ВЕЧНОЕ РАСШИРЕНИЕ: ТРАНСЦЕНДЕНТНОСТЬ π КАК ДОКАЗАТЕЛЬСТВО НЕИСЧЕРПАЕМОСТИ РЕАЛЬНОСТИ

Давление потенциальности на актуальность
и масштабный фактор φ-тора
в наблюдатель-зависимой теории всего

(Eternal Expansion: Transcendence of π as Proof
of the Inexhaustibility of Reality)

Панкратов Антон Сергеевич
Pankratov Anton Sergeevich

Независимый исследователь, г. Казань, Россия
Independent researcher, Kazan, Russia

E-mail: anton.s.pankratov@gmail.com
ORCID: 0009-0002-4870-2995

УДК 524.8 + 530.12 + 514.7 + 511.6 + 167.7

АННОТАЦИЯ

Формализован механизм расширения Вселенной в тороидальной модели ODTOE. Показано, что φ-тор не обладает фиксированным радиусом в классическом смысле: спиральный зазор $\delta = \pi - 3$ [15] при каждом обороте петли самонаблюдения Φ сдвигает траекторию вдоль ϕ-цикла, увеличивая эффективный масштаб актуализированной конфигурации. Теорема Линдемана (1882) о трансцендентности π доказывает, что зазор $\delta = \pi - 3$ не равен никакой рациональной (и даже алгебраической) дроби, откуда следует: (а) траектория на φ-торе не замыкается ни за какое конечное число оборотов, (б) расширение бесконечно и неисчерпаемо. Давление потенциальности $\mathcal{H}$ (бесконечномерного поля нереализованных состояний) на актуализированную конфигурацию $\mathcal{C}$ (конечную) порождает эффективную силу $\mathcal{F} = (\pi - 3)^2 \cdot |\mathcal{H}|/|\mathcal{C}|$, действующую на каждом цикле наблюдения. Структурная недостижимость $S = 1$ (полная когерентность, закон Эшби) гарантирует, что давление не обращается в ноль ни при каких условиях. Введён масштабный фактор $a(n) = (1 + \varepsilon/(2\pi\varphi))^n$, описывающий экспоненциальный рост эффективного радиуса φ-тора с числом наблюдательных циклов n. Показано, что ускорение расширения ($\ddot{a} > 0$) следует из положительности $(\pi - 3)^4 > 0$ без привлечения космологической постоянной Λ как свободного параметра. Соотношение ODTOE-предсказания с данными Planck 2018 подтверждает, что доля тёмной энергии ($\Omega_\Lambda = \varphi^2/(\varphi^2 + 1 + Z) = 68{,}86\%$) — проекция R-сектора φ-тора, отвечающего за давление потенциальности.

Ключевые слова: расширение Вселенной, трансцендентность числа π, давление потенциальности, φ-тор, спиральный зазор, масштабный фактор, тёмная энергия, закон Эшби, ODTOE, KAM-теорема.

ABSTRACT

The mechanism of the expansion of the Universe is formalized within the toroidal model of ODTOE. It is shown that the φ-torus does not possess a fixed radius in the classical sense: the spiral gap $\delta = \pi - 3$ [15] shifts the trajectory along the ϕ-cycle at every turn of the self-observation loop Φ, increasing the effective scale of the actualized configuration. The Lindemann theorem (1882) on the transcendence of π proves that the gap $\delta = \pi - 3$ is not equal to any rational (or even algebraic) fraction, whence it follows that: (a) the trajectory on the φ-torus does not close for any finite number of turns, (b) the expansion is infinite and inexhaustible. The potentiality pressure of $\mathcal{H}$ (the infinite-dimensional field of unrealized states) on the actualized configuration $\mathcal{C}$ (finite) generates an effective force $\mathcal{F} = (\pi - 3)^2 \cdot |\mathcal{H}|/|\mathcal{C}|$ acting at each observation cycle. The structural unattainability of $S = 1$ (full coherence, Ashby's law) guarantees that the pressure never vanishes. A scale factor $a(n) = (1 + \varepsilon/(2\pi\varphi))^n$ is introduced, describing the exponential growth of the effective radius of the φ-torus with the number of observational cycles n. It is shown that the acceleration of expansion ($\ddot{a} > 0$) follows from the positivity $(\pi - 3)^4 > 0$ without invoking the cosmological constant Λ as a free parameter. The agreement of the ODTOE prediction with the Planck 2018 data confirms that the dark energy fraction ($\Omega_\Lambda = \varphi^2/(\varphi^2 + 1 + Z) = 68.86\%$) is a projection of the R-sector of the φ-torus responsible for potentiality pressure.

Keywords: expansion of the Universe, transcendence of π, potentiality pressure, φ-torus, spiral gap, scale factor, dark energy, Ashby's law, ODTOE, KAM theorem.

I. ВВЕДЕНИЕ

I.1. Проблема

Ускоренное расширение Вселенной, обнаруженное в 1998 году по сверхновым типа Ia [1, 2], остаётся одной из ключевых нерешённых проблем физики. Стандартная модель (ΛCDM) описывает расширение через космологическую постоянную Λ, чья природа не выведена из первых принципов. Квантовая теория поля предсказывает энергию вакуума на $\sim 10^{120}$ порядков больше наблюдаемой [3] (проблема космологической постоянной). Вопросы *почему* Вселенная расширяется, *почему* расширение ускоряется, и *будет ли* оно продолжаться — не имеют ответа в ΛCDM.

I.2. Подход ODTOE

В наблюдатель-зависимой теории всего [4] реальность R конституируется оператором наблюдения $\hat{O}$ из бесконечномерного поля потенциальных состояний $\mathcal{H}$: $R = \hat{O}(\Psi)$, $\Psi \in \mathcal{H}$. Актуализированная конфигурация $\mathcal{C}$ всегда конечна, тогда как $|\mathcal{H}| = \infty$. Тороидальная модель [5] представляет реальность как иерархию вложенных φ-торов. Ранее показано [6, 16], что три топологических сектора φ-тора порождают космологические доли $\Omega_\Lambda : \Omega_{\text{DM}} : \Omega_b$, совпадающие с данными Planck 2018 [7] в пределах 1σ.

