ГРАВИТАЦИЯ, КОСМОЛОГИЯ И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПОЛЯ

***

УДК 53.01, 53.02

РЕЛЯЦИОННОЕ СТАТИСТИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО-ВРЕМЯ, И ЕДИНОЕ ОПИСАНИЕ КВАНТОВЫХ И ГРАВИТАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ

Аристов В. В.[a,1]

[a] Вычислительный центр им. А.А. Дородницына, Федеральный исследовательский центр информатики и управления РАН, г. Москва, 119333, Россия

В развиваемом варианте реляционной статистической концепции пространство-время строится на основе теоретической модели фундаментальных приборов – часов и линеек. Что задает основные уравнения и связь по принципу соответствия с известными физическими уравнениями. Два новых соотношения между массой и длиной, длиной и временем позволяют получить описание по сути в безразмерных единицах с учетом мировых постоянных, определяющих физические размерности. Введение дискретного пространства и времени, связанных самим способом измерения с атомарной дискретной структурой вещества означает, что на таких масштабах теряется понятие гладкости траектории частицы. Уравнения движения записываются в малых, но конечных приращениях. Специфика дискретного построения приводит к неевкидовости геометрии на микромасштабах, определяющей квантовые эффекты. Гладкость пространства-времени воспроизводится на больших по сравнению с размером атома масштабах. На таких макромасштабах способна проявиться риманова неевкидовость, определяющая гравитацию. Фактически реализуется вариант принципа Маха. Статистичность позволяет получать соотношения между физическими величинами, являющиеся аналогами космологических совпадений. Соединение двух геометрий в общем случае описывает оба явления: приводится соответствующее уравнение. Предлагаемый подход ограничивается пока масштабами комптоновской длины, продвижение на субатомные расстояния вплоть до планковских масштабов требует дальнейшего развития теории.

Ключевые слова: пространство, время, реляционная статистическая концепция, гравитация, квантовые эффекты.

RELATIONAL STATISTICAL SPACETIME AND JOINT DESCRIPTION OF QUANTUM AND GRAVITATIONAL EFFECTS

Aristov V. V.[a,1]

[a] Dorodnicyn Computing Center, Federal research center “Computing science and Control” of Russian Academy of Sciences, Moscow, 119333, Russia

In the developed variants of the relational statistical concept the spacetime is constructed from atomic until cosmological scales. Discrete constructing of space leads to non-Euclidean geometry om microscales. That results in quantum effects. The other variant of non-Euclidean (Riemann) geometry determined gravity can be specified at macroscopic scales. Combining two geometries in a general mesoscopic case describes both phenomena and the appropriate equation in differences is written. This joint model is valid for all scales. So the joint equation

[1]E-mail: aristovvl@yandex.ru

for simulation different effects is presented. This is due constructing relational statistical spacetime. Gravitation and quantum effects are compared for Planck scales, but the present consideration is restricted by atomic lengths. Nevertheless the violation of the classic spacetime is realized for for atomic and Compton scales. Introduction of discrete space and time related to the atomic structure of matter itself implies that the notion of the smooth trajectory at these scales is not valid. The motion equations should be written in small but finite increments. Transition to relationships in terms of space and time measured by macroscopic instruments leads to stochastic factors corresponded to indeterminism of motion. The traditional smooth of spacetime is reproduced at macroscopic (with respect to atomic length) scales. Relational statistical concept provides here the Riemanienen geometry due to nonuniform distribution of masses in comparison with the ideal uniform mass distribution in the model of a rule (rod).

Keywords: spacetime, relational statistical concept, gravitation, quantum effects.

PACS: 04.60.-m, 03.65.Ca, 03.65.Fd, 03.65.Ta
DOI: 10.17238/issn2226-8812.2018.4.4-20

Введение

Проблема построения конструкций пространства и времени является по мнению некоторых физиков весьма важной, ее разрешение способно привести к созданию обобщенной теории. Новая модель пространства-времени может быть предложена в рамках реляционных статистических понятий. Реляционные представления о пространстве и времени связываются с рядом имен (хорошо известных в исторической традиции, а также современных): Лейбниц, Мах, Рашевский, ван Данциг, Чу, Циммерман, Ю.С. Владимиров, Барбур (Barbour), Сидхарт (Sidharth) и др. Реляционная статистическая концепция, развивающая, по сути, релятивистские идеи, положенные в основу СТО и ОТО, способна, по нашему убеждению, в единой схеме описать квантовые и гравитационные эффекты. Можно отметить работы по реляционной статистической концепции пространства-времени Ю.С. Владимирова и его последователей, см. [1]. Показательны следующие слова известного физика-теоретика Ли Смолина [2]: «Я называю революцию в физике XX века реляционной. ... объединение квантовой теории с общей теорией относительности – задача по завершению реляционной революции».

Проблема квантования гравитации до сих пор представляется весьма сложной. Оставаясь в рамках традиционного аппарата трудно совместить основы различных теорий, а именно квантовой механики и ОТО, в частности, потому что квантовая теория основана на заданном пространстве-времени, а ОТО – на конструируемом пространстве-времени, определяемым свойствами движущейся материи. Одними из известных претендентов на роль объединяющей теории являются теория суперструн [3] и петлевая квантовая гравитация [4]. Во многих вариантах поисков квантования гравитации пытаются исходить из предельно-малых масштабов – планковских длин. Но квантование начинает проявляться на гораздо больших масштабах – уже на атомарных размерах и комптоновских длинах. То есть дискретность материи в определенном смысле подразумевает квантование энергии, что заставляет предположить, что изменение пространственно-временной схемы надо производить уже на расстояниях, сравнимых с размерами атома, и затем уже продвигаться на субатомные масштабы.

В настоящей работе предлагается модель, в которой задаются теоретические конструкции часов и линеек, определяющие исходный физический и математический аппарат для дальнейших построений. Существенны высказывания Пуанкаре, Эйнштейна, Паули о важности установления связи между свойствами пространства и времени и этими фундаментальными измерительными приборами. Вот слова Пуанкаре из [5]: «Заниматься геометрией – это значит изучать свойства наших инструментов, т.е. свойства твердого тела... свойства времени – только свойства часов».

В структурах фундаментальных приборов неявно подразумеваются и задаются кинематические и динамические связи, соответствующие уравнениям классической механики. Изучение таких связей позволяет вывести уравнения механики, основываясь на некоторых общих положениях.

