректно. Свет при определенных условиях *может проявлять* корпускулярные свойства, но он не является частицей. Он также может в определенных условиях проявлять волновые свойства, но он не является волной. То же самое можно сказать и о квантовых объектах. Однако свет в определенном смысле также можно рассматривать и как «чистое» движение, поскольку фотон принципиально не может покоиться ни в одной из инерциальных систем отсчета. Если уж фотон и существует, то он существует только как движение. Причем еще и в предельном и инвариантном значении.

Второй пример дает теория струн: согласно этой теории не существует известных элементарных частиц самих по себе. Они представляют собой моды колебаний струн.

В свете сказанного, построение безобъектной онтологии, может быть, наиболее естественно начать с квантов длины, площади и объема, как это делается в теории петлевой квантовой гравитации. Однако физическая онтология пустых пространственных квантовых «кубиков» реальности, на наш взгляд, совершенно неясна, несмотря на то, что из этих ячеек активно строится петлевая квантовая гравитация и уже достаточно давно существует мощная программа геометризации физики, а также предпринимались попытки построения частиц материи из пустого искривленного и закрученного пространства-времени.

Выше уже приводилась ссылка о том, что согласно расчетам струна, образующая гравитон, должна иметь размеры порядка ста планковских длин<sup>30</sup>. Обычно дальше этой констатации дело не идет. Но давайте рассмотрим, что подобное утверждение может означать онтологически. Сто планковских длин еще не может обеспечить непрерывности пространства. Обычно все рассуждения о том, что дискретность пространства на планковском уровне должна переходить в непрерывное пространство, связывают с наблюдением с макроскопического уровня. При этом не уточняется, с какого именно масштаба пространство уже может восприниматься как непрерывное. Но сотня планковских длин явно для этого недостаточна.

В таком случае гравитон следует рассматривать как структуру, состоящую из ста планковских квантов длины. Следовательно, физическая природа гравитона принципиально дискретна и конечна.

В лучшем случае она может представлять собой конечную одномерную планковскую решетку, что, вероятно, может облегчить вычисления. Моды колебаний этой решетки и создают феноменологический (эмерджентный) образ гравитона.

На наш взгляд, природа начала эволюции Вселенной<sup>31</sup> строго из планковского состояния как предельного значения должна существенно отличаться от начала эволюции из многопланковского состояния, из состояния как ансамбля планковских ячеек. В последнем случае Вселенная должна иметь довольно странную природу. И действительно, если Вселенная имела в момент своего рождения размеры *порядка* планковской длины, т. е. состояла из конечного числа планковских квантов, то, как отмечалось выше, она должна была бы представлять собой некую структуру из нескольких планковских ячеек, поскольку, как и выше, на этом уровне не существует непрерывного пространства (и времени). Мы бы имели Вселенную, состоящую фактически из частей, которые, в принципе, можно рассматривать в качестве нескольких предельных (сингулярных) планковских Вселенных. В случае струнной теории она даже могла бы быть, например, одномерной дискретной планковской струной. Физический и космологический смысл подобной Вселенной совершенно неясен.

*Многопланковская структура современной Вселенной.* В то же время, как известно, пространство наблюдаемой Вселенной имеет огромные размеры, оцениваемые примерно в 14 млрд световых лет. Согласно (формирующимся) теориям квантовой гравитации это пространство квантовано на планковском масштабе, а Вселенная возникла из планковского состояния. Пространство современной наблюдаемой Вселенной состоит примерно из  $10^{184}$  планковских ячеек (узлов спиновой сети)<sup>32</sup>. Но в момент рождения Вселенная, возможно, представляла собой одну-единственную планковскую ячейку – квант пространства. Или несколько таких квантов. Возникает принципиальная задача объяснить, каким образом из одного планковского кванта возникло  $10^{184}$  квантов пространства?<sup>33</sup> Одно из естественных предположений состоит в том, что первоквант Вселенной стал каким-то образом «размножаться», мультиплицироваться. А в связи с расширением Вселенной следует предположить, что этот процесс продолжается и в настоящее время. Пока ни одна теория не может описать этот процесс.

