

УДК 530.12:531.551

Космологическая модель в метрике типа VIII по Бьянки: квантовое рождение Вселенной

Д. М. Янишевский

Пермский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15
ydm86@yandex.ru; 8(342)2501027

На основе построенной космологической модели с расширением и вращением в метрике типа VIII по Бьянки рассмотрено квантовое рождение. Модель описывает фридмановский этап эволюции Вселенной с последующим переходом к ускоренному экспоненциальному расширению, наблюдаемому в современную эпоху. Источником гравитационного поля в данной космологической модели являются ультрарелятивистское вещество, пыль и сопутствующая анизотропная вращающаяся темная энергия. Составлено уравнение Уиллера-де Витта, решен вопрос о коэффициенте туннелирования.

Ключевые слова: ускоренное космологическое расширение; пылевидная материя; темная энергия; вероятность квантового рождения.

DOI: 10.17072/1993-0550-2018-4-45-47

Введение

Согласно наблюдениям телескопа "Планк", статистическая значимость аномалии – глобальной анизотропии – остается низкой и результаты телескопа "Планк" полностью удовлетворяют стандартной космологической Λ CDM – модели [1]. Так что на данный момент общепринятая точка зрения состоит в том, что наша Вселенная – однородна и изотропна. Однако известны астрономические наблюдения, которые могут свидетельствовать в пользу крупномасштабных отклонений от изотропии в наблюдаемой Вселенной. Укажем здесь, что есть особый тип анизотропии в 4-мерном пространстве – это анизотропия, обусловленная космологическим вращением. Укажем некоторые работы, посвященные космологическому вращению: [4, 5, 6, 7].

В данных работах рассматриваются следующие космологические метрики: обобщение метрики Геделя, метрики типов II, VIII по Бьянки, а также используются различные источники тяготения. На наш взгляд, при теоретическом моделировании космологического вращения целесообразно использовать метри-

ки различных типов по Бьянки, которые не противоречат наблюдательным данным.

В данной работе в рамках общей теории относительности рассматривается космологический сценарий с вращением на основе метрики типа VIII по Бьянки вида

$$ds^2 = \eta_{\alpha\beta} dx^\alpha dx^\beta, \quad \eta_{\alpha\beta} = \overline{0, 3}, \quad (1)$$

где $\theta^0 = dt - R v_A e^A$, $\theta^A = R K_A e^A$, при этом $v_A = \{0, 0, 1\}$, $K_A = \{a, a, b\}$ $A = 1, 2, 3$, а 1 – формы e^A представляют собой выражения:

$$\begin{aligned} e^1 &= ch y \cos z dx - \sin z dy, \\ e^2 &= ch y \sin z dx + \cos z dy, \\ e^3 &= sh y dx + dz. \end{aligned} \quad (2)$$

Источниками гравитации являются три жидкости, моделирующие барионную материю и темную энергию.

Нестационарная космологическая модель с вращением

Решение уравнений тяготения Эйнштейна, записанных в тетрадной форме

$$R_{ik} - \frac{1}{2} \eta_{ik} R = \varkappa T_{ik} \quad (3)$$

с тензором энергии – импульса

$$\begin{aligned} T_{ik} &= (p + \rho) u_i u_k + (\sigma - p) \chi_i \chi_k - p \eta_{ik} + \\ &+ \mu v_i v_k + (\varepsilon + \pi) V_i V_k - \pi \eta_{ik}, \end{aligned} \quad (4)$$

где p, σ – компоненты давления анизотропной жидкости; ρ – плотность ее энергии; $\chi_i = \{0, 1, 0, 0\}$ – тетрадные компоненты вектора анизотропии. Оставшиеся слагаемые соответствуют пылевидной и ультрарелятивистской материям. С учетом закона сохранения энергии эволюция масштабного фактора дается соотношением

$$t = \int \frac{dR}{\sqrt{4a^4 + \frac{\mu_0(a+b)}{3bR} + \frac{\varepsilon_0(a+b)}{3bR^2} + DR^2}}. \quad (5)$$

Уравнение Уиллера–де Витта

Пространство-время с данной метрикой можно расщепить на пространство и время согласно стандартной процедуре.

Для этого метрику можно представить в виде

$$ds^2 = -N^2 dt^2 + g_{ab}(dx^a + N^a dt)(dx^b + N^b dt), \quad (6)$$

а нормальный базис на гиперповерхностях постоянного параметра $t = const$ определяется триадой касательных векторов e_a^α (a – реперный, α – координатный индекс); $e_a^0 = 0$, $e_a^b = \delta_a^b$ ($a, b = 1, 2, 3$). Единичный времениподобный нормальный вектор к трехмерной пространственноподобной гиперповерхности постоянно параметра $t = const$ имеет вид

$$n_\alpha = (-N, 0, 0, 0), \quad \alpha = 0, 1, 2, 3. \quad (7)$$

Как известно, Ψ – волновая функция Вселенной – удовлетворяет уравнению Уиллера–де Витта

$$T_\perp \Psi = 0 \quad (8)$$

и уравнениям суперимпульсов

$$T_a \Psi = 0. \quad (9)$$

Согласно общему подходу [8], уравнения связей можно записать в виде

$$T_\perp = -\sigma_0 G_{abcd} \pi^{ab} \pi^{cd} - g^{1/2} \cdot {}^3R - 2\sigma_0 g^{1/2} \cdot T_{\perp\perp} = 0, \\ T_a = -2g_{ac} \pi^{cd}{}_{|d} - 2g^{1/2} \cdot T_{\perp a} = 0. \quad (10)$$

$$\pi^{ab} = -g^{1/2}(K^{ab} - g^{ab}K), \quad (11)$$

$$K_{ab} = -n_{a;b}, \quad (12)$$

$$T_{\perp\perp} = T_{\alpha\beta} n^\alpha n^\beta, \quad T_{a\perp} = \sigma_0 n^\alpha e_a^\beta T_{\beta\alpha}. \quad (13)$$

Также $\sigma_0 = -1$, $T_{\alpha\beta}$ – тензор энергии-импульса источников гравитации.

