

ИДЕЯ ЗАМКНУТЫХ ВРЕМЕНИПОДОБНЫХ КРИВЫХ В ГЁДЕЛЕВСКОМ РЕШЕНИИ УРАВНЕНИЯ ЭЙНШТЕЙНА: ФИЛОСОФСКИЕ СЛЕДСТВИЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ

Сторожук Анна Юрьевна,

доктор философских наук,

ведущий научный сотрудник

Института философии и права СО РАН,

Россия, 630090, Новосибирск, ул. Николаева, 8

ORCID: 0000-0002-0893-6212

Scopus ID: 23061949400

stor71@mail.ru

Аннотация

Обсуждаются продуктивность, возможные следствия и область применения подхода Гёделя к решению уравнения Эйнштейна. Последнее представляет собой систему дифференциальных уравнений в частных производных, и количество его решений весьма ограничено. Имеется буквально несколько решений для простейших случаев. Поэтому решение Гёделя имеет ценность как решение весьма непростой задачи. Как следствие решения Гёделем уравнения Эйнштейна, возникает понятие циклического времени, что противоречит европейской традиции понимания времени как линейной последовательности. Однако в науке до сих пор не выработано удовлетворительного понятия времени, а используемое в теории относительности представляет собой абсолютизацию в духе Ньютона. Суть в том, что Эйнштейн при разработке теории относительности рассматривал часы в пространстве-времени как идеальные, а не реальные устройства. Предположение о часах как о материальном устройстве привносит в процесс измерения времени квантовую неопределенность. Если в качестве часов рассматривать материальную частицу, то она окажется подверженной влиянию гравитационных полей, что повлечет изменение показаний подобных часов. Квантовая система в релятивистском контексте потребует наложения предела измеримости согласно принципу неопределенности, что вполне согласуется с требованиями квантовой гравитации. Идея циклического времени может оказаться созвучной понятию пространственно-временного поворота в многомерном пространстве. Эта идея была использована Дираком для описания понятия спина с помощью кватернионов,

что эквивалентно двойному циклическому повороту в многомерном пространстве. Кроме того, циклическое время переключается с моделью циклической Вселенной, предложенной для решения проблемы тонкой подстройки параметров. Что касается «неестественности» понятия циклического времени и возможности его принятия в социокультурном контексте, то идея цикличности близка восточной философии. Собственно, именно идея цикличности времени отражена в восточных календарях, поэтому вопрос ее общественного осознания является вопросом смены одной устоявшейся парадигмы на другую.

Ключевые слова: время, циклическое время, уравнение Эйнштейна, проблема великого объединения теорий.

Библиографическое описание для цитирования:

Сторожук А.Ю. Идея замкнутых времениподобных кривых в Гёделевском решении уравнения Эйнштейна: философские следствия и продуктивность // Идеи и идеалы. – 2018. – № 2, т. 1. – С. 201–208. – doi: 10.17212/2075-0862-2018-2.1-201-208.

Одной из сложнейших задач современной физики является поиск решения уравнения Эйнштейна. Оно записано в тензорном виде и может быть представлено как система шестнадцати уравнений на шестнадцать неизвестных в частных производных второго порядка. Из-за сложности самого уравнения первые решения этого уравнения представляют собой очень частные случаи: пустое пространство (мир де Ситтера [2]), пространство вокруг точечной массы (решение Шварцшильда для черной дыры [6, с. 199–207]) и вращающейся черной дыры (решение Керра [3, с. 208–211]). Вот, собственно, мы их все и перечислили. Позже появились нестатические решения Фридмана. Напомним, что в классической механике по-прежнему не решена задача трех тел.

