DOI: 10.22363/2224-7580-2020-2-50-61

МОДЕЛЬ ФИЗИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ КАК ТРАЕКТОРИЯ СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА ВО ВНЕШНЕМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ ВРЕМЕНИ[1]

А.В. Коганов[2]

Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук

Рассмотрена модель физического пространства-времени в форме следа от случайного блуждания на носителе некоторой конечно порождённой алгебры. Порождающее множество элементов рассматривается как набор начальных событий физического мира, а все точки, порождённые блужданием, интерпретируются как их следствия. Особые свойства такой модели позволяют получить интересные выводы о возможных причинах псевдоевклидовой метрики нашего мира и его размерности 3+1. Получают свое объяснение такие эффекты, как расширение Вселенной с малым ускорением, гравитационная деформация метрики и суперпозиция состояний квантовых частиц. Возникает эффект дуальности описания физических взаимодействий как дальнодействие или близкодействие.

Ключевые слова: модель физического пространства-времени, теория случайных процессов, принцип дополнительности дальнодействие и близкодействие.

Введение

Традиционный подход к моделированию физического пространства-времени заключается в использовании одной из геометрических концепций, в которых само пространство как множество точек рассматривается в качестве исходного понятия, а моделирование сводится к выбору той или иной метрики и топологии на этом множестве. Точки пространства-времени интерпретируются как заранее заготовленные вместилища потенциально возможных объектов или их взаимодействий (событий). Модели этих событий и объектов

[1] *Работа выполнена по теме государственного задания 0065–2019-0007.*

[2] E-mail: akoganov@yandex.ru

составляют предмет специальных областей физики. Этот принцип моделирования использовался в релятивистской физике, где состояние объекта, располагающегося в точке или малой области пространства, влияет на локальную геометрию этой области и даже далёких зон.

Этому подходу оппонирует реляционная концепция, в которой пространство рассматривается как вспомогательная конструкция для обобщённого описания взаимодействия физических объектов. В реляционном подходе базовыми понятиями являются измеряемые параметры наблюдаемых объектов. Пространство и метрика в нем рассматриваются как описание интенсивности взаимодействия этих объектов, причём большие расстояния соответствуют малой интенсивности. Этот взгляд на природу пространства и времени активно развивается в настоящее время, и на этом пути имеются очень интересные достижения. Одной из особенностей такого подхода является доминирование дальнодействия над близкодействием при описании взаимодействий. Моделируется прямое действие одного объекта на другой. Промежуточная позиция действующего фактора регистрируется только при наличии третьего объекта, который может перехватить действие у исходного объекта, причем интенсивность действия на него оказывается выше, чем на первоначальный адресат. Таким образом, актуально существующее непрерывное поле взаимодействия предполагает наличие очень большого множества объектов, способных перехватывать действие друг у друга. Но когда взаимодействует только пара объектов, можно говорить о реально существующем дальнодействии.

Уже это рассмотрение наводит на мысль об относительности понятия дальнодействия и близкодействия в зависимости от условий и способов измерения взаимодействия. Например, в пузырьковой камере наблюдается почти непрерывная траектория кванта, поскольку имеется много конкурирующих частиц, готовых его поглотить или частично распылить энергию. А в вакууме можно наблюдать только источник и детектор взаимодействия без промежуточных позиций. В классической теории мы додумываем промежуточные позиции кванта как места возможных реакций, если бы там что-нибудь находилось. И само пространство в этом подходе становится идеальным (не объективно наблюдаемым) объектом потенциально возможных позиций.

Обе точки зрения имеют свои достоинства и недостатки. Главной слабостью геометрического подхода является эмпирическая недоказуемость наличия непрерывного носителя взаимодействия в пустом пространстве. Главная слабость реляционного подхода заключается в необоснованности наличия в физическом мире устойчивой метрики, которая должна очень сильно зависеть от набора частиц и формы их взаимодействия.

