Критика теории черных дыр на примере решения Тауба-НУТ

Зафар Туракулов

15 марта 2024 г.

Аннотация

Дан критический анализ теории черных дыр, в рамках которого рассматривается более общий вопрос о том, являются ли все следствия какого-либо аналитического решения уравнения Эйнштейна неоспоримыми истинами с точки зрения общей теории относительности. Рассмотрена геометрия «внутренней» области пространства-времени Тауба-НУТ и показано, что ее геометрические свойства находятся в противоречии с фундаментальными положениями этой теории. Утверждается, что в этом случае математический факт, каким является решение Тауба-НУТ, не может считаться своего рода абсолютной истиной, которую физики обязаны принять в целом, и что отношение к нему может определяться только здравым смыслом и обращением к физическому мышлению. Это приводит к выводу, что черные дыры не существуют.

1 Введение

Каждое аналитическое вакуумное решение уравнения Эйнштейна задает некоторое риманово многообразие как модель пространства-времени. Такие модели особенно привлекательны тем, что они являются целыми аналитическими многообразиями, т.е. такими, в которых строение любой ее части однозначно задается всем остальным и наоборот, строение любой ее части однозначно задает строение всего остального. Такая глубокая внутренняя целостность и взаимосвязанность его частей не оставляет сомнений в том, что именно это ее свойство составляет ее особую ценность как физической модели. Такой моделью пространства-времени является, в частности, пространство-время Шварцшильда, важной деталью строения которого является наличие в нем горизонта событий и черной дыры. Полная убежденность физиков-теоретиков в истинности всего, что исходит от этой модели, привело их к убеждению и существовании этих объектов.

Строение многообразия, заданного метрикой Тауба-НУТ, заставляет усомниться в сказанном, затрагивая основы ОТО и требуя их нового осмысления. Это касается основ, которые всегда считались слишком очевидными для того, чтобы их даже упоминать, и, тем более, ясно формулировать, а то, что они могут оказаться в противоречии, казалось немыслимым. Однако, как будет показано ниже, это многообразие приводит в противоречие следующие фундаментальные положения ОТО:

1. пространство-время является замкнутым дифференцируемым многообразием
2. свойства многообразия, заданного любым вакуумным решенияем уравнения Эйнштейна, являются точными следствиями ОТО и, следовательно, неоспоримыми истинами с точки зрения этой теории
3. отрицательных масс и гравитационного отталкивания не существует.

Так, в частности, согласно второму из них существование черных дыр есть неоспоримая истина. До сих пор ни одно из этих трех фундаментальных положений ОТО не вызывало никаких сомнений, но теперь, как будет показано ниже, от какого-то из них придется отказаться. Целью настоящей работы является доказательство этого утверждения.

2 Свойства многообразий и области значений координат

Первое из приведенных выше положений содержит термины и понятия, мало знакомые обычному физику-теоретику, поэтому оно требует пояснений. Границей многообразия называется поверхность, за которой оно не имеет продолжения. Если бы пространтво имело таковую, то это означало бы, что в нем возможно бесследное исчезновение любых объектов. То, что пространстве-времени это невозможно, означает, что оно не имеет границ. То, что пространство-время является дифференцируемым многообразием, означает, что для его описания может применяться дифференциальное и интегральное исчисление. Это требование выглядит тривиальным, но ниже будет рассмотрена одна важная деталь, относящаяся к этому требованию. Итак, первое из приведенных выше положений относится к чистой геометрии, где оно применяется при определении областей значений координат. Ниже приведены два простейших примера того, как это делается обычно. Они аналогичны тем, которые затем будут рассмотрены всвязи с определением областей значений одной из координат при использовании метрик Шварцшильда и Тауба-НУТ.

В обычных полярных координатах $\{\rho, \varphi\}$ на плоскости радиальная координата ρимеет смысл расстояния от начала координат до заданной точки и поэтому может принимать только неотрицательные значения. Если же отвлечься от ее смысла как расстояния и рассматривать ее только как координату, то можно задаться вопросом о возможности расширения многообразия, на котором введены эти координаты, путем продолжения области значений этой координаты в отрицательную область. Оказывается, что если это сделать, то полученное в результате такого расширения многообразие более не является дифференцируемым. Дело в том, что по определению, дифференцируемое многообразие локально линеаризуемо, т.е. каждая его точка имеет малую окрестность, идентичную некоторой малой окрестности линейного пространства, причем эта окрестность единственна. Если же допустить, что координата ρможет принимать значения обоих знаков, то оказывается, что точка $\rho = 0$ обладает двумя такими окрестностями, по одному для каждого знака этой координаты. Иными словами, координата ρпринимает только неотрицательные значения не потому, что она является расстоянием по смыслу, а потому, что в противном случае рассматриваемое многообразие не является дифференцируемым.