Отметим также важную особенность, связанную с наличием инфляционной фазы в эволюции Вселенной. Планковский масштаб соответствует моменту  $10^{-43}$  с. Инфляция началась в момент, когда Вселенной было примерно  $10^{-36}$  с. Следовательно, до инфляции квант пространства мультиплицировался относительно медленно. Затем на стадии инфляции должно было наблюдаться экспоненциальное размножение планковских ячеек. Затем – хаббловское медленное расширение, а сейчас наблюдается снова ускоренное, что соответствует ускоренному расширению пространства, а следовательно, ускоренному рождению квантов пространства.

Существенным является также и следующий вопрос: каким образом в современной Вселенной связаны друг с другом кванты пространства? Пока общепринятого ответа на этот вопрос также не существует. Единственное, с чем, по-видимому, согласно большинство специалистов по квантовой гравитации, – это то, что «если теория верна, тогда пространство должно возникать, представляя некоторые усредненные свойства структуры, – в том же смысле, как температура возникает как представление усредненного движения атомов»<sup>34</sup>. Но подобной констатации явно недостаточно.

Представим себе квант пространства. Где находится следующий квант? Он должен касаться первого? Находиться от него «на расстоянии»?

Последнее будет очень странно, поскольку расстояния между планковскими квантами пространства не существует. Б.Грин дает несколько иную, радикально метафизическую оценку этой ситуации: «“пространство” между линиями сетки находится вне границ физической реальности»<sup>35</sup>. Отчасти похожим образом он описывает сосуществование планковских моментов времени: «Время может иметь зернистую структуру с отдельными моментами, тесно упакованными друг к другу, но не сливающимися в сплошной континуум»<sup>36</sup>. В рассматриваемом контексте особый интерес представляет вопрос о том, как понимать слова «тесно упакованными друг к другу».

Каков смысл «касания»? Ведь квант – это волна-частица (так ли для планковского кванта?). Ведь между квантами пространства нет пространства! Но если кванты пространства отделены друг от друга, то, следовательно, между ними должно быть что-то! Что? Это уже какая-то новая неметрическая физика. Воз-

можно, какая-то топологическая физика. Но что это за физика? Какой онтологический смысл имеет неплотное (неконтинуальное) «заполнение» квантами («пространства») «чего-то»? Самое простое – ввести некое суперпространство, в котором находятся кванты «обычного» пространства. Например, как в геометродинамике. Но это дурная «матрешка» (аналог дурной бесконечности): потом для квантов этого суперпространства придется вводить гиперсуперпространство и т. д. В подобном «углублении» в реальность нет ничего *принципиально* нового. Вопрос состоит в том, что вообще можно понимать под квантом пространства? Да и квантом вообще?

В КППГ дается следующий вариант ответа на этот вопрос. В этой теории наблюдаемыми величинами являются планковские объемы (планковские «кубики» со стороной, равной планковской длине и объемом  $\approx 10^{-99}$  г/см<sup>3</sup>) и их границы – планковские площади ( $\approx 10^{-66}$  г/см<sup>3</sup>). Эти наблюдаемые соединяются в графы и спиновые сети, в которых вершинами являются планковские объемы, а ребрами – планковские площади. Это означает, что планковские «кубики» соединяются друг с другом по определенным граням (планковским площадям). Другими словами, планковские элементы не просто касаются друг друга, а имеют планковскую площадь соединения. Но выше было показано, что с квантовой точки зрения рассматривать планковские элементы как имеющие «внутреннюю» протяженность – некорректно.

В КТПГ существуют и другие трудности. Одна из них – появление обычного непрерывного пространства. Структура петлевой квантовой гравитации выстроена в виде графов – вершин (планковских ячеек) и ребер (граней ячеек). Важнейшая идея состояла в приписывании вершинам и ребрам определенных значений спина. Полученная структура называется спиновой сетью. Согласно этой теории обычное пространство получается из спиновой структуры. С точки зрения же Э.Виттена, пространство-время «возникает из более фундаментального 2-мерного конформного поля на струне»<sup>37</sup>.

