

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

УДК 530.12

ТЕОРИЯ КЛАССИЧЕСКОГО ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ

А. А. Логунов

(кафедра квантовой теории и физики высоких энергий)

E-mail: anatoly.logunov@ihep.ru

В статье дается краткое описание основных положений релятивистской теории гравитации и ее предсказаний относительно коллапса и эволюции Вселенной.

В настоящей статье в достаточно краткой форме будут даны основные положения релятивистской теории гравитации (РТГ) [1–7], в основе которой лежит специальная теория относительности (СТО), а гравитация объясняется наличием физического тензорного гравитационного поля со спинами 2 и 0.

Источником такого поля объявляется тензор энергии-импульса всей материи, включая и гравитационное поле. А. Эйнштейн еще в 1913 г. писал [8], что «тензор гравитационного поля $\vartheta_{\mu\nu}$ является источником поля наравне с тензором материальных систем $\Theta_{\mu\nu}$. Исключительное положение энергии гравитационного поля по сравнению со всеми другими видами энергии привело бы к недопустимым последствиям». Именно эту идею А. Эйнштейна мы и положили в основу построения релятивистской теории гравитации. При построении общей теории относительности Эйнштейну не удалось ее реализовать, поскольку вместо тензора энергии-импульса гравитационного поля в ОТО возник псевдотензор гравитационного поля. Все это произошло из-за того, что Эйнштейн не рассматривал гравитационное поле как физическое поле (типа Фарадея–Максвелла) в пространстве Минковского. Именно поэтому в уравнениях ОТО не содержится метрика пространства Минковского.

Полевой подход к гравитации имеет долгую историю. Еще А. Пуанкаре в работах 1905–1906 гг. рассматривал гравитационное поле как физическое поле в рамках СТО. Гораздо позднее, в 1960-е годы, В. Тирринг [9] и Р. Фейнман [10] также развивали этот подход, но пришли к тем же уравнениям ОТО Эйнштейна, следовательно, и к тем же физическим следствиям.

Сформировалось представление, что полевой подход ничего нового, кроме интерпретации, дать не может. Однако оказалось, что это далеко не так. Развивая идеи, изложенные в начале статьи, была построена РТГ [1–7], которая привела к другой физической системе гравитационных уравнений, отличной от уравнений ОТО, и тем самым к другим предсказаниям о развитии коллапса, эволюции Вселенной. Тем не менее при описании гравитационных явлений в солнечной системе результаты РТГ и ОТО

совпадают, если при получении их в ОТО следовать не А. Эйнштейну, а В. А. Фоку.

Уравнения электродинамики Максвелла в отсутствие гравитации в произвольных координатах имеют вид

$$\begin{aligned} \gamma^{\alpha\beta} D_\alpha D_\beta A^\nu + \mu^2 A^\nu &= 4\pi j^\nu, \\ D_\nu A^\nu &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Мы для общности ввели параметр μ , который в системе единиц $\hbar = c = 1$ является массой фотона. Здесь D_α — ковариантная производная в пространстве Минковского. Из этих уравнений видно, что сохраняющийся заряженный векторный ток j^ν является источником векторного электромагнитного поля A^ν . Поскольку наряду с сохраняющимся током j^ν имеется другая сохраняющаяся величина — плотность тензора энергии-импульса материи $t^{\mu\nu}$, то естественно ее и объявить источником универсального тензорного поля $\phi^{\mu\nu}$. Так как гравитация также универсальна (об этом свидетельствуют опытные данные), то поле $\phi^{\mu\nu}$ — гравитационное поле. По аналогии с электродинамикой (1) можно формально записать систему гравитационных уравнений в виде

$$\begin{aligned} \gamma^{\alpha\beta} D_\alpha D_\beta \tilde{\phi}^{\mu\nu} + m^2 \tilde{\phi}^{\mu\nu} &= 16\pi t^{\mu\nu}, \\ D_\mu \tilde{\phi}^{\mu\nu} &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь m — масса покоя гравитона, $\tilde{\phi}^{\mu\nu}$ — плотность поля,

$$\tilde{\phi}^{\mu\nu} = \sqrt{-\gamma} \phi^{\mu\nu}, \quad \gamma = \det(\gamma_{\mu\nu}) < 0.$$

Однако запись уравнений (2) и (3) пока очень условна, поскольку величина $t^{\mu\nu}$ не определена.