Настоящая работа формализует механизм расширения: *почему* φ-тор расширяется, *почему* расширение ускоренное, и *почему* оно вечное. Ответ на все три вопроса — одна теорема: π трансцендентно.

I.3. Цель

(а) Доказать, что расширение Вселенной вечно и неисчерпаемо как математическое следствие трансцендентности π (теорема Линдемана). (б) Формализовать давление потенциальности $\mathcal{H}$ на актуализированную конфигурацию $\mathcal{C}$ через спиральный зазор. (в) Показать, что φ-тор не обладает фиксированным радиусом: эффективный масштаб растёт на каждом цикле наблюдения. (г) Вывести масштабный фактор и показать, что ускорение ($\ddot{a} > 0$) следует из $(\pi - 3)^4 > 0$.

II. ТРАНСЦЕНДЕНТНОСТЬ π И НЕЗАМЫКАНИЕ ПЕТЛИ

II.1. Теорема Линдемана

В 1882 году Фердинанд фон Линдеман доказал [8]: число π *трансцендентно*, то есть не является корнем никакого ненулевого многочлена с целыми коэффициентами [17, 18]. Из трансцендентности π следует квадратура круга: невозможно построить квадрат, равный по площади кругу, используя лишь циркуль и линейку.

Для ODTOE существенны три следствия.

Следствие 1. $\delta = \pi - 3$ трансцендентно. *Доказательство:* если бы δ было алгебраическим, то $\pi = \delta + 3$ — сумма алгебраического и рационального — было бы алгебраическим. Противоречие с теоремой Линдемана. □

Следствие 2. $N \cdot \delta$ иррационально для любого целого $N \neq 0$. *Доказательство:* если бы $N\delta = p/q$ для некоторых целых p, q, то $\delta = p/(Nq)$ было бы рациональным, а рациональные числа алгебраичны. Противоречие со следствием 1. □

Следствие 3. $N \cdot \delta \neq 2\pi k$ для любых целых N, k с $N \neq 0$. *Доказательство:* если бы $N(\pi - 3) = 2\pi k$, то $N\pi - 3N = 2\pi k$, откуда $\pi(N - 2k) = 3N$, то есть $\pi = 3N/(N - 2k)$ — рациональное число. Противоречие. □

II.2. Физическое значение

Следствие 3 — точная формулировка *незамыкания* траектории на φ-торе. При каждом обороте по θ (малый радиус, непрерывная π-динамика) точка сдвигается на $\delta = \pi - 3$ вдоль ϕ (большой радиус, дискретная φ-динамика) [5, формула III.3]. После N оборотов суммарный сдвиг составляет $N\delta$.

Если бы π было рациональным (или алгебраическим иррациональным вида p/q): после q оборотов $q\delta = q(\pi - 3)$ могло бы стать кратным 2π, и петля замкнулась бы. Развитие остановилось бы.

Трансцендентность π *запрещает* это. Ни за какое конечное число оборотов суммарный сдвиг не становится кратным 2π. Петля не замыкается *никогда*. Расширение не прекращается *никогда*.

II.2a. Связь с теоремой Вейля о равнораспределении

Теорема Вейля (1916) [25] утверждает: если α иррационально, то последовательность $\{n\alpha\}$ ($n = 1, 2, 3, \ldots$) равномерно распределена по модулю 1 на интервале $[0, 1)$. Для $\alpha = \delta/(2\pi) = (\pi - 3)/(2\pi)$ — иррационального (и даже трансцендентного) числа — это означает, что угловые положения точки на ϕ-цикле после n оборотов по θ *равномерно заполняют* весь ϕ-цикл.

Физический смысл: не только траектория не замыкается (следствие 3), но и покрытие тороидальной поверхности является *плотным*. При $n \to \infty$ траектория покрывает поверхность тора *всюду плотно*, что означает: каждая точка поверхности тора оказывается сколь угодно близко к траектории наблюдения. Это обеспечивает *полноту* актуализации — каждая область потенциального пространства рано или поздно «посещается» оператором наблюдения.

Трансцендентность δ усиливает результат Вейля: скорость равнораспределения для трансцендентных чисел, как правило, выше, чем для алгебраических иррациональных. Число $\delta = \pi - 3$ обладает хорошими свойствами равнораспределения по Вейлю, что означает эффективное освоение потенциального пространства наблюдательной траекторией.

II.3. Теорема о вечности расширения

Теорема 1. *Если отношение длины оборота к минимальному замкнутому пути трансцендентно ($\pi/3$ трансцендентно), то траектория на φ-торе не замыкается ни за какое конечное число оборотов.*

Доказательство: замыкание после N оборотов по θ и M оборотов по ϕ требует:

$$N \cdot \pi = 3N + 2\pi M \tag{II.1}$$

откуда $\pi(N - 2M) = 3N$, то есть $\pi = 3N/(N - 2M)$ — рационально. Противоречие с теоремой Линдемана. □

Следствие. Расширение, порождаемое спиральным зазором, является *вечным* и *неисчерпаемым*: для прекращения расширения необходимо, чтобы π стало рациональным, что математически невозможно.

В рамках модели φ-тора это не *гипотеза* о вечности расширения — это *теорема*. Математическая часть (незамыкание траектории) доказана с той же строгостью, с какой доказана невозможность квадратуры круга — оба утверждения суть следствия трансцендентности π. Физическая интерпретация (незамыкание = расширение Вселенной) зависит от принятия тороидальной модели ODTOE.

II.4. Замечание о роли π и φ

В формализме ODTOE числа π и φ играют комплементарные роли [26]: π — инвариант непрерывной фазовой динамики (θ-цикл), φ — инвариант дискретной итеративной динамики (ϕ-цикл). Спиральный зазор $\delta = \pi - 3$ возникает *на пересечении* двух динамик: непрерывный оборот (2π в θ) не укладывается в целое число дискретных шагов (кратных $2\pi/3$ в ϕ), и «остаток» $\pi - 3$ переносится в следующий цикл.

Число 3 здесь не произвольно: оно отвечает минимальному числу вершин замкнутого многоугольника (треугольника), то есть минимальной дискретной аппроксимации круга. Зазор $\delta = \pi - 3$ — мера *невместимости* непрерывного (π) в дискретное (3), и именно эта невместимость является двигателем расширения.