Реляционная статистическая модель дает возможность создать совместный аппарат для описания квантовых и гравитационных явлений. Принципиально, что вводимые уравнения связывают изначально приращения, а не производные различных величин. Тем самым определяются ограничения на возможные значения приращений, что позволяет получить аналог принципа неопределенности, который не выводится в традиционной теории. Уравнения в производных являются следствием исходных уравнений модели. В силу индетерминированности, заложенной в основных связях, получается геометрическая схема, позволяющая описывать отклонения от обычной евклидовой геометрии, так что, следуя формализму Нельсона, можно вывести аналог уравнения Шрёдингера. На малых масштабах модель реляционного дискретного пространства и связанного с ним времени ответственна за квантовые эффекты: дискретность проявляется в квантовой неоднозначности отрезков прямых (геодезических). На больших масштабах по сравнению с атомарным различие в массовых плотностях пробного тела и эталонной среды, связанной с моделями измерительных приборов, приводит к римановой геометрии, определяющей гравитационные эффекты. То есть риманова метрика задается неоднородной конфигурацией масс элементов, что связано с искривлением пространства-времени, аналогичным ОТО. Все определяется свойствами самого пространства-времени без введения гравитационного поля. Описание той и другой предельной ситуации с помощью единого реляционного статистического подхода кратко представлено в [6]. «Промежуточный масштаб» включает две указанные неевклидовые геометрические схемы и возможность этого впервые описывается в настоящей работе. Существенно, что построение реляционного статистического пространства и времени дает возможность ввести понятия времени как состояния, что позволяет описывать не только промежутки времени, но и моменты времени как пространственные конфигурации и тем самым подойти к введению модели необратимого времени.

1. Основные реляционные пространственные понятия

Так как наши общие реляционно-статистические представления уже излагались ранее, см. [7–13], то мы приведем важнейшие положения в очень сжатом виде. В данной модели может быть принята различная последовательность представления реляционной статистической концепции. Более логичным видится введение вначале сопоставления пространства и конфигурации масс. Здесь сразу будет ясен неклассический характер задаваемых отношений, что делает отчетливым связь с квантовой механикой. Такое сопоставление определяет также размерностное соответствие между расстоянием и массой, что используется и в других частях модели. Для введения реляционного статистического пространства (а в дальнейшем и времени) рассматривается набор элементов, в первоначальной аналогии это могут быть бесструктурные атомы. Для них будут определяться первичные реляционные соотношения, связанные с понятием метрики, формализуемые в данном случае на графе. На системе элементов строится геометрическая схема. Затем делается переход к построению времени. Задаются теоретические модели обобщенных фундаментальных измерительных приборов – линеек и часов. Выделены важнейшие физические и математические свойства, которые реализованы в данных физических приборах. Статистичность проявляется при определении макроскопических свойств пространства-времени. Настоящая модель пока ограничена с одной стороны атомарными масштабами, поскольку они задают пределы измерения масса-расстояние, с другой стороны – космологическими масштабами.

Свойства реляционного пространства определяются конфигурацией рассматриваемой системы элементов. Приведем важное высказывание Ю.С. Владимирова о характере реляционности в моделях геометрии [14]: «Отношение в геометрии – это не что иное, как метрика (расстояние)». В дискретной эталонной среде для измерения расстояний, соответствующей линейке, элементы расположены симметрично относительно друг друга. Для введения метрики используется формализм графов. Граф – пара (P, Q), где P – вершины, Q – ребра. Рассматривается бесконечный, простой, неориентированный, счетный граф. Вершинам графа ставятся в соответствие физические элементы (атомы), ребро графа здесь – пара соседствующих (инцидентных) вершин. Полагаем, что число инцидентности, т. е. количество соседних вершин одно и то же для каждой вершины.

На графе вводится соответствующая геометрия, см. [7, 13]. В графе маршрут между двумя заданными вершинами определяется как путь по ребрам от одной заданной вершины к другой. Метрические соотношения позволяют находить расстояния на маршруте между двумя вершинами путем вычисления количества ребер (или вершин) на маршруте. То есть вводится естественное определение отрезка прямой (геодезической) – это маршрут между двумя элементами с минимальным расстоянием. Гильбертовы геометрические аксиомы, см. [15], оказывается в этой ситуации справедливы за исключением положения о единственности отрезка прямой, проходящей через две точки. Между двумя точками, как легко показать на простых моделях рассматриваемых графов, можно провести неединственную прямую.

Расстояние в данной реляционной схеме будем определять по количеству вершин (элементов), через которые проходит данный отрезок прямой. В простейшей схеме каждому элементу ставится в соответствие единичная масса, см. [8]. Минимальное возможное расстояние равно 1 (в целых числах) или в единицах массы

$$r_e = bm_e. \tag{1}$$

Здесь r_e – минимальное расстояние, m_e – масса элемента, b – постоянная соответствующей размерности, она, что показано дальше, выражается через мировые константы. Следуя реляционному подходу, можно положить, что минимальное расстояние связано с первичным отношением двух соседних вершин (ребром), но связь (1) сохраняется.

Квантовые и гравитационные эффекты ассоциируются в данном подходе с нарушением некоторых аксиом в формализме Гильберта (см. его книгу «Основания геометрии» [15]). Для проявления квантовых явлений существенно нарушение аксиомы I_2, принадлежащей первой группе аксиом (соединения, принадлежности) о том, что «для двух точек A и B существует не более одной прямой, принадлежащей каждой из точек A, B». Для проявления гравитации может оказаться несправедливой IV аксиома (из четвертой группы аксиом Гильберта), соответствующая изначальному пятому постулату Евклида о параллельных): «Пусть a – произвольная прямая, а A – точка, лежащая вне ее; в таком случае в плоскости, определяемой прямой a и точкой A, существует не более одной прямой, проходящей через точку A и не пересекающей прямую a».

На больших расстояниях (по сравнению с упомянутой единицей длины) возможен переход к евклидовой геометрии. Вводится понятие «толщины» пучка отрезков прямых, проходящих между двумя точками A и B. Согласно введенной метрике на графе расстояние между точками A и B, обозначаемое r_{AB}, определяется целым числом n – количеством вершин на этом кратчайшем маршруте. Для простых моделей взаиморасположения вершин графа, см. [7], можно получить для «нормированной толщины» трубки прямых путей (общее число их растет с увеличением r_{AB})

$$l_{поперечн} = \sqrt{D_{max}} \sim \sqrt{n}/2.$$

Здесь «поперечник» трубки отрезков прямых путей $l_{поперечн}$ связан с величиной, сходной с дисперсией, характеризующей отклонение путей от среднего. Тогда

$$\sqrt{D_{max}}/r_{AB} \to 0 \tag{2}$$

при

$$r_{AB} = n \to \infty.$$

Значит с ростом r_{AB} отношение толщины трубки прямых путей к этому расстоянию стремится к нулю. Как предельный образ получается единственная прямая «нулевой толщины». Можно заключить, что, в согласии с принципом соответствия множество прямых на микромасштабах переходит в единственную прямую макромасштаба.

Такие построения отвечают реляционно-статистическим представлениям о пространстве. Процитируем известного геометра П.К. Рашевского, который фактически придерживался реляционных взглядов. В первой главе «Геометрия и физика» обширного предисловия к упомянутым «Основаниям геометрии» Д. Гильберта Рашевский писал: «... не только нельзя достичь идеально плоской формы, но вследствие атомного строения материи, нельзя к ней даже неограниченно приблизиться. ... геометрия (речь идет пока все время о евклидовой геометрии) не может претендовать на неограниченную приложимость к исследованию материального мира: когда точность этого исследования перейдет некоторые пределы, то геометрия, по самому своему существу отражающая действительность, откажется служить» [15] (с. 7-9).

