

## РЕЛЯЦИОННОЕ СТАТИСТИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО-ВРЕМЯ ДЛЯ КОСМОЛОГИЧЕСКИХ МАСШТАБОВ

**В.В. Аристов**

*Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Российской академии наук*

Реляционный статистический подход применяется при изучении явлений макроскопических космологических масштабов. По сути, развивается вариант обобщенного принципа Маха. Обсуждаются теоретические модели темной материи, а также темной энергии без введения дополнительных частиц и сил. Рассматриваются изменения обычных кинематических и динамических уравнений для ультра-ультравысоких скоростей. Предсказываются некоторые новые эффекты на таких масштабах энергий.

**Ключевые слова:** реляционно-статистический подход, пространство-время, принцип Маха, темная материя и темная энергия.

### Введение

Реляционная статистическая концепция пространства-времени может преодолеть рассогласование аппаратов квантовой механики и ОТО, стать теорией, пригодной для различных физических масштабов. С помощью такого подхода, который перекликается с реляционными взглядами Ю.С. Владимиров, Ли Смолина, Барбура, Сидхарта и др., удастся описать и квантовые, и гравитационные эффекты фактически на основе обобщенного принципа Маха [1–3], в котором связываются микро- и макромасштабы. Важно последовательно перенести представления на космологические масштабы и для ультра-ультравысоких скоростей, принимая во внимание трудности ОТО в описании явлений на больших масштабах. Особое внимание должно быть уделено проблемам темной материи и темной энергии. На наш взгляд, современные поиски гипотетических частиц темной материи и природных референтов, ответственных за проявление темной энергии, сходны с поисками светового эфира в конце XIX – начале XX веков. Поэтому развитие теоретических моделей пространства и времени способно помочь в разрешении этих проблем. Также существенным вопросом представляется расходимость (на что редко обращают внимание) релятивистской энергии при стремлении скорости частицы к скорости света.

Среди различных экспериментальных результатов существуют свидетельства в пользу того, что есть альтернатива к поиску неизвестных частиц скрытой темной материи [4; 5]. Например, в [5] получены новые опытные данные, относящиеся к этой проблеме. При сравнении радиальных ускорений спиральных галактик (наблюдаемом, а также вычисленном по барионным

массам) обнаружена существенная корреляция ускорений, что показывает соотношенность видимой (барионной) и темной масс, – наблюдаемое ускорение складывается из ускорений, связанных с темной и барионной материей. Поэтому можно предположить, что все определяется барионной материей. Полученную зависимость авторы даже сравнивают с закономерностями, отраженными в кеплеровских законах. На основе экспериментальных данных делается вывод о возможной необходимости пересмотра существующей теории гравитации, в частности, допустимости применения MOND. Но модель MOND [6] является феноменологической, желательно получать модификации классических уравнений, опираясь на более глубокие основания.

В работе Ю.С. Владимирова и М.Ю. Ромашка [7] предполагается (в соответствии с идеями Рашевского и Рвачева), что на глобальных масштабах расстояние в определенном смысле изменяется в сравнении с обычным. Только одного такого допущения достаточно, чтобы при неизменности гравитационного закона в нерелятивистском приближении описать проявление темной материи и эффекты, с ней связанные. В частности, удастся объяснить линзирование света. Оценка отношения эффективной массы к массе видимой материи дает величину 6–10, что соответствует отношению массы темной материи к массе видимой материи, которое вводится в обычной теории для объяснения этого эффекта.

В нашем реляционном статистическом методе не делается таких гипотетических предположений об изменении фактических физических длин при возрастании расстояний до космологических масштабов. В настоящей работе предлагается, опираясь на свойства реляционной статистической модели, постараться теоретически объяснить проявления темной материи и энергии. Физически и математически эффекты темной массы связаны с тем, что есть две суммы большого числа безразмерных слагаемых разной природы, которые можно сравнивать.

### **Получение выражения гравитационного потенциала в модели**

Реляционная статистическая модель пространства, определяемая конфигурацией масс, развивается в работах автора [1–3; 8]. Дискретная структура физического пространства прямо сопоставляется (на атомарных масштабах) с дискретной структурой материи. Сравнивая единицы расстояния и массы в операциональном подходе для определения пространства, мы конструируем модель безразмерного описания «масса-пространство». Статистический реляционный подход подразумевает, что непрерывная евклидова геометрия является некоторым пределом более общей дискретной геометрии, возникающей из простых геометрических образов. В такой статистической дискретной геометрии присутствует суммирование (осреднение) с использованием макроскопических инструментов для пространственных измерений.