В этой статье мы рассмотрим промежуточный подход, в котором пространство-время формируется как траектория некоторого математического процесса в формальном математическом времени. Причём формальное время непосредственно не наблюдается, но наблюдаются значения процесса, имеющие смысл событий физического мира. Эти события накапливаются по мере хода формального времени и в пределе создают структуру, в которой естественной метрикой является метрика, близкая к релятивистской.

На каждом конечном отрезке генерации событий модельное пространство-время дискретно и даже конечно. На каждом такте генерации реализуется акт дальнодействия, когда формируется новое удалённое событие. Но на последующих шагах генерации постепенно формируется облако событий, создающих непрерывный переход между событиями исходного дальнодействия.

На данном этапе развития теории отдельные частицы и классы частиц не моделируются. Задачей является формирование метрики на множестве событий, включая некоторые эффекты гравитации. К серьёзным успехам такого подхода следует отнести обоснование сигнатуры релятивистской метрики, размерности пространства-времени 3+1, возникновение гравитационных неоднородностей метрики при общей плоской картине. Разумеется, нерешённых вопросов осталось гораздо больше.

1. Качественное описание модели

Предлагается модель пространства-времени, полученная как индуктивный предел дискретного блуждания в линейном пространстве. Иными словами, точки пространства-времени возникают последовательно, а всё множество построенных точек образует модель физического пространства-времени. Эти точки играют роль событий в терминологии теории относительности. А всё множество событий заполняет конус в линейном пространстве. Это интерпретируется как причинная связь всех порождённых событий с начальным событием в вершине конуса. Шаги порождения точек образуют внешнее время, которое не рассматривается как наблюдаемая величина. Роль физического времени в этой модели играет смещение события вдоль оси конуса. Численное выражение времени и пространственных координат определяется базисом в линейном пространстве. Та из координатных осей, которая проходит внутри конуса, играет роль координаты физического времени. Для моделирования направленного необратимого времени используется генерация одностороннего конуса. Тогда координата времени любого построенного события неотрицательная. При этом сам процесс генерации может порождать события как в будущем, так и в прошлом относительно последнего построенного события. Но каждое порождённое событие всегда находится в конусе причинности или следствия для события предшественника. И все события находятся в конусе следствий нулевой точки (вершины конуса). Систему координат, в которой имеется ось времени (в указанном смысле), можно интерпретировать как физическую систему отсчёта.

При таком подходе пространство-время можно рассматривать как реляцию, порождённую отношениями расстояний на событиях. А события порождаются процессом, непосредственно с метрикой не связанным. От метрики требуется инвариантность относительно тех преобразований координат, которые сохраняют алгоритм генерации. В частности, эти преобразования должны сохранять конус, заполняемый продукцией алгоритма. Это означает, что среди квадратичных норм подходят только псевдоевклидовы метрики. Если же алгоритм содержит линейные операции, то преобразования должны быть линейными, а это оставляет только группу Лоренца и метрику Минковского как единственно подходящую. Заметим, что при размерности выше двух требование сохранения формы и ориентации всех конусов из семейства параллельных сдвигов одного конуса уже означает линейность преобразования пространства.

Операции, порождающие каждый шаг блуждания, выбраны таким образом, чтобы траектория блуждания заметала круговой конус полной размерности в пространстве. Для такой алгебры, содержащей линейные операции, полной группой автоморфизмов будет группа Лоренца. В случае, когда генерация порождает всюду плотное заполнение конуса точками блуждания, в конусе порождается плоская геометрия Минковского. Если индуктивный предел множества точек блуждания содержит в сечениях конуса пустые области, то геометрия геодезических путей в предельном заполнении конуса соответствует искривлённому пространству, что порождает метрику с гравитацией. Ось конуса интерпретируется как ось времени. В проекции на эту ось блуждание по построению всегда асимптотически плотное. Особую роль играет модель размерности 4 с трехмерным пространством и одномерным временем. Это минимальная размерность, в которой появляется гравитация. При размерностях выше четырёх плотность точек генерации в пространственно-подобной проекции становится низкой, что соответствует коллапсу геометрии: в ней события распадаются на отдельные связные области. Это означает, что дальнодействие в таком пространстве времени для некоторых актов взаимодействий носит абсолютный характер и не заменяется в процессе генерации на вторичное близкодействие. Новые события не создают непрерывных траекторий между парами удалённых событий.