2. Введение понятий «момент времени» и «временной интервал»

Время также, как пространство, является моделью, которая строится на основе мысленной конструкции фундаментального прибора, а именно часов. Причем в данной обобщенной теоретической конструкции такого прибора удается моделировать и момент (мгновение) времени, и его промежуток (время как течение). Момент задается как набор пространственных радиусов-векторов, объединенных на основе принимаемого процесса распространения света. Предполагается, что имеется «идеальный фотоаппарат», позволяющий получать «фотографии» всех элементов (частиц). По фотографиям определяются радиусы-векторы частиц, поскольку предполагается, что пространство уже построено. Точка в конфигурационном пространстве $R = \{r_1, \ldots, r_N\}$, где r_i - радиус-вектор $i = 1, \ldots, N$ (N - число частиц в системе). Так задается момент времени (и время как состояние, что позволяет подойти и к определению необратимого времени). Малые смещения частиц и приращения радиусов-векторов также могут фиксироваться на фотографиях, поскольку фотоаппарат имеет малую, но конечную «выдержку». Приращение времени определяется бесконечномалыми приращениями координат частиц:

$$dR = \{dr_1, \ldots, dr_N\}. \tag{3}$$

Математически такие величины могут моделироваться реализациями в некотором случайном процессе. Приращение времени можно вводить по двум близко отстоящим (в некотором смысле) друг от друга моментам времени. Допустимо определить приращение «векторного времени», а затем образовать скаляр, который будет давать приращение времени, связанного с изменением показаний по часам. Приращение векторного времени между двумя моментами времени, а именно 1 и 2 определяется следующим образом (моменты отмечаются верхними индексами)

$$d\vec{\tau}^{(2)-(1)} = \{dr_1^{(2)-(1)}, \ldots, dr_N^{(2)-(1)}\}.$$

Приращение между моментами 2 и 3 задается аналогично

$$d\vec{\tau}^{(3)-(2)} = \{dr_1^{(3)-(2)}, \ldots, dr_N^{(3)-(2)}\},$$

можно говорить об обратимости времени, если

$$d\vec{\tau}^{(3)-(2)} = -d\vec{\tau}^{(2)-(1)}.$$

В таком случае момент времени 3 совпадает с моментом 1. Понятно, что в системе большого числа частиц, движущихся нескоррелированно такое совпадение крайне маловероятно. С чем и связано представление о «невозвратимости мгновения». Подробное обсуждение построения необратимого времени выходит за рамки настоящей работы.

Построенное скалярное приращение времени связывает две величины с размерностями, обычно принимаемыми независимыми: время и пространство. Что, по сути, задает уравнение для безразмерных величин, поскольку размерную связь определяет соответствующий множитель. Движение «стрелки часов» репрезентирует равномерное, непрерывное и однонаправленное течение времени. Постулируется уравнение для приращения времени $d\tau$, в котором моделируются отмеченные свойства. Запишем вначале уравнение для малых, но конечных приращений

$$\Delta\tau^2 = \frac{a^2}{N}\sum_{i=1}^{N}(\Delta r_i - \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\Delta r_j)^2, \tag{4}$$

где постоянная a имеет размерность, обратную к скорости. Такое же уравнение, но для инфинитезимальных величин записывается в следующем виде с учетом (3)

$$d\tau^2 = \frac{a^2}{N}\sum_{i=1}^{N}(dr_i - \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}dr_j)^2. \tag{5}$$

Понятно, что скалярная величина приращения модельного времени может принимать только положительные значения (формально допустимо приписывать ей различные знаки). Такие приращения соответствуют однонаправленности обычного физического времени, измеряемого по часам. Данная формула выражает некое соотношение, похожее на квадрат дисперсии для соответствующих случайных величин, отвечающим приращениям координат. Надо подчеркнуть, что приведенная формула, из которой выводятся известные уравнения и соотношения физики, выражает связь малых (или инфинитезимальных) величин, что отличает ее от многих известных физических уравнений, где фигурируют производные. С другой стороны, в правой части присутствует своеобразное интегрирование (суммирование в представленном случае) по всем элементам системы. Т. е. в предлагаемом уравнении некоторым новым способом связаны дифференциальные и интегральные характеристики движения. Названное суммирование и задает то осреднение перемещения (движения), что фактически заключено в равномерном движении стрелки часов. Непрерывность (непрерываемость) течения времени передается суммой: отдельное приращение координат некоторой частицы может быть равно нулю, но для достаточно большого числа частиц в системе (в мировых физических часах суммирование проводится по всем элементам Метагалактики) в предположении случайного движения найдется много ненулевых приращений.

Скорости частиц определяются естественным образом, поскольку известны приращения координат и времени в данной модели:

$$u_i = \frac{dr_i}{d\tau}, \quad i = 1, ..., N.$$

Отсюда выводятся (см. [9–11]) все основные кинематические и динамические уравнения и соотношения ньютоновской механики, а также СТО. Причем из-за непосредственной зависимости интервала времени от интервалов координат, показывается ограниченность скорости и получается, что $1/a = c$ – скорость света в вакууме. Таким образом, здесь выполняется принцип соответствия, причем соотношения классической механики выводятся из уравнений, раскрывающих структуру пространства-времени, в котором реализуются некоторые реляционные и статистические представления. Реляционное время использует пространственные величины с помощью понятия «фотоснимков». Момент времени задается набором координат всех элементов, представление о течении времени определяется координатами двух «фотографий», поэтому естественно понятие света внедрено в структуру данной модели. Расстояние, определяемое по световому лучу, получается, если интервал времени (в данном случае аналоге собственного времени, но для системы в целом) положить равным нулю:

$$d\tau^2 = \frac{a^2}{N}\sum_{i=1}^{N}(dr_i - \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} dr_j)^2 = 0.$$

Отсюда находим, что приращение всех координат, статистически задающих световой луч, удовлетворяют следующим условиям:

$$dr_i = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} dr_j, \quad i = 1, ..., N. \tag{6}$$

Такое симметричное выражение, – прямая, соответствующая световому лучу, может быть соотнесена с воспроизведением прямой с помощью твердого стержня, из полученной выше модельной связи пространственных параметров с конфигурацией масс получаем еще одно симметричное выражение (как осреднение по возможным отрезкам):

$$dr = \frac{b}{N}\sum_{i=1}^{N} dm_i. \tag{7}$$

Здесь сопоставлены приращения расстояний и соответствующие им наборы масс элементов на заданных маршрутах в симметричной дискретной среде. Далее будет показана связь с представлениями квантовой механике.

