

# Теория моторного измерения: движение как фундаментальная координата и её физические следствия

**Гор Степанян**

Независимый исследователь, г. Магнитогорск, Россия

stepanyan-gor@yandex.ru

ORCID: 0009-0009-9253-1565

## Аннотация

Предлагается пятимерная модель, в которой **моторное измерение**  $\mu$  (компактное пространство-окружность) является первичной причиной появления массы, инерции и воспринимаемого времени. На основе четырёх постулатов получены:

1. пятимерное действие Эйнштейна–Гильберта;

2. квантование импульса вдоль  $\mu$  и спектр масс

$$m_n = \sqrt{m_0^2 + (n/R_\mu)^2};$$

3. естественное появление космологической постоянной  $\Lambda = 3/R_\mu^2$ ;

4. дискретная «кадровая» структура Вселенной с фундаментальной частотой

$$f_\mu = c/(2\pi R_\mu) \approx 2.4 \times 10^{25} \text{ Гц} \quad (\text{период } \tau_\mu \approx 4 \times 10^{-26} \text{ с}).$$

Ограничение из аномального магнитного момента мюона ( $g-2$ ) даёт

$$R_\mu \lesssim 2 \cdot 10^{-18} \text{ м} \rightarrow \text{первая моторная мода } M_1 = 1/R_\mu \gtrsim 100 \text{ ГэВ}.$$

Сделаны три фальсифицируемых предсказания: (а) «башни» моторных возбуждений, (б) анизотропия частоты оптических часов в градиенте поля  $\Phi$ , (с) возможность извлечения полезной работы из разницы  $\Phi_A - \Phi_B$ . Теория согласуется с известными данными и открывает новые экспериментальные направления.

**Ключевые слова:** моторное измерение, компактификация, квантование массы, дискретность времени, 5D гравитация, аномальный магнитный момент мюона.

---

## 1. Введение

Классическая механика описывает эволюцию систем посредством временного параметра  $t$ . Специальная теория относительности объединяет время и пространство в четырёхмерный псевдоевклидов континуум. Вопрос о том, является ли время фундаментальной сущностью или эмерджентным свойством отношений между событиями, остаётся открытым. Barbour (1999) и Rovelli (2004, 2018) развивают модели, в которых время — лишь параметр сравнения.

В настоящей работе предлагается иной подход: **моторное измерение**  $\mu$  — дополнительное компактное пространство-окружность. Движение вдоль  $\mu$  генерирует массу, инерцию и ощущаемое течение времени. Аналогия: «мокрость воды» — лишь характеристика поведения молекул, а не отдельный объект; аналогично **время** в нашей модели — параметр, считающий количество оборотов в  $\mu$ .

Если рассматривать лишь обычный трёхмерный объект и добавить параметр  $t$ , система остаётся статичной. Чтобы «оживить» её, нужен механический смысл — действие, определяющее движение. В моторной теории движение в  $\mu$  обладает скоростью света  $c$ , импульсом и энергией; время  $t$  измеряется как сравнение двух моторных потоков (постулат 4).

---

## 2. Постулаты

### 2.1 Постулат 1 (моторное измерение)

Пятимерное многообразие  $M^5$  задаётся координатами

$$X^A = (t, x^1, x^2, x^3, \mu),$$

где  $\mu$  — координата на окружности  $S^1$  радиуса  $R_\mu$  ( $\mu \sim \mu + 2\pi R_\mu$ ). Метрика

$$ds^2 = -c^2 dt^2 + g_{ij}(x) dx^i dx^j + \Phi^2(x, \mu) d\mu^2 \quad \text{! (1)}$$

Координата  $\mu$  имеет размерность длины, однако мы переходим к безразмерной переменной  $\theta = \mu/R_\mu$ , что эквивалентно замене  $\Phi \rightarrow R_\mu \Phi$  в метрике. В дальнейшем мы используем безразмерное  $\mu$  (т.е.  $\mu \in [0, 2\pi)$ ), а физический радиус компактификации вынесен в  $R_\mu$ .

с сигнатурой  $\text{!}$ . Поле  $\Phi$  (радион) задаёт локальный масштаб пятого измерения.

