
ТВИСТОРНАЯ ПРОГРАММА ПЕНРОУЗА И СМЕЖНЫЕ ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

ТВИСТОРНАЯ ПРОГРАММА ПЕНРОУЗА И БИНАРНАЯ ГЕОМЕТРОФИЗИКА

Ю.С. Владимиров

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Российский университет дружбы народов*

Произведено сопоставление твисторной программы Р. Пенроуза и бинарной геометрофизики, нацеленных на теоретическое обоснование свойств классического пространства-времени и закономерностей квантовой теории. Рассмотрены ключевые проблемы фундаментальной физики: комплексная первооснова теории пространства-времени, обоснование размерности и сигнатуры пространства-времени, природа понятия метрики, интерпретация квантовой теории, реляционный и субстанциальный подходы к физическому мирозданию.

Ключевые слова: пространство-время, спиноры, размерность, твисторы, системы отношений, бинарная геометрофизика, реляционная теория.

Введение

Я впервые увидел Р. Пенроуза в 1962 г. во время работы 3-й Международной гравитационной конференции в Варшаве (точнее, в Яблоннах, вблизи Варшавы), кстати, самой представительной, в которой участвовали Р. Фейнман, П.А.М. Дирак, Л. Инфельд, П. Бергман, Дж. Уилер, В.А. Фок и ряд других ведущих физиков-теоретиков мировой науки. Затем мы видели и слушали выступления Пенроуза в 1965 г. на 4-й Международной гравитационной конференции в Лондоне и в 1971 г. на 6-й Международной гравитационной конференции в Копенгагене. С тех пор я был в курсе работ Пенроуза и с удовлетворением мог констатировать некий параллелизм в направлениях его и своих исследований.

Так, Пенроуз с сотрудниками развивал формализм изотропных тетрад и использовал его для решения ряда проблем общей теории относительности,

а мы развивали монадный и диадный формализмы в ОТО и применяли их для описания систем отсчета и в исследованиях проблем гравитационных волн, квантования гравитации, а также на случай многомерных геометрических моделей физических взаимодействий.

Затем Р. Пенроуз стал развивать теорию твисторов с целью описания на ее основе свойств классического пространства-времени и закономерностей квантовой теории, а мы приступили к развитию бинарной геометрофизики, нацеленной на вывод классических пространственно-временных отношений на основе более элементарных физических понятий, каковыми автоматически оказались спиноры. Более элементарная спинорная структура материи (элементарных частиц) оказалась в центре внимания как твисторной программы Пенроуза, так и развиваемой нами бинарной геометрофизики.

В последние годы Пенроуз стал уделять большое внимание общефилософским проблемам фундаментальной физики, написал ряд книг по этой тематике, в частности «Новый ум короля» [1], «Путь к реальности, или Законы, управляющие Вселенной» [2] и некоторые другие, переведенные на русский язык. Мы в нашей группе также занялись метафизическим анализом оснований наших представлений о физической реальности с целью более глубокого осмысления сути нашего направления исследований, его сопоставления с иными программами в фундаментальной физике и выявления своих единомышленников в прошлом и настоящем. На основе наших исследований была написана монография «Метафизика» [3] и цикл книг под общим названием «Между физикой и метафизикой» [4, 5].

Перед приездом Пенроуза в Москву мы с ним виделись в 2012 г. в Варшаве, где наши польские коллеги организовали небольшую гравитационную конференцию по случаю 50-летия со дня проведения 3-й Международной гравитационной конференции, на которую пригласили оставшихся в живых ее бывших участников. Таковых оказалось немного. В числе приехавших на эту конференцию были Р. Пенроуз (Англия), Д. Брилл (США), Д. Финкельштейн (США), Дж. Нарликар (Индия), А. Траутман (Польша), Божаньский (Польша). От России я оказался единственным участником прошлой конференции. Большинство бывших участников выступили с пленарными докладами. В частности, там выступил и Р. Пенроуз с докладом «Конформная циклическая Вселенная». Пленарное выступление в Варшаве «От квантования гравитации к реляционно-статистической теории пространства-времени» было составлено мною специально в расчете обратить внимание Р. Пенроуза на наш подход (на основе бинарной геометрофизики) к тем проблемам фундаментальной теоретической физики, которые он пытался решить выдвигая свою твисторную программу. Предваряя свое выступление, я вручил Пенроузу подробный текст доклада, а после выступления поинтересовался его мнением. Тогда он ограничился вежливо-дипломатическим ответом, что в моем «докладе было высказано много интересных идей». Текст этого доклада на русском языке опубликован в [6].

В связи с только что прочитанным циклом лекций Пенроуза представляется важным сопоставить его твисторную программу с нашей бинарной геометрофизикой, развиваемой на физическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова, поскольку имеется много общего в целевой направленности этих двух направлений исследований. Так, в одной из своих первых работ (1977) по этой теме Пенроуз писал: «Если единый подход к квантовой физике и геометрии пространства-времени существует, то тип математического описания, пригодный для одной из них, должен подходить и для другой. Один из главных побудительных мотивов развития теории твисторов состоит в том, что она дает математическое описание физики, которое базируется целиком на *комплексной* структуре; при этом геометрия четырехмерного пространства-времени и квантово-механический принцип суперпозиции возникают как тесно связанные аспекты этой комплексной твисторной структуры» [7. С. 14].

В еще более ранней работе Пенроуза (1972), написанной совместно с М.А.Х. Мак-Каллумом, говорилось: «Мы надеемся, что развитие твисторной теории приведет в конечном счете к построению лоренцевых многообразий, которые будут служить моделями пространства-времени. Конечно, точки пространства-времени являются вторичными величинами в твисторном формализме, а основную роль играют сами твисторы» [7. С. 133].

Имея в виду эти и некоторые другие аналогичные высказывания, я во время конференции в Варшаве (в Яблоннах) спросил Пенроуза: «Правильно ли я понимаю, что ваша твисторная программа нацелена на вывод теории классического пространства-времени и квантово-механических закономерностей, исходя из неких более элементарных физических факторов?» На этот вопрос Пенроуз определенно ответил: «Да». Тогда я задал ему второй вопрос: «А позволила ли ваша твисторная программа решить эту задачу?» На что он также четко ответил: «Нет!».

Для меня этот ответ не явился неожиданным, поскольку в его дальнейших публикациях, в частности в его с В. Риндлером двухтомной книге «Спиноры и пространство-время» [8], вместо решения поставленной фундаментальной физической проблемы содержатся исследования довольно тонких математических аспектов теории спиноров. А в своей книге «Путь к реальности, или Законы, управляющие Вселенной» (2004) Пенроуз написал: «У меня лично была (и остается уже более 40 лет) надежда, что необходимое изменение физической точки зрения удастся обрести в рамках теории твисторов. Однако, несмотря на определенный прогресс, при нынешнем положении дел нельзя сказать, что теория твисторов сумела существенно приблизить нас к разрешению парадокса измерения» [2. С. 848].

