

Что такое “Теория глобального времени“?

Д. Е. Бурланков*

18 сентября 2005 г.

1 Физические и математические основы

Общая теория относительности (ОТО) [1, 2] строится на основе (статической) римановой геометрии *четырёхмерного* пространства-времени. Решения уравнений Эйнштейна определяют все четырёхмерное пространство-время: прошлое, настоящее и будущее сразу.

Теория глобального времени (ТГВ) основным физическим объектом полагает *трехмерное* пространство, динамически изменяющееся в общем для всех точек пространства *глобальном времени*, в котором совершается и мировая динамика.

В **динамической геометрии** пространство представляется множеством своих точек и система координат, в которой точки самого пространства своих координат (\bar{x}^i) не меняют, называется *абсолютной инерциальной системой*. Тогда в некоторой другой системе, связь координат точек пространства в которой с координатами в абсолютной инерциальной системе зависит от времени $x^i = f^i(\bar{x}, t)$, существует *поле абсолютных скоростей*

$$V^i = \frac{\partial x^i}{\partial t}, \quad (1)$$

отсутствующее в абсолютной инерциальной системе (что и является ее формальным признаком). Особо важной в динамике пространства является **ковариантная производная по времени** от метрического тензора

$$D_t \gamma_{ij} = \frac{\partial \gamma_{ij}}{\partial t} + V_{i;j} + V_{j;i}. \quad (2)$$

Теория глобального времени исходит из

следующей физической концепции пространства и времени:

Пространство является материальным носителем геометрических свойств. Оно трехмерно.

Глобальное время – это собственное время пространства, единое для всех его точек. Оно всюду и всегда течет одинаково равномерно, само являясь мерой равномерности.

Пространство является *носителем геометрических свойств*, потому что геометрические свойства определяются метрическим тензором, шесть компонент которого являются главными полевыми переменными пространства.

Тела движутся в пространстве, динамика полей (например, электромагнитного) совершается в пространстве. Для каждой движущейся точки определена *абсолютная скорость* относительно пространства.

Относительно пространства существует абсолютное движение, или, наоборот, в некоторой системе координат существует поле скоростей пространства. Таким образом динамика пространства описывается шестью компонентами поля метрического тензора $\gamma_{ij}(x, t)$, определяющего его геометрические свойства в заданный момент времени, и тремя компонентами поля абсолютных скоростей $V^i(x, t)$, определяющими, как каждая точка пространства в каждый данный момент движется относительно выбранной системы координат.

Пространство является *материальным* носителем геометрических свойств, потому что уравнения динамики метрического тензора и поле скоростей получаются из лагранжевых уравнений и наряду с другими по-

*bur@phys.unn.runnet.ru

лями (например, электромагнитным) определяют энергию.

Уравнения динамики метрики и поле скоростей определяются из вариационного принципа, где гравитационное действие представляется как разность кинетической (квадратичной по скоростям деформации метрики) и потенциальной энергий пространства (пропорциональной скалярной кривизне трехмерного пространства R):

$$S = \frac{c^4}{16\pi k} \int (\mu_j^i \mu_i^j - (\mu_j^j)^2 + R) \sqrt{\gamma} d_3 x dt + S_m, \quad (3)$$

где S_m – действие прочей материи, а μ_{ij} – тензор скоростей деформации пространства, образованный из ковариантных производных по времени метрического тензора (2):

$$\mu_{ij} = \frac{1}{2c} D_t \gamma_{ij} = \frac{1}{2c} (\dot{\gamma}_{ij} + V_{i;j} + V_{j;i}). \quad (4)$$

Поле абсолютных скоростей V^i входит в действие и может входить в него только через этот тензор.

Вариация действия по метрическому тензору γ_{ij} приводит к шести динамическим уравнениям, а по полю абсолютных скоростей – к трем *уравнениям связей*, так что система уравнений динамики пространства – *девять* дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных.

Действие, как обычно в теории поля, определяет плотность энергии динамического пространства:

$$\rho \sqrt{\gamma} = \frac{c^4}{16\pi k} (\mu_j^i \mu_i^j - (\mu_j^j)^2 - R) \sqrt{\gamma}. \quad (5)$$

Важной его особенностью является законсоопределенность.

2 Собственное время движущегося наблюдателя

В ОТО, как это постоянно подчеркивал Эйнштейн, локально выполняется специальная теория относительности: в малом пространстве и время описываются метрикой Минковского (касательное пространство-время).

