

---

---

# ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ПАРАДИГМА В ФИЗИКЕ

---

---

DOI: 10.22363/2224-7580-2021-2-84-91

## ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ПАРАДИГМА И ВОЗМОЖНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ

В.Г. Кречет<sup>1</sup>, В.Б. Ошурко<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»  
Российская Федерация, 127055, Москва, Вадковский переулок, 3А*

<sup>2</sup> *Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН (ИОФ РАН)  
Российская Федерация, 119991 ГСП-1, Москва, ул. Вавилова, 38*

**Аннотация.** Рассматриваются и обсуждаются реляционная и субстанциональная концепции о природе пространства-времени. Показано, что в рамках геометрической парадигмы физики субстанциональная концепция пространства-времени проявляется наиболее явно.

**Ключевые слова:** природа пространства-времени, геометрическая парадигма, упругость пространства

Как известно, к настоящему времени в физике, да и в философии физики сформировалось два противоположных взгляда в понимании природы пространства и времени: реляционный и субстанциональный.

В субстанциональном подходе пространство и время рассматриваются как самостоятельные сущности и имеют первичный и даже априорно заданный характер.

В реляционном подходе пространство и время не являются самостоятельными сущностями, а являются вторичными понятиями по сравнению с материальными объектами и определяются из отношений и взаимодействий между ними.

Обе эти концепции о природе пространства-времени возникли и параллельно развивались, правда неравномерно, уже более 2000 лет. А впервые зародились они в философских школах Древней Греции, в которой вообще начала развиваться европейская наука и вся культура. Недаром Карл Маркс

называл Древнюю Грецию “Школой Европы”. Правда, сами древние греки свою страну называли Эллада, а себя эллинами.

Именно в Древней Греции начался новый подъём в развитии человеческой цивилизации после многих веков регресса. Ведь давно отмечено, что все известные древние цивилизации Египта, Шумера, Индии и др., с началом истории развития которых около 5 с половиной тысяч лет назад официальная историческая наука связывает вообще начало исторического развития человеческой цивилизации, были регрессивными цивилизациями.

Скорее всего, основные знания, технологии и умения были переданы этим цивилизациям древнейшей, можно сказать допотопной цивилизацией, которая погибла в результате глобальной катастрофы, – или, как принято говорить, Всемирного Потопа.

Но, несмотря на огромное количество новых археологических находок остатков древнейших затопленных океаном городов, различных артефактов с высочайшим уровнем технологической обработки и др., возраст которых насчитывает более девяти тысяч лет, официальная историческая наука упорно не хочет признавать их существование.

Можно сказать ещё сильнее, что именно с эпохи Древней Греции начинается самостоятельное поступательное развитие послепотопной человеческой цивилизации.

В сочинениях учёных и философов Древней Греции – Эллады мы и встречаем впервые размышления о природе пространства и времени, в том числе в вопросах о реляционной и субстанциональной сущности пространства и времени.

Например, в религиозно-философской школе Пифагора (580–500 до н.э.) мировое пространство фактически рассматривалось как изначально существующее, но заполненное “густым прозрачным эфиром”, в котором размещаются и движутся 10 космических тел, включая Луну, Солнце и Землю. Пифагореец Архит Тарентский индуктивным способом доказывал бесконечность пространства. Во всём этом мы видим субстанциональный подход к природе пространства.

Аналогичные взгляды на природу пространства разделял и основатель атомистической теории материи Демокрит (460–370 до н.э.), который считал, что есть пустое, априорно существующее пространство, в котором движутся атомы, и, соединяясь между собой, они образуют материальные тела.

Другой великий древнегреческий мыслитель Аристотель (380–320 до н.э.) по своим воззрениям на природу пространства-времени был ближе к реляционной концепции. Например, Аристотель отрицал существование пустого пространства без материи, а по вопросу о сущности времени отвечал вопросом: “а что измеряет душа?”.

В явном виде вопрос о реляционной или субстанциональной природе пространства-времени впервые был поставлен в полемике И. Ньютона и Г. Лейбница в конце XVII в.

Г. Лейбниц отстаивал реляционную концепцию, утверждая, что пространство, как и время, является относительным понятием: пространство есть порядок существования, а время есть порядок последовательностей.

У Ньютона противоположный взгляд по этой теме. Об этом ещё Э. Мах писал, что Ньютон считал пространство и время самостоятельными, хотя и бестелесными сущностями, которые таковыми считались большинством физиков вплоть до конца XIX в.