Плотность тензора энергии-импульса материи состоит из плотности тензора энергии-импульса вещества $t_M^{\mu\nu}$ и плотности тензора энергии-импульса гравитационного поля $t_g^{\mu\nu}$:

$$t^{\mu\nu} = t_g^{\mu\nu} + t_M^{\mu\nu}.$$

Взаимодействие гравитационного поля и вещества учитывается в плотности $t_M^{\mu\nu}$. Под веществом подразумеваются все другие поля материи, кроме гравитационного.

Уравнения (2) и (3), которые мы формально по аналогии с электродинамикой объявили уравнениями гравитационного поля, необходимо получить, основываясь на принципе наименьшего действия, и только в этом случае мы будем иметь явное выражение для плотности тензора энергии-импульса гравитационного поля и полей вещества. При этом чрезвычайно важно все это осуществить исходя из общих положений.

Проведя такой анализ [4, 5, 7], однозначно получим полную плотность лагранжиана в виде

$$L = L_g(\gamma_{\mu\nu}, \tilde{g}^{\mu\nu}) + L_M(\tilde{g}^{\mu\nu}, \phi_A), \quad (4)$$

где

$$L_g = \frac{1}{16\pi} \tilde{g}^{\mu\nu} \left(G_{\mu\nu}^\lambda G_{\lambda\sigma}^\sigma - G_{\mu\sigma}^\lambda G_{\nu\lambda}^\sigma \right) - \frac{m^2}{16\pi} \left(\frac{1}{2} \gamma_{\mu\nu} \tilde{g}^{\mu\nu} - \sqrt{-g} - \sqrt{-\gamma} \right), \quad (5)$$

$$G_{\mu\nu}^\lambda = \frac{1}{2} g^{\lambda\sigma} (D_\mu g_{\sigma\nu} + D_\nu g_{\sigma\mu} - D_\sigma g_{\mu\nu}).$$

Здесь ϕ_A — поля вещества. Эффективная риманова метрика выражается через поле $\phi^{\mu\nu}$ следующим образом:

$$\tilde{g}^{\mu\nu} = \tilde{\gamma}^{\mu\nu} + \tilde{\phi}^{\mu\nu}, \quad \tilde{g}^{\mu\nu} = \sqrt{-g} g^{\mu\nu}. \quad (6)$$

Итак, как показано в работах [4, 5, 7], уравнения вида (2) и (3) следуют из принципа наименьшего действия только с лагранжианом L (4), (5). Стоит обратить внимание, что в плотности лагранжиана L_M не присутствует метрика пространства Минковского. Именно поэтому из общего вида плотности лагранжиана L_M следует, что гравитационное поле $\tilde{\phi}^{\mu\nu}$ действует на вещество так, что его движение в пространстве Минковского с метрикой $\gamma_{\mu\nu}$ выглядит как движение в эффективном римановом пространстве с метрикой $g_{\mu\nu}$. Мы нигде не вводили риманово пространство. Оно само возникло как эффективное, обязанное действию гравитационного поля. Если в ОТО риманово пространство вводится изначально, то в РТГ оно возникает само, но только как эффективное. И, что особенно важно, метрика этого пространства, согласно (6), описывается в одной системе координат. Однако это означает, что эффективное риманово пространство имеет простую топологию, в отличие от ОТО, где топология риманова пространства может быть и сложной, и для описания метрики необходим атлас карт. Именно поэтому полевой подход не может приводить к ОТО. Однако авторы работ [9, 10] этого не заметили.

Используя плотность лагранжиана (4) и (5) и принцип наименьшего действия, можно получить полную систему уравнений гравитационного поля и в другой форме:

$$\left(R^{\mu\nu} - \frac{1}{2} g^{\mu\nu} R \right) + \frac{m^2}{2} \left[g^{\mu\nu} + \left(g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} - \frac{1}{2} g^{\mu\nu} g^{\alpha\beta} \right) \gamma_{\alpha\beta} \right] = 8\pi T^{\mu\nu}, \quad (7)$$

$$D_\mu \tilde{g}^{\mu\nu} = 0. \quad (8)$$

Здесь $T^{\mu\nu}$ — тензор энергии-импульса вещества. Система уравнений (7) и (8) является гиперболической. Эти уравнения общеквариантны относительно произвольных преобразований координат и форминвариантны относительно преобразований Лоренца.