Другим интересным свойством такой модели с размерностью 3+1 является почти плоская геометрия с отдельными островами значительной кривизны. Это соответствует наблюдениям за геометрией реального пространства-времени. Понятие близкодействия в таком формализме становится относительным и зависит от способа измерения наблюдаемого процесса. Если измерение использует малое число этапов генерации, наблюдается дискретная генерация событий с большими интервалами метрики, что воспринимается как дальнодействие. При наблюдении большого числа этапов генерации происходит плотное заполнение интервалов между возникшими событиями, что создаёт эффект непрерывных процессов причинной связи между ними (близкодействие).

2. Конструкция модели

В данном разделе даётся краткое описание математического аппарата, использованного в описанной выше модели. Изложение достаточно полное для строгого понимания. Однако оно требует определённого переключения читателя на технический аспект данной теории. Для общего понимания семантики полученных результатов изучение этого раздела не требуется.

Общим требованием к моделям такого типа является контравариантность любой используемой операции по отношению к действию группы Лоренца.

При смене системы отсчёта результат такой операции преобразуется тем же оператором, что и все её операнды: $f(u \circ X) = u \circ f(X)$. Заметим, что при этом отображение, которое осуществляет операция, является инвариантом преобразования системы отсчёта.

Особо надо рассмотреть контравариантность к дилатации, которая моделирует изменение масштабов на шкале приборов, измеряющих пространство и время. Поскольку модель пространства-времени строится как асимптотически непрерывная, процессы генерации событий должны быть инвариантны относительно смены масштаба измерения.

Условие контравариантности позволяет считать генерацию точек (событий) с помощью данной системы операций физическим процессом. Получен общий вид таких операций:

$$\vec{f}(x|_1^m) = \sum_{i=1}^{n} a_i \left(\Lambda_M(x|_1^m), \sec(x|_1^m) \right) x_i e_i \ .$$

Здесь $x|_1^m$ кортеж векторов, аргументов операции; это набор пространственно-временных координат тех событий, которые участвуют в порождении нового события с помощью данной операции. Значение операции это тоже набор координат нового события.

Функция операции квазилинейна с коэффициентами a_i, зависящими от указанных аргументов; эти аргументы инвариантны относительно преобразований Лоренца и дилатаций.

Функция sec распознает сектор конуса, где лежит каждый аргумент: это кортеж чисел $\pm 1; 0$ вида $\sec(x|_1^m) = \left\langle \mathrm{sign}((x_1)_0), \ldots, \mathrm{sign}((x_m)_0) \right\rangle$. Эти секторы имеют простой геометрический смысл: положительная или отрицательная проекция на ось конуса (знак нулевой координаты) для каждого вектора. Вершине соответствует значение ноль. Эти секторы не меняются при дилатации всех аргументов или после преобразования Лоренца. Заметим, что хотя все события, полученные в процессе генерации, имеют положительную нулевую координату, аргументы операции могут содержать разности таких векторов, у которых возможны разные знаки этой проекции.

Аргумент Λ_M образует кортеж нормированных скалярных произведений Минковского для всех пар аргументов.

$$\Lambda_M(x|_1^m) =_{def:} \left\langle (x_i, x_j)_M \,/ \left(\|x_i\|_M \cdot \|x_j\|_M \right) | \, i, j = \overline{1, m} \right\rangle .$$

Это матрица чисел, которая также не меняется при дилатациях и преобразованиях Лоренца. Поэтому при этих преобразованиях коэффициенты операции не меняются. Это обеспечивает её контравариантность относительно действия этой группы. Можно показать, что все операции с таким свойством имеют указанный вид.

