ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2005–3
ОТФ

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

ЗАМЕДЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ КАК ПРИЧИНА УПРУГОСТИ ЭФФЕКТИВНОГО РИМАНОВА ПРОСТРАНСТВА

Направлено в *ДАН*

Протвино 2005

УДК 539.1.01 М–24

Аннотация

Герштейн С.С., Логунов А.А., Мествиришвили М.А. Замедление времени как причина упругости эффективного риманова пространства: Препринт ИФВЭ 2005–3. – Протвино, 2005. – 4 с., библиогр.: 5.

Показано, что свойство гравитационного поля ограничивать свой потенциал из-за замедления времени приводит к упругости эффективного риманова пространства.

Abstract

Gershtein S.S, Logunov A.A., Mestvirishvili M.A. Retardation of Time as a Reason of Elasticity of the Effective Riemannian Space: IHEP Preprint 2005–3. – Protvino, 2005. – p. 4, refs.: 5.

It is shown in this article that the property of gravitational field to constrain its potential due to retardation of time leads to elasticity of the effective Riemannian space.

Об упругости риманова пространства ранее в статье [1] писал А. Д. Сахаров. Причину упругости пространства он связывал с влиянием кривизны пространства на квантовые флюктуации физических полей. Именно этими квантовыми эффектами и создается, по его мнению, упругость пространства. В то же время такие эффекты могли бы создать условия перехода от сжатия к расширению в окрестности сингулярности. Однако эта идея не получила какого-либо конкретного развития.

В работе [1] риманово пространство рассматривалось, следуя ОТО, как основное пространство, а его метрический тензор $g_{\mu\nu}$ определял как геометрию пространства–времени, так и гравитацию. Суть гравитации Сахаров видел в существовании метрической упругости, противодействующей искривлению пространства–времени.

Мы рассматриваем гравитационное поле как физическое поле, развивающееся в пространстве Минковского, источником его является тензор энергии–импульса всех физических полей, в том числе и гравитационного поля. При таком подходе риманово пространство возникает не как исходное, а как эффективное. Именно с этой точки зрения в полевой теории гравитации действительно возникает упругость эффективного риманова пространства, которая сопротивляется неограниченному увеличению кривизны.

В данной заметке мы покажем, что причиной возникновения упругости пространства является процесс замедления времени. В статье [2] было установлено, что в полевой теории гравитации замедление времени физических процессов, вызванное гравитационным полем, создает эффективные силы отталкивания, которые ограничивают гравитационный потенциал. Именно этот механизм осуществляет остановку коллапса и устраняет космологическую сингулярность, обеспечивая циклическое развитие Вселенной.

Таким образом, переход от сжатия к расширению и устранение сингулярности не требуют квантовых вакуумных флюктуаций, а осуществляются благодаря свойству самого гравитационного поля ограничивать свой потенциал. Это свойство гравитационного поля в то же время приводит к упругости эффективного риманова пространства, которая проявляется в том, что его кривизна также ограничена. Упругость противодействует искривлению пространства–времени.

В качестве примера рассмотрим гравитационное поле в сжимающейся (синхронной) системе координат. Переход от инерциальной к этой системе координат осуществляется с помощью преобразований

$$dt = \frac{1}{U}[d\tau - dR(1-U)], \quad dW = \sqrt{\frac{1-U}{UV}}(dR - d\tau)\,.$$

В синхронной системе координат интервалы риманова и псевдоевклидова пространства–времени имеют вид

$$ds^2 = d\tau^2 - [1 - U(Z)]dR^2 - W^2(Z)(d\Theta^2 + \sin^2\Theta\, d\phi^2)\,, \tag{1}$$

$$\begin{gathered} d\sigma^2 = d\tau^2\,\frac{1 - \dot{r}^2 U^2}{U^2} + 2\,dR\,d\tau\,\frac{\dot{r}^2 U^2 - (1-U)}{U^2} - \\ -dR^2\,\frac{\dot{r}^2 U^2 - (1-U)^2}{U^2} - r^2(d\Theta^2 + \sin^2\Theta\, d\phi^2)\,, \end{gathered} \tag{2}$$

здесь $Z = R - \tau,\ \dot{r} = dr/dZ$.