Подчеркнём: трансцендентность π — не интерпретация, а строго доказанный математический факт (теорема Линдемана, 1882 [8]). Вся цепочка выводов (следствия 1–3, теорема 1) построена на этом факте и на тороидальной модели [5]. Экспериментальной проверке подлежит модель, а не математика.

III. ДАВЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОСТИ НА АКТУАЛЬНОСТЬ

III.1. Поле и конфигурация

По аксиоме (A) [4]: $R = \hat{O}(\Psi)$. Поле потенциальных состояний $\mathcal{H}$ бесконечномерно. Актуализированная конфигурация $\mathcal{C}$ конечна: она описывается конечным набором параметров (d, S, координаты, импульсы). Между $|\mathcal{H}|$ и $|\mathcal{C}|$ существует бесконечная разница:

$$|\mathcal{H}| = \aleph_{\geq 1}, \quad |\mathcal{C}| < \aleph_0 \tag{III.1}$$

Все состояния из $\mathcal{H}$, которые *не* актуализированы в $\mathcal{C}$, составляют *нереализованный потенциал*. Его мощность $|\mathcal{H} \setminus \mathcal{C}| = |\mathcal{H}|$ (вычитание конечного из бесконечного не уменьшает мощность).

III.2. Механизм давления

Каждый цикл наблюдения $\Phi = \iota \circ \hat{O}$ актуализирует *одну* конфигурацию C_n из *бесконечного* поля $\mathcal{H}$. Нереализованные состояния не исчезают — они остаются в $\mathcal{H}$ и «конкурируют» за актуализацию на следующем цикле. Эта конкуренция создаёт *давление* — стремление поля реализоваться через оператор $\hat{O}$.

Формализация через Р3.1 [4]: время жизни конфигурации $T(C) = T_0/(1-S)$. При $S < 1$ конфигурация *нестабильна*: она существует конечное время $T(C)$, после чего замещается следующей. Чем больше $|\mathcal{H}|$ (чем больше «претендентов»), тем сильнее давление на актуализированную конфигурацию.

На языке φ-тора: давление проявляется как *сдвиг вдоль ϕ-цикла*. Каждый θ-оборот актуализирует конфигурацию, но зазор $\delta = \pi - 3$ «вытесняет» её из исходной точки — потому что следующая конфигурация *не совпадает* с предыдущей (зазор $\neq 0$). Тор не «раздувается» — точка *продвигается* по его поверхности, и площадь *покрытой* поверхности растёт:

$$\mathcal{A}(n) = n \cdot 2\pi r \cdot \delta = 2\pi r n(\pi - 3) \tag{III.2}$$

III.3. Эффективная сила давления

Давление потенциальности на один цикл наблюдения:

$$\mathcal{F}_n = (\pi - 3)^2 \cdot \frac{|\mathcal{H}_{\text{доступных}}|}{|\mathcal{C}_n|} \tag{III.3}$$

Здесь $(\pi - 3)^2$ — энергия зазора за один оборот, а отношение $|\mathcal{H}_{\text{доступных}}|/|\mathcal{C}_n|$ — мера «перенаселённости» потенциального поля относительно актуализированной конфигурации. Поскольку $|\mathcal{H}| = \infty$ и $|\mathcal{C}| < \infty$:

$$\mathcal{F}_n \to \infty \quad \text{формально} \tag{III.4}$$

Однако оператор $\hat{O}$ видит не всё поле $\mathcal{H}$, а только состояния, доступные с его мерности d (по D-Prot [4]). Число доступных состояний конечно (хотя и велико), и эффективная сила:

$$\mathcal{F}_{\text{эфф}}(d) = (\pi - 3)^2 \cdot \Sigma(d) \cdot (1 - S)^{-1} \tag{III.5}$$

где $\Sigma(d) = (1 - q^{d+1})/(1 - q)$ — сумма спиральной серии [9], $(1 - S)^{-1}$ — фактор когерентности среды [9, раздел IV].

III.4. Почему давление не обращается в ноль

По закону необходимого разнообразия Эшби [10]: для полного контроля системы с n состояниями управляющий орган должен иметь не менее

n состояний. Наблюдатель с мерностью d обладает конечным числом конфигураций. Поле $\mathcal{H}$ бесконечно. Следовательно, $S = 1$ (полная когерентность, при которой *все* потенциальные состояния актуализированы) структурно недостижима [4, постулат P1.2]:

$$S < 1 \quad \text{всегда} \tag{III.6}$$

Из (III.5) и (III.6): $\mathcal{F}_{\text{эфф}} > 0$ всегда. Давление потенциальности *никогда* не обращается в ноль, потому что всегда существуют нереализованные состояния.

Замечание. Формула (III.5) постулирована как модельная величина, отражающая структурное давление бесконечного $\mathcal{H}$ на конечную $\mathcal{C}$. Вариационный вывод $\mathcal{F}_{\text{эфф}}$ из принципа наименьшего действия — открытая задача.

IV. МАСШТАБНЫЙ ФАКТОР φ-ТОРА

IV.1. Эффективный радиус

Классический тор имеет фиксированные радиусы R и r. φ-тор ODTOE *не обладает* фиксированным радиусом в этом смысле. Эффективный радиус конфигурации зависит от числа пройденных наблюдательных циклов.

После n циклов (θ-оборотов) на уровне d траектория покрывает площадь $\mathcal{A}(n)$ на поверхности тора. Эффективный масштаб актуализированной реальности:

$$R_{\text{эфф}}(n, d) = R_0 \cdot \varphi^d \cdot a(n) \tag{IV.1}$$

где $a(n)$ — масштабный фактор, определяемый накоплением зазоров.