3. Микроскопические масштабы (квантовые эффекты)

Так как пространственные масштабы, а также их приращения ограничены снизу в силу характера модели расстояния-массы, то из (1) следует, что

$$|\Delta r_i| > r_e, \quad i = 1, ..., N.$$

Поэтому вместо формулы для инфинитезимальных приращений координат и времени надо использовать формулу для соответствующих малых, но конечных приращений (4), причем с учетом конечности пространственных приращений для всех частиц (элементов) получится конечность приращения и модельного времени:

$$\Delta\tau \geq \tau_e = ar_e = \frac{r_e}{c}. \tag{8}$$

Более точным будет следующее выражение

$$\Delta\tau = \sqrt{\frac{a^2}{N}\sum_{i=1}^{N}(\Delta r_i - \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\Delta r_j)^2} \geq ad_\tau r_e = d_\tau \frac{r_e}{c},$$

где d_τ характеризует разброс смещений от среднего. Можно допустить, что для достаточно большой системы частиц (например, атомов в Метагалактике) будет иметь место случайное направление векторов координатных приращений для различных частиц, и происходить «взаимопогашение» значений приращений, поэтому положим, что

$$d_\tau \sim 1.$$

Понятие производной (и скорости) теряет обычный смысл, поскольку теперь, пытаясь написать аналог скорости, мы не можем устремлять к нулю приращения временной и пространственной переменных в силу их отмеченных ограничений. Можно определить следующий предел, задающий некоторую скорость с учетом (8)

$$u_x = \lim_{\Delta\tau\to\tau_e(\Delta x\to r_e)} \frac{\Delta x}{\Delta\tau}.$$

Что означает необходимость использования других уравнений движения, поскольку выводимые в модели классические уравнения механики не будут точными. Можно попытаться выразить скорость (задаваемую обычным образом как отношение приращения измеряемой по линейки расстояния к приращению времени, измеряемого по часам) через величины, определяемые в модели. Предложенные новые уравнения связи масса-пространство-время получены из соображений о статистической макроскопической природе физического пространства и времени, что проявляется в соответствующих суммах, отражающих свойства фундаментальных приборов. Но пока в данных уравнениях фигурируют некоторые абстрактные величины. Чтобы их соотнести с величинами, измеренными по часам и линейкам надо внести некоторые уточнения.

Будем индексом «c» обозначать величины, измеренные по часам и линейкам. Можно записать два уравнения связи модельных интервалов времени и пространства и интервалов таких же величин, измеренных по реальным часам и линейкам. В простейшем случае мы получаем следующие равенства, что соответствует классической механике

$$\begin{aligned} dt_c &= dt, \\ dr_c &= dr. \end{aligned} \tag{9}$$

Заметим, что в математических соотношениях, выражающих реляционные статистические связи с показаниями измерительных приборов, фигурируют именно dr и dt с реальным распределением элементов, но измерение ведется по идеальным распределениям, выражаемым dr_c и dt_c – отсюда и могут получаться различия (здесь для простоты подразумеваем, что dt и $d\tau$ совпадают, отличия в этих величинах появятся при учете релятивистских эффектов). Правильней в (9) записать уравнения в малых, но конечных приращениях. Согласно вышесказанному, линейка, являясь, макроприбором задает один отрезок прямой, проходящей между двумя выбранными точками. Но определяя с помощью него микродвижения, мы обнаруживаем неединственность прямолинейной траектории.

Чтобы выразить такое проявление по сути индетерминизма, соотношение может быть получено, если принять в согласии с данной моделью пространства и времени следующие выражения индетерминизма

$$dr_c = g_{qur}\Delta r, \quad dt_c = g_{qu\tau}\Delta\tau.$$

Здесь в левой части стоят инфинитезимальные величины, которые сопоставляются с традиционными величинами, измеряемыми по физическим приборам. Получим

$$u_c = \frac{dr_c}{d\tau_c} = g_{qur\tau}\frac{\Delta r}{\Delta\tau},$$

где величина $g_{qur\tau} = \frac{g_{qur}}{g_{qu\tau}}$ представляет собой некоторую вероятностную функцию, которая отвечает отсутствию определенной величины скорости на микроуровне.

Вместо (8) тогда записывается следующее уравнение

$$\Delta\tau_c^2 = \frac{a^2}{N}\sum_{i=1}^{N}(g_{iqur}\Delta r_i - \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} g_{jqur}\Delta r_j)^2,$$

что фактически означает, что соотношение между измеренным по приборам величинам на микроуровне носит некоторый вероятностный статистический характер.

Для изучения уравнений движения, которые приводят в результате к уравнению Шрёдингера, будем использовать метод, развитый в [16,37] который можно назвать формализмом Нельсона. В таком подходе предполагается выполненным уравнение Ньютона классической механики. При этом дополнительно принимается стохастичность движения ad hoc, что выражается в использовании уравнения диффузии с коэффициентом, содержащим постоянную Планка. В развиваемой реляционной статистической модели вероятностное описание является следствием дискретной модели пространства-времени, но здесь, как указано, выводятся и аналоги уравнений ньютоновой механики. В формализме Нельсона движение описывается кинематически, как в теории Эйнштейна-Смолуховского, с помощью марковского процесса в координатном пространстве. Динамика рассматривается на основе теории Орнштейна-Уленбека. В нашем подходе, что подчеркивалось выше, не существует производная в обычном смысле и соответственно скорость. Согласно Нельсону можно определить скорости «вперед» и «назад». Затем из них образуют полусумму и полуразность, которые называются соответственно «текущей» u и «осмотической» V скоростями. Для этих двух новых зависимых переменных получаются два уравнения. После введения новых величин R и S согласно выражениям

$$u = \hbar gradR/m_e, \quad V = \hbar gradS/m_e$$

и определения для них соответствующей комплексной величины, получаем из указанных двух уравнений одно

$$(\frac{\partial R}{\partial t} + i\frac{\partial S}{\partial t})\Psi = (\frac{\hbar}{2m_e}(\Delta R + i\Delta S + (grad(R+iS))^2 - i\frac{1}{\hbar}U\Psi,$$

где U – потенциал внешнего поля.

Задавая новую функцию

$$\Psi = exp(R + iS),$$

находим

$$\frac{\partial \Psi}{\partial t} = \frac{i\hbar}{2m_e}\Delta\Psi - \frac{i}{\hbar}U\Psi.$$

Что является аналогом уравнения Шрёдингера. Подчеркнем некоторые важные черты нашего подхода. Неоднозначность описания на квантовом уровне передается введенными выше дополнительными множителями. Ориентируясь на подход Нельсона, мы выбираем две стохастические функции скорости, приходя затем к комплексным величинам.

Вышеприведенная запись исходных уравнений в приращениях позволяет получить и аналог соотношения неопределенности Гейзенберга, по сути, аналогичного релятивистскому случаю, где скорость частицы не может превышать скорость света c (для принятого в настоящей модели определения одновременности пространственно-разделенных событий c – это средняя скорость). Принимая во внимание приведенные выше абсолютные и относительные ошибки при измерении времени и пространства, для относительной ошибки скорости имеем

$$\frac{\Delta u_x}{u_x} \sim \frac{\Delta(\Delta x)}{\Delta x} + \frac{\Delta(\Delta \tau)}{\Delta \tau} \sim 1.$$

Для абсолютной погрешности в определении скорости получаем

$$\Delta u_x \sim r_e/\tau_e \sim 1/a = c.$$

Тогда для одной частицы можно записать

$$\Delta p_x \Delta x = m_e \Delta u_x \Delta x \sim m_e r_e/a = m_e r_e c.$$

Эту величину можно сопоставить с постоянной Планка, т. е.

$$m_e r_e c = \hbar.$$

Отсюда

$$r_e = \hbar/(m_e c)$$

и, следовательно, можно найти b, а именно

$$b = \hbar/(m_e^2 c).$$

По самому характеру построения понятно, что данная модель справедлива до масштаба атомных (комптоновских) величин. Заметим, что несколько иной реляционно-статистический подход позволяет также описать квантовые эффекты [1, 14].