Многообразие, не имеющее границы, может быть компактным, как, например, сфера, или некомпактным, как гиперолоид, т.е. распространяться до бесконечности. Если теперь дана метрика вида

$$\mathrm{d}s^2 = a^2[(\cosh^2 u - c^2)\mathrm{d}u^2 + c^2 \cosh^2 u \, \mathrm{d}\varphi^2], \quad c < 1,$$

которая задает некоторое многообразие с требованием, чтобы оно было замкнутым и не порождало лишних особенностей то удовлетворить ему можно, выбрав соответствующим образом области значений координат. Так, лишних особенностей не возникает, если координата φ – это азимутальный угол и ее область значений – это, как обычно, интервал от 0 до 2π. Тогда, координатная линия $u = \text{const}$ представляет собой окружность радиуса $ac \cosh u$ которые не обращается в нуль ни при каком значении координаты u. Это означает, что если ограничить область ее значений каким-либо конечным значением, скажем, $u = 0$, то соответствующая окружность окажется краем этого многообразия и единственная возможность сохранить ее замкнутость состоит в том, чтобы определить область значений этой координаты как полную числовую прямую. Ниже будет показано, как подобные рассуждения определяют области значений координат в пространствах Шварцшильда и Тауба-НУТ.

3 Сингулярности, горизонты и источник гравитационного поля

Во "внутренней" области пространства-времени Шварцшильда $r < 2M$ координаты t и r меняются ролями, т.е. t становится пространственной, а r – временной координатой. Пространство-время в любой момент времени $r = \text{const}$ есть в точности трехмерный цилиндр $R \times S^2$, радиус которого равен в точности r, а мера длины вдоль его оси растет как $(2M/r) - 1$.

Время течет от значения $r = 2M$ вниз до нуля и на этом заканчивается. Продолжение этой переменной на отрицательную полупрямую невозможно потому, что когда оно достигает нуля радиус пространства также обращается в нуль, т.е. оно стягивается в прямую, так что если его продолжить, то пространство перестает быть дифференцирумым многообразием, т.к. в нем появляется ветвление. Таким образом, областью значений переменннй r является только неотрицательная часть числовой прямой.

В этом мире время течет неравномерно: на самом горизонте, т.е. при $r = 2M$ оно не течет вообще, а по мере отдаления от него его ход ускоряется, так что для любого наблюдателя, провалившегося под горизонт, оно ограничено, т.к. его мир стягивается в одномерную прямую за ограниченное время и он достигает сингулярности. Все эти странности мало согласуются с представлениями о физическом мире и вполне могли бы породить сомнения в том, что любое следствие уравнения Эйнштейна, такое, как, например, его точное решение, следует принимать как непререкаемую истину. Некоторые из них явно следует отбрасывать как ненужные. Между прочим физики именно так и поступают, игнорируя совершенно корректно построенные точно такие же решения, но с отрицательным значением M. Поэтому возникает вопрос о критерии, по которому какие-то следствия уравнения Эйнштейна следует принимать как истины, а какие-то – отбрасывать как ненужные. Пока такие критерии не установлены.

Метрика пространства-времени Тауба-НУТ в сферических координатах имеет вид

$$\begin{aligned} \mathrm{d}s^2 = \quad & \frac{r^2 - 2Mr - l^2}{r^2 + l^2}\,(\mathrm{d}t + 2l\cos\theta\,\mathrm{d}\varphi)^2 - \\ & \frac{r^2 + l^2}{r^2 - 2Mr - l^2}\,\mathrm{d}r^2 - (r^2 + l^2)(\mathrm{d}\theta^2 + \sin^2\theta\,\mathrm{d}\varphi^2). \end{aligned} \tag{1}$$