IV.2. Вывод масштабного фактора

Каждый θ-оборот сдвигает точку на $\delta = \pi - 3$ вдоль ϕ. Этот сдвиг *увеличивает* эффективный масштаб конфигурации на долю $\varepsilon/(2\pi\varphi)$, где $\varepsilon = (\pi - 3)^2$ — энергия зазора, 2π — длина полного θ-оборота, φ — масштаб ϕ-цикла. Обоснование: зазор ε действует на фоне полного оборота 2π и масштабируется через φ (отношение радиусов тора), давая относительный прирост масштаба:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{(\pi - 3)^2}{2\pi\varphi} = 0{,}0019720318881681146724113986166 8\ldots \tag{IV.2}$$

Масштабный фактор после n циклов:

$$\boxed{a(n) = \left(1 + \frac{(\pi - 3)^2}{2\pi\varphi}\right)^n} \tag{IV.3}$$

Числовое значение параметра расширения:

$$H_{\text{ODTOE}} \equiv \frac{(\pi - 3)^2}{2\pi\varphi} = 0{,}0019720318881681146724113986 1668 \tag{IV.4}$$

Это *безразмерный* аналог параметра Хаббла: относительный прирост масштаба за один цикл наблюдения.

IV.3. Экспоненциальный рост

При $n \gg 1$:

$$a(n) \approx e^{nH_{\text{ODTOE}}} = e^{n(\pi-3)^2/(2\pi\varphi)} \tag{IV.5}$$

Расширение *экспоненциально*: масштаб растёт как экспонента числа наблюдательных циклов. Это согласуется с наблюдаемым ускоренным расширением Вселенной (де Ситтеровская фаза).

IV.4. Ускорение расширения

Первая производная (скорость расширения):

$$\dot{a}(n) = H_{\text{ODTOE}} \cdot a(n) > 0 \tag{IV.6}$$

Вторая производная (ускорение):

$$\ddot{a}(n) = H_{\text{ODTOE}}^2 \cdot a(n) = \frac{(\pi - 3)^4}{4\pi^2\varphi^2} \cdot a(n) > 0 \tag{IV.7}$$

Ускорение строго положительно, потому что $(\pi - 3)^4 > 0$ (квадрат положительного числа). Ускоренное расширение — не свободный параметр, а *следствие* того, что $\pi \neq 3$.

$$\frac{(\pi - 3)^4}{4\pi^2\varphi^2} = 0{,}00000388890976795189953370\ldots \tag{IV.8}$$

IV.5. Число циклов для удвоения масштаба

$$n_{2\times} = \frac{\ln 2}{H_{\text{ODTOE}}} = \frac{\ln 2}{\ln(1 + (\pi - 3)^2/(2\pi\varphi))} \tag{IV.9}$$

Числовое вычисление:

$$n_{2\times} = \frac{0{,}69314\ldots}{0{,}00197008\ldots} = 351{,}84\ldots \tag{IV.10}$$

Масштаб удваивается каждые ≈ 352 наблюдательных цикла (точное значение: $351{,}84\ldots$).

V. ТОР БЕЗ ФИКСИРОВАННОГО РАДИУСА

V.1. Статический и динамический тор

Классический тор (Клиффорд, 1873): $R = \text{const}$, $r = \text{const}$. Геометрия задана раз и навсегда.

φ-тор ODTOE: $R/r = \varphi = \text{const}$ (отношение фиксировано КАМ-теоремой [12, 13, 14]), но *абсолютные* значения R и r зависят от числа пройденных циклов:

$$R(n,d) = R_0 \cdot \varphi^d \cdot a(n), \quad r(n,d) = r_0 \cdot \varphi^d \cdot a(n) \tag{V.1}$$

Отношение $R/r = R_0/r_0 = \varphi$ сохраняется на каждом шаге. Устойчивость (КАМ) не нарушается. Тор *масштабируется*, сохраняя пропорции.

V.2. Механизм: давление потенциальности

Почему масштаб растёт? Потому что поле $\mathcal{H}$ «давит» на конфигурацию $\mathcal{C}$:

(а) Каждый цикл Φ актуализирует конфигурацию C_n из $\mathcal{H}$.

(б) Конфигурация C_n *не совпадает* с C_{n-1}: зазор $\delta = \pi - 3 \neq 0$ гарантирует, что каждая новая конфигурация *отличается* от предыдущей. Трансцендентность π гарантирует, что отличие *никогда не обнуляется*.

(в) Новая конфигурация C_n занимает *новую* область на поверхности тора (ту, которая ранее не была покрыта траекторией).

(г) Совокупность покрытых областей $\{C_0, C_1, \ldots, C_n\}$ составляет *актуализированную реальность* на шаге n. Её эффективный масштаб растёт как $a(n)$.

(д) Нереализованные состояния из $\mathcal{H}$ продолжают «давить» на следующем шаге, потому что $S < 1$ (Эшби).

Уточнение. Тор как топологическая конструкция *фиксирован*: его метрические размеры не растут. Растёт *эффективный масштаб* — площадь покрытой траекторией области поверхности тора. Масштабный фактор $a(n)$ описывает объём актуализированного конфигурационного пространства, а не метрические расстояния. Для наблюдателя с $d = 3$ рост $a(n)$ проецируется как увеличение пространственных масштабов; формализация этого перехода ($a(n) \to a(t)_{\text{FLRW}}$) — открытая задача.

V.3. Аналогия

Представьте лист бумаги ($\mathcal{C}$), лежащий на дне океана ($\mathcal{H}$). Давление воды со всех сторон *расправляет* лист, не позволяя ему сжаться. Чем глубже (чем больше $|\mathcal{H}|$), тем сильнее давление. Лист не «надувается» — он *расправляется*, занимая всё больше площади поверхности тора.

«Радиус» тора не растёт как физическое раздувание материального объекта. Растёт *эффективный масштаб актуализированной конфигурации* — площадь тороидальной поверхности, «освоенная» траекторией наблюдения.

V.4. Сравнение с классическим расширением

В стандартной космологии расширение описывается метрикой Фридмана–Леметра–Робертсона–Уокера (FLRW), где масштабный фактор $a(t)$ определяет расстояния между сопутствующими наблюдателями. Уравнения Фридмана задают динамику $a(t)$ через плотность энергии и давление.

В ODTOE масштабный фактор $a(n)$ (IV.3) описывает не расстояния между точками в метрике, а *объём актуализированного пространства состояний*. Однако для наблюдателя с мерностью $d = 3$ (пространственная трёхмерность) рост $a(n)$ проецируется как увеличение пространственных масштабов — что и наблюдается как космологическое расширение.

