

Теория моторного измерения

Движение как фундаментальная координата и её физические последствия

Г. Степанян*¹

¹Независимый исследователь, г. Магнитогорск, Россия

Abstract

Мы предлагаем мета-онтологическую картину Вселенной, в которой четырёхмерное пространство-время рассматривается как ****дискретная последовательность трёхмерных «кадров»****. Переход от одного кадра к следующему осуществляет ****«моторное измерение»**** – глобальный процессор, который читает полную конфигурацию полей в кадре, применяет к ней правила (записанные в виде инструкций) и записывает полученную конфигурацию как новый кадр. В этой картине время – лишь ****счётчик кадров****, $t_n = n \Delta\tau$. Внутри каждого кадра сохраняются знакомые законы физики, которые могут быть получены из пяти-мерного Калуза–Клейна. На основе единого набора численных параметров (таблица 1) устраняются все ранее существовавшие противоречия (неправильные преобразования единиц, несовместимые температуры рехитинга, неверно определённые КК-моды и т.д.). Мы показываем, как в рамках этой модели можно описать инфляцию, заморозку производства тёмной материи, бариогенез, а также объяснить наблюдаемое значение космологической постоянной.

Contents

1 Введение	3
2 Онтологическое ядро моторной теории	3
2.1 Кадры и мотор	3
2.2 Время как счётчик	4
2.3 Физические константы как параметры инструкций	4
3 Калуза–Клейн формализм и эффективное 4-D действие	4
3.1 Компактификация и разложение по модам	4
3.2 Массивный спектр	4
3.3 Эффективное 4-D действие	5
3.4 Гиперзарядный coupling	5
4 Физические следствия	5
4.1 Эксцентральная (extranatural) инфляция	5
4.2 Тёмная материя: механизм freeze-in	6
4.3 Бариогенный механизм	6
4.4 Аномальный магнитный момент $\mu_{\text{on-}g} - 2$	6
4.5 Тюнинг космологической постоянной	6
4.6 Возможные экспериментальные признаки	7

*e-mail: stepanyan-gor@yandex.ru

5	Обсуждение	7
6	Заключение	7

1 Введение

Стандартный подход рассматривает пространство-время как непрерывный четырёхмерный многообразие, в котором поля эволюционируют согласно локальным уравнениям. Добавление пятой координаты μ лишь дает возможность «пометить» статическую трёх-мерную конфигурацию, но не возвращает её динамику. Чтобы мир «ожил», нужен **процесс**, который примет конфигурацию и выдаст следующую. Эта мысль естественно выражается метафорой **кинопроектора**: пленка содержит последовательность кадров; проектор (мотор) читает кадр, исполняет записанные в нём инструкции и проецирует следующий кадр на экран.

В работе формализуем эту идею:

1. **Кадр** $\mathcal{C}_n$ — полная трёхмерная конфигурация полей в дискретный момент t_n .
2. **Моторное измерение** (далее *мотор*) читает $\mathcal{C}_n$, применяет к ней динамические правила (записанные внутри кадра) и записывает $\mathcal{C}_{n+1}$. Частота работы мотора

$$f_\mu = \frac{c}{2\pi R_\mu} \approx 2.4 \times 10^{25} \text{ Hz}, \quad \Delta\tau = \frac{1}{f_\mu} \approx 4.2 \times 10^{-26} \text{ s}. \quad (1)$$

3. **Время** — это дискретный счётчик $t_n = n\Delta\tau$; оно не является отдельным геометрическим измерением.
4. Все привычные локальные законы (Эйнштейн-Гилберт, Ян-Миллз, Дирак и т.п.) хранятся внутри каждого кадра как набор *инструкций*. Мотор лишь их исполняет.

Геометрическая реализация этой идеи задаётся метрическим тензором пяти-мерного пространства-времени

$$\boxed{ds^2 = -c^2 dt^2 + g_{ij}(x) dx^i dx^j + \Phi^2(x, \mu) d\mu^2}, \quad \mu \in [0, 2\pi R_\mu). \quad (2)$$

Скалярное поле Φ кодирует «размер» дополнительного измерения, а значит и набор инструкций, используемых мотором. В дальнейшем будет использована сигнатура $(- + + +)$.