4. Макроскопические масштабы (гравитационные эффекты)

Предложенные исходные уравнения учитывали физические смыслы пространства и времени, соответствующие показаниям часов и линеек. Однако при сравнении данных статистических выражений с измерениями по реальным приборам можно ожидать, что будут отличия (это фактически уже было использовано). Идеальные часы подразумевают, что все члены, входящие в статистическую сумму, имеют одинаковое независимые случайное (стохастическое) распределение, что отмечено в (9) и с учетом (5)

$$d\tau_c^2 = \frac{a^2}{N}\sum_{i=1}^{N}(dr_i - \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} dr_j)^2.$$

«Измерения по линейке», также помечаемые индексом c, удовлетворяют условию однородного распределения частиц в соответствующей сумме (7), т.е. максимально взаимному симметричному распределению элементов в измерительной среде, соответствующей масштабной линейке. Причем на микромасштабах такая связь может иметь стохастический характер.

Таким образом, представление о некоем фоновом пространстве и времени дает равномерно и изотропно распределенная совокупность элементов, которые также движутся относительно друг друга хаотично (отсутствуют фактически корреляции между движениями различных частиц), сохраняя симметричное распределение. Данное пространство-время приводит к соотношениям (9), что задает метрику СТО. Заметим, что в традиционной физической картине такие пространственно-временные представления не связываются с распределенной и движущейся материей. В полученных аналогах уравнений движений для СТО (в нерелятивистском приближении уравнений ньютоновской механики) можно заменить статистические величины dt, dr через измеряемые по часам и линейкам dt_c, dr_c с отмеченным «идеальным» распределением и движением рассматриваемых элементов. Действительно, формулы традиционной механики получаются из (1), (7), но для связи с измерениями надо использовать (9).

В случае появления «планетных сгустков» в распределении частиц (что опознается при сравнении реального распределения с фоновым, которое мы будем связывать с распределением, присущим реляционным статистическим линейкам), пространственные реляционные свойства меняются. Перемещение набора частиц будет отличаться от одинакового (или стохастического с одинаковым распределением) движения, поэтому происходит изменение и свойства времени. Т. е. если движение нескольких частиц будет одинаковым (что отвечает движению тела с массой, большей m_e), равенства (9) будут нарушены. Реальные средние не будут равняться идеальным распределениям, отвечающим реляционным статистическим часам и линейкам. Для выполнения аналогов (9) потребуется ввести некоторые множители, которые можно ассоциировать с соответствующими коэффициентами метрического тензора в ОТО. Что будет фактически означать намечаемую связь с этой теорией, когда свойства-пространства времени зависят от реального распределения материи.

Предлагаемая реляционно-статистическая модель претендует на то, чтобы описать гравитационные эффекты. На больших масштабах прямая (геодезическая) между двумя точками в эталонной среде единственная, поскольку согласно (2) происходит переход к евклидовой геометрии.

Поэтому все кратчайшие маршруты (геодезические) между точками будут гладкими кривыми. Локально эти геодезические единственны. Но глобально на больших расстояниях будут сказываться отмеченные свойства пространства-времени, аналогичные проявленным в ОТО. При сравнении с реальным распределением частиц в среде, включающей сгущения (например, планеты) появляется неединственность геодезических между точками на больших расстояниях, сопоставимая с неевклидовой римановой геометрией, что приводит к эффектам аналогичным в ОТО. Для формального выражения этого свойства можно ввести «плотность» на пространственной кривой, соответствующей плотности массивного тела по сравнению с плотностью эталонной среды. Действительно, если рассмотреть дискретную измерительную среду с равномерно расположенными элементами, наложенную на реальную среду со «сгустками», соответствующим планетам, то геодезические там и там не совпадают.

При прохождении маршрута по скоплению частиц (плотность дискретных элементов определяется по отношению к фоновому распределению однородной дискретной среды, связанной с прибором для измерения расстояний) количество элементов на маршруте будет больше, чем при прохождении «в обход» по однородной среде. Линия минимального расстояния, определяемого по количеству элементов на маршруте между двумя точками (элементами), и является по определению в такой дискретной геометрии прямой, или геодезической. Как указывалось ранее, световой луч соответствует геодезической, но теперь вместо (6) уравнение надо записать с некоторыми весами. Так что луч будет огибать массивное тело. Данный совпадающий с аналогичным эффектом в ОТО эффект отклонения луча света вблизи тел большой массы и эффект линзирования представляет собой следствие изучаемой дискретной геометрии.

Для количественного описания гравитационных явлений на основе изучаемой реляционной статистической модели надо учесть отмеченную своеобразную «измерительную» эквивалентность между массой и длиной, связанную с определением расстояния. Для того, чтобы сопоставить приращение массы с приращением расстояния, будем использовать соотношения между мировыми постоянными (космологические совпадения), выводимые в [12, 13]. Рассмотрим простой случай центральной симметрии распределения и соответствующей задачей. Можно положить, что

$$dr = \frac{M_r + M_g}{M_r} dr_c,$$

где dr – расстояние при рассматриваемом реальном распределении масс, dr_c – эталонное распределение, соответствующее масштабным линейкам дискретной среды. Здесь M_g отмечает дополнительную массу по сравнению с фоновым распределением массы, что задается с помощью M_r, – такая «экстрамасса» увеличивает реляционное расстояние.

Также в модели описывается замедление часов в присутствие массивного тела (отличающегося от единичной массы), что соответствует известному эффекту ОТО. Для массивного тела, как было отмечено, характерна корреляция движения нескольких частиц в отличие от стохастизированного движения частиц в модели статистических часов, что дает уменьшение dt по сравнению с dt_c. Действительно, если в соответствующей формуле для среднеквадратичного выражения в сумме положить несколько членов одинаковыми, такая сумма окажется меньше, чем при условии, что члены стохастически распределены относительно некоторого среднего (при сравнении это среднее остается тем же).

