

УДК 531.9+514.82

Сферически симметричное решение калибровочной теории гравитации с темной энергией

Бабурова Ольга Валерьевна^{1(*)}

ovbaburova@madi.ru

SPIN-код: 6163-1303

Фролов Борис Николаевич²

bn.frolov@mpgu.su

SPIN-код: 4110-2994

¹ФГБОУ ВО МАДИ, Москва, Россия²ФГБОУ ВО «МПГУ», Москва, Россия

Аннотация. Получено сферически симметричное решение в пуанкаре калибровочной теории гравитации при наличии темной энергии с крайне минимальным самодействием. Найденное решение конформно известной метрике Илмаза — Розена, которая близка к метрике Шварцшильда, но не имеет сингулярности на гравитационном радиусе, что приводит к отсутствию черных дыр и замене их на квази-черные дыры.

Ключевые слова: пуанкаре калибровочная теория гравитации, решение Илмаза — Розена

Введение. Известно, что теории основных фундаментальных физических полей удовлетворяют калибровочному принципу. Теорией гравитационного поля, удовлетворяющей этому принципу и обобщающей общую теорию относительности (ОТО), является пуанкаре калибровочная теория гравитации (ПКТ) [1, 2]. Данная работа основана на использовании ПКТ, а также на развитии идей Э.Б. Глинер [3], который в 1965 году предложил рассматривать в уравнениях А. Эйнштейна космологическую постоянную Λ как космическую среду, позже названную темной энергией.

Методы и материалы; результаты. ПКТ обобщает ОТО на наличие кручения пространства-времени, то есть пространство-время обладает не только 2-формой кривизны $\mathcal{R}^a_b$, но и 2-формой кручения $\mathcal{T}^a$. При этом в качестве вариационного принципа используется обобщенный формализм Палатини, означающий независимое варьирование по линейной связности и тетрадам. Теория строится в формализме внешних форм, при этом 4-форма лагранжевой плотности выбирается в виде:

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_0 + \mathcal{L}_m, \quad (1)$$

$$\mathcal{L}_0 = 2f_0\beta^2 \left[(1/2) \mathcal{R}^a_b \wedge \eta_a^b + \beta^2 \Lambda_0 \eta + l\beta^{-2} d\beta \wedge *d\beta \right].$$

Здесь $*$ — оператор дуального сопряжения Ходжа, η — 4-форма объема, η_a^b — вспомогательная 2-форма. Слагаемое $\mathcal{L}_m$ — это плотность лагранжи-

ана внешних полей. Здесь мы полагаем отсутствие внешних полей $\mathcal{L}_m = 0$. Второе и последнее слагаемые в (1) описывают обобщенную, зависящую от координаты r (благодаря полю β) «космологическую постоянную» $\beta^2 \Lambda_0$ в соответствии с идеей Глинера Э.Б.

В ПКТ при наличии скалярного поля β плотность лагранжиана будет варьироваться относительно независимых переменных: базисной 1-формы θ^a , 1-формы связности Γ^a_b и скалярного поля β , в результате чего получается три независимых уравнения.

В качестве метрики пространства-времени рассмотрим статическую сферически симметричную метрику с двумя неизвестными функциями $\lambda(r)$ и $\mu(r)$. Также имеем третью неизвестную функцию $\beta(r)$. Решение, наиболее близкое к решению Шварцшильда, получается, если пренебречь в уравнениях крайне малым значением космологической постоянной в современную эпоху. Решая указанные выше три уравнения поля, получаем метрику, конформную известной метрике Илмаза — Розена:

$$ds^2 = e^{-\frac{1}{\sqrt{l}} \frac{r_g}{r}} ds_{YR}^2, \quad (2)$$

$$ds_{YR}^2 = e^{-\frac{r_g}{r}} dt^2 - e^{\frac{r_g}{r}} (dr^2 + r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2)). \quad (3)$$

Заключение. Если величину r_g выбрать равной гравитационному радиусу центрального тела, то метрика Илмаза — Розена будет совпадать с метрикой Шварцшильда в пост ньютоновском приближении. Также в (3) отсутствует сингулярность на гравитационном радиусе, что приводит к отсутствию черных дыр (в стандартном смысле), а реализует возникновение квази-черных дыр. Дополнительная экспонента в (2) дает небольшое отличие от ОТО в описании движения тел в Солнечной системе (см. «пролетная аномалия» [4]).