Трудности нахождения решений уравнения Эйнштейна надолго затормозили развитие общей теории относительности (ОТО). Это продолжалось вплоть до 1960-х, когда С. Хокинг и Р. Пенроуз предложили термодинамический подход к исследованию черных дыр [5]. В рамках этого подхода размер горизонта черной дыры связывается с ее энтропией, а последняя определяется через количество информации, поглощенной черной дырой. Подход Пенроуза–Хокинга продвинул исследования черных дыр, но проблема поиска решения в других случаях по-прежнему остается открытой. Надо заметить, что именно второй закон термодинамики, описывающий неубывание энтропии в замкнутой системе, и задает, если так можно выразиться, направление стрелы времени.

Поэтому решение, предложенное Гёделем, представляет несомненный интерес. Идея этого решения, в котором появляется концепция циклического времени, изложена в статье К. Шарова «Путешествия во времени:

научная фантастика или наука?». В подходе Гёделя возникают замкнутые времениподобные кривые. Проблемным моментом в настоящее время является отсутствие их физической интерпретации, невозможность прямой эмпирической проверки. Но, с другой стороны, в наш прагматический век концепция оценивается не столько по ее проверяемости, сколько по продуктивности следствий. Каким же областям современной физики созвучна идея цикличности?

Как известно, основной проблемой современной физики является поиск Теории Великого Объединения. Два наиболее авторитетных подхода, теория квантовой гравитации и теория струн, не могут быть проработаны до конца из-за возникающих затруднений. Кроме того, в петлевой квантовой гравитации, развиваемой на основе ОТО, мало внимания уделяется вопросам происхождения и взаимодействия элементарных частиц, а в струнах, напротив, недостаточно проработаны понятия пространства и времени. Последняя теория наталкивается на трудности определения свободных параметров теории и на настоящем этапе представляет собой попытки решать приближенные уравнения приближенными методами и потому не может быть доведена до числа для проведения эмпирических проверок.

Кроме теоретических трудностей имеются и методологические. Еще в XVII в. Галилей сказал, что книга природы написана на языке математики, а У. Оккам сформулировал принцип, согласно которому не следует умножать сущности сверх необходимости. Идея, что природа устроена просто, нашла свое математическое выражение в принципе наименьшего действия.

Когда Копернику поручили разобраться в геоцентрической модели с целью провести реформу календаря, он счел положение дел в астрономии того времени «чрезвычайно запутанным». Интересно, что сказал бы Коперник сегодня, если бы ему предложили разобраться в квантовой теории поля? Усложнение математической структуры теории может указывать на неверность наших представлений и подобно тому, как помещение Солнца в центр кругов вращения планет сразу сделало модель более простой и обозримой, может существовать и подход, способный упростить математическую структуру современной физики.

С чем прежде всего ассоциируется идея циклического времени? П. Дирак, разрабатывая уравнения для квантовой теории поля, говорил, что оно имеет очень простую геометрическую интерпретацию, но поскольку физикам геометрический язык непривычен, он запишет свое уравнение в аналитическом виде. О какой геометрической интерпретации могла идти речь? Уравнение в кватернионах описывает поворот в пространстве по замкнутой траектории, когда обход контура по замкнутой траектории один раз (поворот на 2π) меняет состояние системы (например, изменяет спин

частицы на противоположный), а обход контура четное число раз (поворот на 4π) возвращает частицу в прежнее состояние [4, с. 208–211]. Уравнение Дирака, описывающее рождение частиц гравитационным полем, перебрасывает мост между двумя теориями: пространства-времени и материи, которые исторически оказались разобщены. Собственно, суть проблемы поиска единой теории состоит в невозможности совмещения принципа неопределенности Гейзенберга с основными принципами ОТО – изменением кривизны пространства-времени под действием масс и энергий. Если бы решение Гёделя могло бы быть достаточно разработано, чтобы связать операторы Дирака рождения частиц с циклическими пространственно-временными характеристиками, оно могло бы способствовать большему сближению этих теорий.