В релятивистской квантовой механике имеются процессы, для которых можно говорить о минимально возможном измеряемом размере интервала в пространстве-времени. Например, это процесс измерения длины или времени одним квантом (планковский интервал). Другой пример, это гидро/газодинамика, где имеется переход к квантовым эффектам на масштабах нескольких молекул. При изучении таких явлений не работает принцип относительности к изменению масштабов. Если отказаться от требования контравариантности относительно дилатации, то общий вид контравариантной операции несколько изменяется. Точнее, меняется матрица Λ_M в аргументах коэффициентов линейной формы. Нормировать скалярные произведения уже не нужно:

$$\Lambda_M(x|_1^m) =_{def:} \left\langle (x_i, x_j)_M \mid i,j=\overline{1,m} \right\rangle.$$

В дальнейшем будем называть выбранную группу инвариантности физической теории группой относительности. Операции генерации физических событий должны быть контравариантны относительно этой группы.

Имеется два типа моделей блуждания: новая точка строится через алгебраические операции над точками, случайно выбранными из уже построенных событий, и новая точка генерируется заданным случайным процессом, использующим векторные параметры. При этом понятие контравариантности распространяется на такие случайные процессы: требуется, чтобы преобразование параметров некоторым оператором из группы относительности соответствовало применению того же оператора к распределению вероятностей результата при старом значении параметра. Если T – параметр шагов генерации событий, а z – набор параметров блуждания, на которых определено действие оператора, то контравариантность к преобразованию u выражается условием

$$pr\{x(T+1)\in V \mid u\circ x(T), u\circ z\} = pr\{x(T+1)\in u\circ V \mid x(T), z\}.$$

Генерация алгебраического типа начинается с набора базисных векторов, которые имеют одинаковое положительное смещение по нулевой оси:

$$x(0)=e_0;\ x(1)=e_0+e_1;\ \ldots;\ x(n)=e_0+e_n;\ x(n+1)=e_0-e_1;\ \ldots;\ x(2n)=e_0-e_n.$$

Следующие операции генератора контравариантны к группе относительности:

$f_1(x) = \frac{1}{2}x$ – масштабирование;

$f_2(x,y) = x+y$ – сумма;

$f_3(x,y) = x*y = x+\alpha(y-x)$ – проекция вектора x через вектор y на поверхность конуса, где параметр α выбирается так, чтобы $\|x*y\|_M = 0$, что означает принадлежность результата операции к поверхности конуса. Если такого значения параметра не существует, результат операции совпадает с x.

Этот набор операций обеспечивает порождение из начального базиса асимптотически плотного заполнения кругового конуса в том смысле, что этот конус является минимальной подалгеброй, содержащей этот базис.

Контравариантность позволяет свободно преобразовывать группой относительности исходный базис без изменения алгоритма генерации и результирующего конуса событий.

Случайный генератор блуждания удобен для строгого математического анализа свойств заполнения конуса. В алгебраическом генераторе этот анализ затруднён. Но качественно эти генераторы похожи. Случайное блуждание вначале определяется во всём линейном пространстве размерности $n+1$, а потом с помощью специального преобразования это пространство отображается на положительный сегмент конуса с осью $\langle x_0 \rangle_+$. Такая конструкция позволяет выявить важные особенности порождённого множества в зависимости от размерности.