В рассматриваемой задаче (10) дает

$$T_\perp = 2\sqrt{a^4(b^2-1)}R^6Ch^2y \left(\frac{b^2\rho + \sigma}{b^2-1} + \frac{(5b^3-4b+4a(b^2-1))\varepsilon_0}{3b^3R^4} + \frac{(a+b)(b^2-1)\mu_0}{b^3R^3} + \frac{(4a^2+b^2-1)/a^4 + 12(1/b^2-1)\dot{R}^2}{4R^2} \right), \quad (14)$$

$$T_1 = -2\sqrt{\frac{b^2}{b^2-1}}(\rho + \sigma) \cdot$$

$$\cdot R\sqrt{a^4(b^2-1)}R^6Ch^2(y)Sh(y), \quad (15)$$

$$T_2 = 0, \quad (16)$$

$$T_3 = -2\sqrt{\frac{b^2}{b^2-1}}(\rho + \sigma)R\sqrt{a^4(b^2-1)}R^6Ch^2(y). \quad (17)$$

Введем конформное время $dt = R d\eta$ и заменим $dR/d\eta$ оператором $-id/dR$, $i^2 = -1$.

Тогда

$$T_\perp = \frac{\sqrt{a^4(b^2-1)}R^6Ch^2y}{6a^2b^3R^4} (4a^2\varepsilon_0(3a(b^2-1) + b(5b^2-3)) + 36a^2b\nabla^2 - 9b^3(b^2-1)R^2 + 12\mu_0a^2(b^2-1)(a+b)R + 36a^2b(b^2-1)DR^4), \quad (18)$$

оператор ∇ означает дифференцирование по R . Уравнение Уиллера–де Витта:

$$\frac{d^2\Psi}{dR^2} - U(R)\Psi = 0, \quad (19)$$

где

$$U(R) = (-4a^4(-3b+5b^3+3a(b^2-1))\varepsilon_0 - 3R(4a^4(a+b)(b^2-1)\mu_0 + b^3(2+a^2(1-3b^2))R + 12a^4b(b^2-1)DR^3))/36a^4b(b^2-1). \quad (20)$$

Уравнения (15)–(17) в данной метрике выполняются тождественно.

Коэффициент туннелирования

$$\Xi = \exp\left(-2\int_{R_1}^{R_2}\sqrt{U(R)}dR\right),$$

где R_1 и R_2 – нули $U(R)$, в отличие от случая, рассмотренного в [9], не вычисляется в элементарных функциях, поэтому рассчитаем его в частном случае $b=2$, $a=2/3$. Тогда с точностью до 0,001

$$R_1 = 0,232, \quad R_2 = 1,241, \quad \Xi = 0,334,$$

что превосходит соответствующую величину в отсутствие барионной материи.

Заключение

Показано, что квантовое рождение вращающейся Вселенной в метрике типа 8 по Бьянки, заполненной ультрарелятивистской, пылевидной и анизотропной жидкостями, моделирующими барионную материю и темную энергию и проходящей соответствующий космологический сценарий, удовлетворительно соотносится с более простой моделью, описываемой лишь тензором энергии – импульса анизотропной жидкости. При этом последняя является частным случаем рассмотренной в данной работе модели. Выяснено, что учет барионной материи при определенных значениях параметров снижает вероятность квантового рождения.

Список литературы

1. *Новости физики в сети INTERNET*. УФН 183, 496 (2013).
2. *Payez A., Cudell J. R. and Hutsemekers D.*, astro-ph/1204.6614v1 (2012).
3. *Longo Michael J.* astro-ph/1104.2815 (2011).
4. *Кречет В.Г.* Известия вузов. Физика № 3. Т.3. 2005.
5. *Бобровских Е.И., Панов В.Ф.* Известия вузов. Физика. № 4. Т. 113. 2012.
6. *Kuvshinova E.V., Panov V.F., Sandakova O.V.* Rotating Nonstationary Cosmological Models and Astrophysical Observations// Gravitation and Cosmology. 2014. Vol. 20, № 2. P. 138–140.
7. *Panov V.F., Pavelkin V.N., Kuvshinova E.V., Sandakova O.V.* Bianchi Type VIII Cosmological Models with Rotating Dark Energy // Gravitation and Cosmology, 2014. Vol. 20, № 2. P. 141–143.
8. *Фильченков М.Л., Лантев Ю.П.* Квантовая гравитация: От микромира к мегамиру. М.: ЛЕНАНД, 2016. 304 с.
9. *Panov V.F., Kuvshinova E.V., Sandakova O.V.* Quantum birth of the Bianchi type VIII universe with rotation // Russian Physics Journal. 2012. Vol. 55, № 5. P. 592–595.

A Bianchi type VIII cosmological model: quantum birth of the Universe

D. M. Yanishevskiy

Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia
ydm86@yandex.ru; 8 (342) 2501027

A Bianchi type II cosmological model with rotation and expansion has been built. The model describes the Friedmannian stage of the Universe evolution with a following transition to accelerated exponential expansion, observed nowadays. The gravitational sources of the model are ultra relativistic matter, dust and co-moving anisotropic rotating dark energy. The Wheeler–DeWitt equation has been built, the tunneling coefficient is observed.

Keywords: *cosmological expansion with acceleration; dust-like matter; dark energy; quantum birth probability.*