

Инфляция в скалярно-опосредованной BF-теории

Научный руководитель – Алексеев Станислав Олегович

Плужников Егор Александрович

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет
космических исследований, Москва, Россия

E-mail: lucretiaxd@gmail.com

Современные наблюдательные данные (DESI, Planck, GW170817) указывают на необходимость выхода за рамки стандартной Λ CDM модели и построения более сложных скалярно-тензорных теорий гравитации, описывающих инфляцию и природу темной энергии [1, 2]. Перспективным подходом является эмерджентная (возникающая) гравитация, где динамические степени свободы появляются в результате процессов нарушения топологической или калибровочной симметрии. В настоящей работе в рамках формулировки гравитации как BF -теории с ограничениями предлагается механизм генерации скалярно-тензорных теорий, пригодных для описания инфляции.

Основная идея заключается во введении «дисформного смешивания» — линейного преобразования дублета полей (B, F) исходной топологической BF -теории, параметризованного скалярным полем ϕ и его кинетическим членом $X = -\frac{1}{2}(\nabla\phi)^2$:

$$\hat{B} = \Psi_1(\phi, X)B + \Phi_1(\phi, X) \star F, \quad \hat{F} = \Phi_2(\phi, X)F + \Psi_2(\phi, X) \star B.$$

Применение такого преобразования к BF -действию $S = \int \text{tr}(B \wedge F)$ на фоне решений теории (где $B = e \wedge e$ отвечает за тетрады, а $F = R$ за кривизну) позволяет эффективным образом учесть взаимодействие скалярного поля с геометрией.

В результате, не нарушая структуры исходного действия, мы получаем эффективное действие общего вида в метрической формулировке:

$$S = \int d^4x \sqrt{-g} (\xi(\phi, X)R + \eta(\phi, X)\mathcal{G} + \zeta(\phi, X)),$$

где \mathcal{G} — топологический член Гаусса-Бонне, а ξ, η, ζ — калибровочно-инвариантные комбинации исходных функций смешивания $\Psi_{1,2}, \Phi_{1,2}$.

Показано, что конкретный выбор функций смешивания, например:

$$\Phi_1 = -\frac{1}{2}\chi(\phi), \quad \Phi_2 = 1, \quad \Psi_1 = \frac{1 \mp \sqrt{1 - 2\chi(\phi)(X + V(\phi))}}{2}, \quad \Psi_2 = \frac{1 \pm \sqrt{1 - 2\chi(\phi)(X + V(\phi))}}{\chi(\phi)},$$

приводит к действию скалярно-тензорной теории с гравитацией Гаусса-Бонне:

$$S = \int d^4x \sqrt{-g} \left(R + X - V(\phi) - \frac{1}{2}\chi(\phi)\mathcal{G} \right).$$

Данная теория является частным случаем модели Хорндески, прошедшим тест GW170817 и поддерживающим различные инфляционные сценарии. Расчеты наблюдательных параметров (спектральный индекс n_S , тензорно-скалярное отношение r , скорость гравитационных волн c_T) для потенциалов, возникающих в теории струн (радионный, степенной), демонстрируют хорошее согласие с данными Planck [3].

Обсуждается струнная интерпретация предложенного механизма. Функции смешивания, возникающие при решении квадратного уравнения для Ψ_2 , естественным образом соответствуют действиям типа Дирака-Борна-Инфельда (DBI), описывающим движение $D3$ -браны в искривленных пространствах теории струн типа IIB. Это указывает на то, что предложенное дисформное смешивание может эффективно параметризовать эффекты компактификации дополнительных измерений.

Таким образом, предложенный подход позволяет единообразно генерировать широкий класс инфляционных моделей из первых принципов эмерджентной гравитации, связывая калибровочную структуру гравитации с эффективными струнными действиями и устанавливая мост между фундаментальной теорией и феноменологией ранней Вселенной.

Источники и литература

- 1) DESI Collaboration et al. DESI DR2 Results II: Measurements of baryon acoustic oscillations and cosmological constraints. – 2025. – Препринт arXiv:2503.14738
- 2) Abbott B.P. et al. (LIGO Scientific, Virgo) GW170817: Observation of Gravitational Waves from a Binary Neutron Star Inspiral // Phys. Rev. Lett. – 2017. – V.119. – P.161101.
- 3) Odintsov S.D., Oikonomou V.K. GW170817-viable Einstein-Gauss-Bonnet inflation compatible with current observational data // Phys. Rev. D. – 2018. – V.98. – P.044039.