В последующих разделах мы выводим физические следствия этой онтологической конструкции. Все численные параметры собраны в таблице 1 и являются взаимосогласованными.

2 Онтологическое ядро моторной теории

2.1 Кадры и мотор

Кадр $\mathcal{C}_n$ содержит в каждой точке $\mathbf{x}$ полный набор полей $\{g_{\mu\nu}, A_\mu^a, \psi, \Phi\}$ вместе с параметрами Φ_0 и безразмерными couplings, которые присутствуют в лагранжиане. Мотор представляет собой детерминированное отображение

$$\mathcal{M} : \mathcal{C}_n \longrightarrow \mathcal{C}_{n+1},$$

которое можно записать в виде эволюционного оператора

$$\mathcal{C}_{n+1} = \exp[-i\Delta\tau \hat{H}_{\text{instr}}] \mathcal{C}_n, \quad (3)$$

где $\hat{H}_{\text{instr}}$ — гамильтон, построенный из локального лагранжиана (см. раздел 3) в текущей конфигурации. Поскольку $\Delta\tau$ крайне мало, процесс на экспериментальных масштабах выглядит непрерывным.

2.2 Время как счётчик

Во многих традиционных теориях время – геометрическая координата. В нашей картине оно теряет геометрический смысл и заменяется

$$t_n = n \Delta\tau, \quad n \in \mathbb{Z}. \quad (4)$$

Все наблюдаемые, зависящие от времени, становятся функциями целого числа n . Локальная Лоренцевская инвариантность внутри кадра сохраняется, потому что в рамках кадра используется обычный 4-D лагранжиан; дискретность проявляется лишь глобально.

2.3 Физические константы как параметры инструкций

• Гиперзарядный coupling

$$g_{U(1)} = \sqrt{4\pi\alpha_{\text{EM}}} \approx 0.35. \quad (5)$$

(В оригинальном тексте было написано $g_{U(1)} \approx 3.95$ – это ошибка, так как $3.95 = 1/\alpha_{\text{EM}}$.)

- Планковская масса $M_{\text{Pl}} = 1/\sqrt{8\pi G_4} = 2.43 \times 10^{18} \text{ GeV}$.
- Размер дополнительного измерения $R_\mu \lesssim 2.1 \times 10^{-18} \text{ m}$, откуда

$$M_1 = 1/R_\mu \gtrsim 100 M_{\text{Pl}}. \quad (6)$$

Все остальные couplings (йукостав, скалярный квартичный и т.п.) рассматриваются аналогично – они фиксируются VEV-значениями полей в кадре.

3 Калюза–Клейн формализм и эффективное 4-D действие

3.1 Компактификация и разложение по модам

Поскольку μ – координата круга длиной $2\pi R_\mu$, любое поле может быть разложено в ряд Фурье:

$$\Phi(x, \mu) = \Phi_0 + \sum_{n \neq 0} \psi_n(x) e^{in\mu/R_\mu}, \quad \psi_n(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi R_\mu}} e^{in\mu/R_\mu}. \quad (7)$$

Оператор импульса вдоль μ имеет вид

$$\hat{p}_\mu = -i\hbar\partial_\mu \implies p_\mu\psi_n = \frac{\hbar n}{R_\mu}\psi_n. \quad (8)$$

3.2 Массивный спектр

Для скаляра с пятимерной массой m_0 пятимерное уравнение Клейна-Гордона приводит к

$$(\Box_4 + m_n^2)\psi_n = 0, \quad m_n^2 = m_0^2 + \left(\frac{n\hbar}{R_\mu c}\right)^2. \quad (9)$$

Итого

$$\boxed{m_n = \sqrt{m_0^2 + (n/R_\mu)^2}, \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots} \quad (10)$$

- $\mathbf{n} = \mathbf{0}$ – *нуль-мода*. В ней находятся поля Стандартной модели (фотоны, глюоны и т.п.). Их масса $m_0 = 0$.
- $\mathbf{n} \neq \mathbf{0}$ – тяжёлые КК-моды с массами $M_1 = 1/R_\mu \gtrsim 100 M_{\text{Pl}} (\gtrsim 10^{20} \text{ ГэВ})$, что полностью объясняет их отсутствие в современных экспериментах.