Из него видно, что с приближением r к значениям

$$r_\pm = M \pm \sqrt{M^2 + l^2} \tag{2}$$

две компоненты метрического тензора стремятся к пределам $g_{tt} \to 0$, $g_{rr} \to \infty$. Поверхность $r = r_+$ называется горизонтом событий. Как показали М.Д. Крускал [1] и Д. Секереш [2], пространство-время Шварцшильда гладко на этой поверхности и в ее окрестности. Точно также, пространство-время Тауба-НУТ гладко на горизонте событий. Действительно, рассмотрим геометрические свойства пространства-времени в малой окрестности какой-либо горизонта событий точки. Малость окрестности какой-либо точки определена масштабов, заданных массой черной дыры, тогда как параметр l никакого влияния на геометрические свойства пространства-времени в малых масштабах не оказывает, поэтому его можно игнорировать. Таким образом, переход к бесконечно-малым масштабам идентичен переходу к пределу $M \to \infty$, в которых этот параметр исчезает. В этом пределе никакой разницы между геометриями Шварцшильда и Тауба-НУТ нет, откуда и следует сделанное утверждение. В остальном геометрии пространства-времени Шварцшильда и Тауба-НУТ различаются.

Во-первых, пространство-время Шварцшильда имеет только один горизонт при $r = 2M$ и сингулярность при $r = 0$, тогда как пространство-время Тауба-НУТ сингулярностью не обладает и имеет два горизонта событий. Действительно, также, как в пространстве-времени Шварцшильда, в пространстве-времени Тауба-НУТ на горизонте событий пространственная координата r и временная t меняются ролями. В любой момент времени $r = \text{const}$ пространство представляет собой трехмерный цилиндр, отличающийся от такого же в случае Шварцшильда только тем, что его радиус равен $\sqrt{r^2 + l^2}$ и несколько более сложной мерой длины вдоль оси. Из этого факта видно, что ни при $r = 0$, ни при каком-либо другом значении r его радиус не обращается в нуль, т.е. он не стягивается в одномерную прямую. Это означает, что никаких причин ограничивать область значений этой координаты неотрицательной полупрямой нет, а если это сделать, то окажется, что пространство-время обретает границу, что противоречит первому из приведенных выше фундаментальных положений ОТО. Но если пространство-время не может иметь границ, радиальная координата r пробегает всю числовую прямую. Но в таком случае пространство-время Тауба-НУТ имеет два горизонта событий при $r = M \pm \sqrt{M^2 + l^2}$, которые делят его на две внешние области и соединяющую их кротовую нору. Именно этот факт приводит три указанных фундаментых положения к противоречию.

4 Критика теории черных дыр

Продолжение пространства-времени Тауба-НУТ под горизонт демонстрирует свою явно нефизичную природу. Эти две внешние области различаются знаком произведения Mr, слодовательно, в одной из них черная дыра притягивает пробные тела, а в другой – точно также отталкивает их. Это соответствует отрицательной массе черной дыры или гравитационному отталкиванию, что противоречит третьему из приведенных выше фундаментальных положений ОТО. Таким образом, в рассматриваемом пространстве-времени присутствует вторая внешняя область, в которой масса черной дыры отрицательна, и которая является такой же его естественной частью, как и первая. Устранить эту вторую область, не создав при этом границы, составляет задачу, которую необходимо решить для того, чтобы решение Тауба-НУТ получило какой-то физический смысл. Указанное противоречие не может игнорироваться, поскольку существуют достаточно веские доводы в пользу необходимости учитывать гравимагнитный заряд, фигурирующий как параметр l, как реально существующую субстанцию. Они приведены в нашей недавней работе [5]. Ниже эти две внешние области именуются соответсвенно "нашей" и "другой" Вселенными. Всвязи с этим возникает ряд принципиальных вопросов.

1. Если черная дыра Тауба-НУТ не является единственной, то единственна ли вторая внешняя область?
2. Если у каждой такой черной дыры есть притягивающая и отталкивающая стороны, то должны ли во Вселенной наблюдаться как притягивающие, так и отталкивающие черные дыры?
3. Если все они ориентированы одинаково, т.е. в нашей Вселенной они только притягивают, то может ли существовать какая-то другая Вселенная, в которой все черные дыры – отталкивающие?
4. Если бы это было так, то как это отразилось бы на космологии?