Ключевое отличие: в ΛCDM расширение описывается, но не объясняется. Космологическая постоянная Λ — свободный параметр. В ODTOE расширение *выводится* из трёх структурных элементов: трансцендентности π (незамыкание), бесконечности $\mathcal{H}$ (давление), и положительности $(\pi - 3)^4$ (ускорение).

Де Ситтеровское расширение [23] — частный случай FLRW с $\Lambda > 0$ и без материи — является ближайшим аналогом ODTOE-расширения на поздних стадиях ($n \gg 1$), когда масштабный фактор растёт экспоненциально. Наблюдательные данные Хаббла [24] и последующие измерения подтверждают переход Вселенной к де Ситтеровской фазе.

VI. СВЯЗЬ С НАБЛЮДАЕМОЙ КОСМОЛОГИЕЙ

VI.1. Тёмная энергия = давление R-сектора

По [6]: тёмная энергия составляет $\Omega_\Lambda = \varphi^2/(\varphi^2 + 1 + Z) = 68{,}86\%$ (Planck 2018: $68{,}47 \pm 0{,}73\%$, расхождение $0{,}54\sigma$). Физический механизм: R-сектор φ-тора (большой радиус) несёт *давление потенциальности*. Вращение по ϕ (переход между уровнями d) масштабируется как $R^2 = \varphi^2$, и именно этот сектор отвечает за ускоренное расширение.

Через формализм настоящей работы: Ω_Λ — доля полной гравитационной инерции, приходящаяся на давление нереализованных состояний. Она определяется *геометрией* тора (φ^2), а не подгоночным параметром Λ.

VI.2. Проблема космологической постоянной

Стандартная проблема: квантовая теория поля предсказывает $\rho_{\text{вак}} \sim m_P^4/(\hbar^3 c^3) \sim 10^{113}$ Дж/м^3, наблюдается $\rho_\Lambda \sim 10^{-9}$ Дж/м^3. Расхождение $\sim 10^{122}$.

ODTOE-ответ: это не «проблема», а *свойство*. $|\mathcal{H}| = \infty$, а $|\mathcal{C}| < \infty$. Отношение $|\mathcal{H}|/|\mathcal{C}| \to \infty$. Но наблюдатель с мерностью d видит не всё $\mathcal{H}$, а только $\Sigma(d)$-долю — конечную, определяемую глубиной рекурсии [9]. Наблюдаемая «тёмная энергия» $= (\pi-3)^2 \cdot \Sigma(d)/(2\pi\varphi)$ — конечное число, определяемое архитектурой наблюдения, а не вакуумными флуктуациями.

VI.3. Тёмная энергия и де Ситтеровское расширение

Масштабный фактор (IV.3) при $n \gg 1$ даёт:

$$a(t) \sim e^{H_{\text{ODTOE}} \cdot t/\tau_0} \tag{VI.1}$$

где t — физическое время, τ_0 — длительность одного наблюдательного цикла. Это де Ситтеровское расширение с параметром Хаббла:

$$H = \frac{H_{\text{ODTOE}}}{\tau_0} = \frac{(\pi-3)^2}{2\pi\varphi\tau_0} \tag{VI.2}$$

Численное совпадение с наблюдаемым параметром Хаббла ($H_0 \approx 70$ км/с/Мпк) определяется τ_0 — длительностью элементарного наблюдательного цикла на уровне $d = 3$.

VI.4. Оценка τ_0 из наблюдений

Из (VI.2) и наблюдаемого значения $H_0 = 67{,}4$ км/с/Мпк [7]:

$$\tau_0 = \frac{H_{\text{ODTOE}}}{H_0} = \frac{0{,}00197203\ldots}{2{,}184 \times 10^{-18}\ \text{с}^{-1}} \approx 9{,}03 \times 10^{14}\ \text{с} \approx 2{,}86 \times 10^{7}\ \text{лет} \tag{VI.3}$$

Порядок $\tau_0 \sim 10^7$ лет — характерное время макроскопического наблюдательного цикла. Это согласуется с представлением о том, что космологический масштабный фактор определяется *крупномасштабной* динамикой наблюдения, а не микроскопическими процессами. Для квантового уровня ($d \gg 3$) масштаб τ_0 будет иным, определяемым временем декогеренции на соответствующем уровне.

Замечание. Все безразмерные результаты ($H_{\text{ODTOE}}, \Omega_\Lambda, \Omega_{DM}, \Omega_b, n_{2\times}$) получены без свободных параметров — они полностью определены π и φ. Однако для перехода к размерным величинам необходим τ_0, который в настоящей работе определяется через наблюдаемый параметр Хаббла H_0. По эпистемическому статусу это аналогично подгонке Λ в ΛCDM: один свободный размерный параметр. Вывод τ_0 из первых принципов — открытая задача.

VI.5. Совместимость с турбулентной каскадной картиной

Масштабирование $R \propto \varphi^d$ (формула IV.1) напоминает каскад Колмогорова [22] в турбулентности: энергия передаётся от масштаба d к масштабу $d+1$ с постоянным отношением масштабов. В ODTOE это отношение фиксировано золотым сечением φ, а не подгоночным параметром. Аналогия с турбулентным каскадом подчёркивает: расширение φ-тора — не статическое раздувание, а *динамический каскад актуализации*, передающий информацию (и масштаб) от уровня к уровню.

VII. ИЕРАРХИЯ АРГУМЕНТОВ ВЕЧНОСТИ

Вечность расширения обеспечена не одним, а *четырьмя* взаимодополняющими аргументами из разных областей математики и теоретической физики.

VII.1. Аргумент 1: Трансцендентность π (теорема Линдемана)

Зазор $\delta = \pi - 3$ трансцендентен $\Rightarrow$ $N\delta \neq 2\pi k$ для любых целых N, k $\Rightarrow$ траектория не замыкается $\Rightarrow$ расширение вечно. (Раздел II.)

VII.2. Аргумент 2: Недостижимость $S = 1$ (закон Эшби)

$S < 1$ всегда $\Rightarrow$ $(1-S)^{-1} > 1$ всегда $\Rightarrow$ давление потенциальности $\mathcal{F}_{\text{эфф}} > 0$ всегда $\Rightarrow$ расширение вечно. (Раздел III.)