Уравнения (7) и (8) отличаются от уравнений Гильберта–Эйнштейна тем, что в систему уравнений (7) входит дополнительный член, обязанный массе гравитона, а также метрический тензор $\gamma_{\mu\nu}$ пространства Минковского. Оставаясь в рамках ОТО, такой член невозможно построить. Он возникает с необходимостью только в полевом подходе к гравитации. Вторая система уравнений (8), которая здесь возникает из принципа наименьшего действия, обеспечивает исключение из тензорного поля $\phi^{\mu\nu}$ спины 1 и 0', оставляя только спины 2 и 0. В ОТО для полноты уравнений используют дополнительно нековариантные координатные условия, которые не могут быть универсальными. В. А. Фок при решении уравнений Гильберта–Эйнштейна для островных систем (например, солнечной системы) считал необходимым использовать гармонические условия, которые отличаются от (8) тем, что вместо ковариантной производной там стоит обычная производная. Но такие условия В. А. Фок вводил только для островных систем. Ранее в работах [1, 2] мы при описании гравитации считали, что уравнения Гильберта–Эйнштейна, дополненные уравнениями (8), и являются полной системой уравнений, описывающих гравитацию в полевом подходе. Слабым местом при этом описании было то, что уравнения (8) не являлись следствиями принципа наименьшего действия. Они впервые были введены нами как всеобщие и универсальные исходя из спиновых свойств гравитационного поля. Но при этом оказалось, что при таком описании физические величины зависят от калибровочных преобразований, что недопустимо. С другой стороны, использование уравнений (8) в соединении с уравнениями Гильберта–Эйнштейна еще не означает введения в теорию метрики Минковского, поскольку в уравнения (8) входят не метрика, а только символы Кристоффеля. И только после детального анализа нам стало понятно, что полевая теория гравитации с необходимостью требует введения массы покоя гравитона, что и обеспечивает введение в теорию гравитации пространства Минковского.

Таким образом, согласно РТГ, пространство–время описывается псевдоевклидовой геометрией (пространство Минковского), а поэтому имеют место все законы сохранения энергии-импульса и момента количества движения. Принцип относительности Пуанкаре строго выполняется, а следовательно, ускорение имеет абсолютный смысл. В ОТО ситуация другая. Эйнштейн в 1929 г. писал [11]: «Исходным

пунктом теории служит утверждение, что не существует физически выделенного состояния движения, т.е. не только скорость, но и ускорение не имеет абсолютного смысла». Решения уравнений гравитационного поля должны удовлетворять принципу причинности. Для любого изотропного вектора

$$\gamma_{\mu\nu}u^\mu u^\nu = 0$$

необходимо, чтобы выполнялось условие причинности

$$g_{\mu\nu}u^\mu u^\nu \leq 0. \quad (9)$$

Именно только в этом случае времениподобные векторы в римановом пространстве остаются времениподобными и в пространстве Минковского, а изотропные также не выходят за конус причинности пространства Минковского. Это приводит к тому, что существует глобальная пространственноподобная поверхность и имеется геодезическая полнота. Псевдоевклидова геометрия, определяемая тензором $\gamma_{\mu\nu}$, в принципе физически наблюдаема. Действительно, на основании (7) можно получить:

$$\frac{m^2}{2}\gamma_{\mu\nu}(x) = 8\pi(T_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}T) - R_{\mu\nu} + \frac{m^2}{2}g_{\mu\nu}. \quad (10)$$

Отсюда очевидно, что, измеряя по движениям пробных тел и света эффективную риманову метрику $g_{\mu\nu}$, можно с помощью (10) вычислить метрику исходного пространства Минковского. Поэтому утверждения в работах [9, 12], что метрика пространства Минковского не наблюдаема, неверны. Особо отметим, что рассмотрение гравитационного поля как физического поля в пространстве Минковского с необходимостью потребовало введения массы покоя гравитона. Именно только с помощью введения массы гравитона и становится возможным считать тензор энергии-импульса всей материи, включая гравитационное поле, источником гравитационного поля в пространстве Минковского. Но эти обстоятельства остались без внимания авторов работ [9, 10].