Глобальная конструкция ТГВ не накладывает никаких ограничений на локальные

свойства. Специальная теория относительности как локальная структура пространства-времени также естественно вписывается в ТГВ. Для любого движущегося наблюдателя собственное время определяется через глобальное время и скорость относительно пространства $v^i = \dot{x}^i - V^i$:

$$d\tau = dt \sqrt{1 - \frac{1}{c^2} \gamma_{ij} v^i v^j}. \quad (6)$$

Это выражение позволяет записать соотношение ТГВ *в четырехмерном виде*, учитывая, что переменная времени – глобальное время – никаким преобразованиям не подвергается. Десять компонент четырехмерной метрики $g_{\alpha\beta}$, $\alpha, \beta = 0..3$ выражаются через компоненты трехмерной метрики γ_{ij} , $i, j = 1..3$ и поле абсолютных скоростей V^i следующим образом:

$$g_{ij} = -\gamma_{ij}; \quad g^{0i} = \frac{V^i}{c},$$

а основное соотношение, выделяющее структуру глобального времени

$$g^{00} = 1. \quad (7)$$

Это последнее соотношение определяет близость и различие ТГВ и ОТО в т. наз. АДМ-представлении ОТО [4].

Десятое уравнение ОТО в дополнение к девяти уравнениям ТГВ – равенство нулю плотности энергии (совместной: пространства и вложенной в него материи), а поэтому сам гамильтониан в ОТО равен нулю.

Решения ОТО, таким образом, определяют подмножество всех решений ТГВ с плотностью энергии всюду равной нулю.

Космологические решения ОТО всегда исходят из метрики в виде:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - \gamma_{ij}(x, t) dx^i dx^j.$$

Здесь компонента метрики $g^{00} = 1$ – время глобальное, – а $g^{0i} = 0$ – система глобально инерциальная.

Прочие решения ОТО также могут быть приведены к глобальному времени. Если имеется четырехмерная метрика $g_{\alpha\beta}$ в произвольных четырехмерных координатах x^α , для приведения ее к глобальному времени

нужно преобразовать координаты (точнее – выбрать только новую временную координату $\tau = ct$) так, чтобы выполнялось условие $g^{00} = 1$. По законам преобразования тензора

$$\bar{g}^{00} = g^{\alpha\beta} \frac{\partial \tau}{\partial x^\alpha} \frac{\partial \tau}{\partial x^\beta} = 1. \quad (8)$$

Но это дифференциальное уравнение на τ оказывается уравнением Гамильтона – Якоби для траекторий движения свободно падающих материальных точек (лабораторий), общим собственным временем которых и является t .

Таким образом, в глобальном времени реализуется физический *принцип эквивалентности*, привязывающий инерциальную систему к свободно падающей лаборатории, однако в отличие от лифта Эйнштейна, этих лабораторий множество и время в них синхронизировано. Тем самым принцип эквивалентности из локального превращается в глобальный. Но трехмерное многообразие, образованное этими точками-лабораториями, уже не является евклидовым пространством.

Решая уравнение (8) несложно привести к глобальному времени ($g^{00} = 1$) различные решения ОТО, такие как метрика Шварцшильда, метрика Рейснера - Нордстрема или метрика Керра.

3 Отличия ТГВ от ОТО

Как было показано, **решения ОТО образуют подмножество решений ТГВ с плотностью энергии равной нулю**. Снятие этого ограничения приводит не только к появлению новых решений, но и к снятию многих проблем ОТО, таких как проблема начальных данных, проблема критической плотности, геодезической полноты, или возврату к теории Шредингера в квантовой области.

Для фридмановской модели пространства – трехмерной сферы переменного радиуса $r(t)$ энергия отрицательна и уравнение, определяющее ее сохранение, приводит к зависимости радиуса мира от глобального времени в виде фридмановской циклоиды, однако физически это решение принципиаль-

но отличается от решения Фридмана: в решении ТГВ отсутствует плотность материи. Наличие пылевидной материи лишь изменяет константу интегрирования. В ОТО в трехмерную сферу необходимо “подсыпать” ровно столько пылевидной материи (с положительной энергией), чтобы суммарная энергия оказалась равной нулю – масса материи однозначно связана с максимальным радиусом.

В ТГВ эти величины независимы – отсутствует *проблема критической плотности* в космологии: **Мир может быть открытым или замкнутым независимо от плотности находящейся в нем материи**.

