$\mathbb{Z}_2$-РАССЛОЕНИЕ НАД φ-ТОРОМ: СПИНОРНАЯ АРХИТЕКТУРА ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ КОНСТАНТ В НАБЛЮДАТЕЛЬ-ЗАВИСИМОЙ ТЕОРИИ ВСЕГО

($\mathbb{Z}_2$ Fiber Bundle over the φ-Torus: Spinor Architecture of Fundamental Constants in the Observer-Dependent Theory of Everything)

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 514.7 + 530.145 + 515.162 + 167.7

АННОТАЦИЯ

Тороидальная модель ODTOE, в которой непрерывная (π-вращение) и дискретная (φ-скачок) динамики объединены на вложенных φ-торах, дополнена конструкцией нетривиального $\mathbb{Z}_2$-расслоения. Показано, что ориентирующее расслоение над φ-тором с голономией $\mathrm{hol}(\gamma_\phi) = -1$ вдоль ϕ-цикла (межуровневый переход) является единым источником трёх фактов, ранее постулированных независимо: (а) множителя 2 в архитектурном числе $6 = 3 \times 2$ формулы $\mu = m_p/m_e$, (б) множителя 2 в спиральной коррекции $2(\pi - 3)^2$ формулы α^{-1}, (в) фермионного 4π-обхода (спин-$1/2$). Из голономии $\mathbb{Z}_2$-расслоения выведены CPT-симметрия (C = переворот слоя, P = отражение θ, T = обращение ϕ) и запрет Паули (единственность глобальной секции). Числовой анализ (50 значащих цифр) подтверждает, что $\mathbb{Z}_2$-расслоение не вводит дополнительных числовых членов в формулы μ и α^{-1}, а переинтерпретирует существующие множители, усиливая их теоретическую обоснованность. Предложен тест различимости: вклад кручения расслоения $\delta_{\text{twist}} = \pi^2(\pi - 3)^4/(\mu \cdot \alpha^{-1}) \approx 1{,}58 \times 10^{-8}$ станет измеримым при точности CODATA $\pm 10^{-9}$.

Ключевые слова: $\mathbb{Z}_2$-расслоение, φ-тор, голономия, спинорная структура, классы Штифеля–Уитни, CPT-симметрия, запрет Паули, отношение масс протона и электрона, постоянная тонкой структуры, ODTOE.

ABSTRACT

The ODTOE toroidal model, unifying continuous (π-rotation) and discrete (φ-jump) dynamics on nested φ-tori, is augmented with a nontrivial $\mathbb{Z}_2$ fiber bundle construction. It is shown that the orientation bundle over the φ-torus with holonomy $\mathrm{hol}(\gamma_\phi) = -1$ along the ϕ-cycle (inter-level transition) is the single source of three facts previously postulated independently: (a) the factor of 2 in the architectural number $6 = 3 \times 2$ of the formula $\mu = m_p/m_e$, (b) the factor of 2 in the spiral correction $2(\pi - 3)^2$ of the formula α^{-1}, (c) the fermionic 4π traversal (spin-$1/2$). From the $\mathbb{Z}_2$ holonomy, CPT symmetry (C = fiber flip, P = θ-reflection, T = ϕ-reversal) and the Pauli exclusion principle (uniqueness of the global section) are derived. Numerical analysis (50 significant digits) confirms that the $\mathbb{Z}_2$ bundle introduces no additional numerical terms into the μ and α^{-1} formulas, but reinterprets existing factors, strengthening their theoretical justification. A distinguishability test is proposed: the twist contribution $\delta_{\text{twist}} = \pi^2(\pi - 3)^4/(\mu \cdot \alpha^{-1}) \approx 1.58 \times 10^{-8}$ becomes measurable at CODATA precision $\pm 10^{-9}$.

Keywords: $\mathbb{Z}_2$ fiber bundle, φ-torus, holonomy, spinor structure, Stiefel–Whitney classes, CPT symmetry, Pauli exclusion principle, proton-to-electron mass ratio, fine-structure constant, ODTOE.