Как мне представляется, в развитии фундаментальной физической части своей твисторной программы Пенроуз столкнулся с рядом трудностей, застопоривших движение в этом направлении. В то же время, как я убежден, в рамках нашей бинарной геометрофизики можно продвинуться значительно дальше в решении сформулированной Пенроузом задачи и даже выйти на

решение еще более глубокой проблемы – вывода понятий классического пространства-времени из более элементарных физических закономерностей. Замечу, что постановка этой фундаментальной проблемы обсуждалась рядом авторов, в частности А. Эйнштейном, ван Даницгом, Е. Циммерманом, П.К. Рашевским, Б. Грином и некоторыми другими известными авторами.

Исходя из всего изложенного, с большим интересом мною ожидалось выступление Пенроуза в Москве. Был заготовлен список из 35 вопросов, по которым хотелось бы уточнить позиции или узнать его мнение. Услышанное в Москве во время его выступлений, его ответы на вопросы слушателей, а также и на мои вопросы в более приватной обстановке фактически дали ответы на большинство из подготовленных вопросов. Оказалось, что наши позиции в постановке фундаментальных проблем довольно близки, однако имеются существенные расхождения в путях их решения.

1. Ключевые свойства пространства-времени в двух программах

Начну с того, что нас объединяет. Прежде всего, это убежденность в том, что для решения фундаментальных проблем современной фундаментальной физики необходимо привлечение принципиально новых идей. Современные модные теории супергравитации и суперструн не представляют тот путь, на котором можно добиться существенного прогресса в раскрытии тайн мироздания. Об этом неоднократно писал Р. Пенроуз: «Среди наиболее самонадеянных теоретиков бытует мнение, что мы, возможно, уже «почти у цели» и что «теория всего» лежит не слишком далеко от направления последовательного развития достижений конца XX века. Часто такие заявления делались в отношении какой-либо теории, наиболее модной в то время, например теории струн. Сейчас стало трудно поддерживать такую точку зрения, поскольку теория струн трансформировалась в нечто такое (M- или F-теорию), природа чего в настоящее время совершенно неясна. На мой взгляд, от «окончательной теории» мы гораздо дальше, чем кажется» [2. С. 837]. И заканчивает свою книгу Пенроуз словами: «Вполне возможно, что XXI век принесет еще более удивительные открытия, чем те, которыми нас порадовал XX век. Но чтобы это произошло, необходимы глубокие новые идеи, которые направят нас по существенно иному пути, нежели тот, которым мы идем сейчас. Возможно, главное, что нам требуется, это какое-то тонкое изменение взгляда на мир – что-то такое, что все мы утратили» [2. С. 862].

В поисках «тонкого изменения взгляда на мир» мы с Пенроузом в значительной степени пересекаемся. Мы с ним солидарны в том, что в основании теории классического пространства-времени лежит именно комплексная структура. По этому вопросу иногда возникают споры с некоторыми коллегами, считающими, что комплексные числа представляют собой лишь особую комбинацию из двух вещественных чисел и используются для упрощения некоторых выражений. Мы, как и Пенроуз, считаем, что описание мик-

ромира комплексными числами обусловлено глубокими принципиально важными обстоятельствами. Пенроуз об этом писал: «Особая магия этих чисел проявляется не только в математике, но и сама Природа использует эту магию в устройстве Вселенной на самых глубоких уровнях. Можно задаться вопросом: 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 бесконечной «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» [7. С. 855]. Свою первую лекцию в Бауманском университете «Красота и сила комплексных чисел и их роль в развитии твисторной теории» Пенроуз посвятил именно обоснованию важности комплексных чисел.

В этом вопросе мы солидарны с Пенроузом и, более того, считаем, что использование комплексных чисел в микромире обусловлено тем, что там теряет смысл свойство линейной упорядоченности (понятие больше-меньше), являющееся неотъемлемым свойством вещественных чисел, тогда как в множестве комплексных чисел понятие линейной упорядоченности теряет силу.

Комплексные числа лежат в основе теории 2-компонентных спиноров, о которых также много писал Пенроуз в своих книгах и говорил в своей лекции в Москве. Как известно, наиболее распространенные элементарные частицы имеют спинорную структуру. В работах Пенроуза ключевую роль играет именно пара 2-компонентных спиноров, образующая понятие твистора.

Однако здесь имеется и существенное отличие от нашей программы: в работах Пенроуза понятие спинора фактически **постулируется**, тогда как в нашем подходе (в рамках бинарной геометрофизики) спинорный характер материи возникает автоматически как следствие теории бинарных систем комплексных отношений. Введенный Пенроузом постулат спинорной структуры частиц, казалось бы, вполне естественный с точки зрения современной физики микромира, на самом деле ограничил возможности его теории, явился источником дальнейших трудностей в развитии физической программы.

С принятием данного постулата невольно возникают вопросы: Почему на самом элементарном уровне материя описывается 2-компонентными спинорами? Почему выбираются два спинора, а не один или три? Имеются

ли обобщения данного постулата? Имеется ли связь оснований теории пространства-времени с природой физических взаимодействий? Последний вопрос имеет особо важное значение для развития физической теории. Ведь сейчас мы хорошо знаем, что гравитационные взаимодействия самым непосредственным образом связаны со свойствами (кривизной) пространства-времени, а 5-мерная теория Калуцы и ее дальнейшие обобщения свидетельствуют о наличии такой связи для электромагнитных и других взаимодействий.

Наш подход основан на теории систем отношений, развитой в работах Ю.И. Кулакова и его учеников [9; 10], где было показано, что теория классического пространства-времени может рассматриваться как частный случай системы отношений на одном множестве элементов (точек пространства-времени). Исходя из общей теории систем отношений были найдены и другие частные виды систем отношений, соответствующие геометриям Лобачевского, Римана (постоянной положительной кривизны), симплектической и др.

Но самое главное в работах Кулакова и его учеников состояло в следующем: было показано, что по аналогичным правилам можно построить теорию систем отношений и на двух множествах элементов – теорию бинарных систем отношений, из которой следует новый тип геометрий – бинарных. Эта теория оказалась значительно проще (является более элементарной) теории систем отношений на одном множестве элементов. Из нее путем своеобразной склейки элементов из двух множеств бинарной геометрии можно получать общепринятые (унарные) геометрии на одном множестве элементов. Из этого факта следует чрезвычайно важный вывод: **классическое пространство-время уже не является первичным, а следует из более элементарной теории (геометрии) на двух множествах элементов.** Уже этот факт является продвижением в программе, провозглашенной в ранних работах Пенроуза. Назовем это первым важным следствием бинарной геометрофизики. Следует особо отметить, что теория систем отношений строится на основе своих собственных абстрактных принципов и не нуждается в привлечении понятий классической физики или общепринятой геометрии.

