



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2005–39
ОТФ

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

О НЕВОЗМОЖНОСТИ ПРЕДЕЛЬНО ЖЕСТКОГО УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

Направлено в *ДАН*

Протвино 2005

Аннотация

Герштейн С.С., Логунов А.А., Мествиришвили М.А. О невозможности предельно жесткого уравнения состояния вещества: Препринт ИФВЭ 2005–39. – Протвино, 2005. – 4 с., библиогр.: 7.

Показано, что предельно жесткое уравнение состояния вещества $p/c^2 = \rho - a$ приводит к остановке течения времени под действием гравитационного поля, что физически недопустимо. Именно поэтому предельно жесткое уравнение состояния вещества не является реалистичным.

Abstract

Gershtein S.S., Logunov A.A., Mestvirishvili M.A. On Impossibility of Extremely Rigid Equation of State for Matter: IHEP Preprint 2005–39. – Protvino, 2005. – p. 4, refs.: 7.

It is shown in this article that extremely rigid equation of state for matter $p/c^2 = \rho - a$ leads to a halt of the time flow under action of the gravitational field. This is inadmissible from the physical viewpoint. Just for this reason the extremely rigid equation of state is not realistic.

В статьях [1, 2, 3] было показано, что полевые представления о гравитации приводят к важному выводу — гравитационное поле обладает свойством *самоограничения*. Это означает, что гравитационное поле, замедляя ход течения времени, в принципе, не может его остановить, а следовательно, не может происходить под действием гравитационного поля и неограниченное сжатие вещества. Все это кардинально изменяет как эволюцию Вселенной, так и коллапс, полностью исключая существование таких нефизических объектов, как “черные дыры”, подтверждая вывод А. Эйнштейна, сделанный им еще в 1939 г. [4]: «Основным результатом проведенного исследования является четкое понимание того, что в реальном мире отсутствуют “шварцшильдовские сингулярности”. И далее он пишет: “Шварцшильдовская сингулярность отсутствует, так как вещество нельзя концентрировать произвольным образом; в противном случае частицы, образующие скопление, достигнут скорости света (выделено нами. — Авторы)».

Р. Фейнман, развивая полевую теорию гравитации, писал [5]: “...если наша формула для замедления времени была бы правильной, то физические процессы должны были бы остановиться в центре вселенной, так как время там не шло бы совсем. Это не только физически неприемлемое предсказание; так как мы могли бы ожидать, что вещество вблизи края вселенной должно было бы взаимодействовать быстрее, то свет от удаленных галактик должен был бы иметь фиолетовое смещение. На самом деле, хорошо известно, что он сдвинут в сторону более низких, более красных частот. Таким образом, наша формула для замедления времени, очевидно, нуждается в том, чтобы быть обсужденной в дальнейшем в связи с анализом возможных моделей вселенных. Последующая дискуссия является чисто качественной и предназначена только для того, чтобы стимулировать более мудрые мысли по этому поводу”.

Как видим, и А. Эйнштейн и Р. Фейнман считали недопустимым обращение в нуль метрического коэффициента U в интервале ds^2 перед dt^2 . Более того, А. Эйнштейну было ясно, что оно противоречит идеологии общей теории относительности (ОТО). Поскольку в силу универсальности гравитации ее действие привело к эффективному риманову пространству и тем самым к *фундаментальному свойству* гравитационного поля — замедлять ход течения времени, то неминуемо должен был возникнуть вопрос *о существовании границы замедления времени*.

Такая граница с необходимостью должна быть, поскольку противоположное заключение физически неприемлемо. Поэтому любая метрическая полевая теория гравитационного поля должна принять это общее положение как *физический принцип*. На основе результатов [1–3] его можно сформулировать в следующей форме. *Гравитационное поле обладает свойством самоограничения,*

а поэтому всегда *существует граница* для замедления течения времени гравитационным полем. Заметим, что это положение точно *соответствует* и идеологии ОТО, но *не соответствует* ее уравнениям. Руководствуясь этим принципом и уравнениями релятивистской теории гравитации (РТГ), покажем ниже, что *предельно жесткое уравнение состояния* вещества не является *реалистичным*.

Впервые вопрос о предельно жестком уравнении состояния вещества обсуждался в работе Я. Б. Зельдовича [6]. Это уравнение состояния вещества имеет вид

$$p/c^2 = \rho - a, \quad (1)$$

здесь p — давление; ρ — плотность вещества; a — некоторая постоянная. При этом уравнении состояния вещества скорость звука равна скорости света.