I. ВВЕДЕНИЕ

I.1. Тороидальная модель и вопрос ориентируемости

В работе [1] показано, что два фундаментальных аспекта квантовой реальности — непрерывная фазовая динамика (π-вращение) и дискретные квантовые переходы (φ-скачки) — являются проекциями квазипериодической траектории на вложенных φ-торах с отношением радиусов $R/r = \varphi$, обеспечивающим максимальную устойчивость по теореме Колмогорова–Арнольда–Мозера [2, 3, 4].

Тор $T^2 = S^1 \times S^1$ — ориентируемая поверхность. Однако фермионы (электрон, протон, нейтрон) демонстрируют свойство, характерное для *неориентируемых* многообразий: один полный обход (2π) не возвращает волновую функцию в исходное состояние ($\psi \to -\psi$); для полного возврата необходим двойной обход (4π). Этот факт, экспериментально подтверждённый Раухом и др. [5] в нейтронной интерферометрии, аналогичен поведению на ленте Мёбиуса, где один обход переворачивает ориентацию, а два — возвращают.

Возникает вопрос: каким образом *ориентируемый* тор порождает *неориентируемое* поведение фермионов? Замена тора бутылкой Клейна (глобально неориентируемая поверхность) разрушает числовые результаты [6]: знакопеременная спиральная серия отклоняется от эксперимента на $\Delta \sim 0{,}003$, что несовместимо с девятизначной точностью формулы μ.

I.2. Решение: расслоение, а не замена базы

Настоящая работа предлагает третий путь: *ориентируемый* тор остаётся базой, но над ним строится *нетривиальное* $\mathbb{Z}_2$-расслоение — слоевое пространство, в котором слой (ориентация) переворачивается при обходе вдоль ϕ-цикла (межуровневый переход). Точка, движущаяся по базовому тору, «видит» ориентируемую геометрию. Спинорная степень свободы, «живущая» в слое, «видит» мёбиусное скручивание. Структура расслоения разделяет орбитальную и спиновую динамику, не нарушая ни тороидальную геометрию, ни числовую точность формул.

I.3. Цель

Показать, что:

(а) $\mathbb{Z}_2$-расслоение над φ-тором объединяет три независимых множителя 2 в формулах μ и α^{-1} в единую конструкцию;

(б) из голономии расслоения следуют CPT-симметрия и запрет Паули;

(в) числовые результаты [6] сохраняются без изменений;

(г) расслоение порождает тестируемое предсказание для CODATA 2030+.

II. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ

II.1. Расслоение: определение

Расслоение (E, B, F, p) [7, 8] состоит из: полного пространства E, базы B, слоя F и проекции $p : E \to B$, такой что для каждой точки $b \in B$ прообраз $p^{-1}(b)$ гомеоморфен F. Локально расслоение тривиально ($E \cong B \times F$ в окрестности каждой точки), но глобально может быть «скручено».

Для $\mathbb{Z}_2$-расслоения слой $F = \{+1, -1\}$ — группа из двух элементов. Тривиальное расслоение: $E = T^2 \times \mathbb{Z}_2$ (ориентация постоянна). Нетривиальное: ориентация *переворачивается* при обходе одного из циклов тора.

II.2. Классы Штифеля–Уитни

Нетривиальность $\mathbb{Z}_2$-расслоения характеризуется первым классом Штифеля–Уитни $w_1 \in H^1(T^2, \mathbb{Z}_2)$ [9, 10, 11]. Для тора $H^1(T^2, \mathbb{Z}_2) = \mathbb{Z}_2 \oplus \mathbb{Z}_2$: четыре класса, соответствующих четырём типам расслоения:

$w_1(\gamma_\theta)$	$w_1(\gamma_\phi)$	Тип	Физика
0	0	Тривиальное	Скаляр, бозон Хиггса
1	0	Скрученное по θ	Запрещено (нарушает π-динамику)
0	1	**Скрученное по ϕ**	**Фермион**
1	1	Двойное скручивание	Тахион? (нестабильно)

В ODTOE реализуется третий тип: $w_1(\gamma_\theta) = 0$, $w_1(\gamma_\phi) = 1$. Обход по θ (непрерывная динамика *внутри* уровня d) сохраняет ориентацию. Обход по ϕ (переход *между* уровнями) — переворачивает.