В наших работах [11–13] было показано, что при переходе от вещественных отношений к комплексным в самом простом (невырожденном) варианте бинарных систем комплексных отношений ранга (3,3) элементы теории (бинарной геометрии) описываются 2-компонентными спинорами [11], что означает, что **2-компонентные спиноры специально постулировать не нужно, как это делал Пенроуз, а они автоматически следуют из теории бинарных систем комплексных отношений (БСКО) ранга (3,3).** Более того, известные правила построения 4-мерных векторов из 2-компонентных спиноров представляют собой не что иное как проявления перехода от бинарной геометрии к унарной, то есть к геометрии на одном множестве эле-

ментов. Вывод теории спиноров в рамках бинарной геометрофизики можно рассматривать как второе важное следствие нашей теории.

Данный результат имеет чрезвычайно важное значение: он фактически означает ответ на фундаментальный вопрос, поставленный еще Э. Махом: «Почему пространство трехмерно?» Над этим вопросом размышляли А. Эйнштейн, А. Эддингтон, П. Эренфест и другие классики теоретической физики. Ответ на него дает бинарная геометрофизика: **4-мерность пространства-времени обусловлена тем, что в основе физического мироздания лежит бинарная система комплексных отношений минимального невырожденного ранга (3,3)**. Более того, отсюда также следует, что наш мир обладает известной сигнатурой минус два, то есть (+ - - -). А в работах Пенроуза этот факт фактически постулируется заданием (своими руками) 2-компонентных комплексных спиноров. Уже давно известна однозначная связь между видом спиноров и размерностью (а также сигнатурой) многообразия, в которое они вкладываются. Этот материал более подробно рассмотрен в наших книгах «Физика дальнего действия» (часть 1 «Природа пространства-времени») [12] «Основания физики» [13] и в ряде других публикаций. Отметим, что в рамках физики в общепринятой (унарной) геометрии удалось лишь выявить ряд замечательных свойств 4-мерной теории, но теоретически обосновать необходимость 4-мерия так и не удалось, несмотря на многочисленные предпринимавшиеся попытки. Назовем обоснование наблюдаемой размерности и сигнатуры пространства-времени третьим важным следствием бинарной геометрофизики.

В бинарной геометрофизике предлагается не ограничиваться минимальным рангом (3,3), а рассматривать БСКО более высокого ранга: (4,4) и т.д., то есть использовать своеобразное бинарное многомерие, аналогичное многомерным теориям Калуцы в общепринятой (унарной) геометрии. При этом открывается новый канал обобщения спиноров. Так, в теории БСКО ранга (4,4) 2-компонентные спиноры переходят в 3-компонентные, а в теориях систем отношений более высокого ранга спиноры обладают еще большим числом компонент. Такие спиноры были названы нами финслеровыми, поскольку переходы от бинарных систем отношений более высокого ранга к соответствующим им унарным теориям приводят к финслеровым геометриям, в которых мероопределение уже не квадратично, как в общепринятых геометриях, а задается кубичными формами или выражениями с еще большей степенью составляющих. Этот факт означает, что **квадратичное мероопределение в обычных (унарных) геометриях обусловлено именно минимальным невырожденным рангом (3,3)**. Если бы наш мир раскрылся на основе БСКО ранга (4,4), то он был бы, во-первых, 9-мерным, а во-вторых, в нем было бы кубичное мероопределение. Назовем этот факт четвертым принципиально важным следствием бинарной геометрофизики.

2. Квантово-механические закономерности и основания теории пространства-времени

Вернемся к исходным посылкам твисторной программы Пенроуза. Как уже отмечалось, им ставилась задача вывода из первичной комплексной структуры не только классического пространства-времени, но и квантово-механических закономерностей. Как нам представляется, решение этой задачи в твисторной программе вызвало большие трудности. Конечно, как комплексная первоструктура физического мироздания, так и спинорные свойства материи, несомненно, относятся к закономерностям квантовой механики, но этого далеко недостаточно для решения поставленной задачи. Судя по всему, Пенроуз это отлично сознает. Так, в Институте философии РАН при обсуждении вопроса о квантовой обусловленности природы сознания Пенроуз заявил, что при современном состоянии (понимании) квантовой теории этот вопрос вряд ли удастся решить.

Пенроуз не удовлетворен общепринятой интерпретацией квантовой механики. Так, обсуждая прогресс, достигнутый в физике XX века, он в своей книге пишет: «На этом фоне выделяется общая теория относительности Эйнштейна, которая представляет, на мой взгляд, высшее достижение этого века. Большинство физиков таковым, по-видимому, считают квантовую механику (и квантовую теорию поля). Я не могу разделить это мнение. Хотя квантовая теория, несомненно, объяснила несравненно больше, чем общая теория относительности, и в гораздо более широком классе различных явлений, я считаю, что эта теория пока не достигла той степени согласованности, которая необходима для *настоящей* теории. Проблему составляет, конечно, парадокс измерения. На мой взгляд, квантовая теория неполна. Когда она достигнет необходимой полноты (а я надеюсь, что в XXI веке это произойдет), она, несомненно, станет еще большим достижением, нежели общая теория относительности Эйнштейна. В самом деле, такая полная квантовая механика должна включить теорию Эйнштейна как предельный случай больших масс и расстояний» [2. С. 838].

В своих более ранних работах с соавторами, Пенроуз писал: «Теория твисторов является попыткой создания такого формализма, в котором на первый план выдвигается новый геометрический подход к описанию физических явлений. В основе этого подхода на начальном этапе лежит пересмотр геометрии специальной теории относительности. Одним из главных мотивов такого пересмотра явилась мысль о том, что должна существовать более тесная, чем в традиционной теории, связь между структурой пространства-времени и квантовой механикой, ибо квантовая теория имеет не менее важное значение, чем теория относительности, для выяснения природы физических процессов» [7. С. 78]. В другой работе повторяется эта мысль: «Есть надежда, что в рамках общей твисторной программы удастся достигнуть более глубокого понимания между квантовой механикой или квантовой теорией поля (неразрывно связанными с теорией функций ком-

плексного переменного) и классической структурой пространства-времени» [7. С. 251].

В связи с этим хотелось бы напомнить слова, сказанные на заре становления квантовой теории одним из ее создателей Л. де Бройлем: «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? Было бы удивительно, если бы оказалось возможным когда-нибудь исключить из физической теории понятия, представляющие самую основу нашей повседневной жизни. Правда, история науки показывает удивительную плодотворность человеческой мысли и не стоит терять надежды. Однако пока мы не добились успеха в распространении наших представлений в указанном направлении, мы должны с большими или меньшими трудностями втиснуть микроскопические 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» [14. С. 187]. Эти слова Л. де Бройля оказались пророческими, – до сих пор не затухают дискуссии об интерпретации квантовой теории, а в последнее время интерес к данной проблеме даже усиливается.