В данной реляционной статистической модели время вводится при уже построенном пространстве [9]. Предполагается, что есть «идеальный фотоаппарат», позволяющий получать «фотографии» всех частиц. Конструируется

система отсчета с декартовой системой координат. Определяются радиусы-векторы всех частиц по «фотографиям». Так задается момент времени. По изменениям моментов времени вводится приращение времени, определяемого как среднеквадратичное от изменения всех пространственных координат в «фотографиях», соответствующих различным моментам времени. Множитель, равный величине обратной к скорости света, связывает эти величины.

Гравитационный потенциал вводится в соответствии с [8] как сумма нормированных на квадрат скорости света квадратов скоростей частиц, образующих массивное тело. Эта сумма отвечает за замедление времени по сравнению со временем, определяемым при равномерном распределении частиц в соответствующем статистическом выражении. Математический вид традиционного гравитационного потенциала может быть получен при сопоставлении двух сумм безразмерных величин. Первая сумма, как указано, выражает отношение квадратов скоростей к квадрату скорости света для всех элементов мира. Члены в ней порядка единицы, поскольку проводится нормировка на квадрат скорости света (в принятом способе определения скорости по фотографиям, определяемым в точке наблюдателя, средняя скорость равна скорости света). Другая сумма содержит отношения масс тел к расстояниям до них от пробного тела (учитывая своеобразную измерительную эквивалентность расстояния и массы). Сумму можно написать и в предельном случае для всех элементов мира. Отсюда получается обратная пропорциональность расстоянию, соответствующая гравитационному ньютонову потенциалу.

Рассмотрим сумму отношений масс объектов к расстоянию до пробного тела, имея в виду, что расстояние может измеряться в единицах массы. Причем для шара при равномерном распределении частиц основной вклад в такую сумму будут вносить элементы, сосредоточенные вблизи сферы порядка радиуса мира  $R$  (более точные оценки должны дать некоторую эффективную часть радиуса). Множитель  $A$  связывает величину радиуса мира с характерной микроскопической величиной, например, радиусом электрона. Учитывая характерную связь между расстоянием и массой с помощью множителя  $b$ , получаем, что можно вынести в знаменателе комплекс  $Ab$ , так что все члены суммы будут представлять собой безразмерные величины, образованной отношением массы элемента к расстоянию от точки наблюдения, выраженной тоже в единицах массы. Получается сумма безразмерных случайных величин, каждая из которых порядка единицы. Данную сумму в согласии с законом больших чисел можно сопоставить с упомянутой выше суммой безразмерных нормированных квадратов скоростей. С простыми допущениями теории вероятностей получаем, что относительные отличия двух указанных сумм составляют статистическую величину, равную  $(N)^{-1/2}$ , где  $N$  – число фундаментальных элементарных частиц в мире. Часто эту величину полагают равной числу Эддингтона  $N = 10^{80}$ . Выражение для гравитационного потенциала получается в соответствующем смысле из математических закономерностей см. [11]). Физический смысл вносится с помощью комбинаций мировых констант, что задает размерные физические величины.

Правильность описания подтверждается получением соотношений так называемых космологических совпадений, где связываются величины микро-

и макромира. Если теперь сопоставить получающийся множитель перед суммой отношений масс к расстояниям с принятым в выражении для гравитационного ньютона потенциалом множителем, то получаем первое важное соотношение, которое показывает, что радиус мира близок к гравитационному радиусу Вселенной. Второе соотношение получается, если исходить из условия динамического равновесия любого атома в мире, для этого требуется, чтобы электрический потенциал, например, электрона соответствовал суммарному при взаимодействии всех остальных протонов и электронов во Вселенной. Сравнивая порядки потенциала одного электрона с суммарным потенциалом всех разноименных зарядов во Вселенной, получаем  $A = (N)^{1/2}$ . Третье соотношение получается при сопоставлении суммарного воздействия дипольных моментов всех атомарных систем Вселенной с суммарной гравитационной силой Вселенной (см., например, [10], где также применяется такой подход). Тогда отношение констант электромагнитного и гравитационного взаимодействия оказывается равным  $(N)^{1/2}$ .