Кроме того, идея циклического времени могла бы сделать шаг навстречу объединению и со стороны ОТО, поскольку понимание времени в теории относительности слишком идеализированное. В общей теории относительности время определяется локально, как собственное время вдоль мировой линии. Считается, что часы вдоль мировых линий согласованы, а наблюдатель имеет в СТО часы в рамках каждой области пространства. Эти часы фиксируют время события и помечают его вместе с пространственными координатами. Временем события считаются показания ближайших к событию часов.

Но при этом часы рассматриваются как внешний объект, не взаимодействующий с остальной Вселенной. Эта абсолютизация независимости часов от остального мира является наследием классической механики и может рассматриваться как некий атавизм. Эйнштейн наделил абсолютным характером измерительные стержни и часы, а относительным – весь остальной мир. Эта непоследовательность требует пересмотра идеализированного понятия часов и замены его на понятие часов физических. В качестве последних может рассматриваться, например, квантовая частица, имеющая внутреннюю степень свободы и пребывающая в одном из двух состояний. Такие часы, будучи физическими, должны подчинять свое поведение и принципам квантовой механики, и общей теории относительности. Изучение часов как квантовой системы в релятивистском контексте потребует наложения предела измеримости согласно принципу неопределенности, что вполне согласуется с требованиями квантовой гравитации.

Но вопрос, как квантовые эффекты модифицируют наше понятие времени, остается открытым. Квантовые часы являются системой, находящейся в суперпозиции энергетических состояний. Разница между собственными состояниями часов согласно принципу эквивалентности массы и энергии должна подчиняться гравитационным эффектам, которые станут за-

метными при переходе к высокой точности измерения времени. Суперпозиция энергетических состояний часов, определяющая ход времени, будет связана с энергией гравитационного поля, а через нее – с пространственно-временной метрикой. Поэтому существуют фундаментальные ограничения на измерение времени, накладываемые принципами квантовой механики и общей теорией относительности. Эти эффекты фундаментальны и не зависят от конструкции часов [7, 8, 11].

Наконец, ждут своего объяснения и парадоксы квантовой механики, такие как эффект телепортации и нелокальность действия. Согласно многомировой интерпретации Эверетта [9, 10] возможным объяснением является понимание квантовой запутанности как одной частицы, движущейся по временным траекториям в разных мирах таким образом, что при взаимодействии с частицей мы имеем дело с несколькими ее проекциями в наше пространство-время. Таким образом, если бы решение Гёделя могло пролить свет на некоторые актуальные физические проблемы, оно бы показало свою продуктивность. В настоящее же время, не имея практического применения, оно является лишь одной из абстракций, как и многие другие математически красивые идеи (см., например, [1]).

С точки зрения перестройки мировоззрения, которая, по мнению К. Шарова, потребуется, чтобы принять идеи Гёделя о циклически замкнутом времени, нам представляется, что особых реформ даже и не потребуется. Линейно направленное время имеет место лишь в европейской традиции, а в восточной традиции время всегда рассматривалось как циклическое, что отражено в восточном календаре. Концепция причинности на сегодняшний день тоже претерпела значительные изменения, и от детерминизма, когда события рассматриваются как определенные одной главной причиной, мировоззрение перешло к понятию динамической хаотической причинности, когда возникновение каждого события понимается как взаимодействие множества слабодействующих причинных факторов. А фазовые пространства хаотических систем вполне допускают наличие замкнутых траекторий, так что теория циклического времени сравнительно легко может быть согласована с современными подходами.

Литература

1. *Базайкин Я.В.* Об одном семействе 13-мерных замкнутых римановых многообразий положительной кривизны // Сибирский математический журнал. – 1996. – Т. 37, № 6. – С. 1219–1237.
2. *Ситтер В. де.* О теории тяготения Эйнштейна и ее следствиях для астрономии. Ст. 3 // Альберт Эйнштейн и теория гравитации: сборник статей. – М.: Мир, 1979. – С. 299–319.