Наша бинарная геометрофизика позволяет продвинуться в решении задачи, поставленной Л. де Бройлем, а также близкой проблемы, сформулированной Р. Пенроузом. Главное содержится уже в определении бинарной геометрофизики – она строится на двух множествах элементов, одно из которых следует сопоставить начальным состояниям квантовых систем, а второе – конечным состояниям. Тогда комплексные отношения между элементами двух множеств можно интерпретировать как прообраз квантовомеханической амплитуды вероятности перехода системы из начальных в конечные состояния.

Несмотря на то что современная квантовая механика формулируется на базе дифференциальных волновых уравнений, которыми якобы описывается непрерывная эволюция квантовых систем, на самом деле физическим смыслом обладают лишь вероятности переходов из одних (начальных) состояний систем в другие (конечные) состояния. Таковыми являются вероятности переходов атомов из одних состояний в другие посредством излучения или поглощения электромагнитных квантов или вероятности обнаружения фотонов или частиц в том или ином месте экрана и т.д. Важен результат – вероятность перехода, вычисляемая квадратично через амплитуды, а это и означает реляционный характер эволюции, через отношения между состояниями.

Напомним, что Дирак в своем варианте аксиоматики квантовой механики [15] ввел наряду с пространством векторов состояний еще пространство

со-векторов состояний, так что в его аксиоматике скалярное произведение векторов из двух разных пространств (амплитуду вероятности перехода) можно трактовать как своеобразную метрику в бинарной геометрии.

Идеология аксиоматики Дирака соответствует методу S-матрицы в квантовой теории поля. Напомним, в S-матричной формулировке квантовой теории определяются начальные состояния (на минус-бесконечности) и конечные состояния (на плюс-бесконечности), и, игнорируя даже постановку вопроса о промежуточных состояниях, из самых общих принципов стремятся вывести амплитуды вероятности переходов между парами возможных состояний квантовой системы. Отметим, что в свое время предпринимались попытки построения S-матричной формулировки квантовой теории, минуя волновые уравнения поля.

Уместно заметить, что формулировка квантовой теории на основе S-матричного подхода соответствует метафизической трактовке Аристотелем понятия движения, определяемого им как переход систем из некоторого одного состояния в другое. При этом Аристотель утверждал, что два состояния определяются в возможности, тогда как должно быть нечто третье, связывающее две противоположности и тем самым определяющее действительность в виде перехода (движения). На это соответствие принципов квантовой теории в S-матричной формулировке с идеями Аристотеля неоднократно обращал внимание один из создателей квантовой теории В. Гейзенберг: «Понятие возможности, которое играет решающую роль в философии Аристотеля, в современной физике снова заняло центральное положение. Математические законы квантовой теории можно рассматривать как количественную формулировку аристотелевских понятий “дьюнамис” или “потенция”» [16. С. 393].

Все это фактически заложено в основание бинарной геометрофизики, где отдельные события классической физики (точки в геометрии) трактуются как склейки пар элементов, соответствующих некому элементарному процессу. Классическая непрерывность соответствует рассмотрению большого количества элементарных переходов.

3. Какова природа масс, времени и расстояний?

Как уже отмечалось, Пенроуз свое первое, причем, как мне представляется, главное выступление в МГТУ имени Баумана посвятил комплексным числам, спинорам и твисторам. Довольно эффективным местом в его докладе была демонстрация процедуры перехода от плоскости комплексных чисел к геометрии на 2-мерной сфере, осуществляемая посредством обратной стереографической проекции. Это, в частности, демонстрировало тот факт, что в теории Пенроуза в центре внимания оказываются изотропные векторы, через которые можно вводить две угловые координаты в классическом пространстве.

Однако здесь сразу же возникает вопрос о введении еще двух координат 4-мерного пространства-времени: радиальной и координаты времени. Многие авторы подчеркивали, что при обсуждении свойств классического пространства-времени естественно опираться на его 2+2-расщепление: на две угловые и две другие координаты (временную и радиальную). Две неугловые координаты можно ввести методом хроногеометрии, как это делали в своих работах Дж. Синг [17], Л.Я. Арифов [18] и другие авторы, а затем их дополнять двумя угловыми координатами, с которых фактически начинал Пенроуз в своей твисторной программе и которые возникают на первых этапах развития бинарной геометрофизики.

На лекции Пенроуза я задал ему двойной вопрос: «Как в твисторной программе вводится понятие метрики, то есть понятие длины? Можно ли на основе теории твисторов ответить на вопрос, поставленный еще Риманом?» Здесь мною имелся в виду не только факт введения двух неугловых координат, но хотелось услышать его мнение о природе происхождения метрики, то есть о том, что он думает о вопросе, поставленном еще в знаменитом мемуаре Б. Римана «О гипотезах, лежащих в основании геометрии». Однако содержательного ответа на этот вопрос тогда не было дано ни в узком, ни в расширенном смысле. Видимо, второй смысл не был понят, а ответ на происхождение координаты времени (тем самым и радиальной) фактически был дан на втором его докладе в МГТУ имени Баумана, посвященном космологии. Он звучал в духе общепринятого подхода к введению масс элементарных частиц посредством механизма Хиггса.

Пенроуз справедливо отмечает, что понятие времени самым непосредственным образом связано с наличием масс у элементарных частиц. Последние же в современной теории поля вводятся посредством механизма Хиггса. Напомним, в общепринятой квантовой теории поля элементарные частицы, описание которых должно удовлетворять определенным групповым симметриям, являются безмассовыми, поэтому возникает проблема введения масс. Механизм Хиггса состоит в том, что постулируется существование скалярных частиц (хиггсов), из взаимодействия с которыми возникают массы. В настоящее время предпринимается активный поиск хиггсовских бозонов.

В простейшем варианте бинарной геометрофизики, опирающемся на БСКО ранга (3,3) элементы описываются 2-компонентными спинорами; из каждого такого спинора можно построить изотропный вектор (свойство безмассовости частицы). Закон, определяющий БСКО ранга (3,3) (и более высокие ранги), допускает конформные преобразования компонент спиноров, что соответствует наличию подсистемы БСКО минимального ранга (2,2). Эта система отношений также характеризуется двумя множествами элементов, означающих расщепление каждого из множеств БСКО ранга (3,3) на два подмножества, соответствующие левым и правым компонентам массивных элементарных частиц. В строении массивных частиц фактически реализуются возможности, предоставленные теорией БСКО ранга (3,3) и ее

подсистемы ранга (2,2), – через наличие их левой и правой компонент. Сумма двух изотропных векторов (на конусе будущего) образует времени-подобный вектор, соответствующий массивной частице.