Сам Э. Мах полностью разделял позицию Лейбница, утверждая, что категории абсолютного пространства и времени – “бесмысленные”. Он писал, что “пространство и время существуют в определённых отношениях физических объектов...”.

В настоящее время реляционный подход к вопросу о сущности пространства-времени развивается в работах Ю.С. Владимирова [1; 2] на базе построенной им Теории Систем Отношений, которая входит составной частью в строящуюся им реляционную парадигму физики [3].

В свою очередь, дальнейшее развитие после И. Ньютона субстанциональной концепции о природе пространства и времени привело к созданию геометрической парадигмы физики, в рамках которой объясняется природа физических взаимодействий и описываются их свойства.

В геометрической парадигме субстанциональная концепция пространства-времени проявляет себя наиболее непосредственно и явно, само пространство-время выступает в качестве некоей первичной субстанции.

Родоначальником геометрической парадигмы по праву можно считать английского математика В. Клиффорда (1811–1879), который рассматривал физические взаимодействия как проявления изменения кривизны пространства-времени.

При разработке общей теории относительности (ОТО) А. Эйнштейн частично реализовал эту концепцию Клиффорда, геометризав гравитационное поле.

Согласно ОТО, гравитационное поле есть проявление кривизны 4-мерного пространства-времени и описывается метрическим тензором этого 4-мерного пространства, компоненты которого рассматриваются как гравитационные потенциалы.

Создание ОТО заложило основы геометрического миропонимания и развития физических теорий в рамках геометрической парадигмы, которую можно назвать также парадигмой Клиффорда–Эйнштейна [2].

Уравнения Эйнштейна  $G_{ik} = \varkappa T_{ik}$ ,  $\varkappa = \frac{8\pi G}{c^4}$ , где  $G_{ik}$  – консервативный тензор кривизны Эйнштейна–Гильберта, а  $T_{ik}$  – тензор энергии-импульса гравитирующей материи, можно переписать ещё и в таком виде:  $T_{ik} = \frac{1}{\varkappa} G_{ik}$ , и получается аналог уравнений теории упругости, в которой тензор напряжений пропорционален тензору упругих деформаций, так что в представленном выше виде в уравнениях Эйнштейна тензор  $T_{ik}$  есть аналог тензора напряжений в сплошной среде,  $G_{ik}$  – аналог тензора упругих деформаций сплошной среды – в данном случае пространства-времени, а  $\frac{1}{\varkappa}$  – коэффициент

упругости. Таким образом, уравнения гравитации Эйнштейна могут интерпретироваться как уравнения теории упругости пространства-времени. В такой трактовке само 4-мерное пространство-время выступает как некоторая сплошная среда-субстанция, обладающая определёнными физическими свойствами.

Возможность такой трактовки уравнений Эйнштейна была замечена довольно давно, например акад. А.Д. Сахаровым.

Как известно, деформации бывают разных видов, – деформации растяжения, изгиба, сдвига и т.д., но также и деформации кручения или вращения. В применении к теории гравитации Эйнштейна такую роль играет вихревое гравитационное поле, являющееся вихревой составляющей полного гравитационного поля.

В общем случае вихревое гравитационное поле определяется 4-мерным ротором поля тетрад  $e^j_{(a)}(x^i)$  [4]:

$$\omega^i = \frac{1}{2} \varepsilon^{iklm} e_{k(a)} e_{l,m}^{(a)}, \quad i = 1, 2, 3, 4, \quad (a) = 1, 2, 3, 4. \quad (1)$$

Здесь  $e^j_{(a)}$  – ортонормированные векторы касательной тетрады, латинские индексы  $i, k, l, m, \dots$  – мировые индексы, индексы  $(a), (b), (c), \dots$  – локальные лоренцевы индексы, а знак  $(,m)$  определяет операцию дифференцирования по координате  $x^m$ , а  $\varepsilon^{iklm}$  – антисимметричный тензор Леви–Чивиты.

С кинематической точки зрения аксиальный вектор  $\omega^i$  есть угловая скорость вращения тетрады. Аналогично в трёхмерном пространстве угловая скорость вращения жидкости определяется так:  $\omega^i = \frac{1}{2} \varepsilon^{ikl} v_{k,l}$  или  $\vec{\omega} = \frac{1}{2} \text{rot } \vec{v}$ , где  $i, k = 1, 2, 3$ ,  $\vec{v}$  – вектор скорости.