Можно представить выражение для собственного времени (интервала) в случае сферической симметрии в виде, который соответствует аналогичному выражению в ОТО, но с различием в коэффициентах метрического тензора, см. [12], так что получается метрика иная, чем шварцшильдовская. Введение «дополнительного» расстояния за счет приращения массы на маршруте по сравнению со стандартным фоновым равномерным распределением измерительной среды можно представить складывающимися из добавок, – простейшую из них можно сопоставить с флуктуацией отклонения от равномерного распределения дискретной измерительной среды

$$\frac{M_g}{M_r} = \frac{1}{\sqrt{N}}.$$

Согласно воспроизводимым соотношениям космологических совпадений [12, 13]мы можем выразить эту величину через мировые константы. Для этого используются статистические соотношения, следующие из основных формул модели. Получение данных связей позволяет представлять уравнения, по сути, в безразмерном виде. Имеем

$$\frac{r_e}{\sqrt{N}} = \frac{1}{\sqrt{N}} b m_e = \frac{\hbar}{\sqrt{N} m_e^2 c} m_e \approx \frac{e^2}{\sqrt{N} m_e^2 c^2} m_e \approx \frac{G}{c^2} m_e,$$

где $N = 10^{80}$ – число Эддингтона (число барионов в Метагалактике), учтено статистическое соотношение, описанное в [12, 13], которое исходит из обобщенного принципа Маха с определением взаимодействия выделенной частицы со всеми другими частицами мира.

Значит здесь связываются традиционно независимые пространственные масштабы, характерные соответственно для квантовой механики и теории гравитации $r_e, Gm_e/c^2$. Сопоставление двух данных величин связано с тем, что при равномерном распределении элементов, свойственном для дискретной измерительной среды, получается пространство-время СТО. При отклонения от равномерности порядка вероятностной флуктуации возникает первичное проявление гравитации. Мы получаем величину порядка гравитационного радиуса для нашего элемента (например, с массой нуклона). Дополнительное приращение расстояния за счет приращения большой массы тела M соответственно будет больше. Расстояние, задаваемое однородным распределением однородной измерительной среды (до появления «планетного сгустка», т.е. тела массы M) имеет величину r, и согласно реляционному равенству, характерному для модели $M_r = r/b$.

Принимая, что $M_g = GM/(c^2 b)$, получим

$$\frac{M_r + M_g}{M_r} = 1 + \frac{M_g}{M_r} = \frac{GM}{c^2 r} = \frac{r_g}{2r},$$

где $r_g = 2GM/c^2$ – гравитационный радиус тела массы M. Теперь можно записать сферически-симметричной метрику, аналогичную метрике Шварцшильда в ОТО, имеем

$$d\tau^2 = g_{00} dt_c^2 - g_{11} dr_c^2 - r_c^2 d\Omega^2.$$

Коэффициенты будут отличаться от традиционных шварцшильдовских, поэтому введем несколько другие обозначения для компонент метрического тензора, указывая на их реляционно-статистический смысл (r-s):

$$d\tau^2 = g_{00rs} dt_c^2 - g_{11rs} dr_c^2 - r_c^2 d\Omega^2, \quad g_{rs11} = (\frac{M_r + M_g}{M_r})^2 = 1 + \frac{2M_g}{M_r} + (\frac{M_g}{M_r})^2.$$

Здесь получено с учетом предыдущих рассуждений, что

$$\frac{2M_g}{M_r} = \frac{r_g}{r_e}.$$

Таким образом

$$g_{rs11} = (1 + \frac{GM}{c^2 r})^2.$$

Получаем также для компоненты метрического тензора, характеризующего изменение приращения времени, см. [12] (как было отмечено выше, статистический подход при расчете приращения времени приводит к изменению хода часов,– замедлении при наличии массивного тела:

$$g_{rs00} = 1/(1 + \frac{2GM}{c^2 r}).$$

В метрике Шварцшильда соответствующие коэффициенты равны следующим известным величинам

$$g_{00} = 1 - \frac{2GM}{c^2 r}, \quad g_{11} = 1/(1 - \frac{2GM}{c^2 r}).$$

Легко видеть, что в реляционной статистической модели есть отличия от метрики Шварцшильда во втором порядке по величине r_g/r.

Формулы реляционно-статистической модели в согласии с принципом соответствия и строились так, чтобы в первом приближении они совпали со шварцшильдовскими, это обеспечивает все известные эффекты из ОТО. Встает вопрос об экспериментальной проверке предполагаемых отличий во втором порядке по величине r_g/r. Современной достигнутой точности недостаточно, поскольку данное отношение для Солнца весьма невелико (в основном все опыты по отклонению луча света и запаздыванию проводились именно для Солнца). В известных тестах по проверке эффектов ОТО при слабой гравитации: для прецессии перигелия Меркурия и других планет – достигнутая точность 1%, отклонение луча света, красное смещение, запаздывание сигнала (эффект Шапиро), геодезическая прецессия, эффект Лензе-Тирринга – такая же точность. В некоторых экспериментах последнего времени достигнута точность $\sim 0.1\%$. Наиболее точным тестом по запаздыванию сигнала остается точность по проекту Кассини (Cassini), ныне завершенном - это величина $\sim 0.01\%$, см. [20], [21]. Международный проект Laser Astrometric Test of Relativity (LATOR), в котором предполагалось повысить точность известных опытов на несколько порядков, см. [22], пока не реализован. Чтобы в опытах могло быть замечено ожидаемое отличие по реляционной модели от традиционной ОТО, требуется повысить точность современных экспериментов на несколько порядков.

Надо отметить, что полученные отличия от решения Шварцшильда означают, что если это действительно так, то уравнения гравитационного поля Гильберта-Эйнштейна по крайней мере неточны, поскольку по теореме Биркхофа решение этих полевых уравнений с условием плоского горизонта единственно. Реляционный статистический подход является неполевым. Так что отличия в рамках пока известной экспериментальной точности допустимы, но опыт поможет уточнить данные представления. Из получающейся новой метрики следует, что при нет координатной сингулярности, как в шварцшильдовской метрике. Это не ставит под сомнение возможность существования черных дыр, поскольку величина гравитационного радиуса определяется из физических соображений невозможности свету преодолеть тяготение в такой малой области. Данное утверждение не влияет прямо на описание пространства-времени. В реляционном статистическом подходе получаются конечные величины при стремлении радиуса к гравитационному, но правильное значение предела метрических коэффициентов надо еще уточнить. Заметим, что полученное решение относится к аналогу внешнего шварцшильдовского решения (для слабой гравитации), при приближении к величине гравитационного радиуса и усилении гравитационного поля в традиционных терминах решение, возможно, потребуется подробное изучение.

5. Мезомасштабы (учет квантовых и гравитационных эффектов)

В общем случае необходимо учитывать два фактора изменения евклидовой геометрии и соответственно геометрии Минковского, причем две неевклидовых геометрии будут совмещены, и коэффициенты представляют мультипликативную суперпозицию, факторизацию: они будут перемножаться, а именно с учетом реляционных связей

$$d\tau^2_{cgrqu} = \frac{a^2 b}{N} \sum_{i=1}^{N} (g_{igr} g_{iqu} dm_{cigrqu} - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N} g_{jgr} g_{jqu} dm_{cjgrqu})^2.$$

Здесь подразумевается, что измерения ведутся по обычным макроскопическим часам и линейкам, но из-за неевкидовости приходится ввести коэффициенты. Причем

$$g_{igrqu} = g_{igr} g_{iqu}.$$

Факторизация означает учет неевклидовых геометрий, связанных с двумя различными эффектами, а именно квантовыми и гравитационными. Тогда имеем

$$d\tau^2_{cgrqu} = \frac{a^2 b}{N} \sum_{i=1}^{N} (g_{igrqu} dm_{cigrqu} - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N} g_{igrqu} dm_{cjgrqu})^2.$$

Приведенные аналоги метрических коэффициентов имеют индексы, указывающие на влияние двух факторов, а именно «квантового», связанного с дискретной неевклидовой геометрией на малых масштабах (на которых $r \sim r_e$), и «гравитационного» связанного с неевклидовой римановой геометрией, обязанной неравномерному распределению масс по сравнению с идеальным равномерным, предельно-симметричным расположением масс дискретной среды измерительной масштабной линейки (для расстояний $r >> r_e$).