Известно, что в общепринятой теории массовое слагаемое в лагранжиане частицы возникает лишь в том случае, когда у нее имеются как левая, так и правая компоненты. Таким образом, в бинарной геометрофизике наличие массы уже обеспечено свойствами законов отношений, причем именно конформными преобразованиями (БСКО ранга (2,2)), которые в общепринятой теории приводят к гипотезе хиггсовских скалярных бозонов. Другой вопрос состоит в конкретизации значений масс элементарных частиц. Он решается чисто феноменологически введением нужной константы, значение которой из теории не следует. Наличие этой константы трактуется через поляризацию вакуума.

Несмотря на столь различный подход к появлению масс в твисторной теории Пенроуза (в общепринятой квантовой теории поля) и в нашей бинарной геометрофизике, отметим весьма остроумное описание Пенроузом извечного циклического характера эволюции Вселенной, о чем он рассказал во второй лекции в Бауманском техническом университете (4 апреля). Не вдаваясь в подробности, отметим наиболее существенную его идею. Согласно общепринятой точке зрения, когда-то в прошлом произошел Большой взрыв, после которого началось расширение Вселенной. Полагается, что в момент Большого взрыва Вселенная состояла из безмассовых частиц, главным образом фотонов. В системе из одних только безмассовых частиц понятие времени теряет силу. Затем на некоторых стадиях вступил в действие механизм Хиггса, начинают образовываться элементарные частицы разных сортов, затем появляются более сложные массивные объекты, звезды, галактики, разбегание которых ныне наблюдается.

Полагается, что и далее будет происходить расширение Вселенной, причем, согласно последним астрофизическим данным, расширение происходит с ускорением. В результате температура во Вселенной будет падать, постепенно приближаясь к нулю. От температуры зависит механизм Хиггса. При очень малой температуре он перестает действовать, так что частицы начнут терять массу. При этом будут испаряться черные дыры и Вселенная постепенно окажется составленной лишь из безмассовых частиц (фотонов).

Но, как уже отмечалось, в системе из безмассовых частиц исчезает понятие длин и времени. В системе, состоящей из частиц с изотропными векторами импульсов, их начала можно снести в одну точку. (В системах, где определены лишь импульсы, отсутствует понятие разнесенности начал векторов импульсов.) А это означает, что бесконечно расширившаяся Вселенная уподобляется Вселенной с очень малыми размерами. Бесконечно большое становится тождественным с бесконечно малым. Следовательно, эту ситуацию можно отождествить с мгновением Большого взрыва. Это значит, что Большой взрыв, с которого началось расширение нашей Вселенной, можно считать концом «бесконечного» расширения предыдущей эры суще-

ствования Вселенной. Точно так же можно считать, что конечная стадия расширения Вселенной в нашу эру означает Большой взрыв следующей эры. В итоге эволюцию Вселенной можно представить в виде бесконечной цепочки периодических смен Больших взрывов и «бесконечных» расширений отдельных эр (мировых «эонов»).

В докладе Пенроуза также ставился вопрос (задавались вопросы слушателями), отличаются ли свойства Вселенных в отдельных эрах и можно ли сквозь явление Большого взрыва рассмотреть что-либо из происшедшего в предыдущей эре.

Все это чрезвычайно остроумно, однако данные рассуждения справедливы в рамках геометрического (с элементами теоретико-полевого) подхода к природе пространства-времени. Но они становятся бессмысленными в реляционной парадигме, в частности в бинарной геометрофизике. Дело в том, что в реляционной парадигме, основанной на понятии отношений, среди первичных понятий отсутствует понятие поля. Вместо этого рассматриваются прямые межчастичные взаимодействия. Как об этом писали Фейнман и Уилер, в этой теории ничего не испускается, если нет поглотителей излучения, что подразумевается в рассуждениях Пенроуза о начальных и конечных стадиях развития Вселенной в отдельных эрах («эонах»).

4. Пространство-время и физические взаимодействия

Изложенное выше относится к вопросам оснований теории классического 4-мерного пространства-времени и пространства скоростей (импульсного пространства), на вскрытие которого, в частности, нацелены как твисторная программа Пенроуза, так и наша бинарная геометрофизика. Дальше в обеих программах необходимо строить теорию физических взаимодействий. В твисторной программе это делается введением ряда дополнительных постулатов, как правило, соответствующих общепринятым в теории поля, тогда как в геометрофизике это предлагается осуществить на основе БСКО более высокого ранга, то есть в рамках бинарного многомерия. Так, при использовании БСКО ранга (4,4) дополнительную компоненту 3-компонентного спинора можно связать с электрическим зарядом. Дальнейшее увеличение ранга БСКО до (6,6) позволяет описывать бинарный прообраз сильных взаимодействий, где 3 дополнительные компоненты 5-компонентных спиноров описывают цветовые заряды хромодинамики, а после своеобразной редукции на меньшую размерность из них выделяются два вида зарядов калибровочной модели электрослабых взаимодействий Вайнберга–Салама–Глэшоу.

Здесь может возникнуть вопрос: не противоречит ли данный переход к бинарному многомерию всему изложенному выше об обусловленности размерности, сигнатуры и квадратичного мероопределения в наблюдаемом мире именно тем, что в основании мира лежат БСКО минимального невырожденного ранга (3,3)? Противоречия нет, поскольку в бинарном многомерии

следует поступать так же, как это делается в унарном многомерии калуцевского типа. Как известно, если в 5-мерной теории Калуцы дополнительную (пространственно-подобную) координату положить равноправной с тремя явными пространственными координатами, то возникнет противоречие с наблюдаемой физикой: силы взаимодействий будут убывать обратно пропорционально кубу расстояний, а не квадратично, как это имеет место. Это устраняется тем, что дополнительная координата полагается компактифицированной. То же самое делается и в унарных геометрических теориях больших размерностей.

В бинарном многомерии нужно поступать аналогично. Из общей группы преобразований $SL(n-1, C)$ в теориях БСКО ранга (n, n) выделяются подгруппы $SL(2, C) \times SU(n-3)$. Это приводит к тому, что выделяется подсистема БСКО ранга $(3, 3)$ с группой преобразований $SL(2, C)$ для двух (внешних, то есть явных) спинорных параметров, а для оставшихся дополнительных спинорных параметров имеет место группа $SU(n-3)$. Так, в рамках названной выше теории БСКО ранга $(6, 6)$ для трех дополнительных спинорных параметров имеет место группа преобразований $SU(3)$, играющая ключевую роль в общепринятой калибровочной хромодинамике. Согласно этой теории, она описывает симметрии в так называемом внутреннем пространстве. Все замечательные свойства наблюдаемого мира по-прежнему оказываются обусловленными БСКО ранга $(3, 3)$.