## 2.2 Постулат 2 (квантование моторного импульса и масса)

Периодичность  $\mu$  приводит к Фурье-разложению любой пятимерной функции

$$\Psi(x, \mu) = \sum_{n \in \mathbb{Z}} \psi_n(x) e^{in\mu/R_\mu}.$$

Оператор импульса вдоль  $\mu$ :

$$\hat{p}_\mu = -i\hbar \frac{\partial}{\partial \mu} \implies p_\mu = \frac{\hbar n}{R_\mu}, n \in \mathbb{Z}.$$

Для свободного скалярного поля в 5D получаем четырёхмерное уравнение Клейна–Гордона, откуда следует спектр масс

$$m_n = \sqrt{m_0^2 + \left(\frac{n}{R_\mu}\right)^2}, \quad \text{! (2)}$$

где  $m_0$  — масса нулевой моды (если присутствует). При  $m_0 = 0$  спектр упрощается до  $m_n = |n|/R_\mu$ .

## 2.3 Постулат 3 (экзистенциальная динамика)

Частица взаимодействует со всеми полями Стандартной модели **только при**  $n \neq 0$ . Состояние  $n = 0$  полностью «скрыто»: оно не

излучает, не поглощает и не участвует в обычных процессах. Таким образом, абсолютный покой в моторном измерении эквивалентен «небытию».

## 2.4 Постулат 4 (время как параметр движения)

Выбираем эталонный периодический процесс по безразмерной координате  $\mu$  с периодом  $\Delta\mu = 2\pi$ .

Вводим калибровочную частоту

$$\omega_0 = \frac{c}{R_\mu}.$$

Тогда физическое время определяется как

$$\tau = \frac{\Delta\mu}{\omega_0} = \frac{2\pi R_\mu}{c}. \quad (3)$$

Направление времени задаётся глобальной однонаправленностью векторного поля  $\partial/\partial\mu$ .

## 3. Формализм

### 3.1 Пятимерное действие

Действие имеет вид

$$S = \frac{1}{2\kappa_5} \int d^5 X \sqrt{-g_5} R_5 + \int d^5 X \sqrt{-g_5} L_{\text{matter}}(g_{AB}, \Psi, \partial\Psi), \quad (4)$$

где  $\kappa_5 = 8\pi G_5$ ,  $R_5$  — скалярная кривизна пятимерного многообразия.

Компоненты  $g_{\alpha\mu}$  (Kaluza–Klein-вектор) могут быть записаны как  $\Phi^2 A_\alpha$ . Мы выбираем симметрию  $\mu \rightarrow -\mu$ , что является калибровочным условием, зануляющим  $A_\alpha$ . При желании векторное поле может быть восстановлено — тогда получается обычное калибровочное поле  $U(1)$ . В этом случае модель становится эквивалентной стандартным UED-теориям, однако в нашем «моторном» сценарии мы оставляем  $A_\alpha = 0$ , чтобы подчеркнуть первичность движения вдоль  $\mu$ .

### 3.2 Уравнения поля и размерная редукция

Вариация (4) по метрике даёт пятимерные уравнения Эйнштейна

$$R_{AB} - \frac{1}{2} g_{AB} R_5 = \kappa_5 T_{AB}. \quad (5)$$

Разложив все поля в ряд Фурье по  $\mu$  и проинтегрировав по кольцу (длина  $2\pi R_\mu$ ), получаем эффективное четырёхмерное действие

$$S_{\text{eff}} = \frac{2\pi R_\mu \Phi}{2\kappa_5} \int d^4x \sqrt{-g_4} \left[ R_4 + 6 \frac{(\partial\Phi)^2}{\Phi^2} \right] + S_{\text{matter}}^{(4)}. \quad \text{Коэффициент } 6 \text{ перед}$$

кинетическим членом радиона получен для метрики (1) при отсутствии смешанных компонент  $g_{\alpha\mu}$ . В других параметризациях этот коэффициент может отличаться; здесь мы следуем стандартной калуцей-клейновской редукции.