3. Керр Р. Гравитационное поле вращающейся массы как пример алгебраически специальной метрики // Альберт Эйнштейн и теория гравитации: сборник статей. – М.: Мир, 1979. – С. 208–211.
4. Фок В.А. Геометризация Дираковской теории электрона // Альберт Эйнштейн и теория гравитации: сборник статей. – М.: Мир, 1979. – С. 415–432.
5. Хокинг С., Пенроуз Р. Природа пространства и времени. – Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2000. – 160 с.
6. Шварцшильд К. О гравитационном поле точечной массы в эйнштейновской теории // Альберт Эйнштейн и теория гравитации: сборник статей. – М.: Мир, 1979. – С. 199–207.
7. Amelino-Camelia G. Limits on the measurability of space-time distances in the semiclassical approximation of quantum gravity // *Modern Physics Letters A*. – 1994. – Vol. 9, iss. 37. – P. 3415–3422.
8. Castro R.E., Giacomini F., Brukner Č. Entanglement of quantum clocks through gravity [Electronic resource] // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 2017. – Vol. 114 (12). – URL: <https://arxiv.org/pdf/1507.01955.pdf> (accessed: 24.04.2017).
9. Everett H. Relative state formulation of quantum mechanics // *Review of Modern Physics*. – 1957. – Vol. 29. – P. 454–462.
10. Everett H. The theory of the universal wave function // *The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics* / B. de Witt, N. Graham (eds.). – Princeton, NJ: Princeton University Press, 1973. – P. 3–140.
11. Salecker H., Wigner E.P. Quantum limitations of the measurement of space-time distances // *Physical Review*. – 1958. – Vol. 109, iss. 2. – P. 571–577.

Статья поступила в редакцию 12.02.2018 г.

Статья прошла рецензирование 02.03.2018 г.

DOI: 10.17212/2075-0862-2018-2.1-201-208

IDEA OF CLOSED TIMELIKE CURVES IN THE GÖDEL SOLUTION OF THE EINSTEIN EQUATION: PHILOSOPHICAL IMPLICATIONS AND ITS PRODUCTIVITY

Storozhuk Anna,

Dr. of Sc. (Philosophy),

Leading Researcher, Institute of Philosophy and Law, SB RAS,

8, Nikolaeva St., Novosibirsk, 630090, Russian Federation

ORCID: 0000-0002-0893-6212

Scopus ID: 23061949400

stor71@mail.ru

Abstract

The author considers productivity, possible consequences and the scope of the Gödel approach to the solution of the Einstein equation. The latter is a system of partial differential equations and the number of its solutions is very limited. There are literally several solutions for the simplest cases. Therefore, Gödel's solution is a valuable one, as it is the solution to a very difficult problem. As a consequence of Gödel's solution of the Einstein's equation, the concept of cyclic time arises, which contradicts the European tradition of understanding time as a linear sequence. However, science hasn't developed a satisfactory concept of time yet, and the one used in the theory of relativity is absolutization in the spirit of Newton. The thing is that Einstein, developing his theory of relativity, considered timepiece in space-time parameters as ideal, not real device. The assumption of a timepiece as a material device introduces a quantum uncertainty into the process of measuring time. If a timepiece is considered to be material, then it will be affected by gravitational fields, which will result in the readings change of the device. According to the uncertainty principle, the quantum system in the relativistic context will require the imposition of a measurability limit, which is in complete agreement with the requirements of quantum gravity. The idea of cyclic time may be consonant with the notion of space-time rotation in a multidimensional space. This idea was used by P. Dirac to describe the concept of spin by means of quaternions, which is equivalent to a double cyclic rotation in a multidimensional space. In addition, the cyclic time accords with the model of the cyclic universe, this approach was suggested for solving the problem of fine-tuning the parameters. The notion of cyclic time is considered to be unnatural and the possibility of its adoption in the socio-cultural context is rather vague, though the idea of cyclicity is close to Eastern Philosophy. Actually, the idea of cyclic time is reflected in the eastern calendars, therefore the issue of public awareness is a matter of changing the already established paradigm to another.