Случайное блуждание вначале определяется как прямое произведение двух блужданий: блуждание по оси $\langle x_0 \rangle$ и блуждание по пространству $\langle x_1, \ldots, x_n \rangle$. Блуждание по оси $\langle x_0 \rangle$ имеет пошаговое смещение, равномерно распределённое на отрезке $[-1;+1]$ статистически независимо от предыдущих выбранных смещений по этой и другим осям. В пространстве $\langle x_1, \ldots, x_n \rangle$ с вероятностью $1/n$ выбирается одна из осей $\langle x_i \rangle$, и по этой оси выбирается смещение, равномерно распределённое на отрезке $[-1;+1]$, также независимо от всех других выбранных смещений. Это блуждание соответствует равномерно распределённому смещению на репере $[-1;1]e_1 \cup \ldots \cup [-1;1]e_n$. Такой выбор смещений позволит нам в дальнейшем воспользоваться известными теоремами о случайных блужданиях. Параметром обоих блужданий является базис $e_0, \ldots, e_n$.

Это блуждание в пространстве $\mathbf{R}^1 \times \mathbf{R}^n$ отображается на внутренность положительного сегмента конуса преобразованием, которое контравариантно относительно преобразований Лоренца и является топологическим.

$$f_T(x_0, e_0) = 2^{x_0} e_0 = te_0;$$
$$f_S(x, e_0, ..., e_n) = (x_1 e_1 + \ldots + x_n e_n) 2^{x_0} \left(1 + x_1^2 + \ldots + x_n^2\right)^{-1/2};$$
$$f(x, e_0, ..., e_n) = f_T(x_0) + f_S(x) \ .$$

Чтобы убедиться, что это отображение Лоренца контравариантно, достаточно подставить $x_i = (x, e_i)_M$, $i = 0, ..., n$, и сравнить с показанной выше общей формой. Важно отметить, что контравариантность предполагает действие преобразования на все аргументы, как на вектор x, так и на векторы базиса. Это соответствует идеологии преобразования системы отсчёта. Теперь блуждание на конусе определяется как отображение в него прямого произведения блужданий на исходных линейных пространствах. Заметим, что это отображение не является прямым произведением двух отображений, но является их векторной суммой:

$$Y(T) = \left(f_T(X(T)_0), f_S(X(T)) \right)\Big|_{e_0,\ldots,e_n}.$$

Для дальнейших рассуждений важна теорема, доказанная автором специально для этого исследования: прямое произведение двух возвратных блужданий является возвратным блужданием. Если же одно блуждание невозвратное, то в любом сечении прямого произведения по слою соответствующего пространства будут области, в которые не попадает проекция ни одной точки блуждания. Под возвратностью блуждания понимается бесконечное число попаданий его точек в любое открытое множество на пространстве блуждания. Поэтому если одно из блужданий невозвратное, то в пространстве прямого произведения остаются области, в которые не попадёт ни одна точка прямого произведения блужданий.

3. Свойства построенных блужданий

Построенные выше блуждания $X(T)_0$ и $X(T)_{1,\ldots,n}$ в линейных пространствах размерностей 1 и n образуют блуждание $X(T)$, которое является прямым произведением исходных блужданий. Известно, что симметричные блуждания с осевыми смещениями и ограниченным шагом возвратные при размерностях пространства 1 и 2, но становятся невозвратными при размерностях выше двух. Отображение f точек процесса $X(T)$ в точки процесса $Y(T)$ на положительном сегменте конуса является топологическим. Следовательно, эти блуждания возвратные или нет одновременно.

Поэтому для блуждания Y его проекция на ось $\left\langle e_0 \right\rangle_+$ всюду плотная в индуктивном пределе. При $n \le 2$ на всех сечениях конуса, параллельных гиперплоскости $\left\langle e_1, \ldots, e_n \right\rangle$, замыкание индуктивного предела плотное. Но при размерности $n \ge 3$ на этих сечениях имеются пустые области. Это следствие невозвратности многомерного блуждания. Можно доказать и более сильный факт. На каждом сечении имеются пустые области, которые остаются пустыми при лучевой проекции из вершины на все сечения с большими нулевыми координатами. Назовём это эффектом лучевой трансляции пустот (рис. 1). В частности, это означает наличие пустых областей размерности $n+1$.