Выше шел разговор о планковской Вселенной. Отметим, что говорить о планковской Вселенной можно на двух существенно различных уровнях. В первом случае под такой Вселенной можно понимать современную Вселенную, состоящую на планковском масштабе из многочисленных планковских квантов пространства.



Во втором случае под планковской Вселенной следует понимать состояние всей Вселенной перед началом инфляционного раздувания, когда она была «сжата» до размеров планковского объема  $10^{-99}$  г/см<sup>3</sup>. Это принципиально разные физические объекты<sup>38</sup>. В первом случае на планковские ячейки дробится пространство современной «большой Вселенной» («атомы пространства», по Л.Смолину), а во втором – планковской ячейкой становится вся Вселенная. Хотя не исключен вариант рассмотрения всех  $10^{184}$  планковских ячеек современной Вселенной в качестве других вселенных, сколлапсировавших до планковского масштаба и существующих внутри другой (в данном случае нашей) Вселенной (дочерние вселенные и материнская Вселенная). Напомним, что в таком подходе материнская Вселенная очень плодovита и, расширяясь, плодит много новых дочерних вселенных.

П.А.Зиззи выдвигает гипотезу, согласно которой пространство-время на планковском масштабе не только дискретно и квантовано в планковских единицах, но еще и «кубитно» («qubitsed»), т. е. каждый пиксель планковской площади кодирует один кубит. Исходя из этого он делает далеко идущий вывод о том, что «квантованное пространство-время может рассматриваться как квантовый компьютер»<sup>39</sup>. Также любопытно, что в рамках этого подхода квантовое пространство-время является квантово запутанным, при этом булевы функции, которые можно вычислить, являются «законами физики в их дискретной и фундаментальной форме»<sup>40</sup>. Можно предположить, что подобное квантово запутанное состояние планковской Вселенной способно радикально изменить наши представления о Вселенной ввиду существования в этом состоянии свойств квантовой нелокальности и несепарабельности.

Таким образом, планковский масштаб может представлять собой онтологический предел, предельную форму существования физической реальности. Следует ли рассматривать это утверждение в абсолютном смысле? На наш взгляд – нет. Хотя планковский масштаб действительно представляет собой предельное состояние реальности, но только по отношению ко всему тому, что нам о ней известно сегодня. Это – своего рода предел известной реальности. Никакой известной физики и физической субстанции и физических процессов «за ней» не существует.

Но поскольку мироздание неисчерпаемо, то следует предположить существование постпланковской реальности. В этом смысле она метафизична, т. е. находится «за» современной физикой. Однако принципиальный вопрос связан с тем, сможет ли человек, имея такую природу, которую он имеет, постигать эту постпланковскую реальность. Не факт, что существует положительный ответ, несмотря на веру в безграничность познания. И это своеобразная принципиальная граница для (действия) антропного принципа. Но пока мы существуем, следует идти в глубь реальности...

### Примечания

- <sup>1</sup> Physics meets Philosophy at the Planck scale. Contemporary theories in quantum gravity. Cambridge Univ. Press, 2004.
- <sup>2</sup> *Томилини К.А.* Фундаментальные физические постоянные в историческом и методологическом аспектах. М., 2006.
- <sup>3</sup> *Дубровский В.Н.* Новая концепция пространства-времени на планковских масштабах расстояний // *Философия физики элементарных частиц.* М., 1995. С. 80.
- <sup>4</sup> *Смолин Л.* Как далеко мы находимся от квантовой теории гравитации / Пер. А.Д.Панова. <http://alpha.sinp.msu.ru/~panov/SmolinTrans11.pdf>
- <sup>5</sup> Там же.
- <sup>6</sup> *Хокинг С., Млодинов Л.* Кратчайшая история времени. СПб., 2006. С. 160.
- <sup>7</sup> См., например: *Amelino-Camelia G., Piran T.* Planck-scale deformation of Lorentz symmetry as a solution to the UHECR and the TeV- $\gamma$  paradoxes. arXiv:astro-ph/0008107v1 7 Aug 2000; *Richard L.* The effect of Planck scale space time fluctuations on Lorentz invariance at extreme speeds. arXiv:astro-ph/0202443v2 26 Feb 2002; *Ragazzoni R.* Lack of observational evidence for quantum structure of space-time at Planck scales. arXiv:astro-ph/0303043v1 3 Mar 2003; *Lieu R., Hillman L.W.* Stringent limits on the existence of Planck time from stellar interferometry. – arXiv:astro-ph/0211402v1 18 Nov 2002 и др.
- <sup>8</sup> *Линде А.Д.* Многоликая Вселенная. Лекция в ФИАН. 10 июня 2007 г. Цит. по: *Элементы.ру.* URL: <http://elementy.ru/lib/430484?context=2455814>
- <sup>9</sup> *Рэндалл Л.* Закрученные пассажи. Проникая в тайны скрытых размерностей пространства. М., 2011. С. 230.
- <sup>10</sup> *Грин Б.* Ткань космоса: Пространство, время и текстура реальности. М., 2009. С. 339.
- <sup>11</sup> Там же.
- <sup>12</sup> Там же. С. 340.
- <sup>13</sup> Там же. С. 344.
- <sup>14</sup> Там же. С. 341.
- <sup>15</sup> Там же. С. 355.