Снятие ограничения ОТО о равенстве нулю плотности энергии приводит к решениям, важным для космической динамики: *полю космических вихрей* [5]. Эти решения обладают удивительно простыми математическими свойствами (слабый принцип суперпозиции) и огромной (положительной) энергией. Для переноса этого решения в ОТО нужно добавить пылевидную материю с *отрицательной* плотностью, чтобы получить суммарную нулевую плотность энергии. Поэтому аналогичные решения в ОТО отсутствуют.

Вместо гипотетических “темной материи”, “темной энергии”, “гигантских черных дыр”, с точки зрения ТГВ громадную энергетическую роль в космической динамике играет динамическая энергия самого пространства.

В работе [5] рассмотрен пример: шар диаметром 20 см., делающий 1 оборот в секунду. Для вовлечения пространства вне шара в когерентное с ним вращение (чтобы само пространство на границе шара вращалось вместе с ним без проскальзывания) нужно затратить энергию, выделяемую при аннигиляции 300 тысяч тонн вещества.

4 Квантовая теория гравитации

Но конечно, наиболее сильное изменение претерпевает квантовая теория гравитации. Снимается катастрофическое соотношение ОТО $\mathbf{H} = \mathbf{0}$, останавливающее всю квантовую динамику. В ТГВ квантовая теория гра-

витации, как и квантовая теория других полей, например, квантовая электродинамика, строится на основе уравнения Шредингера

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H} \Psi, \quad (9)$$

определяющего динамику *вектора состояния* пространства (и других полей) Ψ в глобальном времени.

В качестве пробного камня в том или ином подходе к квантовой теории гравитации (почти) всегда рассматриваются космологические задачи с конечным числом степеней свободы. В работе [6] рассмотрена квантовая динамика компактной космологической модели фридмановского типа, однородной и изотропной с пространством в виде трехмерной сферы, заполненного ультрарелятивистским веществом с уравнением состояния $\varepsilon = 3p$. Геометрия пространства представлена только радиусом r . Вычисления показывают, что квантовые эффекты не запрещают сингулярность, а приводят к некоторому *космологическому соотношению неопределенностей* [7]: **произведение максимального и минимального радиусов Мира не меньше $k\hbar/c^3$** .

В этой же работе сделана попытка анализа проблемы измерения Радиуса Мира в квантовой теории.

5 Заключение

Опираясь на более развитый математический аппарат, ТГВ вводит в физику (в общем то старый, давно известный на уровне философии) новый *физический* объект: **пространство**. С точки зрения теоретической физики это есть девятикомпонентное поле с искривленным функциональным пространством. Как и другие поля, например, электромагнитное, оно обладает плотностью и потоком энергии, причем в космических масштабах энергия деформированного пространства огромна вследствие огромности множителя $c^4/(16\pi k)$ в выражении для плотности энергии (5). Наш мир почти Евклидов не вследствие идеальности евклидовой геометрии, а вследствие того, что отклонения от евклидовости требуют огромных затрат энергии.

Изучение свойств этого физического объекта, возможно, прольет свет на современные проблемы космической динамики, объясняемые сейчас “темной материей” и подобными экзотическими сущностями. Изучение квантовых свойств пространства, возможно, продвинет нас и в понимании квантовой сущности Мира.

Мы, на Земле, несемся относительно пространства с третьей космической скоростью. Однако это не релятивистская скорость и физика пространства в земных условиях может строиться *без* специальной теории относительности. Этот путь можно пройти вслед за Нильсом Бьерном (Niels Björn) [8], хотя он и является вымышленной личностью. Однако именно работа над его статьями привела автора к ясному пониманию динамики пространства в глобальном времени.

Список литературы

- [1] Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж. *Гравитация*. М.:Мир, 1977.
- [2] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. *Теория поля*. М.: Наука, 1988.
- [3] Бурланков Д. Е. *Динамика пространства* (Нижний Новгород: Издательство ННГУ, 2005)
- [4] Arnovitt R, Deser S, and Misner C. W. *Phys. Rev.* **116**, 1322 (1959).
- [5] Burlankov D.E. *arXiv: gr-qc/0406112* (2004).
- [6] Burlankov D.E. *arXiv: gr-qc/0406110v1* (2004).
- [7] Burlankov D.E. *arXiv: gr-qc/0509050* (2005).
- [8] Бурланков Д. Е. УФН **174**, вып. 8, 899 (2004).