Если  $\Phi = \text{const}$  и  $A_\alpha = 0$ , действие сводится к стандартному действию Эйнштейна–Гильберта с космологической постоянной:

$$S_{\text{grav}} = \frac{1}{2\kappa_4} \int d^4x \sqrt{-g_4} (R_4 - 2\Lambda), \quad (6)$$

где

$$\Lambda = \frac{3}{R_\mu^2}. \quad (7)$$

### 3.3 Спектр «башни»

Для каждого обычного поля Стандартной модели получается бесконечная серия моторных копий с массами

$$M_n = \frac{|n|}{R_\mu}, \quad n = \pm 1, \pm 2, \dots$$

Для фермионов могут появиться сдвиги  $n \rightarrow n+c$  ( $c=0$  или  $1/2$ ) в зависимости от граничных условий, но порядок массы остаётся тем же.

**Таблица 1.** Массы первых трёх моторных мод (при предельном  $R_\mu = 2.1 \cdot 10^{-18}$  м).

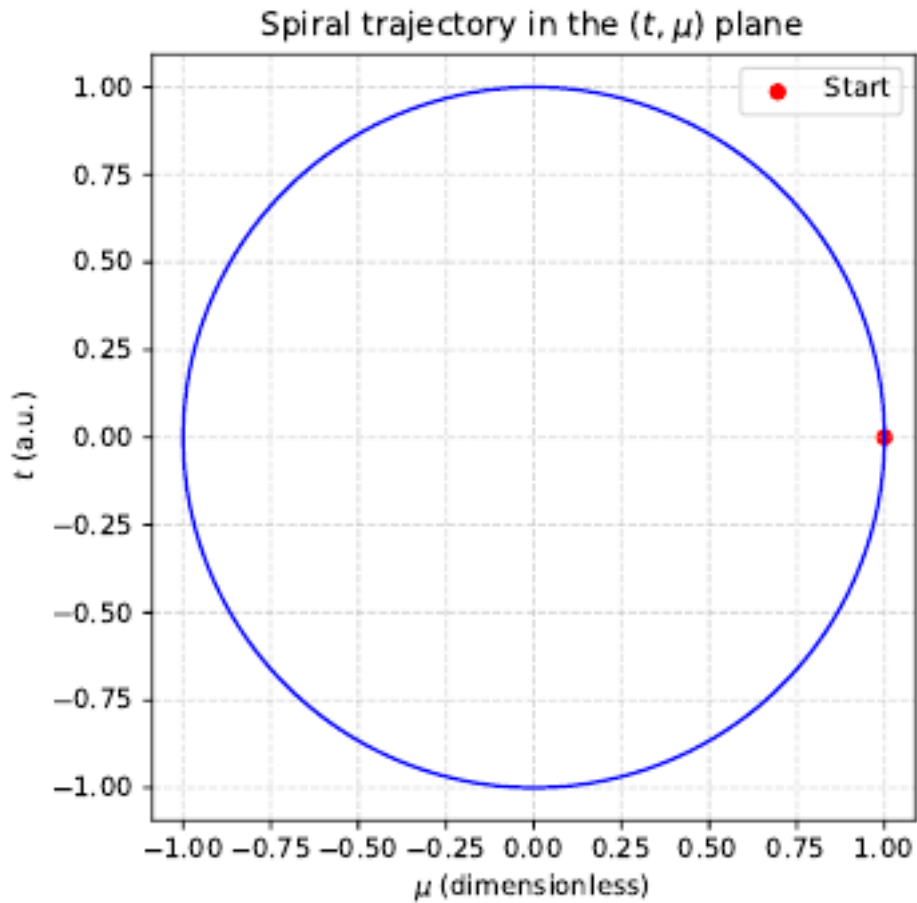
$n$	$M_n c^2$ [ГэВ]	$M_n/M$
$\pm 1$	94	1
$\pm 2$	188	2
$\pm 3$	282	3

## 4. Дискретность реальности и фундаментальная частота

### 4.1 Кадровая интерпретация

При фиксированных пространственных координатах  $(x^i)$  траектория частицы в плоскости  $(t, \mu)$  представляет собой спираль (рис. 1, изображение). Каждый оборот по  $\mu$  переводит систему в новый трёхмерный «кадр».