Получение таких известных эмпирических соотношений, исходя из статистических глобальных космологических выражений, следующих из основных положений реляционной модели пространства и времени, можно рассматривать как своеобразную манифестацию принципа Маха.

### **Объяснение феномена темной материи в реляционной статистической концепции**

Развиваемая нами концепция позволяет объяснить проявления темной материи на основе изучения распределения только видимой массы во Вселенной. Ранее было показано, что «сгущение» массы (появление массивных тел, например, планет, звезд), то есть распределения частиц с отличием от однородного распределения в измерительном приборе для расстояния приводит в рамках настоящей модели к метрике [1], совпадающей со шварцшильдской при слабой гравитации. Это дает возможность воспроизвести все известные и проверенные эффекты ОТО. Таким образом, изменение кинематических характеристик, связанных с изменением метрики по сравнению с евклидовой, происходит при изменении распределения частиц по сравнению с равномерным.

Изменение динамических величин, соответствующих потенциалу, происходит фактически также за счет данного отличия от среднего распределения, присущего дискретному эталону. Таким образом, феномен темной материи трактуется с помощью изменения теоретического описания гравитации на больших расстояниях, а не как следствие влияния новых неизвестных частиц, как в современных традиционных представлениях. Мы исходим из анализа измерительных процедур для определения расстояния с учетом структуры идеальных линеек с предельно симметричным равномерным распределением атомов, ее представляющих. Надо сравнить реальное распределение неоднородностей мира, в частности, на галактических масштабах с однородным распределением дискретной среды элементов во Вселенной

(«метagalактическая линейка»). Так возникают эффекты, которые можно трактовать как проявление влияния темной материи.

При большей массе на единицу расстояния по сравнению с обычным однородным распределением для того, чтобы суммарный глобальный гравитационный потенциал остался прежним, надо подставлять в знаменатель величину, существенно превышающую обычную. Но подставляют именно обычную величину, поскольку используют измерения по линейке с эталонным распределением, соответствующим стандартному равномерному глобальному распределению частиц. Поэтому сумма оказывается завышенной, что можно интерпретировать как проявление темной материи.

Оценим отличия темной материи (+ видимая) от видимой. Число нуклонов, приходящееся на единицу объема для дискретной однородной измерительной среды, определим, разделив число Эддингтона на объем Вселенной  $R^3 = (10^{28})^3 \text{ см}^3$ . Полагаем, что дискретная измерительная среда идеальной масштабной линейки задается как среднее во всей Вселенной. Используя известные оценки данных величин, получим, что такое отношение равно  $10^{-4}(\text{см})^{-3}$ . Тогда количество частиц, которое будет приходиться на линейную единицу длины (что соответствует идеальной измерительной среде), равно корню кубическому из этой величины, а именно  $10^{-4/3}(\text{см})^{-1}$ . Для получения безразмерного выражения такая «плотность» (то есть число частиц, приходящихся на единицу длины) должна фигурировать в потенциале.

Число нуклонов, приходящееся на единицу объема для галактической среды (в Метагалактике примерно  $2 \cdot 10^{12}$  галактик), определяется, если разделить число Эддингтона на число галактик и на среднюю величину объема галактики, которая согласно источникам принимается равной  $(10^{23})^3 \text{ см}^3$ , тогда получим  $0,5 \cdot 10^{-1}(\text{см})^{-3}$  и соответственно на единицу длины  $(0,5 \cdot 10^{-1})^{1/3}(\text{см})^{-1}$ . Значит для обеспечения той же, что и прежде, средней «плотности массы относительно расстояния» в потенциале, надо увеличить эффективное расстояние в знаменателе. Получающаяся фактически величина потенциала оказывается больше обычной, что можно трактовать как проявление темной массы.

Для обеспечения прежней «плотности» надо заменить расстояние, измеряемое по линейке, значением, соответствующим реальному распределению массы для галактики, чтобы выполнялись математические условия применения теорем теории вероятностей, так что приведенное выше отношение покажет проявление темной массы. Данное отношение  $(0,5 \cdot 10^{-1})^{1/3}/10^{-4/3}$  примерно равно 8. Такая величина достаточно неплохо соответствует упомянутым выше реальным отношениям масс: (барионная + темная) к барионной, которое находится в диапазоне 6–10. Заметим, что оценка получена при сопоставлении величин очень больших порядков. Дальнейшее уточнение величин поможет улучшить оценку.