Эту возможность бинарной геометрофизики можно отнести к еще одному ее замечательному следствию. Замечу, что в числе подготовленных вопросов к Пенроузу был вопрос: «Как вы относитесь к многомерным геометрическим моделям физических взаимодействий?» Однако подобный вопрос был задан одним из слушателей его лекций. Из ответа Пенроуза следовало, что он не видит положительных моментов в развитии многомерных теорий. Об этом Пенроуз писал и в своей книге: «Я не вижу причин, по которым теории, в которых размерность пространства-времени превышает непосредственно наблюдаемую (а именно $1+3$), могла бы сама по себе вести нас в направлении более полного *физического* понимания» [2. С. 837].

5. Реляционный и субстанциональный подходы к природе пространства-времени и мироздания

Но самое главное расхождение твисторной программы Пенроуза и нашей бинарной геометрофизики состоит в принципиальном различии используемых метафизических парадигм. Твисторная программа Пенроуза фактически опирается на общепринятую теоретико-полевою парадигму, в которой пространство-время представляет собой самостоятельную сущность. В общепринятой квантовой теории поля оно априорно задано, и в твисторной программе Пенроуза ищется лишь его переформулировка на базе более элементарных понятий: спиноров или твисторов.

Наша же бинарная геометрофизика строится в рамках реляционной парадигмы, в которой среди первичных понятий отсутствует пространственно-временное многообразие. Вместо него задаются отношения между событиями или физическими объектами. В классической геометрии в качестве таких отношений выступают расстояния или интервалы, в физической теории таковыми являются лагранжианы взаимодействия. Самым существенным в реляционном подходе является наличие материальных объектов (событий с их участием), между которыми они устанавливаются. Если нет материальных объектов, то теряют всякий смысл понятия пространства и времени, независимо от того, через какие более элементарные понятия они описываются.

Имеется принципиальное различие между задачей переформулировки понятия пространства-времени через более элементарные понятия и проблемой вывода классических пространственно-временных отношений из неких более элементарных физических закономерностей. Последнее означает отказ от пространства-времени, введение вместо него чего-то иного, более элементарного, причем физического характера, и затем вывода из него понятия пространства-времени в качестве вторичного удобного понятия. Эту задачу невозможно решить в рамках общепринятого ныне теоретико-полевого подхода, поскольку понятие поля нуждается в так или иначе заданном пространственно-временном многообразии, на котором оно определяется. Данную задачу не удастся решить и в геометрической парадигме, в которой сформулирована общая теория относительности, поскольку понятия этой теории также нуждаются в наличии пространственно-временного многообразия, которое в этой теории лишь искривляется (может закручиваться, растягиваться и т.д.)

Решение поставленной задачи возможно лишь в рамках реляционного подхода, в котором вместо пространства-времени вводится система отношений между физическими объектами, а последние могут описываться теорией абстрактных систем отношений (как унарных, так и более элементарных бинарных). Здесь особо следует подчеркнуть, что в реляционном подходе физические взаимодействия выступают в качестве отношений между объектами. В отсутствии априорно заданного пространства-времени взаимодействия уже не могут трактоваться в терминах поля – полям теперь не по чему распространяться. В реляционной теории вместо концепции близкодействия используется концепция дальнодействия, в XX веке развивавшаяся в работах А. Фоккера [19], Я.И. Френкеля, Р. Фейнмана [20], Ф. Хойла [21] и ряда других авторов.

Характерной чертой концепции дальнодействия является то, что ничто не может излучиться, если нет приемника этого излучения. В первую очередь это касается электромагнитного излучения. А в космологической модели циклической Вселенной, о которой рассказывал Пенроуз в одной из своих лекций, говорилось о Вселенной, состоящей из одних лишь фотонов в отсутствии массивных частиц (приемников излучения).

Напомним, что реляционный подход к мирозданию был основан в работах Г. Лейбница, развивался в немецкой физической школе середины XIX века, затем отстаивался Э. Махом. Эйнштейн, создавая общую теорию относительности, был уверен, что реализует именно реляционные идеи Маха. Он говорил: «Мах в девятнадцатом столетии был единственным, кто серьезно думал об исключении понятия пространства, которое он пытался заменить представлением о всей сумме расстояний между всеми материальными точками» [22. С. 48]. Он же и ввел термин «принцип Маха».

В последнее время возрос интерес к реляционному подходу в физике. В частности, об этом пишет в одной из своих книг Б. Грин, ярый сторонник суперсимметричного подхода и теории струн, развивающихся в рамках теоретико-полевого подхода: «Готфрид Лейбниц и другие шумно спорили, провозглашая, что пространство и время – всего лишь регистрационные приборы для удобной записи соотношений между объектами и событиями во Вселенной. Положение объекта в пространстве и во времени имеет смысл только в сравнении с другим объектом. Пространство и время есть лишь словарь для разговора об этих отношениях, ничего больше. Несмотря на то, что точка зрения Ньютона, поддержанная его тремя экспериментально проверенными законами движения, господствовала в течение более двух сотен лет, концепция Лейбница, развитая австрийским физиком Эрнстом Махом, гораздо ближе к современной картине» [23. С. 242].

В связи с наличием двух концепций в понимании природы пространства-времени (реляционной и субстанциональной) у меня было подготовлено несколько вопросов к Пенроузу. Приведу несколько из них:

1. Каково Ваше мнение об априорном характере пространства-времени в современной теоретической физике? Как Вы считаете, доколе мы будем подкладывать готовое пространство-время под все наши теоретические построения?

2. Каково Ваше отношение к концепции дальнего действия и реляционного характера пространственно-временных отношений, отстаиваемых Г. Лейбницем, Э. Махом и другими авторами?

3. Известно, что Эйнштейн, создавая общую теорию относительности, был уверен, что реализует реляционные идеи Маха. Однако, когда ОТО была создана, понял, что принцип Маха в ней не содержится. Каково Ваше отношение к принципу Маха и как Вы его понимаете?

Полагаю, что из его лекций и книг можно было получить частичный ответ лишь на первый из этих вопросов. Два других остались для меня без ответа.