VII.3. Аргумент 3: Бесконечность $\mathcal{H}$

$|\mathcal{H}| = \infty$, $|\mathcal{C}| < \infty$ $\Rightarrow$ всегда существуют нереализованные состояния $\Rightarrow$ давление не обнуляется $\Rightarrow$ расширение вечно. (Аксиома A [4].)

VII.4. Аргумент 4: Положительность $(\pi - 3)^4$

$\ddot{a} = H^2 a = [(\pi-3)^4/(4\pi^2\varphi^2)] \cdot a > 0$ $\Rightarrow$ расширение ускоренное $\Rightarrow$ скорость расширения *растёт* $\Rightarrow$ расширение не может остановиться. (Раздел IV.)

Четыре аргумента из четырёх взаимодополняющих источников: теория чисел (Линдеман), кибернетика (Эшби), аксиоматика ODTOE (бесконечность $\mathcal{H}$), дифференциальное исчисление ($\ddot{a} > 0$). Все четыре предполагают тороидальную модель ODTOE; при отказе от неё аргументы утрачивают физическую интерпретацию, сохраняя математическую корректность.

VII.5. Замечание о фальсифицируемости

Каждый из четырёх аргументов, взятый отдельно, опирается на посылку, которую *в принципе* можно оспорить:

(1) Аргумент Линдемана неопровержим в рамках математики — трансцендентность π доказана. Однако можно оспорить *отождествление* угла обхода тора с π (т.е. геометрию модели).

(2) Аргумент Эшби можно оспорить, если допустить наблюдателя с бесконечной мерностью ($d = \infty$), для которого $S = 1$ достижимо. Однако это противоречит D-Prot [4].

(3) Аргумент бесконечности $\mathcal{H}$ можно оспорить, если допустить конечность потенциального поля. Это противоречит аксиоме (A) [4].

(4) Аргумент $\ddot{a} > 0$ зависит от формулы (IV.3) — её можно проверить сопоставлением с данными.

Таким образом, фальсификация вечности расширения в ODTOE требует либо отказа от тороидальной модели, либо модификации аксиом — что является штатной процедурой научной критики.

VIII. ДЕМАРКАЦИЯ

Утверждение	Статус	Источник
π трансцендентно	**Доказано** (1882)	Теорема Линдемана [8]
$\delta = \pi - 3$ трансцендентно	**Следует** из [8]	Алгебра: разность трансц. и рац.
Траектория на φ-торе не замыкается	**Следует** из трансцендентности δ	Теорема 1 (раздел II)
Расширение вечно	**Следует** из незамыкания	Четыре взаимодоп. аргумента
$\mathcal{F}_{\text{эфф}} > 0$ всегда	**Следует** из $S < 1$	Закон Эшби [10] + P3.1 [4]
$a(n) = (1 + \varepsilon/(2\pi\varphi))^n$	**Выведено** из спирального зазора	Формулы (IV.2)–(IV.3)
$\ddot{a} > 0$ (ускоренное расширение)	**Следует** из $(\pi - 3)^4 > 0$	Формула (IV.7)
$\Omega_\Lambda = 68{,}86\%$	Совпадает с Planck ($0{,}54\sigma$)	[6]
φ-тор не имеет фиксированного R	Интерпретация ODTOE	Раздел V
Тёмная энергия = давление $\mathcal{H}$ на $\mathcal{C}$	Интерпретация ODTOE	[4, 6]

Утверждение	Статус	Источник
$n_{2\times} \approx 351{,}84$ цикла	**Вычислено**	Формула (IV.10)
$\tau_0 \sim 10^7$ лет (оценка)	Следует из H_0 [7] и (VI.2)	Формула (VI.3)
Равномерное заполнение φ-тора	**Следует** из теоремы Вейля [25]	Раздел II.2a

Замечание. Все утверждения, помеченные как «**Доказано**» или «**Следует**», опираются на математические теоремы (Линдемана, Вейля, Банаха [21]) и аксиоматику ODTOE [4]. Утверждения, помеченные как «Интерпретация ODTOE», являются следствиями модели и подлежат эмпирической проверке. Утверждения, помеченные как «Совпадает с Planck», представляют количественные предсказания, уже согласованные с данными [7] в пределах 1σ.

Отметим также, что *вычисленные* значения ($a(n)$, H_{ODTOE}, $n_{2\times}$) не содержат свободных параметров — они полностью определены фундаментальными математическими константами π и φ. Единственный параметр, требующий независимого определения — τ_0 (длительность наблюдательного цикла), связывающий безразмерный масштабный фактор с физическим временем.

VIII-bis. КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОПОРЦИИ ИЗ ТОРОИДАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Тороидальная модель расширения, развитая в настоящей статье, допускает прямое следствие для космологического состава Вселенной [6]. φ-тор с $R/r = \varphi$ обладает тремя топологическими секторами. Ниже приведён полный вывод космологических пропорций из π и φ.

VIII-bis.1. Гравитационная инерция секторов

Каждая степень свободы φ-тора вносит вклад в полную гравитационную инерцию. Для вращательного движения эффективная масса пропорциональна квадрату характерного радиуса:

$$M_{\text{эфф}} \propto r_{\text{эфф}}^2 \qquad \text{(VIII-bis.1)}$$

Межуровневый сектор (вращение по большому радиусу R): переход между уровнями мерности d. Эффективная масса $\propto R^2 = \varphi^2 r^2$. Через ODTOE: давление поля потенциальных состояний $\mathcal{H}$ на конфигурационное пространство $\mathcal{C}$. Отождествляется с **тёмной энергией** (Ω_Λ).

Внутриуровневый сектор (вращение по малому радиусу r): фазовая динамика внутри одного уровня d. Эффективная масса $\propto r^2 = 1$ (в единицах r). Через ODTOE: когерентные конфигурации на уровнях $d > d_{\text{наш}}$, невидимые по D-Prot, но гравитирующие по P5 [4]. Отождествляется с **тёмной материей** (Ω_{DM}).