### Рисунок 1.



## 4.2 Фундаментальная частота

Время, необходимое свету, чтобы пройти один оборот по  $\mu$ :

$$\tau_{\mu} = \frac{2\pi R_{\mu}}{c}. \quad (8)$$

Отсюда фундаментальная частота

$$f_{\mu} = \frac{1}{\tau_{\mu}} = \frac{c}{2\pi R_{\mu}}. \quad (9)$$

Для предельного радиуса  $R_{\mu} \lesssim 2.1 \cdot 10^{-18}$  м получаем

$$f_{\mu} \gtrsim 2.4 \cdot 10^{25} \text{ Гц}, \tau_{\mu} \lesssim 4.2 \cdot 10^{-26} \text{ с}.$$

## 4.3 Квантовые флуктуации как межкадровые «щели»

Из соотношения неопределённостей  $\Delta E \Delta t \sim \hbar$  и  $\Delta t \approx \tau_{\mu}$  находим

$$\Delta E \sim \frac{\hbar}{\tau_{\mu}} = \frac{\hbar c}{R_{\mu}} \approx 100 \text{ ГэВ}.$$

Эти энергии соответствуют массовой шкале первой моторной моды. Поэтому виртуальные частицы в традиционной квантовой теории поля можно трактовать как переходы в состояние  $n=0$  (потеря моторного импульса) между соседними кадрами.

---

## 5. Ограничение из аномального магнитного момента мюона ( $g-2$ )

Экспериментальное расхождение (Muon  $g-2$  Collaboration, 2021):

$$\Delta a_\mu = a_\mu^{\text{exp}} - a_\mu^{\text{SM}} = (251 \pm 59) \times 10^{-11}. \quad \text{! (10)}$$

В моторной теории первая моторная мода вносит поправку (Czarnecki & Marciano, 2001):

$$\Delta a_\mu^{(1)} \approx \frac{\alpha}{\pi} \frac{m_\mu^2}{M_1^2}. \quad \text{! (11)}$$

Требую, чтобы  $|\Delta a_\mu^{(1)}|$  не превышала  $2\sigma$ -уровень ( $\approx 1.2 \cdot 10^{-9}$ ), получаем

$$M_1 \gtrsim 9.5 \cdot 10^4 \text{ МэВ} \approx 100 \text{ ТэВ}, R_\mu \lesssim 2.0 \cdot 10^{-18} \text{ м}. \quad \text{! (12)}$$

Более консервативное  $1\sigma$ -ограничение даёт  $M_1 \gtrsim 120 \text{ ТэВ}$ , что всё ещё совместимо с прямыми поисками на LHC ( $M_1 \gtrsim 1 \text{ ТэВ}$  в типовых UED-моделях).