Ответ на первый вопрос выходит за пределы настоящего исследования, но в одной из наших последующих работ будет приведен аргумент в пользу ее единственности. Пока же мы будем исходить из этого положения. Ответ на второй вопрос отрицателен при условии, что по каким-то причинам все они обращены к нашей Вселенной только своими притягивающими сторонами, но в таком случае необходимо указать эту причину. Если это по каким-то причинам все же произошло, то это означало бы, что все черные дыры вытягивают материю из нашей Вселенной и выталкивают ее в другую. В таком случае полная масса материи в нашей монотонно убывала бы, а в другой – также монотонно возрастала. Вообще, то, что черные дыры Тауба-НУТ являются не притягивающими, а прокачивающими материю из одной Вселеннной в другую, ставит новые вопросы. Так, появляется необходимость объяснить, каким образом такие черные дыры могли бы образоваться. Никакого объяснения их появлению в настоящее время не дано. Нам представляется, что ответ на все эти трудные вопросы возможен только один: черные дыры не существуют.

Обнаруженные противоречия означают, что какое-то из трех упомянутых в начале фундаментальных положений ОТО в действительности ошибочно и от него следует отказаться. Таковой, очевидно, является второе, требующее, чтобы любое следствие вакуумного решения уравнения уравнения Эйнштейна принималось как неоспоримая истина. Действительно, из двух внешних областей пространства-времени Тауба-НУТ только одна, в которой $Mr > 0$ адекватно описывает некоторую часть пространства-времени. Все остальное непригодно для подобных целей и поэтому всему остальному необходимо найти альтернативу.

5 Заключение

Решение Тауба-НУТ известно в двух версиях: как пространственнно-однородное космологическое [3] и как представленное выше обобщение решения Шварцшильда [4]. Вместе они описывают одно пространство-время, одно – только "внешнюю" зону $r \geq r_+$, другое – только кротовую нору $r_- \leq r \leq r_+$. Строго говоря, вместе с ними следовало обсуждать и третью $r \leq r_- < 0$, геометрия которой отличается от геометрии "внешней" зоны только знаком r или M, что эквивалентено, т.к. там они имеют разный знак. Геодезически полное пространство-время составляют только все три зоны вместепоэтому игнорировать физически неразумную и, возможно, поэтому не упоминаемую третью зону, невозможно. А раз так, то под сомнение подпадает вся модель пространства-времени Тауба-НУТ.

Если считать все, что исходит от любого вакуумного решения уравнения Эйнштейна несомненной истиной для физики, то придется как истину принимать не только существание черных дыр, но и то, что они могут иметь как положительную, так и отрицательную массу. Так, поскольку решение Тауба-НУТ аналитично во всей области значений координат, оно задает аналитическое риманово многообразие как целостную модель пространства-времени. Отсюда, как и в случае решения Шварцшильда делается вывод о существовании черных дыр обоих видов. Но, если следовать всей этой логике до конца, то открывается противоречие между ней и здравым смыслом, не допускающим существования гравитационных полей отрицательных масс, как и самой отрицательной массы как физической субстанции. Запрет на существование отрицательных масс не содержится среди основных положений ОТО и до сих пор это никакого значения не имело просто потому, что их можно было не рассматривать. Но решение Тауба-НУТ меняет ситуацию, т.к. в модели пространства времени, заданой им таковая неизбежно появляется и это требует пересмотра отношения не только к этому конкретному решению, но и вообще ко всем следствиям точных решений уравнения Эйнштейна, в особенности вывода о существовании черных дыр. Из этого мы делаем вывод, что, во-первых, решения уравнения Эйнштейна не следует принимать как целое и, применяя их, всегда учитывать требование физической разумности, а во-вторых, если исходить из этого требования, то необходимо сделать вывод о том, что черные дыры не существуют и найти альтернативу таким понятиям, как горизонт событий и черная дыра.

Список литературы

[1] Kruskal M. D. Maximal extension of Schwarzschild metric // Physical Review. I960.Vol. 119. P. 1743—1745;

[2] Szekeres G. On the singularities of a Riemannian manifold //Publicationes Mathematicae Debrecen 1960. Vol. 7. P. 285—300; Szekeres G. "GoldenOldie": On the singularities of a Riemannian manifold // General Relativity and Gravitation. 2002. Vol. 34. P. 1545—1563.

[3] Newman, E., Tamburino, L. and Unti, T. J.Mathematical Phys. 4 (1963), 915.

[4] Крамер Д., Штефани Х., Мак-Каллум М., Херльт Э. Точные решения уравнений Эйнштейна — М.: Энергоиздат, 1982. 416 с.

[5] Туракулов З. Я. 2024. Векторный потенциал и локальные вращающиеся системы отсчета. PREPRINTS.RU. https://doi.org/10.24108/preprints-3112978