Наличие пустот на $\left\langle e_1, \ldots, e_n \right\rangle$-сечениях порождает изменение геометрии на конусе, если принять за расстояние длину кратчайшего непрерывного пути между двумя точками. В области с относительно однородным распределением пустот можно вычислить средние (или характерные) диаметры пустот $2d$ и расстояния L между ними. Поскольку при движении в любом направлении надо обходить препятствия с этими параметрами, то среднее удлинение пространственно подобного пути по теореме Пифагора $\eta = \dfrac{\sqrt{L^2 + d^2}}{L} = \sqrt{1 + \dfrac{d^2}{L^2}}$. Такое искажение метрики аналогично гравитации в ОТО, если учесть, что удлинение пути замедляет распространение света (рис. 2). Эта аналогия ограничена, поскольку она подменяет метрику на многообразии трансляционной метрикой на плоском пространстве с внутренними границами (щели и дырки). Однако такая модель хорошо соответствует наблюдаемой в космосе геометрии плоского пространства-времени с локальными гравитационными линзами. А отмеченная выше лучевая трансляция пустот соответствует наблюдаемому разбеганию больших масс.

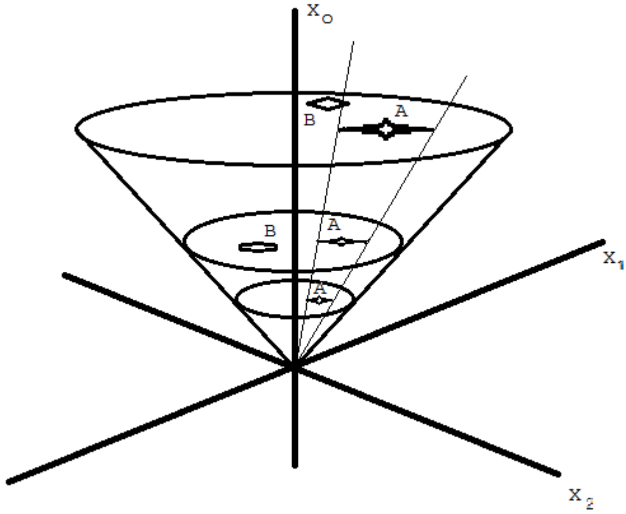

Рис. 1. Типы пустот в пределе генерации пространства-времени:
A – лучевая трансляция; *B* – одиночные пустоты

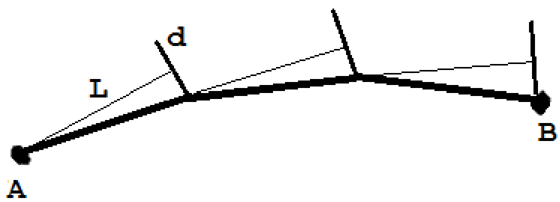

Рис. 2. Искривление и удлинение пути между событиями при обходе пустот

В данной модели возникает эффект расширения Вселенной и ускорения этого расширения. Это связано с тем, что среднее отклонение блуждания от начальной точки пропорционально корню числа шагов блуждания. Поэтому стандартное отклонение r блуждания от оси конуса в преобразовании f и постоянная Хаббла H дают следующие соотношения:

$$r(T) \sim 2^{\sqrt{T}} \frac{\sqrt{T}}{\sqrt{T+1}}; \;\; H(T) \sim \frac{r(T)}{t(T)} \sim \frac{\sqrt{T}}{\sqrt{T+1}} \sim \frac{t}{\sqrt{t^2+1}}.$$

Эта величина слабо возрастает по времени, но не превзойдет некоторой фиксированной величины. Прогноз отличен от модели тёмной энергии, в которой ускорение должно неограниченно возрастать. Полученный в модели блуждания результат ближе к наблюдаемой картине расширения.