II.3. Голономия

Голономия расслоения — элемент структурной группы, приобретаемый при параллельном переносе слоя вдоль замкнутого пути [12]:

$$\mathrm{hol}(\gamma_\theta) = +1 \quad \text{(ориентация сохраняется)} \tag{II.1}$$

$$\mathrm{hol}(\gamma_\phi) = -1 \quad \text{(ориентация переворачивается)} \tag{II.2}$$

Следствие: полный обход тора ($\theta + \phi$) даёт голономию $\mathrm{hol}(\gamma_\theta) \cdot \mathrm{hol}(\gamma_\phi) = +1 \cdot (-1) = -1$. Двойной обход: $(-1)^2 = +1$. Именно это наблюдается для фермионов.

II.4. Связь с ориентирующим двулистным накрытием

Нетривиальное $\mathbb{Z}_2$-расслоение над T^2 эквивалентно ориентирующему двулистному накрытию. Пространство $\widetilde{T}$, накрывающее тор с ветвлением вдоль ϕ-цикла, диффеоморфно тору, но с удвоенным периодом по ϕ:

$$\widetilde{T} \cong S^1_\theta \times S^1_{2\phi} \tag{II.3}$$

Фермион «живёт» на $\widetilde{T}$: его полный цикл по ϕ состоит из двух оборотов базового тора. Один оборот по ϕ = половина пути на $\widetilde{T}$ = голономия -1 = знак $\psi \to -\psi$.

III. ТОР ПРОТИВ БУТЫЛКИ КЛЕЙНА

III.1. Почему не бутылка Клейна

Бутылка Клейна K^2 — *глобально неориентируемая* поверхность, получаемая из тора заменой $(\theta, 0) \sim (-\theta, 2\pi)$. Её гомология: $H_1(K^2, \mathbb{Z}) = \mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}_2$, в отличие от $H_1(T^2, \mathbb{Z}) = \mathbb{Z} \oplus \mathbb{Z}$. Замена $T^2 \to K^2$ модифицирует спиральную серию: чётные и нечётные витки входят с противоположными знаками.

III.2. Числовой аргумент

Спиральная серия [6] при *знакопеременном* суммировании:

$$S_{\text{Klein}} = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} (\pi - 3)^{2n} \varphi^{2n-1} = \frac{(\pi - 3)^2 \varphi}{1 + (\pi - 3)^2 \varphi^2} \tag{III.1}$$

Вычисление (50 знаков):

$$S_{\text{Klein}} = 0{,}030821380991388399942169313415 \tag{III.2}$$

$$S_{\text{тор}} = 0{,}034236091650059265105097474843 \tag{III.3}$$

Разность: $S_{\text{тор}} - S_{\text{Klein}} = 0{,}00341 \approx 2(\pi - 3)^4 \varphi^3 / (1 - (\pi - 3)^4 \varphi^4)$. Подстановка S_{Klein} в формулу μ даёт:

$$\mu_{\text{Klein}} = 6\pi^5 + S_{\text{Klein}} + \ldots \approx 1836{,}1493 \tag{III.4}$$

Расхождение с экспериментом: $\Delta \approx 0{,}0034$ (пять значащих цифр вместо девяти). Бутылка Клейна *несовместима* с экспериментальной точностью.

III.3. Правильная конструкция

$\mathbb{Z}_2$-расслоение *над тором* разделяет:

(i) **Орбитальную** динамику (база T^2, знакоположительная серия, полная точность).

(ii) **Спинорную** динамику (слой $\mathbb{Z}_2$, голономия -1, удвоение обхода).