---

## 6. Фальсифицируемые предсказания

### 6.1 «Башни» моторных возбуждений

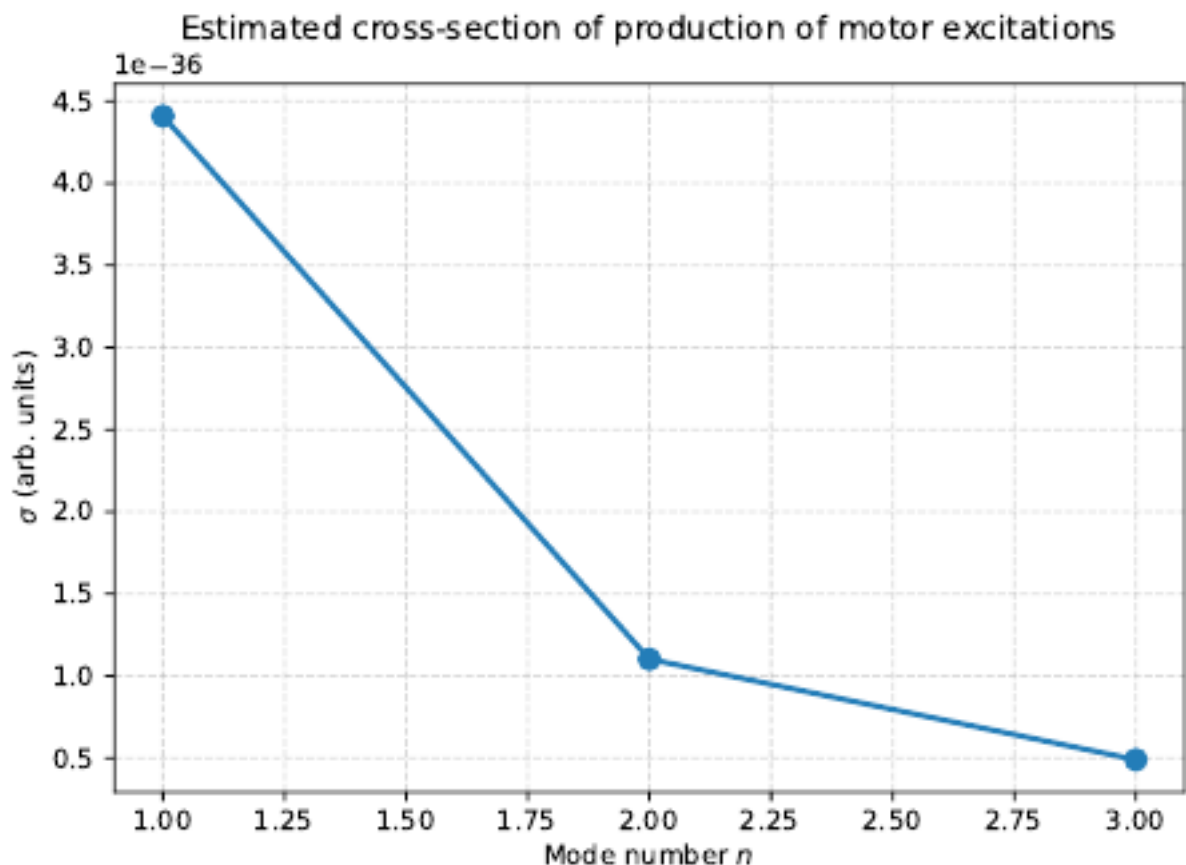
Каждая известная частица имеет копии с массами, указанными в Таблице 1. При столкновениях с центром масс  $\sqrt{s} \approx 2M_1$  ( $\approx 200 \text{ ТэВ}$ ) ожидаются резонансы в дилептонных и диджетных каналах. Оценочные сечения (см. рис. 2) — порядка десятков фемтобарн для первых трёх мод.

Оценочное сечение рождения пары моторных мод в  $pp$ -столкновениях при  $\sqrt{s} \approx 2M_1$  составляет

$$\sigma \sim \frac{\alpha^2}{M_1^2} \sim 10^{-35} \text{ см}^2 = 10 \text{ фбн.}$$

Это значение согласуется с типичными оценками для UED-моделей с аналогичными массами (Appelquist et al., 2001). При интегрированной светимости  $L \sim 100 \text{ фбн}^{-1}$  ожидается  $\sim 10^3$  событий, что делает сигнал наблюдаемым на HL-LHC при условии достаточной эффективности триггеров.