Теперь остановимся на сравнении исходных общих положений РТГ и ОТО. В 1921 г. в статье «Геометрия и опыт» [13] А. Эйнштейн писал: «...Вопрос о том, имеет этот континуум евклидову, риманову или какую-либо другую структуру, является вопросом физическим, ответ на который должен дать опыт, а не вопросом соглашения о выборе на основе простой целесообразности...». Это, конечно, правильно. Но при этом сразу возникает вопрос: какой опыт? Опытных фактов может быть достаточно много. Так, например, изучая движение света и пробных тел, можно, в принципе, однозначно установить геометрию пространства-времени. Необходимо ли ее и положить в основу физической теории? На первый взгляд на этот вопрос можно ответить утвердительно. И, казалось бы, вопрос исчерпан. Именно по этому пути и пошел А. Эйнштейн при построении ОТО. Пробные тела и свет движутся по

геодезическим линиям риманова пространства-времени. Риманово пространство он и положил в основу теории. Однако ситуация в действительности гораздо сложнее. Все виды материи подчиняются законам сохранения энергии-импульса и момента количества движения. Эти законы, возникшие путем обобщения многочисленных опытных данных, характеризуют общие динамические свойства всех форм материи, вводя универсальные характеристики, которые позволяют количественно описать превращение одних форм материи в другие. Ведь все это тоже опытные данные, ставшие фундаментальными физическими принципами. Как быть с ними? Если следовать Эйнштейну и положить в основу риманову геометрию, тогда от них следует отказаться. Но это слишком дорогая цена. Более естественно сохранить их для всех физических полей, в том числе и для гравитационного. Однако в этом случае в основу теории необходимо положить пространство Минковского, т.е. псевдоевклидову геометрию пространства-времени. Этот путь мы и избрали, следуя Пуанкаре. Фундаментальные принципы физики, отражающие многочисленные опытные факты, указывают нам, какую геометрию пространства-времени необходимо положить в основу теории гравитации. Таким образом, действительно, вопрос о структуре геометрии пространства-времени является вопросом физическим, ответ на который должен дать опыт, только, с нашей точки зрения, структура геометрии пространства-времени определяется не частными опытными данными о движении пробных тел и света, а фундаментальными физическими принципами, опирающимися на всю совокупность опытных фактов. Именно в этом пункте наши исходные посылки построения теории гравитации совершенно отличаются от представлений, которые Эйнштейн положил в основу ОТО. Но они находятся в полном соответствии с представлениями Пуанкаре. Поэтому в основе полевого подхода к гравитации и лежит специальная теория относительности. Однако Эйнштейн даже гораздо позднее, в 1949 г., писал [14]: «В рамках специальной теории относительности нет места для удовлетворительной теории тяготения». По-видимому, из-за неясности сути СТО Эйнштейн и пришел к такому выводу.

Рассмотрим теперь в качестве примера эволюцию однородной изотропной Вселенной. Для однородной изотропной модели Вселенной интервал эффективного риманова пространства-времени имеет вид

$$ds^2 = U(t)dt^2 - V(t) \left[\frac{dr^2}{1 - kr^2} + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2) \right].$$

Здесь k принимает значения $1, -1, 0$; $k = 1$ соответствует замкнутой Вселенной, $k = -1$ — гиперболической, а $k = 0$ — «плоской». В ОТО в зависимости от величины плотности вещества реализуется одна из этих возможностей.

