



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2005–36
ОТФ

С.С. Герштейн, А.А. Логунов, М.А. Мествиришвили

**О ГРАНИЦЕ
ДОПУСТИМОГО ЗАМЕДЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ
ГРАВИТАЦИОННЫМ ПОЛЕМ**

Направлено в *ДАН*

Протвино 2005

Аннотация

Герштейн С.С., Логунов А.А., Мествиришвили М.А. О границе допустимого замедления времени гравитационным полем: Препринт ИФВЭ 2005–36. – Протвино, 2005. – 4 с., библиогр.: 5.

На примере точного решения уравнений общей теории относительности (ОТО) показано, что в полевой теории гравитации в противоположность ОТО *существует граница* для допустимого замедления времени гравитационным полем, которая исключает возможность *неограниченного сжатия* вещества *силами гравитации*.

Abstract

Gershtein S.S., Logunov A.A., Mestvirishvili M.A. On Boundedness of the Admissible Time Slowing Down by the Gravitational Field: IHEP Preprint 2005–36. – Protvino, 2005. – p. 4, refs.: 5.

It is shown that there exists, in the field theory of gravitation, contrary to the General Theory of Relativity (GTR), a *bound* for admissible time slowing down by the gravitational field which excludes a possibility of *unbounded compression* of matter by the *gravity forces*.

В релятивистской теории гравитации (РТГ) гравитационное поле рассматривается как физическое поле в духе Фарадея–Максвелла, развивающееся в пространстве Минковского. При таком подходе *сохраняющийся тензор* энергии-импульса вещества и гравитационного поля *является источником поля* [1, 2] так же, как в электродинамике сохраняющийся электрический ток является источником электромагнитного поля. Наличие такого универсального источника гравитационного поля приводит к тому, что возникает “эффективное риманово пространство”, но с *простой топологией*. Поскольку гравитационное поле, как и все другие физические поля, развивается в пространстве Минковского, в РТГ имеют место, в противоположность ОТО, фундаментальные законы сохранения энергии-импульса и момента количества движения. Это означает, что специальный принцип относительности строго выполняется для всех физических полей, в том числе и гравитационного.

Все эти свойства РТГ принципиально отличают ее от ОТО и приводят к другой системе гравитационных уравнений. Но в каких-то элементах, например в том, что гравитационное поле имеет тензорный характер, — сближают.

В данной статье мы на примере точного решения уравнений ОТО покажем, как отличаются физические выводы в ОТО и РТГ в сильном гравитационном поле.

В ОТО *уравнения Гильберта–Эйнштейна* для сферически-симметричной статической задачи, определяемой интервалом

$$ds^2 = c^2 U(W) dt^2 - V(W) dW^2 - W^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2) \quad (1)$$

и уравнением состояния газа релятивистских частиц

$$p(W) = \frac{c^2}{3} \rho(W), \quad (2)$$

имеют точное решение вида

$$\rho(W) = \frac{a}{W^2}, \quad a = \frac{3}{7\kappa}, \quad \kappa = \frac{8\pi G}{c^2}, \quad (3)$$

где G — гравитационная постоянная.

На основании уравнения вещества

$$\frac{1}{c^2} \frac{dp}{dW} = - \left(\rho + \frac{p}{c^2} \right) \frac{1}{2U} \frac{dU}{dW}, \quad (4)$$

используя (2) и (3), находим

$$\rho U^2 = \alpha, \quad (5)$$

здесь α — постоянная интегрирования.