Рассмотрим в РТГ сферически-симметричную статическую задачу, определяемую интервалом

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

и уравнением состояния вещества (1). Система уравнений РТГ для интервала (2) имеет вид

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

$$1 - \frac{1}{2} \frac{1}{UW} \dot{Z} + \frac{m^2}{2} (W^2 - r^2) = \frac{1}{2} \kappa W^2 \left(\rho - \frac{p}{c^2}\right), \quad (4)$$

$$\frac{d}{dW} \left[W^2 \sqrt{\frac{U}{V}} r' \right] = 2r \sqrt{UV}, \quad Z = \frac{UW^2}{V}, \quad (5)$$

здесь $r' = dr/dW$; $\kappa = (8\pi G)/c^2$; G — гравитационная постоянная.

Уравнение вещества записывается в форме

$$\frac{1}{c^2} \frac{dp}{dW} = - \left(\rho + \frac{p}{c^2}\right) \frac{1}{2U} \frac{dU}{dW}. \quad (6)$$

На основании (1) уравнение (6) легко решается:

$$\left(\frac{p}{c^2} + \frac{a}{2}\right) U = \alpha, \quad (7)$$

здесь α — постоянная интегрирования.

Уравнения (3) и (4) в приближении

$$m^2 (W^2 - r^2) \ll 1, \quad r'^2 \frac{U}{V} \ll 1 \quad (8)$$

упрощаются и для уравнения состояния (1) принимают форму

$$\dot{Z} - \frac{2Z}{U} \dot{U} - 2 \frac{Z}{W} = -2 \left(\kappa \alpha - \frac{m^2}{4}\right) W^3, \quad (9)$$

$$2UW - \dot{Z} = \kappa a W^3. \quad (10)$$

Эта система уравнений имеет точное решение:

$$U = 2\left(\kappa\alpha - \frac{m^2}{4}\right)W^2, \quad Z = W^4\left(\kappa\alpha - \frac{m^2}{4}\right)\left(1 - \frac{1}{3}\kappa\alpha W^2\right). \quad (11)$$

На основании (5) имеем

$$V = 2\left(1 - \frac{1}{3}\kappa\alpha W^2\right)^{-1}. \quad (12)$$

В области малых значений переменной W уравнение (5) легко решается и приводит к выражению

$$r = \text{const } W^{\sqrt{5}-1}. \quad (13)$$

Нетрудно убедиться, используя (11), (12) и (13), что в области малых значений переменной W неравенства (8) строго выполняются. На основании (7) и (11) находим для давления как *скалярной* величины выражение

$$\frac{p}{c^2} = -\frac{a}{2} + \frac{\alpha}{2(\kappa\alpha - m^2/4)W^2}. \quad (14)$$

Поэтому особенность в точке $W = 0$ не может быть устранена выбором системы координат. При $m^2 = 0$ решение (11) переходит в решение уравнений ОТО, найденное в работе [7].

Из выражения для U из (11) очевидно, что никакого ограничения на замедление времени гравитационным полем согласно уравнению состояния вещества (1) не возникает, а поэтому давление в центре $W = 0$ согласно (14) становится бесконечным, что физически недопустимо.

Таким образом, *предельно жесткое уравнение состояния вещества (1) не реализуется*, поскольку оно ведет к остановке течения времени в центре $W = 0$ и тем самым *нарушает* вышеуказанный принцип о границе замедления времени.

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

Список литературы

- [1] Герштейн С. С., Логунов А. А., Мествиришвили М. А. Силы отталкивания в полевой теории гравитации. Препринт ИФВЭ № 2005-10. Протвино, 2005. (Направлено в ТМФ).
- [2] 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).
- [3] Герштейн С. С., Логунов А. А., Мествиришвили М. А. О границе допустимого замедления времени гравитационным полем. Препринт ИФВЭ № 2005-36. Протвино, 2005. (Направлено в ДАН).
- [4] Эйнштейн А. Собрание научных трудов. М.: Наука. 1966. Т. II, ст. 119. С. 514 – 531.
- [5] Фейнман Р. Ф., Мориниго Ф. Б., Вагнер У. Г. Фейнмановские лекции по гравитации. М.: Янус-К. 2000. 296 с. (С. 131).

- [6] Зельдович Я. Б. Уравнение состояния при сверхвысокой плотности и релятивистские ограничения. ЖЭТФ. 1961. Том 41, вып. 5. С. 1609–1615.
- [7] Buchdahl H. A. and Land W. J. The relativistic incompressible sphere. J. of the Australian Math. Soc. 1968. Vol. 3. Pt. 1. P. 6–16.

Рукопись поступила 8 ноября 2005 г.

С.С. Герштейн, А.А. Логунов, М.А. Мествиришвили.
О невозможности предельно жесткого уравнения состояния вещества .

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

Подписано к печати 9.11.2005. Формат 60 × 84/8.
Офсетная печать. Печ.л. 0,5. Уч.-изд.л. 0,4. Тираж 100. Заказ 116.
Индекс 3649.

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