Важно подчеркнуть, что здесь впервые учтено действие двух факторов – «квантового» и «гравитационного», каждый из которых связан со своей геометрической схемой. При стремлении масштабов к макроскопическим $g_{iqu} \to 1$. Данные слагаемые должны быть таковы, чтобы в «микроскопическом пределе» (когда $r \to r_e$) обеспечивать квантовые, а в «макроскопическом пределе» ($r_e/r \to 0$) – гравитационные эффекты. При уменьшении масштабов до комптоновской длины происходит переход от инфинитезимальных к малым, но конечным приращениям.

Таким образом данное уравнение содержит в принципе способ описания явлений на различных масштабах: от атомарного до космологического, влияние гравитационных эффектов на микромасштабах чрезвычайно мало, оно будет проявлено ощутимо на планковских масштабах, на описание которых данная модель пока не претендует.

Заключение

В работе представлена реляционная статистическая модель пространства-времени, на основе которой удается единым образом описать квантовые эффекты и гравитацию. Самое существенное заключается в том, что гравитационные и квантовые эффекты трактуются как проявления на разных уровнях и условиях описания с помощью реляционной статистической модели пространства и времени, где эти понятия связаны новыми уравнениями, включающими и новую модель масса-пространство.

Встает естественный вопрос о возможностях при обобщении реляционной статистической модели. Описание на субатомных масштабах требует развития формализма с введением спина. В связи с реляционным статистическим характером модели спин может вводиться также через соответствующую статистику. Более разработанный подход – с использованием аппарата БСКО ранга (3,3), см. [1,14].

Допустима трактовка темной материи в рамках реляционной статистической модели без допущения гипотезы о существовании квазичастиц, ответственных за проявление темной материи. В разрабатываемой Ю.С. Владимировым и его соавторами концепции реляционного статистического пространства-времени темная материя объясняется через возможное изменение расстояния на галактических масштабах. В нашем подходе расстояние связано с распределением частиц, поэтому здесь также само масштабирование является объяснением представляющегося изменения массы. Для галактики эффективное расстояние изменяется, что соответствует возрастанию массы. Прежний вид гравитационного потенциала появляется и с большим распределением масс по сравнению с обычным. Но из-за появления большего по сравнению со средним расстояний (измеряемых в единицах массы) для получения прежнего значения потенциала требуется ввести фиктивную массу, что и можно трактовать как темную материю, см. [23].

Получение обобщений реляционных статистических моделей времени важно по нескольким причинам. В общем виде вопрос задается о невозможности передвижения во времени в отличие от пространства. Предлагаемое описание времени в пространственных терминах позволяет объяснять существенные отличия, но и сходства таких «движений». В работе намечено обобщение модели времени для описания необратимости. Что может оказаться, в частности, важным при развитии гравитационных теорий.

Заметим, что в ОТО возможны «возвраты во времени», но без определения момент времени это формальное понятие. Известны замкнутые временеподобные кривые для некоторых решений. Приходится вводить различные ограничения, чтобы при возвращениях во времени избежать известных противоречий с реальностью вроде «парадокса дедушки». В реляционной статистической модели «возвращение времени» можно трактовать как возвращение в прежнее пространственное положение множества объектов, что маловероятно, так что данная модель подтверждает «гипотезу о защищенности хронологии» (Хокинг), см. [24]. Но это является темой другой статьи.

Список литературы

1. Владимиров Ю.С. Метафизика. М.: БИНОМ, 2009. 570 с.

2. Смолин Ли. Возвращение времени. М.: АСТ, 2014. 386 с.

3. Zwiebach B. A First Course in String Theory. Cambridge: Cambridge University Press. 2009. 697 S. Rickles D. A Brief History of String Theory: From Dual Models to M-Theory. Berlin: Springer. 2014. 268 S.

4. Rovelli C., Smolin L. Knot Theory and Quantum Gravity. *Physical Review Letters.* 1988;. vol. 61. S. 1155–1958. Rovelli C. Quantum Gravity, Cambridge: Cambridge University Press. 2004. 408 S.

5. Пуанкаре А. Пространство и время. М.: Наука, 1983. 423 с.

6. Aristov V.V. Constructing relational statistical spacetime in the theory of gravitation and in quantum mechanics // Proceedings of the Fourteenth Marcel Grossmann meeting on Recent Developments in Theoretical and Experimental General Relativity, Astrophysics and Relativistic Field Theory. eds. M. Bianchi., R.T. Jantzen and R. Ruffini. World Scientific. Singapore. 2018. S. 2671-2676.

7. Aristov V.V. On the relational statistical space-time concept // The Nature of Time: Geometry, Physics and Perception. R. Bucchery et al. eds. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 2003. S. 221-229.

8. Аристов В.В. Реляционная статистическая модель пространства времени, связь с квантовой механикой и возможные обобщения // Основания физики и геометрии. Ю.С. Владимиров ред. М.: Изд-во РУДН, 2008. С. 128-141.

9. Аристов В.В. Статистическая модель часов в физической теории // Докл. РАН. 1994. Т. 334. С. 161-164.

10. Аристов В.В. Реляционная статистическая модель часов и физические свойства времени // На пути понимания феномена времени в естественных науках. Конструкции времени в естествознании.Ч.1. А.П. Левич ред. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 48-81.

11. Aristov V.V. Relative statistical model of clocks and physical properties of time. On the way to understanding the time phenomenon: the constructions of time in nature science. A.P.Levich ed. Singapore: World Scientific, 1995. S. 26-45.

12. Aristov V.V. The gravitational interaction and Riemannian geometry based on the relational statistical space-time concept. *Gravitation and Cosmology.* 2011; vol.17, № 2. S. 166-169.

13. Аристов В.В. Конструкция реляционной статистической теории пространства-времени и физическое взаимодействие // На пути понимания феномена времени в естественных науках. Конструкции времени в естествознании. А.П. Левич ред. М.: Прогресс-Традиция, 2009. Ч. 3. С. 176-206.

14. Владимиров Ю.С. Теория дальнодействия. М.: УРСС, 2015. 224 с.

15. Гильберт Д. Основания геометрии. Перевод с немецкого под редакцией и с вступительной статьей П.К. Рашевского. ОГИЗ ГИТТЛ. М.-Л., 1948. 494 с.

16. Nelson E. Derivation of the Schrodinger equation from Newtonian mechanics. *Phys. Review.* 1966; vol. 150. S. 1079–1085.