Уравнения релятивистской теории гравитации (РТГ)

$$R_{\mu\nu} = 8\pi G\Big(T_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}T\Big) + \frac{m^2}{2}(g_{\mu\nu} - \gamma_{\mu\nu})\,, \tag{3}$$

$$D_\nu \tilde{g}^{\mu\nu} = 0\,, \tag{4}$$

(здесь $m = m_g c/\hbar,\ m_g$ — масса гравитона)

для задачи, определяемой (1) и (2), приводят вне вещества к уравнениям вида

$$R_{01} = \frac{2\ddot{W}}{W} + \frac{1}{(1-U)W}\dot{U}\dot{W} = \frac{m^2}{2}\Big(\frac{1-U}{U^2} - \dot{r}^2\Big)\,, \tag{5}$$

$$R_{00} + R_{01} = \frac{1}{1-U}\Big[\frac{1}{2}\ddot{U} + \frac{\dot{U}^2}{4(1-U)} + \frac{1}{W}\dot{U}\dot{W}\Big] = -\frac{m^2}{2}\cdot\frac{1-U}{U}\,, \tag{6}$$

здесь $\dot{W} = dW/dZ,\ \dot{U} = dU/dZ$. В области изменения переменной Z, где массой гравитона, в силу ее малости, можно пренебречь, из уравнений (5) и (6) находим

$$W = r_g^{1/3}\Big[\frac{3}{2}Z\Big]^{2/3}, \quad 1 - U = \Big[\frac{2}{3}r_g\Big]^{2/3} Z^{-2/3}\,, \tag{7}$$

здесь r_g — радиус Шварцшильда, он возник из-за принципа соответствия. Из выражения (7) для функции U следует, что она убывает с уменьшением Z, а ее производная $\dot{U}$ положительна. Это убывание функции U продолжается и в области меньших значений Z, так как величина $\dot{U}$ в силу уравнения (6) остается положительной.

Поскольку ввиду малости m величиной

$$\frac{m^2}{2}(W^2 - r^2)$$

можно пренебречь по сравнению с единицей, из уравнений (3) вне вещества находим

$$R_{22} = -\frac{UW}{1-U}\ddot{W} - \frac{U}{1-U}\dot{W}^2 - \frac{W(2-U)}{2(1-U)^2}\dot{U}\dot{W} + 1 = 0\,. \tag{8}$$

В области малых значений $0 < U \ll 1$ это уравнение несколько упрощается и принимает вид

$$UW\ddot{W} + U\dot{W}^2 + W\dot{U}\dot{W} - 1 = 0\,. \tag{9}$$

Оно имеет решение

$$\dot{W} = \frac{Z}{UW}\,, \tag{10}$$

в точке остановки

$$\dot{W} = 0\,, \tag{11}$$

согласно уравнениям (5) и (6) вторая производная $\ddot{W}$ при малых значениях U положительна, что свидетельствует о наличии силы отталкивания. Именно от этой точки и начинается процесс расширения. Это расширение останавливается в области Z, где выполняются равенства (7). В этой области $\ddot{W}$ отрицательна:

$$\ddot{W} = -\frac{1}{2} r_g^{1/3} \left[\frac{3}{2} Z\right]^{-4/3}, \tag{12}$$

а следовательно, имеет место притяжение. Таким образом, если бы точка остановки находилась вне вещества, то после расширения началось бы сжатие, затем остановка и опять расширение и т. д. Однако, как мы далее увидим, реальное гравитационное поле такой режим движения исключает.