Особо следует остановиться на размерности пространства-времени 3+1. Это наименьшая размерность, при которой возникают неоднородности в предельном заполнении конуса событиями. Эти неоднородности моделируют гравитацию и, вообще, материальное наполнение пространства. При дальнейшем увеличении размерности невозвратность блуждания, порождающего пространственно подобные сечения конуса, усиливается, и зоны плотного заполнения событиями распадаются на отдельные связные компоненты. Таким образом, размерность пространства 3 порождает наиболее богатую связную геометрию. Этот вопрос требует дальнейшего исследования.

4. Двойственность интерпретации модели

В описанной модели возникает интересная двойственность физической интерпретации математической конструкции. С одной стороны, можно считать, что пространство-время состоит из реализованных в блуждании событий, а пустоты являются препятствиями для распространения физических взаимодействий. Назовём это позитивной интерпретацией. С другой стороны, можно считать, что пустое пространство-время, наоборот, состоит из нереализованных точек (из потенциальных возможностей событий), а препятствиями для распространения взаимодействий являются реализованные события. Такую интерпретацию назовём негативной. От выбора одной из этих точек зрения зависит интерпретация эффектов изменения размерности пространства-времени.

При позитивной интерпретации, которой мы придерживались выше, малым размерностям пространства 1 и 2 соответствует плоская псевдоевклидова геометрия. Это пустое пространство, в котором нет физических тел и полей. А в пространствах размерности выше трёх мир распадается на «черные дыры», из окрестностей которых выйти невозможно.

При негативной интерпретации картина обратная. При малых размерностях всё пространство коллапсирует и механическое движение становится невозможным. А для больших размерностей пространство становится пустым и плоским с редкими островками коротко живущих гравитирующих тел.

Сама математическая конструкция не даёт преимущества одной из этих точек зрения. Но некоторые соображения, относящиеся к физике, дают предпочтение негативной интерпретации. В классической теории при размерностях пространства меньше трёх гравитационный потенциал относительно бесконечности у любой точки, находящейся в поле действия массивной области, будет бесконечным. Это связано с тем, что напряжённость поля падает обратно пропорционально первой или нулевой степени расстояния до центра гравитации. Но тогда любая масса становится чёрной дырой, из поля которой невозможно вырваться. Это соответствует негативной интерпретации. Другой эффект связан с квантовой механикой, где распространение частицы описывается волной амплитуды вероятности для потенциальной возможности события регистрации частицы. Таким образом, пустое пространство интерпретируется как совокупность нереализованных возможностей появления события. Это снова соответствует негативной интерпретации модели. Создаётся впечатление, что именно негативная интерпретация может объяснить многие странные эффекты квантовой механики, такие, как пребывание частицы одновременно в нескольких состояниях (суперпозиция). Если речь идёт о потенциальной возможности этих состояний, то противоречия не возникает.

Заключительные замечания

Предложенная модель не использует пространство и время как исходные конструкты моделирования физических процессов. Эти понятия возникают как реляция состояний математического процесса, использующего другие исходные сущности. К этим сущностям относятся базисные элементы алгебры, которым мы придаём смысл элементарных событий. Их суперпозиция с помощью определённых для них алгебраических операций порождает модели отдельных физических событий, из которых постепенно составляется остов пространства-времени. Сама суперпозиция предполагает линейную упорядоченность действий, которая рассматривается как ещё одна базовая сущность, пошаговое время генерации. Это алгоритмическое время, связь которого с моделью физического времени достаточно сложная, носит логический, а не физический характер. Надо заметить, что суперпозиция функций и операторов присутствует в любой физической теории, но смысл этой операции как алгоритмического времени для построения моделей физических объектов обычно скрыт за терминологией.

Для перехода к пространству-времени используются такие отношения, как метрика на порождённых точках, инвариантность метрики относительно преобразований, сохраняющих потенциально возможное множество этих точек, порождённая топология, контравариантность операций относительно группы инвариантности метрики.