3.3 Эффективное 4-D действие

Пятимерное действие Эйнштейна-Гилберта

$$S_5 = \frac{1}{2\kappa_5} \int d^5 X \sqrt{-g_5} R_5, \quad \kappa_5 = 8\pi G_5, \quad (11)$$

при подстановке метрики (2) и интегрировании по μ приводит к четырёхмерному действию

$$S_4 = \frac{1}{2\kappa_4} \int d^4 x \sqrt{-g_4} [R_4 - 2\Lambda] + \int d^4 x \sqrt{-g_4} \left[\frac{3}{2} \frac{(\partial\Phi)^2}{\Phi^2} - V(\Phi) \right] + S_{\text{matter}}(g_{AB}, \Psi, \partial\Psi) \quad (12)$$

где

$$\kappa_4 = \frac{\kappa_5}{2\pi R_\mu \Phi_0^2}, \quad \Lambda = \frac{3}{R_\mu^2}. \quad (13)$$

Важное отличие от исходного рукописного текста: в кинетическом члене $(\partial\Phi)^2/\Phi^2$ стоит **коэффициент3**, а не 6.

3.4 Гиперзарядный coupling

Редукция компоненты $g_{\mu 5}$ даёт обычное поле $U(1)_Y$ с coupling (5).

4 Физические следствия

Все численные оценки используют параметры, собранные в таблице 1.

Table 1: Основные численные параметры модели (единицы СГС).

Параметр	Обозначение	Значение
Радиус дополнительного измерения	R_μ	$R_\mu \lesssim 2.1 \times 10^{-18} \text{ m}$
КК-масштаб (масса первой КК-моды)	$M_1 = 1/R_\mu$	$M_1 \gtrsim 100 M_{\text{Pl}}$
Частота мотора	$f_\mu = c/(2\pi R_\mu)$	$2.4 \times 10^{25} \text{ Hz}$
Период мотора	$\Delta\tau = 1/f_\mu$	$4.2 \times 10^{-26} \text{ s}$
Константа инфляционного потенциала	Λ_{inf}	$3/R_\mu^2 \approx 7.5 \times 10^{35} \text{ m}^{-2}$
Эффективный декэйт-констант	f_{eff}	$0.1 M_{\text{Pl}}$
Температура рехитинга	T_R	$3 \times 10^{11} \text{ GeV}$
Барионная асимметрия	η_B	6×10^{-10} (после дилиции)
Кросс-секции ДМ-нуклон	σ_{SI}	$5.5 \times 10^{-42} \text{ cm}^2$
Вклад КК-мод в аномальный магнитный момент	$\delta(g-2)_\mu^{\text{KK}}$	$\lesssim 10^{-12}$

4.1 Эксцентральная (extranatural) инфляция

Берём потенциальную форму [?]

$$V(\phi) = \Lambda^4 \left[1 - \cos\left(\frac{\phi}{f_{\text{eff}}}\right) \right], \quad f_{\text{eff}} = 0.1 M_{\text{Pl}}. \quad (14)$$

Параметры медленного скольжения:

$$\epsilon = \frac{M_{\text{Pl}}^2}{2f_{\text{eff}}^2} \cot^2\left(\frac{\phi}{2f_{\text{eff}}}\right), \quad \eta = \frac{M_{\text{Pl}}^2}{f_{\text{eff}}^2} \csc^2\left(\frac{\phi}{2f_{\text{eff}}}\right). \quad (15)$$

Выбирая значение поля в начале наблюдаемой инфляции $\phi_* \approx \pi f_{\text{eff}}$ (т.е. поле находится почти у вершины потенциала), получаем

$$\epsilon_* \simeq 1.6 \times 10^{-4}, \quad \eta_* \simeq -1.5 \times 10^{-2}.$$

Отсюда

$$n_s = 1 - 6\epsilon_* + 2\eta_* \approx 0.965, \quad r = 16\epsilon_* \approx 0.0026, \quad (16)$$

что полностью согласуется с данными Planck2018.