Keywords: time, cyclic time, Einstein's equation, the problem of unification of Physics theories.

Bibliographic description for citation:

Storozhuk A. Idea of closed timelike curves in the Gödel solution of the Einstein equation: philosophical implications and its productivity. *Idei i idealy – Ideas and Ideals*, 2018, no. 2, vol. 1, pp. 201–208. doi: 10.17212/2075-0862-2018-2.1-201-208.

References

1. Bazaykin Ya.V. Bazaikin Ya.V. Ob odnom semeistve 13-mernykh zamknutykh rimanovykh mnogoobrazii polozhitel'noi krivizny [On a certain family of closed 13-dimensional Riemannian manifolds of positive curvature]. *Sibirskii matematicheskii zhurnal – Siberian Mathematical Journal*, 1996, vol. 37, no. 6, pp. 1219–1237.
2. Sitter W. de. O teorii tyagoteniya Einšteina i ee sledstviyakh dlya astronomii. St. 3 [On Einstein's Theory of gravitation, and its astronomical consequences. Paper 3]. *Al'bert Einštejn i teoriya gravitatsii: sbornik statei* [Albert Einstein and the Theory of gravity: digest of articles]. Moscow, Mir Publ., 1979, pp. 299–319.
3. Kerr R. *Gravitatsionnoe pole vrashchayushchejsya massy kak primer algebraicheski spetsial'noi metriki* [Gravitational field of a spinning mass as an example of algebraically special metrics]. *Al'bert Einštejn i teoriya gravitatsii: sbornik statei* [Albert Einstein and the Theory of gravity: digest of articles]. Moscow, Mir Publ., 1979, pp. 208–211.
4. Fok V.A. Geometrization Dirakovskoi teorii elektrona [Geometrisierung der Diracschen theorie des elektrons]. *Al'bert Einštejn i teoriya gravitatsii: sbornik statei* [Albert Einstein and the Theory of gravity: digest of articles]. Moscow, Mir Publ., 1979, pp. 415–432.
5. Hawking S., Penrose R. *The Nature of Space and Time*. Princeton, NJ, Princeton University Press, 1996 (Russ. ed.: Khoking S., Penrouz R. *Priroda prostranstva i vremeni*. Izhevsk, Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika Publ., 2000. 160 p.).
6. Schwarzschild K. O gravitatsionnom pole tochechnoi massy v einšteinovskoi teorii [Über das Gravitationsfeld eines Massenpunktes nach der Einsteinschen theorie]. *Al'bert Einštejn i teoriya gravitatsii: sbornik statei* [Albert Einstein and the Theory of gravity: digest of articles]. Moscow, Mir Publ., 1979, pp. 199–207.
7. Amelino-Camelia G. Limits on the measurability of spacetime distances (the semiclassical approximation of) quantum gravity. *Modern Physics Letters A*, 1994, vol. 9, iss. 37, pp. 3415–3422.
8. Castro R.E., Giacomini F., Brukner Č. Entanglement of quantum clocks through gravity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2017, vol. 114 (12). Available at: <https://arxiv.org/pdf/1507.01955.pdf> (accessed 24.04.2017).
9. Everett H. Relative state formulation of quantum mechanics. *Review of Modern Physics*, 1957, vol. 29, pp. 454–462.
10. Everett H. The theory of the universal wave function. *The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics*. B. de Witt, N. Graham (eds.). Princeton. NJ, Princeton University Press, 1973, pp. 3–140.
11. Salecker H., Wigner E.P. Quantum limitations of the measurement of space-time distances. *Physical Review*, 1958, vol. 109, iss. 2, pp. 571–577.

The article was received on 12.02.2018.

The article was reviewed on 02.03.2018.