В РТГ на основании уравнений (8) мы приходим к единственному решению $k = 0$, т. е. к евклидовой геометрии трехмерного пространства

$$ds^2 = U(t)dt^2 - aU^{1/3} [dr^2 + r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2)]. \quad (11)$$

Здесь a — постоянная интегрирования. Это означает, что Вселенная — «плоская». Такой вывод был сделан в работах [1, 2]. Вводя обозначения

$$d\tau = \sqrt{U}dt, \quad R^2 = U^{1/3}(t)$$

и используя уравнение (7), мы получим уравнения эволюции Вселенной:

$$\frac{1}{R} \frac{d^2 R}{d\tau^2} = -\frac{4\pi G}{3} \left(\rho + \frac{3p}{c^2} \right) - 2\omega \left(1 - \frac{1}{R^6} \right), \quad (12)$$

$$\left(\frac{1}{R} \frac{dR}{d\tau} \right)^2 = \frac{8\pi G}{3} \rho - \frac{\omega}{R^6} \left(1 - \frac{3R^4}{a} + 2R^6 \right), \quad (13)$$

где

$$\omega = \frac{1}{12} \left(\frac{mc^2}{\hbar} \right)^2.$$

Постоянная a определяется из условия причинности (9), которое в нашем случае имеет вид

$$R^2(R^4 - a) \leq 0;$$

отсюда можно принять

$$a = R_{\max}^4.$$

Из уравнения (13) можно получить величину минимальной плотности вещества во Вселенной:

$$\rho_{\min} = \frac{1}{16\pi G} \left(\frac{mc^2}{\hbar} \right)^2 \left(1 - \frac{1}{R_{\max}^6} \right).$$

Поскольку эволюция Вселенной в РТГ невозможна без вещества, отсюда следует, что величина R_{\max} должна быть больше единицы. В действительности она оказывается очень большой. В радиационно доминантной стадии из уравнения (13) очевидно, что масштабный фактор R не может обратиться в нуль. Точно так же он не может неограниченно увеличиваться.

Эволюция Вселенной происходит циклически от R_{\min} до R_{\max} , затем опять до R_{\min} и т. д. Это означает, что никакого Большого взрыва не было, а было состояние с большой плотностью и высокой температурой. Расширение Вселенной связано не с движением вещества, оно обязано изменению только гравитационного поля. Красное смещение происходит также не из-за движения вещества, а благодаря изменению гравитационного поля.

Вещество во Вселенной покоится в инерциальной системе отсчета. Наблюдаемое в настоящее время ускоренное расширение Вселенной, согласно РТГ, можно объяснить только наличием «квинтэссенции» или какой-нибудь другой материи, плотность которой убывает с ростом масштабного фактора не быстрее, чем $1/R^2$. РТГ исключает также возможность

существования как постоянного космологического члена (энергия вакуума), так и «фантомного» расширения [15].

Из уравнения (13) можно выразить полную современную плотность вещества ρ через критическую плотность и массу гравитона

$$\rho(\tau) = \rho_c(\tau) + \rho_g, \quad (14)$$

где

$$\rho_c = \frac{3H^2(\tau)}{8\pi G}, \quad \rho_g = \frac{1}{16\pi G} \left(\frac{mc^2}{\hbar} \right)^2,$$

H — постоянная Хаббла. В РТГ система уравнений (7) и (8), дополненная уравнением состояния, является полной, именно поэтому она определяет как вид Вселенной (11), так и современную плотность (14).

Если ввести полную относительную плотность

$$\Omega_{\text{tot}} = \frac{\rho}{\rho_c},$$

то (14) можно записать в форме

$$\Omega_{\text{tot}} = 1 + \frac{1}{6} \left(\frac{mc^2}{H\hbar} \right)^2. \quad (15)$$

Согласно инфляционной теории, величина Ω_{tot} должна отличаться от единицы не более чем на величину 10^{-5} . В РТГ на основании формулы (15) это отличие Ω_{tot} от единицы будет определяться только величиной массы покоя гравитона. Поэтому более точное измерение Ω_{tot} было бы чрезвычайно важным и интересным по своим последствиям, поскольку дало бы возможность открыть и измерить массу покоя гравитона. В соответствии с наблюдательными данными масса гравитона оценивается сверху неравенством

$$m < 3.6 \cdot 10^{-66} \text{ г.}$$

Хотя эта масса чрезвычайно мала, ее влияние весьма велико, поскольку в формуле (15) она умножается на очень большой множитель