Как показано в работах [3, 4], в РТГ величины U и W в точке остановки равны

$$U = \left(\frac{GMm_g}{\hbar c}\right)^2, \quad W = r_g = \frac{2GM}{c^2}\,, \tag{13}$$

инвариант кривизны при малых значениях U равен

$$R_{\mu\nu\alpha\beta} R^{\mu\nu\alpha\beta} = \frac{12}{W^4} - \frac{10m^2}{UW^2} + \frac{7}{2} \cdot \frac{m^4}{U^2}\,, \tag{14}$$

и, как видим, он ограничен. В точке остановки его значение равно

$$R_{\mu\nu\alpha\beta} R^{\mu\nu\alpha\beta} = 28/r_g^4\,. \tag{15}$$

В ОТО инвариант кривизны равен [5]

$$R_{\mu\nu\alpha\beta} R^{\mu\nu\alpha\beta} = 48M^2/W^6\,, \tag{16}$$

и он может быть сколь угодно большим по мере приближения W к нулю.

Сравнивая (15) и (16), мы видим, что силы отталкивания, которые возникают в полевой теории из-за замедления времени, останавливают согласно (13) и (15) рост кривизны эффективного риманова пространства, что проявляется в форме упругости пространства. Иначе говоря, пространство сопротивляется увеличению кривизны. Но эта упругость не связана с квантовыми флюктуациями, она обязана фундаментальному свойству гравитационного поля — возможности ограничивать свой потенциал.

Поскольку гравитационное поле (1) создано веществом, а само гравитационное поле ограничивает свой потенциал, из приведенного примера следует, что для получения физического решения необходимо сшить решение внутри вещества с внешним решением, но для этого требуется, чтобы потенциал гравитационного поля на поверхности тела был по абсолютной величине ограничен неравенством

$$\frac{|\phi|}{c^2} < 1\,. \tag{17}$$

Именно такое решение, которое соответствует реальному гравитационному полю, и приводит к тому, что точка остановки не может быть в вакууме. По этой причине даже значение (15) инварианта кривизны в реальном гравитационном поле не может быть достигнуто. Мировые линии частиц, покоящихся относительно сжимающейся системы координат, будут поэтому сталкиваться с веществом источника поля, когда инвариант кривизны будет по величине меньше значения (15). Причем эти столкновения будут происходить за конечное время для любого наблюдателя.

Все это и исключает режим движения, о котором мы писали выше. В то же время это исключает и возникновение “черных дыр”.

Авторы выражают благодарность Н. Е. Тюрину, Ю. В. Чугрееву за ценные обсуждения.

Список литературы

[1] *Сахаров А.Д.* // ДАН. 1967. Т. 177, № 1. С. 70–71.

[2] *Герштейн С. С, Логунов А. А., Мествиришвили М. А. – Препринт ИФВЭ 2004–50. Протвино, 2004.*

[3] *Власов А.А., Логунов А.А.* // ТМФ. 1989. Т. 78, № 3. С. 323–329.

[4] *Логунов А.А.* Теория гравитационного поля.– М.: Наука, 2001. 238 с.;
Logunov A.A. The Theory of Gravity. M.: Nauka, 2001. 256 p.;
Logunov A.A. The Theory of Gravity, gr-qc/0210005.

[5] *Эддингтон А.С.* Теория относительности. – М.-Л.: ОНТИ, 1934. 598 с.;
Eddington A.S. CAMBRIDGE, AT THE UNIVERSITY PRESS, 1924.

Рукопись поступила 28 февраля 2005 г.

С.С. Герштейн, А.А. Логунов, М.А. Мествиришвили.
Замедление времени как причина упругости эффективного риманова пространства.

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

Подписано к печати 28.02.2005. Формат $60 \times 84/8$.
Офсетная печать. Печ.л. 0,5. Уч.-изд.л. 0,4. Тираж 160. Заказ 15.
Индекс 3649.

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

Индекс 3649

П Р Е П Р И Н Т 2005–3, И Ф В Э, 2005