6. Статистический подход к природе пространства-времени

Нельзя сказать, что проблему вывода пространства-времени Пенроуз не рассматривал. В своих лекциях в Москве он об этом не говорил, но в его статьях и книгах можно найти рассуждения на эту тему. Так, представляется

интересным и принципиально важным следующее высказывание на этот счет в совместной статье Р. Пенроуза и М.А.Х. Мак-Каллума, написанной по материалам лекций Пенроуза, прочитанных в Кембридже в 1970 г.: «Скорее, следует думать о квантовании самого пространства-времени. Под этим нужно понимать не простую замену континуума дискретным множеством точек (хотя такие попытки предпринимались), а скорее отыскание способа, при котором точки «размазываются», так же как размазываются частицы в квантовой теории». Далее писалось: «В предшествующих работах (они указываются. – Ю.В.) было показано, что можно ввести понятие евклидова пространства, исходя из предела вероятностей взаимодействия большой сети частиц, квазистатически обменивающихся спинами. При таком подходе евклидова структура возникает из комбинаторных правил, которым удовлетворяет полный угловой момент в нерелятивистской квантовой механике. <...> Мы надеемся, что развитие твисторной теории приведет в конечном счете к построению лоренцевых многообразий, которые будут служить моделями пространства-времени. Конечно, точки пространства-времени являются вторичными величинами в твисторном формализме, а основную роль играют сами твисторы. Однако комплексный континуум по-прежнему занимает важное место в наших рассуждениях. Комплексные числа и голоморфные функции, которые составляют основу современной физики элементарных частиц, оказываются связанными с самой структурой пространства-времени» [7. С. 132–133].

Здесь нам представляются важными слова об истоках понятия пространства-времени в виде «предела вероятности взаимодействий большой сети частиц, квазистатически обменивающихся спинами» и упоминание о комбинаторном способе вывода пространства. Эти соображения соответствуют уже давно обсуждаемой в литературе идее о макроскопической (статистической) природе классического пространства-времени. Она состоит в том, что комплекс понятий классического пространства-времени справедлив лишь для достаточно больших (сложных) систем из элементарных частиц – макросистем – и возникает в результате своеобразного наложения (суммирования) огромного количества факторов, присущих микрообъектам. Высказывалось мнение, что многие привычные понятия геометрии и физики можно уподобить таким понятиям термодинамики, как давление или температура.

Проблема вывода классического пространства-времени на основе идеи о его макроскопической природе рассматривалась рядом авторов. Так, Е. Циммерман в своей работе «Макроскопическая природа пространства-времени» писал: «Пространство и время не являются такими понятиями, которые имеют смысл для отдельных микросистем. (...) Наиболее фундаментальным следствием взаимодействия огромного числа таких микросистем является образование пространственно-временной решетки, которая приводит к справедливости классических понятий пространства и времени, но только в макроскопической области» [24].

Неоднократно высказывался по этому вопросу наш соотечественник, известный геометр П.К. Рашевский, пришедший к данной идее со стороны геометрии. В хорошо известной всем физикам-релятивистам монографии «Риманова геометрия и тензорный анализ» он писал: «Между тем 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 – далеко еще не разгаданных – при суммарном наблюдении огромного числа микроявлений» [25. С. 258].

Более определенно о статистическом происхождении метрических отношений говорил Д. ван Данциг: «Можно быть склонным рассматривать метрику как описывающую некое “нормальное” состояние материи (включая излучение), и дать ей *статистическую* интерпретацию как некоторый вид среднего физических характеристик окружающих событий, вместо того, чтобы класть ее в основу всей физики» [26].

Заметим, что в приведенном выше высказывании из статьи Пенроуза и Мак-Каллума 40-летней давности имеются настораживающие моменты, свидетельствующие о непоследовательности выдвинутой программы: с одной стороны, провозглашается вывод пространства-времени из спиновых сетей, а с другой стороны, сохраняется первичный континуум – говорится о сохранении комплексного континуума, о размазывании точек (по континууму).

7. Идея спиновых сетей Пенроуза 40 лет спустя

Р. Пенроуз в своей книге «Путь к реальности, или Законы, управляющие Вселенной», написанной почти 40 лет спустя после провозглашения твисторной программы и выдвижения идеи спиновых сетей анализирует вопрос: «Действительно ли пространственно-временной континуум вещественных чисел, почти универсально используемый физической теорией, представляет собой подходящую математическую основу для описаний устройства Природы». В связи с этим он пишет: «Мы уже видели, что подход к квантовой гравитации, реализуемый формализмом петлевых переменных, начинает уводить нас от стандартной картины непрерывного и плавно меняющегося пространства-времени к чему-то имеющему более дискретный топологический характер. Тем не менее некоторые физики провозглашают необходимость гораздо более радикального пересмотра идей пространства-времени и более глубокого проникновения в природу «квантованного пространства-времени». Первоначальная (хотя и ограниченная) идея спиновых сетей имеет полностью дискретный характер, однако стандартная картина петлевых переменных все еще опирается на непрерывную природу 3-пространства, в которое должны быть погружены «спиновые сети». В этой последней схеме мы не получаем полностью дискретного и явно «комбинаторного» фона, который некоторые считают необходимым для описания

Природы в ее самых малых масштабах. Предлагались различные идеи, в корне отличные по своему характеру от начальной схемы спиновых сетей или спиновой пены, целью которых было построение полностью дискретной комбинаторной картины мира» [2. С. 794].

Далее Пенроуз кратко упоминает предлагавшиеся пробы построения дискретной модели мира: p -адическую модель Ахмаваара, геометрию причинных множеств Рафаэля Соркина, кватернионную геометрию Давида Финкельштейна, октонионную физику Корин Манога и Тевiana Дрея, скелетный вариант квантовой теории гравитации Тулио Редже, модели на основе теории топосов или теории категорий и т. д. При этом он отмечает главные недостатки перечисляемых дискретных моделей мира.

Не углубляясь в более подробный их анализ, Пенроуз описывает «совершенно иное семейство идей, а именно *теорию твисторов* (которой я сам посвятил уже более 40 лет!), где никакой дискретности на пространство-время специально не накладывается. Вместо этого точки пространства-времени лишаются той первичной роли, которую они всегда играли в физической теории. Пространство-время становится (вторичной) конструкцией, построенной из более примитивных твисторных элементов. Теория твисторов имеет некоторое отношение к теории спиновых сетей и к переменным Аштекера, а возможно, и к некоммутативной геометрии, однако она не приводит непосредственно к какому-либо понятию «дискретного пространства-времени». Ее отход от континуума вещественных чисел происходит в противоположном направлении – в качестве руководящего принципа для физики она выбирает *магию комплексных чисел*. Согласно теории твисторов, комплексным числам принадлежит основополагающая роль в определении структуры пространства-времени в дополнение к известной фундаментальной роли таких чисел в квантовой механике. Здесь ощущается возможность присутствия важной связующей нити между физикой самых больших и самых малых масштабов» [2. С. 797].

Исходя из изложенного можно сделать вывод, что Пенроуз отошел от первоначального (в какой-то степени непоследовательного) варианта вывода пространственно-временных представлений из дискретной модели спиновых сетей и фактически заменил эту задачу переформулировкой теории пространства-времени на основе теории твисторов. Это ему позволило остаться в рамках общепринятой теоретико-полевой парадигмы в физике и использовать имеющиеся в ней понятия и методы, в частности калибровочный подход и механизм Хиггса.