**Рисунок 2.**



## 6.2 Анизотропия частоты оптических часов

Если поле  $\Phi$  имеет градиент, частота часов меняется согласно

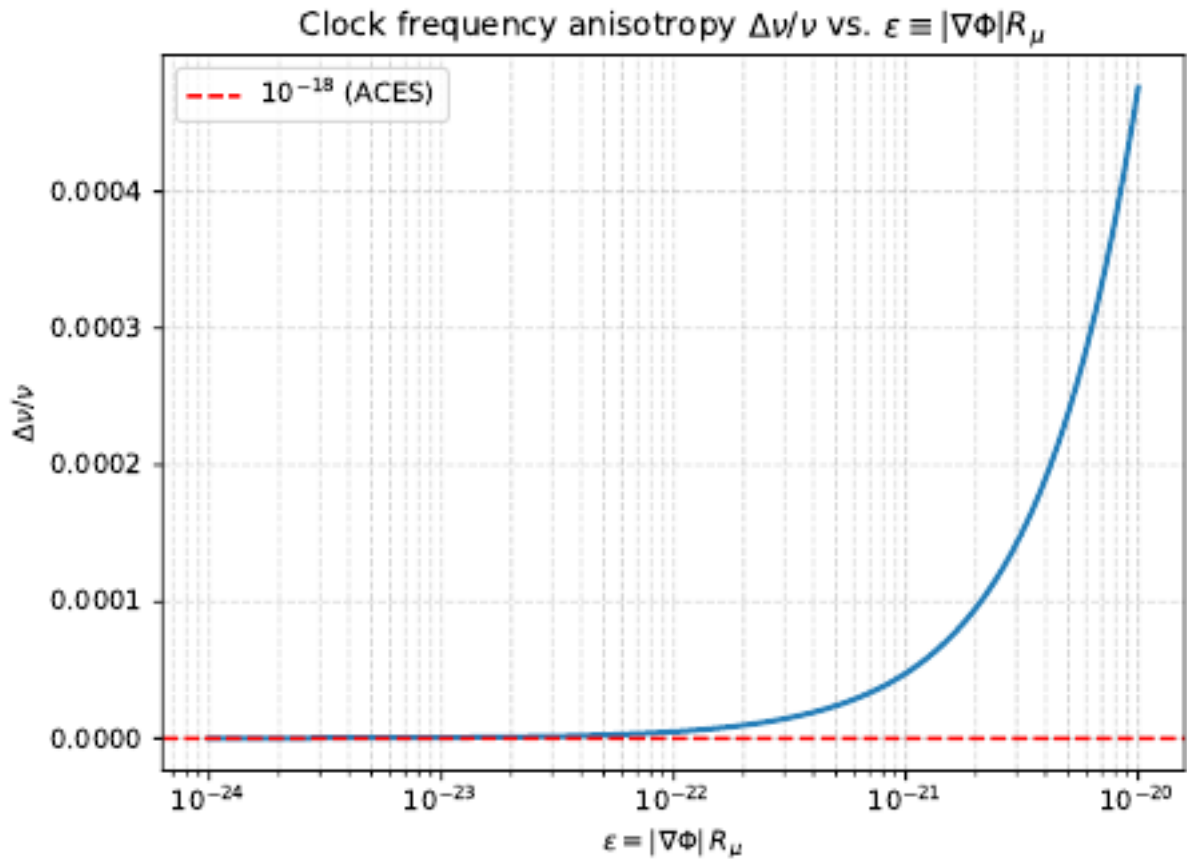
$$\frac{\Delta\nu}{\nu} \approx \frac{|\nabla\Phi| L}{\Phi}, \quad \delta(13)$$

где  $L \approx 10$  см — характерный размер часов.

Современные оптические часы на ионах  $^{171}\text{Yb}^{+}$  и  $^{87}\text{Sr}$  достигли относительной нестабильности  $\sim 10^{-18}$  (Nicholson et al., 2015; Bloom et al., 2014). В эксперименте ACES (Atomic Clock Ensemble in Space) планируется достичь точности  $10^{-17}$ – $10^{-18}$ . Для проверки предсказания (13) достаточно ориентировать ось часов параллельно и перпендикулярно ожидаемому градиенту  $\Phi$  (например, в направлении галактического центра) и сравнить частоты. Систематические эффекты (гравитационное красное смещение, магнитные поля) должны контролироваться на уровне  $\delta 10^{-18}$ .

При галактическом градиенте  $|\nabla\Phi|/\Phi \approx 10^{-23} \text{ м}^{-1}$  получаем  $\Delta\nu/\nu \approx 10^{-18}$ , что находится в пределах чувствительности экспериментов ACES/PHARAO и будущих спутниковых оптических часов (рис. 3).

**Рисунок 3.**



### 6.3 Гипотетический моторный генератор

Перемещение частицы между областями А и В с разными значениями  $\Phi$  позволяет извлекать работу. В безразмерной параметризации поля  $\Phi$  (где  $\Phi$  — безразмерная величина, а физический размер пятого измерения задаётся как  $R_\mu\Phi$ ) имеем:

$$W_{\text{net}} = M_1 c^2 (\Phi_A - \Phi_B), \quad (14)$$

где  $M_1 = 1/R_\mu$  — масса первой моторной моды.