- 16 Расстояния меньше планковской длины можно обозначать либо термином «постпланковская длина», либо «допланковская длина» в зависимости от того, «с какой стороны» мы ее оцениваем: от начала расширения Вселенной или из сегодняшней Вселенной. Будем использовать космологически эволюционную точку зрения: поскольку современная Вселенная продолжает расширяться из планковского состояния, то будем называть «допланковской» длиной гипотетический размер меньше планковского, а «постпланковским» – больше его.
- 17 *Грин Б.* Ткань космоса: Пространство, время и текстура реальности. С. 355.
- 18 *Грин Б.* Элегантная Вселенная. М., 2005. С. 95.
- 19 *Венециано Г.* Миф о начале времен // В мире науки. Авг. 2004. [www.sciam.ru/article/2296](http://www.sciam.ru/article/2296)
- 20 Там же.
- 21 Рассмотрение варианта бесконечной делимости потребует нового осмысления понятия кванта.
- 22 Constraints on Lorentz Invariance Violation using integral/IBIS observations of GRB041219A Phys. Rev. D 83, 121301(R) – Published 28 June 2011.
- 23 *Иванов И.* Эксперимент ВИСЕР2 подтверждает важнейшее предсказание теории космической инфляции // Элементы.ру. URL: <http://elementy.ru/news/432215>
- 24 *Грин Б.* Ткань космоса: Пространство, время и текстура реальности. С. 391.
- 25 А именно для *нерелятивистской* квантовой механики.
- 26 Например, в одной из трактовок копенгагенской интерпретации ставится под сомнение сама возможность существования объектов до процедуры измерения.
- 27 *Грин Б.* Ткань космоса: Пространство, время и текстура реальности. С. 391.
- 28 При этом внешняя протяженность имеет место –  $10^{-33}$  см.
- 29 Для понятия энтропии как меры хаоса важно понятие множественности, которое в чистом планковском состоянии отсутствует.
- 30 *Грин Б.* Ткань космоса: Пространство, время и текстура реальности. С. 391.
- 31 Причем это «начало» уже не называют большим взрывом, относя последнее к началу теплового расширения Вселенной, которое началось позже.
- 32 *Смолин Л.* Атомы пространства и времени // В мире науки. Апр. 2004.
- 33 Таких же точно или нет – отдельный интересный вопрос.
- 34 *Смолин Л.* Атомы пространства и времени. С. 240.
- 35 *Грин Б.* Ткань космоса: Пространство, время и текстура реальности. С. 356.
- 36 Там же.
- 37 *Challenge C., Huggett N.* Introduction // Physics meets Philosophy at the Planck scale; Contemporary theories in quantum gravity. Cambridge Univ. Press. 2004. P. 20.
- 38 Если все же рассматривать Вселенную как объект.
- 39 *Zizzi P.A.* Spacetime at the Planck Scale: The Quantum Computer View. arXiv:gr-qc/0304032v2.
- 40 Ibid.