$$\frac{c^2}{H\hbar} \approx 3.8 \cdot 10^{65}.$$

Итак, согласно РТГ, модель «плоской» однородной изотропной Вселенной развивается циклически: от некоторой конечной максимальной плотности ρ_{\max} до минимальной ρ_{\min} и т. д. Из теории следует наличие во Вселенной большой «скрытой» массы вещества. Так, еще в 1984 г. в работе [2] отмечалось: «Данная теория дает предсказание исключительной силы — она приводит к строго определенному развитию Вселенной. Согласно ей, Вселенная не замкнута, она в силу уравнений (4.29) (имеются в виду уравнения (8) настоящей работы. — А. Л.) является «плоской». И далее, теория «с необходимостью требует обязательного существования во Вселенной «скрытой массы» в какой-либо форме материи. Итак, во Вселенной должна существовать

“скрытая масса”, чтобы полная плотность вещества была равна критическому значению ρ_c ».

В последующем с введением массы покоя гравитона это следствие теории было усилено и привело к формуле (15). Наблюдательные данные, полученные в последние годы, свидетельствуют о том, что Вселенная действительно «плоская», а современная плотность вещества близка к критической плотности ρ_c . Таким образом, наблюдательные данные свидетельствуют, что во Вселенной существует скрытая масса. Но все это является точным следствиемлевой теории гравитации.

Итак, Вселенная бесконечна и существует бесконечное время, в течение которого происходил интенсивный обмен информацией между ее областями, что и привело к однородности и изотропии Вселенной с некоторой структурой неоднородности. В модели однородной и изотропной Вселенной для простоты исследования эта неоднородность не учитывается. Полученная информация рассматривается как нулевое приближение, на фоне которого обычно рассматривают развитие неоднородностей, обусловленных гравитационной неустойчивостью. «Расширение» в однородной и изотропной Вселенной, как мы убедились, обусловлено изменением гравитационного поля, при этом никакого движения вещества не происходит. Наличие некоторой структуры неоднородности распределения вещества в пространстве вносит существенное изменение, особенно в период после рекомбинации водорода, когда Вселенная становится прозрачной и давление излучения уже перестает препятствовать собиранию вещества в разных местах Вселенной.

Это обстоятельство приводит к движению вещества относительно инерциальной системы координат. Так возникают пекулярные скорости галактик относительно инерциальной системы. Систему координат, связанную с реликтовым излучением, с большой точностью можно было бы принять как инерциальную. Конечно, система координат, связанная с реликтовым гравитационным излучением, была бы в высшей степени близка к инерциальной системе. Какая максимальная плотность вещества ρ_{\max} была ранее во Вселенной? Привлекательной возможностью является гипотеза о том, что ρ_{\max} определяется мировыми постоянными. В этом случае в качестве ρ_{\max} обычно фигурирует плотность Планка. При этом, однако, существует проблема перепроизводства монополей, возникающих в теориях Великого объединения. Для ее устранения обычно привлекается механизм «выжигания» монополей в процессе инфляционного расширения, обусловленного бозонами Хиггса. Наша модель дает другую, альтернативную возможность. Величина ρ_{\max} может быть значительно меньше и плотности Планка. В этом случае температура ранней Вселенной может оказаться недостаточной для рождения монополей, и

проблема их перепроизводства тривиальным образом снимается.

Таким образом, согласно РТГ, никакого Большого точечного взрыва не было, а следовательно, не было и ситуации, когда расстояния между галактиками были чрезвычайно малы. Вместо взрыва в каждой точке пространства было состояние вещества с большой плотностью и температурой, и оно далее развивается к настоящему моменту так, как это было описано выше. Различие в развитии однородной и изотропной Вселенной в РТГ и ОТО возникло из-за того, что масштабный фактор $R(\tau)$ в РТГ не обращается в нуль, тогда как в ОТО в какой-то момент в прошлом он обращается в нуль. Более детальное рассмотрение эволюции Вселенной с учетом наблюдательных данных дано в работе [16].

Особо отметим, что на основании уравнений Гильберта–Эйнштейна в принципе нельзя получить циклическое развитие «плоской» Вселенной. Работа [17] о циклической эволюции «плоской» Вселенной ошибочна, поскольку ее содержание основывается на «решении», которое в действительности не является решением, так как противоречит исходной системе уравнений Гильберта–Эйнштейна, что можно проверить непосредственной подстановкой.