Подставляя (3) в (5), получаем выражение для метрического коэффициента U , определяющего замедление времени,

$$U = \sqrt{\frac{\alpha}{a}} W. \quad (6)$$

Отсюда очевидно, что при приближении переменной W к центру функция U убывает, происходит неограниченное замедление времени вплоть до его остановки в центре, когда функция U обращается в нуль. Это означает, что в ОТО не существует границы для допустимого замедления времени гравитационным полем. При этом давление, согласно (2) и (3), стремится к бесконечности при приближении к центру по закону

$$\frac{p}{c^2} = \frac{a}{3W^2}. \quad (7)$$

Поскольку давление p есть скаляр, то данная сингулярность в центре не может быть устранена выбором системы координат. Это также непосредственно видно из инварианта

$$R_{\mu\nu}R^{\mu\nu} = 3\left(\frac{2}{7}\right)^2 \frac{1}{W^4},$$

который также стремится к бесконечности по мере приближения к центру.

Таким образом, если внутри тела вещество удовлетворяет уравнению состояния (2), то согласно ОТО давление и плотность вещества, определяемые выражениями (3) и (7), становятся бесконечными в центре тела. Это означает, что согласно уравнениям ОТО силы гравитационного сжатия неограниченно велики. Все это является следствием *основной причины* — отсутствием в ОТО границы для допустимого замедления времени гравитационным полем. Отсутствие такой границы, по существу, противоречит и самой сути ОТО. Для данной задачи с плотностью (3) радиус шара R связан с массой, заключенной внутри шара, соотношением

$$R = \frac{7}{3}W_g, \quad W_g = \frac{2GM}{c^2} - \text{радиус Шварцшильда.}$$

Хотя радиус шара в данном случае превышает радиус Шварцшильда, тем не менее, давление и плотность вещества в центре шара, согласно ОТО, достигают бесконечного значения.

В релятивистской теории гравитации уравнения гравитационного поля для интервала (1) имеют вид

$$\dot{Z} - \frac{2Z}{U}\dot{U} - 2\frac{Z}{W} - \frac{m^2W^3}{2}\left(1 - \frac{U}{V}r^2\right) = -\varkappa W^3\left(\rho + \frac{p}{c^2}\right)U, \quad (8)$$

$$1 - \frac{1}{2}\frac{1}{UW}\dot{Z} + \frac{m^2}{2}(W^2 - r^2) = \frac{1}{2}\varkappa W^2\left(\rho - \frac{p}{c^2}\right), \quad (9)$$

$$\text{здесь } Z = \frac{UW^2}{V}. \quad (10)$$

Уравнения (8) и (9) в приближении

$$m^2(W^2 - r^2) \ll 1, \quad \frac{U}{V} \ll 1 \quad (11)$$

несколько упрощаются и для уравнения состояния (2) принимают форму

$$-U'Z + 2U^2W = \frac{2}{3}\kappa\alpha W^3, \quad (12)$$

$$U'Z - 2ZU' - \frac{2ZU}{W} - \frac{m^2}{2}UW^3 = -\frac{4}{3}\kappa\alpha W^3. \quad (13)$$

Эти уравнения при мультипликативных преобразованиях

$$U \rightarrow tU, \quad Z \rightarrow tZ, \quad m^2 \rightarrow tm^2, \quad \alpha \rightarrow t^2\alpha. \quad (14)$$

не изменяются. В пренебрежении членами порядка βW^2 система уравнений (12) и (13) имеет решение

$$U = \beta + \sqrt{\frac{\alpha}{a}} W, \quad (15)$$

$$Z = W^2 \left(\beta + \frac{4}{7} \sqrt{\frac{\alpha}{a}} W \right). \quad (16)$$

Постоянная β отлична от нуля и в силу мультипликативных преобразований (14) пропорциональна квадрату массы покоя гравитона.

Именно величина β , отличная от нуля, и определяет границу допустимого замедления времени данным гравитационным полем. В ОТО эта величина равна нулю, что и приводит к неограниченному замедлению времени вплоть до его остановки, а также к бесконечным значениям плотности и давления, и даже к таким нефизическим понятиям, как “черные дыры”. Согласно РТГ такие мистические объекты в природе отсутствуют.