## Содержание

Предисловие .....	3
<b>Жаров С.Н.</b> Бытие и пространство: трансцендентальная перспектива.....	5
<b>Захаров В.Д.</b> Пространство как априорная предпосылка познания реальности .....	31
<b>Мамчур Е.А.</b> Понятие пространства в контексте культуры (на материале перехода от аристотелевского пространства к пространству физики Нового времени) .....	46
<b>Севальников А.Ю.</b> Пространство.....	66
<b>Владимиров Ю.С.</b> О фундировании пространственно-временных представлений средствами современной теоретической физики .....	80
<b>Эрекаев В.Д.</b> Понятие пространства и мир планковских масштабов.....	91

Научное издание

## **Пространство как трансцендентальная предпосылка познания реальности**

*Утверждено к печати Ученым советом  
Института философии РАН*

Художник *Н.Е. Кожина*

Технический редактор *Ю.А. Аношина*

Корректор *И.А. Мальцева*

Лицензия ЛР № 020831 от 12.10.98 г.

Подписано в печать с оригинал-макета 11.11.14.

Формат 60x84 1/16. Печать офсетная. Гарнитура Times New Roman.

Усл. печ. л. 7,0. Уч.-изд. л. 5,6. Тираж 500 экз. Заказ № 27.

Оригинал-макет изготовлен в Институте философии РАН

Компьютерный набор: *Т.В. Прохорова*

Компьютерная верстка: *Ю.А. Аношина*

Отпечатано в ЦОП Института философии РАН

119991, Москва, Волхонка, 14, стр. 5

Информацию о наших изданиях см. на сайте Института философии:

<http://iph.ras.ru/arhive.htm>

## Издания, готовящиеся к печати

1. **Блауберг, И.И. Истоки бергсонизма. Философия Феликса Равессона [Текст] / И.И. Блауберг ; Рос. акад. наук, Ин-т философии. – М. : ИФ РАН, 2014. – 187 с. ; 20 см. – Библиогр.: с. 174–181. – 500 экз. – ISBN 978-5-9540-0279-9.**

В данной работе впервые исследуется концепция Феликса Равессона – одного из главных представителей французского спиритуализма XIX в. В центре внимания автора – метафизическое учение Равессона, разработанное им в первой половине столетия с опорой на идеи Аристотеля, Лейбница, Мен де Бирана, Шеллинга и др. В монографии также освещаются франко-германские философские контакты этого времени, налаживанию которых во многом способствовал В. Кузен – создатель «эклетики спиритуализма». Проведенное автором исследование позволяет более четко представить ту «философскую почву», из которой выросло учение А. Бергсона, проследить эволюцию идей спиритуализма и в целом несколько прояснить картину философской жизни Франции XIX столетия – периода, мало изученного в России.

2. **История модернизации как предмет социально-философского анализа [Текст] / Рос. акад. наук, Ин-т философии ; Отв. ред.: В.Г. Федотова, В.А. Колтаков. – М. : ИФ РАН, 2014. – 233 с. ; 20 см. – Библиогр. в примеч. – 500 экз. – ISBN 978-5-9540-0272-0.**

Данная работа сектора социальной философии посвящена историям модернизаций на Западе и в России: модернизационно-цивилизационному проекту Запада; дополитической, политической и постполитической культурам как вехам модернизации; вкладу российского либерализма в осмысление модернизации и капитализма; концепту псевдоморфозы в объяснении российской истории; постмарксистским концепциям; постсоветской модернизации. Рассмотрена региональная модернизация и истории модернизаций разных сфер общества (технологий и последствий этого, человека в модернизирующемся обществе, психосоциальных и культурных предпосылок модернизации общества).

3. **Кудаев, А.Е. Трагедия творчества в эстетике Николая Бердяева [Текст] / А.Е. Кудаев ; Рос. акад. наук, Ин-т философии. – М. : ИФ РАН, 2014. – 255 с. ; 20 см. – Библиогр.: с. 228–254. – 500 экз. – ISBN 978-5-9540-0268-3.**

В монографии анализируется одна из ключевых проблем наследия Бердяева – концепция трагедии творчества. В работе впервые раскрывается роль и концептуальное значение феномена трагического в философско-эстетической мысли Бердяева. Показывается неизбежность выхода философа на проблему трагедии творчества, его причины и определяющая структурно-смысловая роль данной проблемы во всем его наследии. Рассматривается определяющее влияние бердяевской концепции трагедии творчества на осмысление философом таких основных эстетических категорий, как красота, совершенство, а также на его понимание искусства.