Вектор  $\omega^i$  определяет плотность собственного момента импульса  $S^i(g)$  гравитационного поля:  $S^i(g) = \omega^i / \alpha$ .

Вихревое гравитационное поле характеризуется также своим тензором энергии-импульса  $T^i_k(\omega)$ , в отличие от полного гравитационного поля, компоненты которого пропорциональны  $\omega^2$ . Тензор  $T^i_k(\omega)$  удовлетворяет локальному закону сохранения:  $T^k_{i;k} = 0$  и обладает очень экзотическими свойствами. Например, для его компонент нарушается слабое энергетическое условие ( $p + \varepsilon > 0$ ).

Такие его свойства позволяют с помощью вихревого гравитационного поля создавать «кротовые норы», давно обсуждаемые теоретически возможные астрофизические объекты. Геометрия пространства-времени «кротовых нор» получается как результат решений уравнений Эйнштейна с тензором  $T^i_k$ , способным индуцировать такую геометрию.

Простейшим примером пространства-времени со стационарным вихревым гравитационным полем является цилиндрически-симметричное стационарное пространство-время, описываемое метрикой

$$dS^2 = A dr^2 + B d\varphi^2 + C dz^2 + 2 E dt d\varphi - D dt^2, \quad -2\pi \leq \varphi \leq 0. \quad (2)$$

Здесь все метрические коэффициенты  $A, B, C, D, E$  зависят лишь от одной радиальной координаты  $r = x^1$ .

В этом пространстве вычисления по формуле (1) для вектора угловой скорости  $\omega^i$  дают выражение

$$\omega^i = \frac{E'D - D'E}{2D\sqrt{AC\Delta}} \delta_3^i, \quad \Delta = BD + E^2. \quad (3)$$

Отсюда видно, что вектор  $\omega^i$  направлен вдоль третьей оси – оси  $OZ$ .

Поучительным примером, демонстрирующим возможные субстанциональные свойства пространства, как некоей упругой сплошной среды с существующим пределом прочности, является пространство-время типа (2) с вихревым гравитационным полем, индуцированное вращающейся самогравитирующей электрически заряженной идеальной жидкостью с уравнением состояния  $p = w\varepsilon$  ( $0 < w < 1$ ,  $w = \text{const}$ ). Здесь  $p$  – давление,  $\varepsilon$  – плотность энергии,  $w$  – коэффициент баротропности.

В результате решения уравнений Эйнштейна для указанной выше конфигурации получается, что угловая скорость  $\omega$  является постоянной, а напряжённость  $H$ , индуцированного кольцевыми электрическими токами, продольного магнитного поля  $H_z$  определяется интересной формулой

$$H = 8\pi\omega a \left( 1 - \frac{v^2}{c^2} \right), \quad a = \frac{\rho_m}{\rho_e} = \text{const}. \quad (4)$$

Здесь  $\rho_m$  и  $\rho_e$  – плотность массы и плотность электрического заряда соответственно, а  $v$  – скорость звука в жидкости. Получается, что при  $v \rightarrow c$  магнитное поле уменьшается, а при  $v = c$ , что соответствует предельному уравнению состояния  $p = \varepsilon$ , исчезает совсем.

В итоге метрика пространства-времени для рассматриваемой конфигурации вращающейся электрически заряженной жидкости при наличии вихревого гравитационного поля получается следующей:

$$dS^2 = dr^2 + \frac{k^2(1+w)}{4w\omega^2} \left( 1 + \frac{3w-1}{4w} \text{sh}^2 \omega r \right) d\varphi^2 + dz^2 + \frac{2k(1+w)}{4w\omega} \text{sh} \omega r \cdot dt d\varphi - dt^2, \quad (5)$$

где  $k = \text{const}$ ,  $-\infty < r < \infty$ .

Из (5) видно, что при  $w > 1/3$  угловой метрический коэффициент во всём интервале ( $-\infty < r < \infty$ ) положителен и нигде не обращается в нуль, а при

$r \rightarrow +\infty$  и  $r \rightarrow -\infty$  угловой метрический коэффициент неограниченно возрастает, что соответствует наличию двух пространственных бесконечностей на концах интервала, то есть получилась геометрия пространства-времени «кротовой норы», причём проходимой, так как в полученной метрике нигде нет особенностей, а метрические коэффициенты при  $dr^2$  и  $dt^2$  равны единице, как в пространстве Минковского. При этом горловина полученной «кротовой норы», то есть её самое узкое место, находится в точке  $r = 0$ .