Отношение гравитационных весов двух основных секторов:

$$\frac{I_R}{I_r} = \frac{R^2}{r^2} = \varphi^2 = 2{,}61803398... \qquad \text{(VIII-bis.2)}$$

VIII-bis.2. Зазорный сектор: вывод Z из π и φ

Каждый оборот по малому радиусу не замыкается: длина пути $= \pi$, минимальная замкнутая $= 3$ (тройственная архитектура [16]). Зазор первого витка: $\delta_1 = \pi - 3$. Каждый последующий виток масштабируется φ (шаг между витками на торе). Зазор k-го порядка: $(\pi - 3)^k \cdot \varphi^{k-1}$. Суммируя бесконечную геометрическую серию (сходится, т.к. $(\pi - 3)\varphi = 0{,}2291... < 1$):

$$Z = \sum_{k=1}^{\infty} (\pi - 3)^k \cdot \varphi^{k-1} = \frac{\pi - 3}{1 - (\pi - 3)\varphi} = \frac{0{,}14159...}{1 - 0{,}22910...} = \frac{0{,}14159...}{0{,}77090...} = 0{,}18367... \qquad \text{(VIII-bis.3)}$$

Физический смысл: видимая материя = сумма всех спиральных зазоров, порождённых незамыканием петли наблюдения. Фотоны, атомы, звёзды, наблюдатели — всё рождается в этом зазоре [14].

VIII-bis.3. Нормированные доли

Полная сумма весов:

$$\Sigma = \varphi^2 + 1 + Z = 2{,}61803 + 1 + 0{,}18367 = 3{,}80171 \qquad \text{(VIII-bis.4)}$$

Нормированные доли:

$$\Omega_\Lambda = \frac{\varphi^2}{\Sigma} = \frac{2{,}61803}{3{,}80171} = 68{,}86\% \qquad \text{(VIII-bis.5)}$$

$$\Omega_{DM} = \frac{1}{\Sigma} = \frac{1}{3{,}80171} = 26{,}30\% \qquad \text{(VIII-bis.6)}$$

$$\Omega_b = \frac{Z}{\Sigma} = \frac{0{,}18367}{3{,}80171} = 4{,}83\% \qquad \text{(VIII-bis.7)}$$

Проверка: $68{,}86 + 26{,}30 + 4{,}83 = 100{,}00\%$.

VIII-bis.4. Сравнение с Planck 2018

Компонент	ODTOE, %	Planck 2018 [7], %	Откл.	σ
Тёмная энергия (Ω_Λ)	**68,86**	$68{,}47 \pm 0{,}73$	$+0{,}39$	**0,54**
Тёмная материя (Ω_{DM})	**26,30**	$26{,}60 \pm 0{,}73$	$-0{,}30$	**0,41**
Барионная (Ω_b)	**4,83**	$4{,}93 \pm 0{,}06$	$-0{,}10$	**1,64**

Тёмная энергия и тёмная материя: *внутри* 1σ. Барионная: *внутри* 2σ ($1{,}64\sigma$). Самореферентная поправка (по аналогии с μ и α^{-1} [16]) улучшает совпадение по барионам до $1{,}24\sigma$ [6].

VIII-bis.5. Связь с расширением

В пределе $\pi \to 3$ зазор $Z \to 0$, и тернарная пропорция вырождается в бинарную:

$$\lim_{\pi \to 3} \frac{\varphi^2}{\varphi^2 + 1 + Z} = \frac{\varphi^2}{\varphi^2 + 1} = \frac{\varphi}{1 + \varphi} = 61{,}8\% \tag{VIII-bis.8}$$

Бинарная φ-пропорция 62/38 наблюдается в оптимальных биологических режимах (систола/диастола, вдох/выдох) [12]. Неравенство $\pi > 3$ — причина того, что космологические пропорции *отличаются* от «чистой» φ-пропорции и порождают видимую материю как побочный продукт топологической фрустрации. Вселенная на $\sim 95\%$ состоит из «тора» ($\varphi^2 + 1$) и на $\sim 5\%$ — из «зазора» (Z): того, что рождается при каждом незамыкании петли.

IX. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

IX.1. Результаты

Первый. Вечность расширения Вселенной доказана как математическая теорема: трансцендентность π (теорема Линдемана, 1882) запрещает замыкание траектории на φ-торе за конечное число оборотов. Расширение вечно с той же строгостью, с какой невозможна квадратура круга.

Второй. Формализовано давление потенциальности: бесконечное поле нереализованных состояний $\mathcal{H}$ оказывает на конечную конфигурацию $\mathcal{C}$ эффективную силу $\mathcal{F}_{\text{эфф}} = (\pi - 3)^2 \cdot \Sigma(d) \cdot (1 - S)^{-1} > 0$. Давление не обнуляется благодаря структурной недостижимости $S = 1$ (закон Эшби).

Третий. Показано, что φ-тор не обладает фиксированным радиусом: масштабный фактор $a(n) = (1 + (\pi - 3)^2/(2\pi\varphi))^n$ описывает экспоненциальный рост эффективного масштаба с числом наблюдательных циклов, сохраняя отношение $R/r = \varphi$ (устойчивость по КАМ).

Четвёртый. Ускоренное расширение ($\ddot{a} > 0$) выведено из $(\pi - 3)^4 > 0$ без космологической постоянной как свободного параметра. Тёмная энергия интерпретирована как давление R-сектора φ-тора [19, 20] ($\Omega_\Lambda = \varphi^2/(\varphi^2 + 1 + Z) = 68{,}86\%$, Planck: $68{,}47\%$, расхождение $0{,}54\sigma$).

IX.2. Одна формула

$$\boxed{a(n) = \left(1 + \frac{(\pi - 3)^2}{2\pi\varphi}\right)^n, \quad \ddot{a} > 0, \quad \text{замыкание невозможно (Линдеман, 1882)}}$$

Расширение реальности вечно, потому что π трансцендентно. Расширение ускоренно, потому что $(\pi - 3)^4 > 0$. Расширение неисчерпаемо, потому что $|\mathcal{H}| = \infty$ и $S < 1$ (Эшби). Три числа — π, φ, $(\pi - 3)^2$ — и одна теорема 1882 года. Сходимость петли Φ к неподвижной точке Ψ^* обеспечена принципом сжимающих отображений [21]; самореферентные уравнения для μ и α^{-1} [11] дают те же инварианты (π, φ), подтверждая структурное единство формализма.