17. Nelson E. Quantum Fluctuations. Princeton NJ: Princeton University Press. 1995. 216 S.

18. Белинский А.В., Владимиров Ю.С. Реляционно-статистическая природа закономерностей квантовой теории // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. 2016. № 1(14). С. 32-42.

19. Владимиров Ю.С., Терещенко Д.А. Реляционно-статистическое обоснование O (4)-симметрии атома водорода // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. 2016. № 1(14). С. 43-53.

20. Bertotti B., Iess L. Tortora P. A test of general relativity using radio links with the Cassini spacecraft. *Nature.* 2003; vol. 425. S. 374-376.

21. Turyshev S.G., Shao M. The Laser Astrometric Test of Relativity: Science, Technology, and Mission Design. *Int. J. Mod. Phys.*, 2007; vol. D 16. S. 2191-2208; gr-qc/0701102.

22. Турышев В.Г. Экспериментальные проверки общей теории относительности: недавние успехи и будущие направления исследований // УФН. 2009. Т. 179. № 1. С. 3–34.

23. Aristov V.V. Macroscopic relational space-time and theory of gravitation // Proc. 1st Intern. Conf. on Theor. Phys. Moscow. Open University. 2012. S. 137-149.

24. Hawking S. Chronology protection conjecture. *Phys. Rev. D.* 1992; vol. 46. S. 603-615.

References

1. Vladimirov Yu.S. Metaphysics. Moscow, BINOM Publ., 2009. 570 p. (in Russian)

2. Smolin L. *Time reborn.* New York, Houghton Mifflin Harcourt, 2013, 368 p. Translated under the title *Vozvrashchenie vremeni*, Moscow, AST Publ., 2014. 386 p.

3. Zwiebach B. *A First Course in String Theory.* Cambridge, Cambridge University Press., 2009. 697 p. Rickles D. *A Brief History of String Theory: From Dual Models to M-Theory.* Berlin, Springer, 2014. 268 p.

4. Rovelli C., Smolin L. Knot Theory and Quantum Gravity, *Physical Review Letters*, 1988, vol. 61, pp. 1155–1958. Rovelli C. *Quantum Gravity.* Cambridge: Cambridge University Press., 2004. 408 p.

5. Poincuare A. *Space and time.* Moscow, Nauka Publ., 1983. 423 p. (in Russian)

6. Aristov V.V. Constructing relational statistical spacetime in the theory of gravitation and in quantum mechanics. *Proceedings of the Fourteenth Marcel Grossmann meeting on Recent Developments in Theoretical and Experimental General Relativity, Astrophysics and Relativistic Field Theory.* eds. Bianchi M., Jantzen R.T. and Ruffini R. World Scientific, Singapore, 2018, pp. 2671-2676.

7. Aristov V.V. On the relational statistical space-time concept. *The Nature of Time: Geometry, Physics and Perception.* Bucchery R. et al. eds. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. Pp. 221-229.

8. Aristov V.V. Relational statistical model of spacetime, connection with quantum mechanics and possible generalizations, *Osnovania Physici I Geometrii* (Basics of physics and geometry). Vladimirov Yu. S. ed. Moscow, RUDN, 2008. Pp. 128-141.

9. Aristov V.V. Statistical model of clocks in physical theory. *Doclady Physics*, 1994, vol. 334, pp. 161-164.

10. Aristov V.V. Relative statistical model of clocks and physical properties of time. *Constructions of time in nature science.* Levich A.P. ed. Moscow, Moscow State University, 1996. Pp. 48-81.

11. Aristov V.V. Relative statistical model of clocks and physical properties of time. *On the way to understanding the time phenomenon: the constructions of time in nature science.* Levich A.P. ed. Singapore, World Scientific, 1995. Pp. 26-45.

12. Aristov V.V. The gravitational interaction and Riemannian geometry based on the relational statistical space-time concept. *Gravitation and Cosmology*, 2011, vol. 17, no. 2, pp. 166-169.

13. Aristov V.V. Construction of relational statistical theory of spacetime and physical interaction. *On the way to understanding the time phenomenon: the constructions of time in nature science.* Levich A.P. ed. Moscow, Progress-Tradizia Publ., 2009, part 3, pp. 176-206.

14. Vladimirov Yu.S. *Theory of interaction at a distance.* Moscow, URSS Publ., 2015. 224 p. (in Russian)

15. Hilbert D. *Grundlagen der geometrie.* Translated under the title *Osnovania geometrii*, Preface and commentaries by Rashevskii P.K. Moscow-Leningrad, OGIZ GITTL Publ., 1948. 494 p.

16. Nelson E. Derivation of the Schroedinger equation from Newtonian mechanics. *Phys. Review*, 1966, vol. 150, pp. 1079–1085.

17. Nelson E. *Quantum Fluctuations.* Princeton NJ, Princeton University Press, 1995. 216 p.

18. Belinskii A.V., Vladimirov Yu. S. Relational-statistical nature of laws of the quantum theory. *Space, time and fundamental interactions*. 2016. no. 1(14). pp.32-42.

19. Vladimirov Yu. S., Tereschenko A.D. Relational-statistical basis of O(4) – symmetry of an atom of hydrogen. *Space, time and fundamental interactions*, 2016, no. 1(14), pp. 43-53.

20. Bertotti B., Iess L. Tortora P. A test of general relativity using radio links with the Cassini spacecraft. *Nature*, 2003, vol. 425, pp. 374-376.

21. Turyshev S.G., Shao M. The Laser Astrometric Test of Relativity: Science, Technology, and Mission Design. *Int. J. Mod. Phys.*, 2007, vol. D 16, pp. 2191-2208; gr-qc/0701102.

22. Turyshev S.G., Experimental testing the General relativistic theory: recent successes and future directions of investigations, *Phys. Usp.*, 2009, vol. 179. no. 1. pp. 3-34.

23. Aristov V.V. Macroscopic relational space-time and theory of gravitation. Proc. *1st Intern. Conf. on Theor. Phys.* Moscow, Open University Publ., 2012. Pp. 137-149.

24. Hawking S. Chronology protection conjecture. *Phys. Rev. D.*, 1992, vol. 46, pp. 603-615.

Авторы

Аристов Владимир Владимирович, д. ф.-м. н., профессор, главный научный сотрудник, Вычислительный центр им. А.А. Дородницына, Федеральный исследовательский центр информатики и управления РАН, ул. Вавилова, 40, г. Москва, 119333, Россия.
E-mail: aristovvl@yandex.ru

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Аристов В. В. Реляционное статистическое пространство-время, и единое описание квантовых и гравитационных эффектов // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. 2018. № 4. С. 4—20.

Authors

Aristov Vladimir Vladimirovich, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Principal Researcher, Dorodnicyn Computing Center, Federal research center "Computing science and Control" of Russian Academy of Sciences, Vavilova str., 40, Moscow, 119333, Russia.
E-mail: aristovvl@yandex.ru

Please cite this article in English as:

Aristov V. V. Relational statistical spacetime and joint description of quantum and gravitational effects. *Space, Time and Fundamental Interactions*, 2018, no. 4, pp. 4–20.