Из полученного результата следует, что вихревое гравитационное поле способно индуцировать образование «кротовых нор» и может быть использовано для этого, то есть для создания «кротовых нор» – своеобразных туннелей в пространстве-времени, соединяющих удалённые области Вселенной или же параллельные Вселенные.

Свойства пространства-времени внутри полученной «кротовой норы» нагляднее всего проявляются при исследовании поведения времениподобных геодезических, описывающих свободное движение пробных материальных частиц, и светоподобных геодезических, описывающих распространение световых лучей.

Мы провели компьютерные исследования этой задачи и ниже представим графически эти результаты с необходимыми комментариями.

На рис. 1 видно, что луч света, испущенный справа от горловины в направлении на неё ( $r = 0$ ), пересекает её и отклоняется от прямолинейного направления, встречая сопротивление некоей упругой среды, – субстанции пространства, которая затем после сжатия, расправляясь, отталкивает луч света в обратном направлении. Этот луч света снова пересекает горловину слева и опять отталкивается упругой средой при  $r \sim 0,038$  снова в левом направлении, и повторяется первая ситуация, но при более близком расстоянии слева от горловины, и так происходит циклически движение луча света по суживающейся спирали.

На рис. 2 точка  $r = 0$  – координата горловины «кротовой норы». Видно, что после прохождения через горловину радиальная скорость частицы неограниченно увеличивается, но в начале движения скорость сначала уменьшается вследствие сопротивления пространственного континуума, и только через некоторое время это сопротивление преодолевается, видимо, после прокола пространственного континуума, и скорость частицы после прохождения горловины неограниченно возрастает при увеличивающихся отрицательных значениях радиальной координаты.

Таким образом, в данной работе в рамках геометрической парадигмы мы рассмотрели возможные физические свойства пространства-времени. Показали возможность существования вихревого гравитационного поля как вихревой составляющей полного гравитационного поля и рассмотрели его основные свойства, отличительные от свойств обычных материальных распределений, в силу которых вихревое гравитационное поле можно использовать для построения «кротовых нор» – своеобразных тоннелей в пространстве-времени, соединяющих удалённые области Вселенной, а может быть, и параллельные Вселенные. Привели конкретный пример такой «кротовой

норы», которая может быть построена при использовании вихревого гравитационного поля, и исследовали с помощью времениподобных и световых геодезических, описывающих движение пробных частиц и ход световых лучей, свойства пространства-времени внутри «кротовой норы».

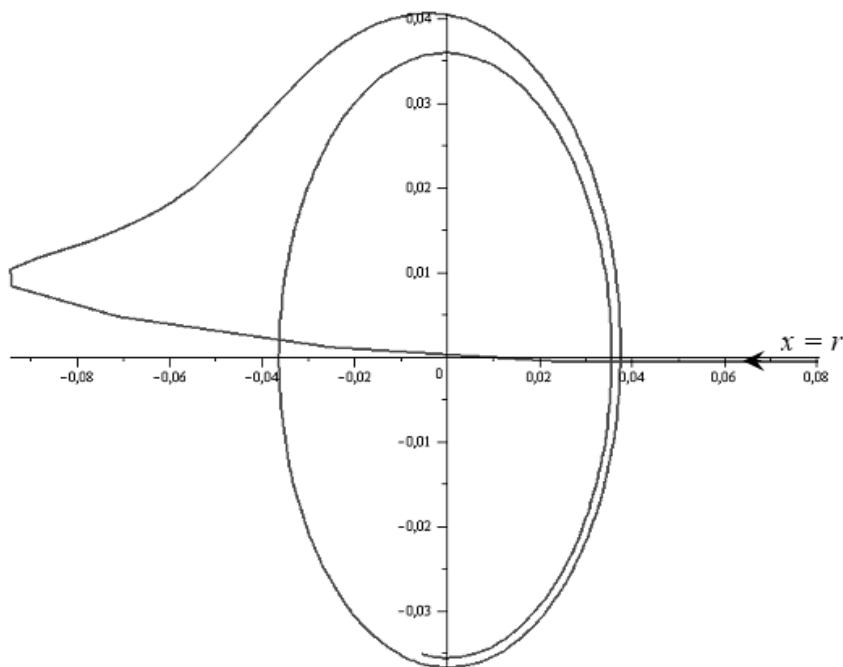


Рис. 1. Светоподобная геодезическая (траектория луча света в плоскости XY, Z = 0)