### **Реляционная статистическая концепция и темная энергия**

Проблема темной энергии также может получить трактовку в настоящей концепции. Базисная связь пространства и времени дает глобальное

суммарные выражения для кинетической энергии и импульсов. При этом получаются аналоги законов сохранения. В основе лежат математические тождества, приводящие к физическим соотношениям, см. нашу статью [11], где обсуждается взаимосоответствие постулатов физики и математики. При этом в согласии с представлениями Маха описание, по существу, несиловое – аналог силы задается кинематической «остальной» частью мира помимо системы рассматриваемых частиц. Если же изучается мир как целое, то отсутствует «внешняя», «остальная» часть.

Так как интервал времени вводится через предельную сумму от пространственных смещений всех элементов мира, то после простых преобразований получается аналог глобальной кинетической энергии. Поскольку в среднеквадратичном среднем пространственные смещения проводятся относительно центра масс, то получается, что сумма кинетических энергий всех частиц (элементов) минус кинетическая энергия центра масс мира равна постоянной величине. При дифференцировании по времени изменение суммарной кинетической энергии равно изменению по времени кинетической энергии центра масс мира. Значит, возможно, что суммарная кинетическая энергия мира меняется во времени, если меняется и кинетическая энергия центра масс. Замедленное или ускоренное движение определяется соответствующими знаками ускорения кинетических энергий. При ускоренном разбегании можно говорить о проявлении темной энергии.

Свойства реляционного статистического пространства и времени (инвариантность времени относительно сдвигов) приводит к глобальной связи суммарной кинетической энергии и импульсов. Если рассматривается движение мира в целом, то получаем тождество, так что движение с ускорением не требует дополнительных сил (и энергии). Мир в целом может расширяться с постоянным ускорением, например, заданным в определенный начальный момент времени (здесь не обсуждается, как может возникнуть такое ускорение на достаточно поздней стадии эволюции Вселенной). При этом скорость, приобретенная за время существования Вселенной, должна примерно равняться скорости света. Таким образом, глобальное описание темной энергии на основе принципа Маха позволяет связать ее с допустимым ускоренным расширением.

### **Влияние статистичности теории при больших масштабах величин**

Для космологических масштабов при включении в сумму для времени всех элементов мира в реляционном подходе принцип Маха имеет различные проявления.

Возможность соотнесения показания часов с соответствующей суммой связана с близостью математического ожидания со средним по испытаниям. Построения опираются на вероятностный аппарат статистической концепции пространства-времени: соответствие с физическими измерениями по обычным часам и линейкам получается, как указано, из закона больших чисел и предельных теорем, при нарушении условий выполнения таких соотношений проявляются и отклонения от обычных физических закономерностей.

При выполнении этого условия интервал времени по физическим часам отличается от модельных статистических часов на малую величину  $(N)^{-1/2}$ , связанную с числом  $N$  частиц в системе. Для принимаемого числа Эддингтона данное относительное отличие  $10^{-40}$ . Можно ожидать, что на такую относительную величину отличаются массы элементарных частиц одного типа, что может проявиться в «анизотропии массы». Это приводит к отличию их динамических и кинематических свойств и делает, по сути, различимыми, что противоречит положениям квантовой механики, но такие эффекты могут обнаружиться на гораздо меньших масштабах, чем доступны нынешним наблюдениям. Различимость частиц можно трактовать как проявление чрезвычайно «тонкого света», в принципе измеримого.

Развиваемая реляционная статистическая модель пространства-времени предсказывает отличия в описании, связанные с глобальной вероятностной погрешностью. Такая погрешность может сказаться также в нарушении принципа эквивалентности инерционной и гравитационной масс на относительную величину порядка  $(N)^{-1/2}$ .

Будем называть ультра-ультрарелятивистскими скоростями такие, что отличаются от скорости света на относительную величину указанного порядка. Понятно, что достижение таких скоростей пока невозможно, поскольку энергии, соответствующие им, на много порядков превышают современные максимальные значения, полученные в новейших ускорителях. Приближение к таким скоростям приводит к некоторым изменениям в уравнениях кинематики и динамики в силу нарушения выполнения условий для обеспечения важных положений теории вероятностей. Для справедливости предельной теоремы требуется выполнение условий, основанных на примерно равном вкладе всех членов суммы: необходима равномерная малость отличия случайной величины от ее математического ожидания. Выяснение сходимости к нормальному закону последовательности независимых, но не обязательно одинаково распределенных случайных величин сводится к выяснению выполнения необходимого и достаточного условия асимптотической нормальности Линдберга–Феллера (см. [12–14]).