Сравнивая (10) и (16), находим для второго метрического коэффициента V выражение

$$V = \frac{\beta + \sqrt{\frac{\alpha}{a}} W}{\beta + \frac{4}{7} \sqrt{\frac{\alpha}{a}} W}. \quad (17)$$

Учитывая (15) и (17), находим

$$\frac{U}{V} = \beta + \frac{4}{7} \sqrt{\frac{\alpha}{a}} W.$$

Благодаря малости величины β , пропорциональной m^2 , это выражение для малых значений W достаточно мало по сравнению с единицей, что и оправдывает сделанное нами приближение (11).

Используя (15) в (5), находим для плотности вещества ρ выражение

$$\rho = \frac{\alpha}{\left(\beta + \sqrt{\frac{\alpha}{a}} W \right)^2}. \quad (18)$$

Отсюда очевидно, что плотность вещества ρ , определяемая выражением (18), и давление вещества, согласно формуле (2), ограничены благодаря наличию границы допустимого замедления времени β .

Таким образом, в противоположность ОТО в РТГ гравитационные силы сжатия всегда конечны. Это означает, что гравитационное поле, замедляя ход времени, не может остановить его, что

с физической точки зрения очень естественно. Из приведенного выше анализа так же, как из анализа точного внутреннего решения Шварцшильда, сделанного в работе [3], следует, что физическое гравитационное поле в РТГ обладает свойством останавливать процесс гравитационного сжатия благодаря наличию границы допустимого замедления времени гравитационным полем. Такое явление, обязанное физическому свойству гравитационного поля к *самоограничению*, мы назовем *гравитационной автоостановкой*.

Таким образом, в ОТО имеет место *неограниченное* гравитационное сжатие вещества; в РТГ гравитационное сжатие вещества *всегда ограничено*, поэтому имеет место *гравитационная автоостановка*. В этом и состоит различие физических выводов в ОТО и РТГ. Но такое различие вносит существенные изменения как в эволюцию Вселенной [4], так и в процесс коллапса [5].

В заключение авторы выражают благодарность В. А. Петрову, Н. Е. Тюрину за ценные обсуждения.

Список литературы

- [1] Логунов А. А., Мествиришвили М. А. Релятивистская теория гравитации. – М.: Наука, 1989; Logunov A. A., Mestvirishvili M. A. The relativistic theory of gravitation. – М.: Mir, 1989.
- [2] Логунов А. А. Теория гравитационного поля. – М.: Наука, 2001; Logunov A. A. The Theory of Gravity. – М.: Nauka, 2001; Logunov A. A. The Theory of Gravity, gr-qc/0210005, 2002.
- [3] Герштейн С. С., Логунов А. А., Мествиришвили М. А. О внутреннем решении типа Шварцшильда в полевой теории гравитации: Препринт ИФВЭ 2005-29. Протвино, 2005 (Направлено в ТМФ).
- [4] Герштейн С. С., Логунов А. А., Мествиришвили М. А., Ткаченко Н. П. Эволюция Вселенной в полевой теории гравитации. ЭЧАЯ. 2005. Т. 36, вып. 5; Gershtein S.S., Logunov A.A., Mestvirishvili M.A. and Tkachenko N.P. Evolution of the Universe in the Field Theory of Gravitation. Physics of Particles and Nuclei. 2005. Vol. 36, №. 5.
- [5] Логунов А. А., Мествиришвили М. А. О невозможности гравитационного коллапса в релятивистской теории гравитации. ТМФ. 1997. Т. 112, №2.

Рукопись поступила 12 октября 2005 г.

С.С. Герштейн, А.А. Логунов, М.А. Мествиришвили.
О границе допустимого замедления времени гравитационным полем .

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы **ИТ_ЕX**.
Редактор Н.В. Ежела.

Подписано к печати 14.10.2005. Формат 60 × 84/8.
Офсетная печать. Печ.л. 0.6. Уч.-изд.л. 0,5. Тираж 130. Заказ .
Индекс 3649.

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий
142284, Протвино Московской обл.