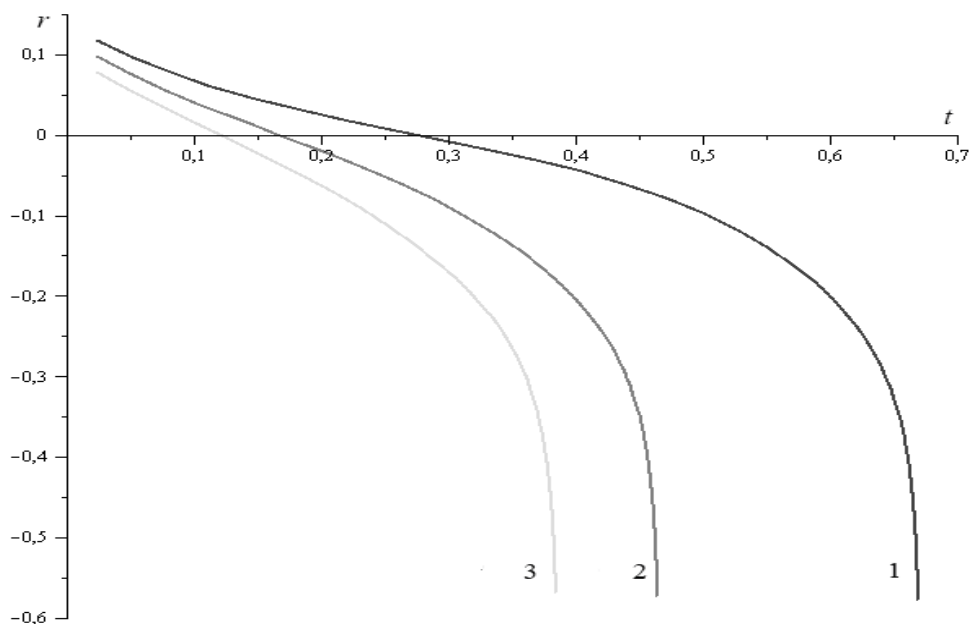


Рис. 2. Изменение радиальной координаты  $r(t)$  свободно движущейся частицы в пространстве «кротовой норы» при начальной радиальной скорости

$\frac{dr}{dt}(t=0) = -0,1$  и при разных значениях начальной радиальной координаты  $r(0)$ :

- 1)  $r = 0,14$ ; 2)  $r = 0,12$ ; 3)  $r = 0,1$

Исследования поведения этих геодезических приводят к выводу о возможности наличия упругих свойств у пространственного континуума, существовании у него предела прочности.

При превышении этого предела возможен даже прокол пространства движущейся в «кротовой норе» частицей, после чего скорость движения неограниченно возрастает.

### Литература

1. *Владимиров Ю.С.* Метафизика. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.
2. *Владимиров Ю.С.* Между физикой и метафизикой. М.: URSS, 2010.
3. *Владимиров Ю.С.* Реляционная картина мира. М.: URSS, 2021.
4. *Кречет В.Г.* Топологические и физические эффекты вращения и спина в общерелятивистской теории гравитации // Изв. вузов. Физика. 2007. Т. 50. № 10. С. 57–60.

## GEOMETRIC PARADIGM AND POSSIBLE PHYSICAL PROPERTIES OF THE SPACE-TIME

V.G. Krechet<sup>1</sup>, V.B. Oshurko<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Moscow State University of Technology "STANKIN"*

*3A Vadkovkiy Per., Moscow, 127055, Russian Federation*

<sup>2</sup> *General Physics Institute named after A.M. Prokhorov RAS (GPI RAS)*

*38 Vavilov St, GSP-1, Moscow, 119991, Russian Federation*

**Abstract.** The article considers and discusses the relational and substantial concepts of the nature of space-time. It is shown that within the framework of the geometric paradigm of physics the substantial concept of space-time is manifested most clearly.

**Keywords:** nature of space-time, geometric paradigm, elasticity of space