Так как изменение расстояния между опытами для изучаемой частицы сравнимо в определенном смысле с суммой таких же величин для остальных частиц мира, то это выделенное приращение нельзя включать в сумму при сравнении с измерением времени по часам. Поэтому это отдельное приращение не будет входить с прежним физическим смыслом в сумму, фигурирующую в математическом тождестве. Соответственно уравнения механики, следующие из этих математических соотношений, будут иметь иной вид.

Получается, что для очень больших скоростей из уравнений концепции следует, что при взаимодействии, например, двух частиц с большими скоростями не сохраняется обычная суммарная кинетическая энергия. Сохраняется другая суммарная величина, где в числителях слагаемых, как и прежде, присутствуют квадраты скоростей, но в знаменателях к 1 добавляются некоторые члены.

Предельная скорость не превышает величину, меньшую скорости света, хотя и мало отличающуюся от нее, а именно с относительным отличием

порядка  $(N)^{-1/2}$ . Следовательно, величины импульса и энергии оказываются конечными. В СТО этот предел равен бесконечности, что указывает на ограниченность теории.

## Выводы

При больших, глобальных, космологических значениях физических величин меняется описание, что связано со свойствами реляционного статистического пространства-времени, это может помочь в теоретической интерпретации некоторых известных явлений (в частности, феномена темной материи) и в предсказании новых эффектов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *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. P. 166–169.
2. *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. WorldScientific. Singapore. 2018. P. 2671–2676.
3. *Аристов В.В.* Реляционное статистическое пространство-время и построение единой физической теории // *Пространство, время и фундаментальные взаимодействия*. 2018. 4 (25). С. 4–20.
4. *Harvey D., Massey R., Kitching T., Taylor A., Tittley E.* The nongravitational interactions of dark matter in colliding galaxy clusters // *Science*. 2015. 347. 1462–1465.
5. *McGaugh S.S., Lelli F., Schombert J.M.* Radial acceleration relation in rotationally galaxies // *Phys. Rev. Lett.* 2011. 117 (216). URL: <https://arxiv.org/abs/1609.05917v>.
6. *Milgrom M.* A modification of the Newtonian dynamics: implication for galaxies // *Astrophys.* 1983. J. 270. P. 371–383.
7. *Владимиров Ю.С., Ромашка М.Ю.* Модифицированная ньютоновская динамика (MOND) и ее возможные интерпретации // *Пространство, время и фундаментальные взаимодействия*. 2013. 1 (2). С. 64–77
8. *Аристов В.В.* Конструкция реляционного статистического пространства-времени и физическое взаимодействие / На пути понимания феномена времени в естественных науках / ред. А.П. Левич. М.: Прогресс-Традиция, 2009. Ч. 3. С. 176–206.
9. *Аристов В.В.* Статистическая модель часов в физической теории // *Докл. РАН*. 1994. Т. 334. С. 161–164.
10. *Sidharth B.G.* The Machian Universe, arXiv:physics/061024v1 [physics.gen-ph].
11. *Аристов В.В.* Взаимоотношение физики и математики согласно реляционно-статистическому подходу // *Метафизика*. 2018. № 4 (30). С. 49–60.
12. *Лозв М.* Теория вероятностей. М.: Изд. иностр. лит., 1962.
13. *Боровков А.А.* Теория вероятностей. М.: Наука, 1976.
14. *Гнеденко Б.В.* Курс теории вероятностей. М.: Наука, 1988.

## RELATIONAL STATISTICAL SPACE-TIME FOR COSMOLOGICAL SCALES

V.V. Aristov

*Dorodnitsyn Computing Center of Federal Research Centre  
“Computer Science and Control”, RAS*

The relational statistical approach is used in the study of phenomena of macroscopic cosmological scales. In fact, a variant of the generalized Mach's principle is developing. Theoretical models of Dark matter as well as Dark energy without introducing additional particles and forces are discussed. Changes in the ordinary kinematic and dynamic equations for ultra-ultra-high speeds are considered. Some new effects are predicted at such energy scales.

**Keywords:** relational-statistical approach, space-time, Mach's principle, Dark matter and Dark energy.