Некоторые конструктивные особенности модели специально подобраны для получения аналогий с теорией относительности. Это принцип контравариантности операций, который является обобщением принципа относительности Галилея, и коническая форма области генерации, которая определяет сигнатуру метрики Минковского. Конус пришлось постулировать для случайной генерации. Однако при алгебраической генерации он возникает автоматически из нарушения симметрии по нулевому базисному вектору, который входит в общий базис генерации особым образом: он добавлен к каждому из ортогональных векторов базиса и не имеет отрицательного компаньона. Можно сказать, что при алгебраической генерации пространства-времени псевдоевклидова метрика является следствием нарушения симметрии времени относительно прошлого и будущего.

В список литературы включены ранее изданные работы автора в данном направлении и ссылки по теории вероятности. В статьях [1; 2] рассмотрены группы гомеоморфизмов пространств с обобщёнными топологиями, в частности связь преобразований Лоренца с сохранением конических структур. В статье [3] рассмотрена связь необратимости времени и вероятностных моделей в физике с алгебраическими структурами. В работах [4–6] рассмотрены модели конической генерации пространства-времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Koganov A.V.* Processes and Automorphisms on Inductor Spaces // Russian Journal Mathematic Physics. 1996. Vol. 4. Nom 3. Jon Wiley and Sons, Ins. S. 315–339.
2. *Koganov A.V.* Faithful Representations of Groups by Automorphisms of Topologies // Russian Journal of Mathematical Physics. 2008. Vol. 15. No 1. S. 66–76.
3. *Коганов А.В.* Лучевые числа и алгебры. // Труды НИИСИ РАН. Т. 9. № 1, Математическое и компьютерное моделирование сложных систем: теоретические и прикладные аспекты. 2019, Москва, ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН. С. 98–107. ISSN 2225–7349.
4. *Коганов А.В.* Коническая алгебра как модель пространства-времени в квантовой гравитации // LIV Всероссийская конференция по проблемам динамики, физики частиц, физики плазмы и оптоэлектроники = LIV All-Russia Conference on Problems in Dynamics, Particle Physics, Plasma Physics and Optoelectronics: тезисы докладов. Москва, РУДН, 14–18 мая 2018 г. М.: РУДН, 2018. С. 51–55. ISBN 978–5–209-09132–5.
5. *Коганов А.В*. Принцип контравариантной генерации событий в физике // Метафизика. 2018. № 1 (27). С. 129–134. ISSN 2224–7580.
6. *Коганов А.В*. Принцип генерации пространства-времени случайным блужданием // Основания фундаментальной физики и математики: материалы III Российской конференции (ОФФМ–2019) / под ред. Ю.С. Владимирова, В.А. Панчелюги. Москва, РУДН, 29–30 ноября 2019 г. С. 22–25. ISBN 978–5–209-09708–2.
7. *Гихман И.И., Скороход А.В*. Введение в теорию случайных процессов. М.: Наука, 1977. 570 с. (с. 122 – возвратность блужданий).

A MODEL OF PHYSICAL SPACE-TIME AS A TRAJECTORY OF A RANDOM PROCESS IN EXTERNAL PARAMETRIC TIME

A.V. Koganov

Scientific Research Institute for System Analysis, RAS

A model of physical space-time in the form of a trace from a random walk on the support of some finitely generated algebra is considered. The generating set of elements is considered as a set of initial events of the physical world, and all points generated by wandering are interpreted as their consequences. The special properties of such a model allow us to obtain interesting conclusions about the possible causes of the pseudo-Euclidean metric of our world and its 3 + 1 dimension. Such effects as the expansion of the Universe with low acceleration, gravitational deformation of the metric and the superposition of the states of quantum particles get their explanation. There is an effect of duality of the description of physical interactions as long-range or short-range interaction.

Keywords: model of physical space-time, theory of random processes, principle of complementarity, long-range and close-range interaction.