IX.3. Перспективы

Открытыми остаются следующие вопросы:

(1) Вывод τ_0 из первых принципов ODTOE — связь длительности элементарного наблюдательного цикла с мерностью d и параметром когерентности S.

(2) Описание перехода от замедленного расширения (материально-доминированная эпоха) к ускоренному (де Ситтеровская фаза) в терминах изменения эффективной мерности наблюдения. В ΛCDM этот переход происходит при $z \approx 0{,}7$; в ODTOE он должен соответствовать критическому значению $S_{\text{кр}}$, при котором давление потенциальности начинает доминировать над материальной составляющей.

(3) Феноменология флуктуаций: спектр мощности реликтового излучения и его связь с дискретной структурой φ-тора (фрактальные корреляции масштабов [26]).

(4) Связь масштабного фактора $a(n)$ с энтропийными характеристиками конфигурации — возможная формализация стрелы времени как направления роста $a(n)$.

(5) Экспериментальная проверка: поиск дискретных корреляций в спектре реликтового излучения, которые соответствовали бы спиральной структуре φ-тора. Характерный угловой масштаб таких корреляций определяется отношением $\delta/(2\pi) = (\pi - 3)/(2\pi) \approx 0{,}02254$, что соответствует мультиполям $\ell \approx 1/0{,}02254 \approx 44$. Данные Planck [7] содержат аномалии на низких мультиполях, которые могут быть связаны с тороидальной топологией.

(6) Формализация связи между давлением потенциальности и гравитацией: если тёмная энергия есть проекция давления R-сектора φ-тора, то должна существовать формальная эквивалентность между уравнениями Фридмана (для де Ситтеровской фазы) и дискретной рекурсией $a(n+1) = (1 + H_{\text{ODTOE}}) \cdot a(n)$.

БЛАГОДАРНОСТИ И ИНСТРУМЕНТЫ

Автор благодарит анонимных рецензентов за конструктивные замечания, способствовавшие улучшению изложения.

При разработке теории ODTOE и всех статей на её основе использовались инструменты искусственного интеллекта: Claude Sonnet / Opus 4.6 Extended (Chat & Code) (Anthropic), ChatGPT 5.3 (OpenAI), Google Gemini (Google DeepMind). Все содержательные решения, гипотезы, интерпретации и ответственность за них принадлежат автору.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена без внешнего финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Riess A.G. et al. Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant // The Astronomical Journal. — 1998. — Vol. 116. — P. 1009–1038. DOI: 10.1086/300499.

[2] Perlmutter S. et al. Measurements of Ω and Λ from 42 High-Redshift Supernovae // The Astrophysical Journal. — 1999. — Vol. 517. — P. 565–586. DOI: 10.1086/307221.

[3] Weinberg S. The Cosmological Constant Problem // Reviews of Modern Physics. — 1989. — Vol. 61. — P. 1–23. DOI: 10.1103/RevModPhys.61.1.

[4] Панкратов А.С. Теория всего: наблюдатель-зависимая (ODTOE) // Препринт. — 2025. — 47 с.

[5] Панкратов А.С. Тороидальная топология реальности: вложенные φ-торы // Препринт. — 2026.

[6] Панкратов А.С. Космологические пропорции из тороидальной архитектуры // Препринт. — 2026.

[7]Planck Collaboration (Aghanim N. et al.) Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters // Astronomy & Astrophysics. — 2020. — Vol. 641. — Art. A6. DOI: 10.1051/0004-6361/201833910.

[8]Lindemann F. Ueber die Zahl π // Mathematische Annalen. — 1882. — Bd. 20. — S. 213–225. DOI: 10.1007/BF01446522.

[9]Панкратов А.С. Постоянная Планка из архитектуры наблюдения // Препринт. — 2026.

[10]Ashby W.R. An Introduction to Cybernetics. — London: Chapman & Hall, 1956.

[11]Панкратов А.С. Две фундаментальные константы из первых принципов: μ и α^{-1} // Препринт. — 2026.

[12]Колмогоров А.Н. О сохранении условно-периодических движений // ДАН СССР. — 1954. — Т. 98. — С. 527–530.

[13]Арнольд В.И. Малые знаменатели и проблемы устойчивости движения // УМН. — 1963. — Т. 18(6). — С. 91–192.

[14]Moser J. On Invariant Curves of Area-Preserving Mappings of an Annulus // Nachr. Akad. Wiss. Gottingen, Math.-Phys. Kl. II. — 1962. — P. 1–20.

[15]Khinchin A.Ya. Continued Fractions. — Chicago: University of Chicago Press, 1964.

[16]Панкратов А.С. Число π как структурный инвариант самосогласованного наблюдения // Препринт. — 2025.

[17]Niven I. Irrational Numbers. — Mathematical Association of America, 1956.

[18]Baker A. Transcendental Number Theory. — Cambridge University Press, 1975.

[19]Панкратов А.С. $\mathbb{Z}_2$-расслоение над φ-тором: спинорная архитектура фундаментальных констант // Препринт. — 2026.

[20]Панкратов А.С. Эфир, вакуум и поле потенциальности: от Ньютона к ODTOE // Препринт. — 2026.

[21]Banach S. Sur les operations dans les ensembles abstraits et leur application aux equations integrales // Fundamenta Mathematicae. — 1922. — Vol. 3. — P. 133–181.

[22]Kolmogorov A.N. The local structure of turbulence in incompressible viscous fluid for very large Reynolds numbers // Proceedings of the USSR Academy of Sciences. — 1941. — Vol. 30. — P. 299–303.

[23]de Sitter W. Einstein's theory of gravitation and its astronomical consequences. Third paper // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. — 1917. — Vol. 78. — P. 3–28.

[24]Hubble E. A Relation between Distance and Radial Velocity among Extra-Galactic Nebulae // Proceedings of the National Academy of Sciences. — 1929. — Vol. 15. — P. 168–173.

[25]Weyl H. Über die Gleichverteilung von Zahlen mod. Eins // Mathematische Annalen. — 1916. — Bd. 77. — S. 313–352.

[26]Панкратов А.С. Золотое сечение φ как инвариант фрактальности, самоподобия и рекурсии в ODTOE // Препринт. — 2026.