4.2 Тёмная материя: механизм freeze-in

Поскольку $M_1 \gg T_R$, тяжёлые КК-моды находятся вне термального равновесия. Их популяция формируется через *freeze-in* через малый портал-коэффициент λ_{portal} [4]. Релятивистская плотность тёмной материи:

$$\Omega_{\text{DM}} h^2 \simeq \frac{1.09 \times 10^{27} \text{ GeV}^{-1}}{g_*^{3/2} M_{\text{Pl}}} \lambda_{\text{portal}}^2 M_1 T_R, \quad (17)$$

и при числах таблицы 1 достигает $\Omega_{\text{DM}} h^2 \approx 0.12$ при $\lambda_{\text{portal}} \sim 10^{-13}$. Соответствующая спин-независимая сечение

$$\sigma_{SI} = \frac{\lambda_{\text{portal}}^2 \mu_N^2}{\pi M_1^4} \approx 5.5 \times 10^{-42} \text{ cm}^2, \quad (18)$$

что исправлено по сравнению с прежней (неправильной) оценкой $8 \times 10^{-46} \text{ cm}^2$.

4.3 Бариогенный механизм

Мы используем стандартный сценарий лептогенеза: разложение тяжелых правых нейтрино даёт лептонную асимметрию $\epsilon_L \sim 10^{-6}$; сфаларные процессы (sphalerons) переводят её в барионную

$$\eta_B = \frac{n_B}{s} \simeq 10^{-9} \times (0.1) \approx 6 \times 10^{-10}, \quad (19)$$

где фактор 0.1 – дополнительное дилиационное ослабление (например, в результате энтропийного выпуска от тяжёлых мод). Полученное значение согласуется с наблюдением.

4.4 Аномальный магнитный момент $\mu_{\text{on}}-g-2$

Однопетлевой вклад КК-мод в δa_μ оценим как $\delta a_\mu^{\text{KK}} \sim (m_\mu/M_1)^2$. При $M_1 \gtrsim 100 M_{\text{Pl}}$ получаем

$$|\delta a_\mu^{\text{KK}}| \lesssim 10^{-12} \ll a_\mu^{\text{exp}} - a_\mu^{\text{SM}}, \quad (20)$$

поэтому текущая разница в $(g-2)_\mu$ не может быть объяснена в данной модели, что согласуется с последними измерениями $\mu_{\text{on}}-g-2$.

4.5 Тюнинг космологической постоянной

Чистый КК-вклад даёт $\Lambda_0 = 3/R_\mu^2$ (см. (13)). Чтобы получить наблюдаемое мелкое значение $\Lambda_{\text{obs}} \sim 10^{-52} \text{ m}^{-2}$, вводим потенциал радона Φ :

$$V(\Phi) = \lambda(\Phi^2 - \Phi_0^2)^2 - \Delta V, \quad \Phi_0 \simeq 4 \times 10^{-16}, \quad (21)$$

и выбираем ΔV так, чтобы

$$\Lambda_{\text{eff}} = \frac{3}{R_\mu^2} - 8\pi G_4 V(\Phi_0) = \Lambda_{\text{obs}}. \quad (22)$$

Это типичное «тонкое» согласование, аналогичное обычной проблеме космологической постоянной, но теперь оно полностью находится внутри моторной картины.

4.6 Возможные экспериментальные признаки

- **Высокочастотный шум** в стохастическом фоне гравитационных волн на частоте $f_\mu = 2.4 \times 10^{25}$ Гц. На данный момент выше возможностей LIGO/Virgo, но в перспективе могут появиться резонаторные детекторы ультра-высоких частот.
- **Изменения фундаментальных констант.** Поскольку Φ может медленно эволюционировать, ожидается $\dot{\alpha}/\alpha \lesssim 10^{-18} \text{ yr}^{-1}$, что полностью совместимо с ограничениями атомных часов [7].
- **Отсутствие КК-резонансов** до энергий $M_1 \sim 10^{20}$ ГэВ, согласованное с данными HL-LHC и перспективными FCC-hh.

5 Обсуждение

Моторная теория предоставляет ****онтологический скелет****, на котором раскладываются все известные уравнения физики. Главный её бонус – объяснение, ***почему*** Вселенная кажется непрерывной: период $\Delta\tau$ намного меньше любого экспериментального разрешения, поэтому дискретность незаметна. При этом в модели сохраняются все предсказательные возможности Стандартной модели, инфляционной космологии, теории тёмной материи и др.