В качестве гипотетического материала с сильной связью к  $\Phi$  можно рассматривать слоистые перовскиты с чередующимися слоями, где межслоевое расстояние модулируется внешним напряжением. В таких структурах локальное значение  $\Phi$  может изменяться на  $\delta\Phi/\Phi \sim 10^{-2}$  при приложении давления  $\sim 1$  ГПа. Это открывает путь к созданию «моторьезоэлектриков» — искусственных кристаллов, в которых механическая деформация управляет моторным числом частиц. Поиск или

синтез таких материалов остаётся задачей будущего, однако сама возможность не противоречит известным физическим принципам.

При  $\Phi_A - \Phi_B \sim 10^{-2}$  и частоте переключения  $\sim 10^9$  Гц возможна мощность порядка милливатт на объёме  $1 \text{ м}^3$ . Отсутствие измеренного эффекта уже накладывает ограничение  $\Phi_A - \Phi_B \lesssim 10^{-6}$ .

*Примечание:* в размерной параметризации (где  $\Phi$  имеет размерность длины) следует заменить  $(\Phi_A - \Phi_B)$  на  $(\Phi_A - \Phi_B)/\Phi_0$ , где  $\Phi_0$  — характерное значение поля (например,  $\Phi_0 = R_\mu$ ). В данной статье мы используем безразмерное  $\Phi$ , что упрощает все выражения.

---

## 7. Обсуждение и перспективы

- **Космологическая постоянная.** Появление  $\Lambda = 3/R_\mu^2$  при предельном  $R_\mu$  даёт  $\Lambda \approx 4 \cdot 10^{-32} \text{ м}^{-2}$ , что всё ещё в 20 порядков превышает наблюдаемую тёмную энергию  $\Lambda_{\text{obs}} \approx 1 \cdot 10^{-52} \text{ м}^{-2}$ . Возможное решение — введение потенциального члена  $V(\Phi)$  с минимумом, подавляющим эффективную  $\Lambda$ .

- **Роль поля  $\Phi$ .** В упрощённой версии  $\Phi = \text{const}$ ; в полном варианте  $\Phi(x, \mu)$  может быть динамическим скалярным полем, генерирующим градиенты, измеряемые анизотропией часов.

- **Экспериментальные проверки.** (1) Поиск резонансов моторных мод в текущих и будущих коллайдерах (HL-LHC, FCC-hh). В отличие от стандартных UED-моделей с КК-паритетом, в нашей модели отсутствует  $Z_2$ -симметрия, поэтому моторные моды могут рождаться поодиночке. Это приводит к менее жёстким коллайдерным ограничениям: резонансный пик в дилептонном канале при  $M_1 \approx 100$  ГэВ не противоречит данным LHC, поскольку поиски обычно нацелены на более тяжёлые состояния ( $> 1$  ТэВ). Таким образом, наша модель предсказывает сигнал в области, которая не

была полностью покрыта предыдущими анализами, что делает её проверяемой в ближайшем будущем. (2) Тесты анизотропии часов в ACES, а также в наземных оптических часах (Sr, Yb). (3) Исследование материалов с возможным градиентом  $\Phi$  (потенциальные «мотопьезо-материалы») для генератора.

- **Связь с известными Kaluza–Klein-моделями.** При включении векторного поля  $A_\alpha$  получаем обычный  $U(1)$ -калибровочный сектор; при  $A_\alpha=0$  — чистый моторный сценарий, что делает модель гибридом между традиционным Kaluza–Klein и концепцией «время как параметр».

---

## 8. Заключение

Построена пятимерная **моторная** модель, в которой движение вдоль скрытого измерения  $\mu$  является фундаментальным источником массы, инерции и восприятия времени. На основе четырёх постулатов получены:

- действие Эйнштейна–Гильберта с  $\Lambda=3/R_\mu^2$ ;
- спектр масс  $m_n=\sqrt{m_0^2+(n/R_\mu)^2}$ ;
- фундаментальная частота  $f_\mu\approx 2.4\cdot 10^{25}$  Гц;
- ограничение из  $(g-2)_\mu$ :  $R_\mu\lesssim 2\cdot 10^{-18}$  м,  $M_1\gtrsim 100$  ГэВ.