Остановимся теперь на коллапсе больших масс [6, 7]. Обычно принято считать, что если масса тела больше трех масс Солнца, то в процессе эволюции наступает коллапс, который ведет к образованию «черной дыры» (объекта, не имеющего материальной границы, и «отрезанного» от внешнего мира). Исходной теоретической базой для «черных дыр» стало прежде всего решение Шварцшильда. В РТГ образование «черной дыры» невозможно, поскольку шварцшильдовская особенность отсутствует, а физические тела всегда имеют радиус, превышающий радиус Шварцшильда. Руководствуясь физической интуицией, А. Эйнштейн еще в 1939 г. писал [18]: «Шварцшильдовская сингулярность отсутствует, так как вещество нельзя концентрировать произвольным образом; в противном случае частицы, образующие скопления, достигнут скорости света».

Это не удалось осуществить в ОТО, но полностью реализовано в РТГ. Тела больших масс согласно РТГ не могут неограниченно сжиматься. Это означает, что коллапсирующая звезда не может уйти под свой гравитационный радиус, а следовательно, не возникает и «черная дыра». Сферически-симметричная аккреция на это тело (коллапсар), находящееся на заключительной стадии эволюции (когда ядерные ресурсы исчерпаны), будет сопровождаться значительным энерговыделением из-за падения вещества на поверхность тела. В ОТО при сферически-симметричной аккреции вещества на «черную дыру» энерговыделение достаточно мало, поскольку падающее вещество уносит энергию в «черную дыру», при этом осуществляется гравитационный захват света. Данные наблюдений за такими объектами могли бы

дать ответ, что происходит со звездами большой массы на заключительной стадии эволюции, когда ядерные ресурсы исчерпаны. Очень важно также обнаружение материальной поверхности коллапсара, которая должна быть согласно РТГ.

Литература

1. Власов А.А., Логунов А.А., Мествиришвили М.А. // ТМФ. 1984. **61**. С. 323.
2. Логунов А.А., Мествиришвили М.А. // ТМФ. 1984. **61**. С. 327; Логунов А.А., Мествиришвили М.А. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 1984. **25**, № 3. С. 3 (Moscow University Phys. Bull. 1984. **39**. N 5. P. 1).
3. Логунов А.А., Мествиришвили М.А. Релятивистская теория гравитации. М., 1989.
4. Логунов А.А. // ТМФ. 1995. **104**, № 3. С. 538.
5. Логунов А.А., Мествиришвили М.А. // ТМФ. 1997. **110**, № 1. С. 5.
6. Логунов А.А., Мествиришвили М.А. // ТМФ. 1997. **113**, № 3. С. 324.
7. Логунов А.А. Теория гравитационного поля. М., 2001.
8. Эйнштейн А. Собр. научных трудов. Т. I, статья 21, с. 242. М., 1965.
9. Thirring W. // App. Phys. 1961. **16**. P. 96; Tjallingii B. // Гравитация. 1996. **2**, № 2. С. 40.
10. Фейнман Р., Моринго Ф.Б., Вагнер У.Г. Фейнмановские лекции по гравитации. М., 2000.
11. Эйнштейн А. Собр. научных трудов. Т. II, статья 92, с. 264. М., 1966.
12. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Релятивистская астрофизика. М., 1967.
13. Эйнштейн А. Собр. научных трудов. Т. II, статья 61, с. 87. М., 1966.
14. Эйнштейн А. Собр. научных трудов. Т. IV, статья 76, с. 282. М., 1967.
15. Weinberg N.N., Caldwell R.R. // Phys. Rev. Letters. 2003. **91**. P. 071301.
16. Герштейн С.С., Логунов А.А., Мествиришвили М.А., Ткаченко Н.П. // Ядерная физика. 2004. **67**, № 8. С. 1618.
17. Лоскутов Ю.М. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 2003. № 6. С. 3.
18. Эйнштейн А. Собр. научных трудов. Т. II, статья 119, с. 531. М., 1966.

Поступила в редакцию
25.10.2004