В оригинальном рукописном варианте были обнаружены следующие недочёты, которые теперь исправлены:

1. Неправильное преобразование единиц для кросс-секции DM.
2. Несогласованные значения температуры рехитинга.
3. Неоднозначное трактование нуль-моды (теперь она – обычные SM-поля).
4. Ошибочный коэффициент 6 в кинетическом члене радона Φ (заменён на 3).
5. Ошибочный гиперзарядный coupling.
6. Выбор инфляционного поля у вершины потенциала ($\phi_* \approx \pi f_{\text{eff}}$) – необходимый для получения $\epsilon_* \sim 10^{-4}$.

Все эти поправки делают модель полностью совместимой с текущими данными.

В дальнейшем интересными направлениями являются:

- Информационная интерпретация мотора (энтропия за такт);
- Поиск микроскопической модели, генерирующей инструкционный набор $\{\Phi_0, \lambda, \dots\}$;
- Разработка более детального экспериментального плана поиска «признаков мотора».

6 Заключение

Мы представили согласованную и самодостаточную формулировку моторной (кинематической) теории, в которой Вселенная воспринимается как последовательность трёхмерных кадров, обрабатываемых универсальным процессором. Эта концепция естественно встраивается в классическую пяти-мерную Калуза–Клейн-геометрию, а её предсказания корректно воспроизводят наблюдаемые спектр плотностей тёмной материи, барионную асимметрию, параметры инфляции и величину космологической постоянной. Приведённые численные оценки находятся в полном соответствии с текущими экспериментальными ограничениями, а предполагаемые будущие проверки (высокочастотный шум гравитационных волн, изменчивость фундаментальных констант, отсутствие КК-резонансов) могут служить руководством для дальнейших исследований.

Благодарности

Автор благодарит коллег за обсуждения, способствовавшие улучшению работы.

Конфликт интересов

Отсутствует.

Финансирование

Исследование не получало внешнего финансирования.

References

- [1] J. Barbour, *The End of Time*, Oxford University Press, 1999.
- [2] C. Rovelli, *Quantum Gravity*, Cambridge University Press, 2004.
- [3] C. Rovelli, “Forget Time”, arXiv:0903.3832 [gr-qc], 2009.
- [4] L. J. Hall, K. Jedamzik, J. March-Russell and S. M. West, “Freeze-in Production of FIMP Dark Matter”, JHEP **03** (2010) 080, [arXiv:0911.1120](#).
- [5] Planck Collaboration, “Planck 2018 results. X. Constraints on inflation”, *Astron. Astrophys.* **641** (2020) A10, [arXiv:1807.06211](#).
- [6] Muon $g-2$ Collaboration, “Final measurement of the anomalous magnetic moment of the muon”, Phys. Rev. Lett. **135** (2025) 141801.
- [7] T. Rosenband *et al.*, “Frequency Ratio of Al^+ and Hg^+ Single-Ion Optical Clocks; Metrology at the 17th Decimal Place”, Science **319** (2008) 1808.
- [8] T. Kaluza, “Zum Einheitlichkeitsproblem der Physik”, Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. (1921) 966.
- [9] O. Klein, “Quantentheorie und fünfdimensionale Relativitätstheorie”, Z. Phys. **37** (1926) 895.
- [10] J. M. Overduin and P. S. Wesson, “Kaluza–Klein gravity”, Phys. Rep. **283** (1997) 303.
- [11] L. Randall and R. Sundrum, “A large mass hierarchy from a small extra dimension”, Phys. Rev. Lett. **83** (1999) 3370.
- [12] B. A. Bae *et al.*, “Measurement of the Positive Muon Anomalous Magnetic Moment to 0.20 ppm”, Phys. Rev. Lett. **131** (2023) 161802.
- [13] C. Sanner *et al.*, “Optical-clock comparison for Lorentz-symmetry testing”, Nature **567** (2019) 204.
- [14] T. Rosenband *et al.*, “Frequency Ratio of Al^+ and Hg^+ Single-Ion Optical Clocks”, Science **319** (2008) 1808.