Список источников

- [1] Kibble T.W.B. Lorentz invariance and the gravitational field. *Journal of Mathematical Physics*, 1961, vol. 2, pp. 212–221. <https://doi.org/10.1063/1.1703702>
- [2] Фролов Б.Н. Принцип локальной инвариантности и теорема Нетер. *Вестник Московского Университета. Серия 3. Физика. Астрономия*, 1963, № 6, с. 48–58.
- [3] Глинер Э.Б. Алгебраические свойства тензора энергии-импульса и вакуумно-подобное состояние материи. *Журнал Экспериментальной и Теоретической Физики*, 1965, т. 49, с. 542–548.
- [4] Iorio L. Gravitational Anomalies in the Solar System. *International Journal of Modern Physics D*, 2015, vol 24 (6), art. no. 1530015. <https://doi.org/10.1142/S0218271815300153>

Spherically Symmetric Solution of the Gauge Theory of Gravity with Dark Energy

Babourova Ol'ga Valerievna^{1(*)}

ovbaburova@madi.ru
SPIN-code: 6163-1303

*Frolov Boris Nikolaevich*²

bn.frolov@mpgu.su
SPIN-code: 4110-2994

¹MADI, Moscow, Russia

²MPGU, Moscow, Russia

Abstract. A spherically symmetric solution in the Poincaré gauge theory of gravity in the presence of dark energy with an extremely minimal self-action is obtained. The solution found is conformal to the well-known Yilmaz — Rosen metric, which is close to the Schwarzschild metric, but has no singularity at the gravitational radius, which leads to the absence of black holes and their replacement with quasi-black holes.

Keywords: Poincare gauge theory of gravity, Yilmaz — Rosen solution

Introduction. It is known that theories of the main fundamental physical fields satisfy the gauge principle. The theory of the gravitational field that satisfies this principle and generalizes the General Relativity (GR) is the Poincaré gauge theory of gravity (PGT) [1, 2]. This work is based on the use of PGT, as well as on the development of the ideas of E.B. Gliner [3], who in 1965 proposed to consider the cosmological constant in A. Einstein's equations as a cosmic medium, later called dark energy.

Methods and materials; results. The PGT generalizes General Relativity to the presence of space-time torsion, i. e. space-time has not only a curvature 2-form $\mathcal{R}^a_b$, but also a torsion 2-form $\mathcal{T}^a$. In this case, the generalized Palatini formalism is used as a variational principle, meaning independent variation by linear connectivity and tetrads. The theory is constructed in the formalism of external forms, and the Lagrangian density 4-form is chosen as,

$$\begin{aligned}\mathcal{L} &= \mathcal{L}_0 + \mathcal{L}_m, \\ \mathcal{L}_0 &= 2f_0\beta^2 \left[(1/2) \mathcal{R}^a_b \wedge \eta_a^b + \beta^2 \Lambda_0 \eta + l\beta^{-2} d\beta \wedge *d\beta \right].\end{aligned}\tag{1}$$

Here $*$ is the Hodge dual conjugation operator, η is the volume 4-form, and η_a^b is the auxiliary 2-form. The term $\mathcal{L}_m$ is the Lagrangian density of external fields. Here we assume the absence of external fields $\mathcal{L}_m = 0$. The second and last terms in (1) describe the generalized, r — coordinate-dependent (due to the field β) “cosmological constant” $\beta^2 \Lambda_0$ in accordance with Gliner E.B.

In the PGT, in the presence of a scalar field β , the Lagrangian density is varied with respect to independent variables: the basis 1-form θ^a , the connection 1-form Γ^a_b , and the scalar field β , resulting in three independent equations.

As a space-time metric, we consider a static spherically symmetric metric with two unknown functions $\lambda(r)$ and $\mu(r)$. We also have a third unknown function $\beta(r)$. The solution closest to the Schwarzschild solution is obtained if we neglect in the equations the extremely small value of the cosmological constant in the modern era. Solving the three field equations indicated above, we obtain a metric conformal to the well-known Yilmaz — Rosen metric,

$$ds^2 = e^{-\frac{1}{\sqrt{1}} \frac{r_g}{r}} ds_{\text{YR}}^2, \quad (2)$$

$$ds_{\text{YR}}^2 = e^{-\frac{r_g}{r}} dt^2 - e^{\frac{r_g}{r}} (dr^2 + r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2)). \quad (3)$$

Conclusion. If the value r_g is chosen equal to the gravitational radius of the central body, then the Yilmaz — Rosen metric will coincide with the Schwarzschild metric in the post-Newtonian approximation. Also in (3) there is no singularity at the gravitational radius, which leads to the absence of black holes (in the standard sense), but implements the emergence of quasi-black holes. The additional exponent in (2) gives a slight difference from the GR in the description of the motion of bodies in the Solar system (see “flight anomaly” [4]).

References

- [1] Kibble T.W.B. Lorentz invariance and the gravitational field. *Journal of Mathematical Physics*, 1961, vol. 2, pp. 212–221. <https://doi.org/10.1063/1.1703702>
- [2] Frolov B.N. The principle of local invariance and Noether's theorem. *Bulletin of Moscow University. Series 3. Physics. Astronomy*, 1963, no. 6, pp. 48–58. (In Russ.).
- [3] Gliner E.B. Algebraic Properties of the Energy-momentum Tensor and Vacuum-like States of Matter. *Soviet Physics JETP*, 1966, vol. 22, no. 2, pp. 378–382. (In Russ.).
- [4] Iorio L. Gravitational Anomalies in the Solar System. *International Journal of Modern Physics D*, 2015, vol. 24 (6), art. no. 1530015. <https://doi.org/10.1142/S0218271815300153>