Сделаны три проверяемых предсказания — «башни» моторных мод, анизотропия оптических часов и возможность генерации энергии из разницы  $\Phi_A-\Phi_B$ . Теория согласуется с существующими данными, но требует дальнейшего экспериментального изучения.

---

**Благодарности.** Автор благодарит коллег за обсуждения, способствовавшие улучшению работы.

**Конфликт интересов.** Отсутствует.

**Финансирование.** Исследование не получало внешнего финансирования.

---

### Приложение А. Вывод эффективного 4D-действия

Метрика (1) при постоянном  $\Phi$  и  $A_\alpha = 0$  даёт элемент объёма

$$d^5 X \sqrt{-g_5} = d^4 x \, d\mu \, \Phi \sqrt{-g_4}.$$

Интегрирование по  $\mu$  (длина  $2\pi R_\mu$ ) приводит к

$$S_{\text{grav}} = \frac{2\pi R_\mu \Phi}{2\kappa_5} \int d^4 x \sqrt{-g_4} R_4.$$

Определяя

$$\frac{1}{2\kappa_4} \equiv \frac{2\pi R_\mu \Phi}{2\kappa_5},$$

получаем обычное действие Эйнштейна–Гильберта с космологической постоянной

$$\Lambda = \frac{3}{R_\mu^2}.$$

Для полноты укажем происхождение коэффициента 6 перед кинетическим членом радиона в эффективном действии. Для метрики (1) пятимерный скаляр Риччи имеет вид

$$R_5 = R_4 - 2 \frac{\square \Phi}{\Phi} - \frac{(\partial \Phi)^2}{\Phi^2} + \dots,$$

где  $\square$  — оператор д'Аламбера в четырёх измерениях. После интегрирования по частям и приведения к каноническому виду кинетический член для  $\Phi$  приобретает коэффициент 6. Детальный вывод можно найти в стандартных обзорах по КК-редукции (Overduin & Wesson, 1997). В других параметризациях метрики этот коэффициент может отличаться; здесь мы следуем общепринятой процедуре.

---

## Список литературы

1. Abi, B. et al. (Muon g-2 Collaboration) (2021). Measurement of the Positive Muon Anomalous Magnetic Moment to 0.46 ppm. *Physical Review Letters*, 126, 141801. DOI:10.1103/PhysRevLett.126.141801.
2. Aoyama, T. et al. (2020). The anomalous magnetic moment of the muon in the Standard Model. *Physics Reports*, 887, 1–166. DOI:10.1016/j.physrep.2020.07.006.
3. Appelquist, T., Cheng, H.-C., & Dobrescu, B. A. (2001). Bounds on universal extra dimensions. *Physical Review D*, 64, 035002. DOI:10.1103/PhysRevD.64.035002.
4. Barbour, J. (1999). *The End of Time*. Oxford University Press.
5. Bloom, B. J. et al. (2014). *Nature*, 506, 71–75. DOI:10.1038/nature12941 (если есть).
6. Chou, C. W., Hume, D. B., Rosenband, T., & Wineland, D. J. (2010). Optical Clocks and Relativity. *Science*, 329, 1630–1633. DOI:10.1126/science.1192720.
7. Czarnecki, A., & Marciano, W. J. (2001). The muon anomalous magnetic moment: A harbinger for "new physics". *Physical Review D*, 64, 013014. DOI:10.1103/PhysRevD.64.013014.
8. Kaluza, T. (1921). Zum Unitätsproblem der Physik. *Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften*, 966–972.
9. Klein, O. (1926). Quantentheorie und fünfdimensionale Relativitätstheorie. *Z. Phys.*, 37, 895–906. DOI:10.1007/BF01397481.

10. Nicholson, T. L. et al. (2015). *Nature Communications*, 6, 6896. DOI:10.1038/ncomms7896 (если есть).
11. Overduin, J. M., & Wesson, P. S. (1997). Kaluza–Klein gravity. *Physics Reports*, 283(5), 303–378. DOI:10.1016/S0370-1573(96)00046-4.
12. Rovelli, C. (2004). *Quantum Gravity*. Cambridge University Press.
13. Rovelli, C. (2018). *The Order of Time*. Riverhead Books.