Для студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей вузов, а также широкой аудитории, интересующейся историей русской культуры.

4. **Лысенко В.Г. Шантаракшита и Камалашила об инструментах достоверного знания [Текст] / В.Г. Лысенко, Н.А. Канаева ; Рос. акад. наук, Ин-т философии. – М. : ИФ РАН, 2014. – 295 с. ; 20 см. – Библиогр.: с. 280–294. – 500 экз. – ISBN 978-5-9540-0276-8.**

Монография включает переводы с санскрита и анализ двух логико-эпистемологических глав («Исследование восприятия» и «Исследование вывода») известного буддийского «Собрания категорий» («Таттва-санграха») Шантаракшиты с комментарием «Панджика» Камалашилы (оба – VIII в.). Поскольку буддисты обосновывают свою теорию через опровержение конкурирующих теорий всех главных систем, их текст содержит ценную информацию по истории не только буддийской, но и всей индийской эпистемологии и логики.

Книга адресована как историкам философии, так и специалистам в области теории познания и когнитивных наук.

5. **Научно-техническое развитие и прикладная этика [Текст] / Рос. акад. наук, Ин-т философии ; Отв. ред.: В.Г. Горохов, В.М. Розин. – М.: ИФ РАН, 2014. – 303 с.; 20 см. – Библиогр. в примеч. – 500 экз. – ISBN 978-5-9540-0277-5.**

Сборник посвящен междисциплинарным проблемам научно-технического развития, в ряду которых важное место занимают проблемы прикладной этики. Философия техники – установившееся название одного из направлений современной философии. Все виды современной техники имеют как положительные, так и отрицательные для общества последствия и несут в себе технологические, экологические и социальные риски. Техногенные катастрофы, связаны они с природными катастрофами или отказами техники из-за их неправильного использования или же неверного конструирования, всегда становятся социальными катастрофами, а значит должны «регулироваться» обществом. Технологические риски осознаются сегодня как социальные и поэтому их открытое, в том числе и философское обсуждение представляется нам весьма актуальным. Дискуссия за круглым столом, опубликованная в этом сборнике, посвящена обсуждению технических рисков как социальной проблемы.

6. **Понимание в кросс-культурной коммуникации [Текст] / Рос. акад. наук, Ин-т философии ; Отв. ред. И.Т. Касавин. – М. : ИФ РАН, 2014. – 199 с. ; 20 см. – Библиогр. в примеч. – 500 экз. – ISBN 978-5-9540-0273-7.**

Проблема понимания – одна из основных в современной философии. Она одинаково важна и для континентальной философской традиции, которая опирается на герменевтику и гуманитарные науки, и для аналитической традиции с ее опорой на точное естествознание и натурализм. Проблема понимания является интегральной, примиряющей обе традиции и позволяющей им понять друг друга.

Авторы размышляют о философских аспектах понимания, исходя из разных перспектив. Представители аналитической традиции связывают понимание с анализом языка и прояснением языковых конструкций. Сторонники социо-эпистемологического подхода

7. **Проблемы философии культуры. Вып. 2 [Текст] / Рос. акад. наук, Ин-т философии ; Отв. ред. С.А. Никольский. – М. : ИФ РАН, 2014. – 207 с. ; 20 см. – Библиогр. в примеч. – 500 экз. – ISBN 978-5-9540-0275-1.**

В сборнике ставится задача прояснить понимание истории как философской проблемы; рассмотреть формулу сопряжения жизни и смерти в русской литературе; проанализировать сущность заповеди любви к ближнему, образующей этическую основу правосознания; показать взаимосвязь памяти, истории и идентичности; представить гендерный подход в философии культуры и философской антропологии; исследовать феномен сакрального в аспекте повседневности.