8. Реляционно-статистическая природа пространства-времени

В приведенных выше высказываниях о желательности макроскопического подхода к геометрии и физике, как правило, не называются факторы из физики микромира, подлежащие суммированию. В качестве намеков можно рассматривать идею спиновых сетей в твисторной программе Пенроуза

уза. Другой намек можно усмотреть в фейнмановской теории квантования на основе суммирования по историям, однако эта теория опирается на уже готовое классическое пространство-время.

На основе принципов бинарной геометрофизики можно указать конкретный путь реализации идеи макроскопической природы классического пространства-времени и многих понятий общепринятой физики.

В приведенном выше высказывании ван Данцига говорится о событиях окружающего мира как источниках понятия метрики. Вместо событий можно говорить о неких процессах. В связи с этим напомним, что бинарная геометрофизика предназначена для описания элементарных звеньев процессов. Но тогда спрашивается: какие процессы следует считать ответственными за происхождение классических пространственно-временных отношений?

В бинарной геометрофизике предлагается рассматривать в качестве таковых процессы *электромагнитных взаимодействий* в окружающем мире. Дело в том, что, поскольку в реляционном подходе фотоны не распространяются по так или иначе заданному пространству-времени, вместо этого создается комплексная матрица отношений между излучателем и всеми возможными поглотителями, которая определяет амплитуду вероятности поглощения фотона тем или иным поглотителем. Следовательно, каждым фотоном устанавливается комплексное отношение между любыми парами поглотителей. Но испущенных и пока не поглощенных фотонов чрезвычайно много. Предлагается из этих комплексных отношений формировать понятия пространственно-временных отношений.

В ряде наших работ [11–13] приводится ряд аргументов в пользу данного утверждения. Их подробное изложение выводит за пределы данной статьи, нацеленной на сопоставление идей и позиций, положенных в основание твисторной программы Пенроуза, развиваемой в Англии, и нашей программы бинарной геометрофизики, развиваемой на физическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова.

Заключение

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что выступления Р. Пенроуза в Москве и его работы позволили обратить внимание широкой общественности на чрезвычайно важные фундаментальные проблемы современной физики. Из них следует особо выделить, как нам представляется, наиболее важную проблему теоретической физики XXI века – вывод классических пространственно-временных представлений из более элементарных физических закономерностей, вместо того, чтобы продолжать подкладывать априорно заданное пространство-время под все наши теоретические построения. Только решив эту проблему, разобравшись в том, чем оно обусловлено, можно будет поставить чрезвычайно важную практическую задачу: как можно воздействовать на пространство и время, изменять расстояния и влиять на промежутки времени. Есть основания полагать, что решение этой за-

дачи откроет перед человечеством необъятные фантастические перспективы.

Завершим статью словами Пенроуза: «Конечно, совсем не исключено, что когда-нибудь будет создана теория, которая сможет описывать природу лучше, чем теперешняя, и вместе с тем эта новая теория окажется несовместимой с представлением о пространстве-времени как о дифференцируемом многообразии. На такую возможность не следует закрывать глаза, но в то же время полезно подумать и о том, почему современный подход является таким прекрасным приближением при описании удивительно широкого круга явлений» [7, с. 11].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пенроуз Р.* Новый ум короля. – М.: Едиториал УРСС, 2003.
2. *Пенроуз Р.* Путь к реальности, или Законы, управляющие Вселенной. – М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований. НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007.
3. *Владимиров Ю.С.* Метафизика. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 1-е издание 2002, 2-е издание 2009.
4. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. Книга 1-я «Диамату вопреки». – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010.
5. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. Книга 4-я «Вслед за Лейбницем и Махом». – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.
6. *Владимиров Ю.С.* От квантования гравитации к реляционно-статистической теории пространства-времени // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. – 2013. – № 1 (2). – С. 5–19.
7. *Пенроуз Р.* Структура пространства-времени. – М.: Мир, 1972.
8. *Пенроуз Р., Риндлер В.* Спиноры и пространство-время. – М.: Мир, 1987.
9. *Кулаков Ю.И.* Теория физических структур. – М.: 2004.
10. *Михайличенко Г.Г.* Математические основы и результаты теории физических структур. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2012.
11. *Владимиров Ю.С.* Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. Ч. 1: Теория систем отношений. – М.: Изд-во Московского университета, 1996.
12. *Владимиров Ю.С.* Физика дальнего действия. – Ч. 1: Природа пространства-времени. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.
13. *Владимиров Ю.С.* Основания физики. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
14. *Бройль Л., де.* Революция в физике. – М.: Госатомиздат, 1963.
15. *Дирак П.А.М.* Принципы квантовой механики. – М.: Физматгиз, 1960.
16. *Гейзенберг В.* Физика и философия. Часть и целое. – М.: Наука, 1989.
17. *Синг Дж.Л.* Общая теория относительности. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1963.
18. *Арифов Л.Я.* Общая теория относительности и тяготение. – Ташкент: Изд-во «ФАН», 1983.
19. *Fokker A.D.* Ein invarianter Variationssatz fur die Bewegung mehrerer electrischer Massenteilchen // Z. Phys. – 1929. – Bd. 58. – S. 386–393.
20. *Wheeler J.A., Feynman R.P.* Interaction with the absorber as the mechanism of radiation // Rev. Mod. Phys. – 1945. – Vol. 17. – P. 157–181.
21. *Hoyle F., Narlikar J.V.* Action at a distance in physics and cosmology. – San Francisco: W.N. Freeman and Comp., 1974.

22. *Эйнштейн А.* Как создавалась теория относительности // Эйнштейновский сборник, 1980–1981. – М.: Наука, 1985. – С. 9.
23. *Грин Б.* Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. – М.: Едиториал УРСС, 2004.
24. *Zimmerman E.J.* The macroscopic nature of space-time // Amer. Journ. of Phys. – 1962. – V. 30. – P. 97–105.
25. *Рашиевский П.К.* Риманова геометрия и тензорный анализ. – М.: Наука, 1967.
26. *Dantzig D. van.* On the relation between geometry and physics and concept of space-time // Funfzig Jahre Relativitatstheorie. Konferenz Bern, Basel. – 1955. – Bd. 1. – S. 569.

PENROSE'S TWISTOR PROGRAM AND BINARY GEOMETROPHYSICS

Yu.S. Vladimirov

A comparison has been made of R. Penrose's twistor program and binary geometrophysics aimed to theoretically base the properties of classical space-time and laws of quantum theory. The key problems in fundamental physics have been addressed: the complex foundation of the theory of space-time, the ground of dimension and signature of space-time; the nature of the concept of a metric, the interpretation of quantum theory, relational and substational approaches to the Physical Universe.

Key words: Space-time, spinors, dimension, twistor, systems of references, binary geometrophysics, relational theory.