Орбитальные вклады определяют массу μ и стоимость связи α. Спинорный вклад определяет *тип* частицы (фермион/бозон) и дискретные симметрии (CPT, Паули). Конструкция расслоения хирургически разделяет эти два аспекта, сохраняя числовую точность первого и обогащая физическое содержание второго.

IV. ОБЪЕДИНЕНИЕ МНОЖИТЕЛЕЙ 2

IV.1. Множитель 2 в числе 6

В формуле [6]:

$$\mu_0 = 6\pi^5, \quad 6 = 3 \times 2 \tag{IV.1}$$

Число 3 — тройственная архитектура наблюдения (наблюдатель O, наблюдаемое R, оператор $\hat{O}$). Число 2 — два направления цикла (прямое $\hat{O} : \mathcal{H} \to \mathcal{C}$ и обратное $\iota : \mathcal{C} \to \mathcal{H}$).

Через $\mathbb{Z}_2$-расслоение: два направления = два значения слоя $\{+1, -1\}$ расслоения. Прямое направление — секция $s_+ = +1$. Обратное — секция $s_- = -1$. Полный цикл $\Phi = \iota \circ \hat{O}$ проходит *оба* значения слоя: начинает с $+1$ (актуализация), возвращается с -1 (погружение), замыкает на $+1$ (голономия $(-1)^2 = +1$).

IV.2. Множитель 2 в коррекции α^{-1}

Первая спиральная коррекция [6]:

$$\delta_1 = \frac{2(\pi - 3)^2}{\alpha^{-1}} \tag{IV.2}$$

Множитель 2 обоснован [6] как «два направления цикла». Через $\mathbb{Z}_2$-расслоение: зазор $(\pi - 3)^2$ действует на *каждом* значении слоя. Секция s_+ испытывает зазор при θ-обходе. Секция s_- — тот же зазор, но при обратном обходе. Общий вклад: $2 \times (\pi - 3)^2$.

IV.3. Множитель 2 в фермионном обходе

Фермион (спин-$1/2$) требует $4\pi = 2 \times 2\pi$ для полного цикла [5]. Через $\mathbb{Z}_2$-расслоение: один 2π-обход по θ оставляет точку на том же листе тора, но голономия $\mathrm{hol}(\gamma_\theta) = +1$ не переворачивает слой. Переворот происходит при ϕ-обходе. Фермион «чувствует» скручивание слоя и вынужден пройти θ-цикл *дважды* (на обоих листах двулистного накрытия $\widetilde{T}$), чтобы вернуться в исходную точку полного пространства E.

IV.4. Единая конструкция

Три множителя 2 — проявления одного объекта: $\mathbb{Z}_2$-расслоения с $w_1(\gamma_\phi) = 1$.

Контекст	Множитель 2	Через $\mathbb{Z}_2$-расслоение
$6 = 3 \times 2$	Два направления цикла Φ	Два значения слоя $\{+1, -1\}$
$2(\pi - 3)^2$	Два направления зазора	Зазор на каждом листе $\widetilde{T}$
$4\pi = 2 \times 2\pi$	Двойной обход фермиона	Два оборота на $\widetilde{T}$

Замечание: бозоны (спин-1) соответствуют *тривиальному* расслоению ($w_1 = 0$): один обход достаточен, множители 2 отсутствуют. Бозон Хиггса (спин-0) — нулевая секция: нет обхода, нет слоя.

V. CPT-СИММЕТРИЯ ИЗ ГОЛОНОМИИ

V.1. Три дискретных преобразования

Тор T^2 с координатами (θ, ϕ) допускает три независимых дискретных преобразования:

$$P : \theta \to -\theta, \quad \phi \to \phi \tag{V.1}$$

$$T : \theta \to \theta, \quad \phi \to -\phi \tag{V.2}$$

$$C : s \to -s \quad (s \in \{+1, -1\} = \text{слой } \mathbb{Z}_2) \tag{V.3}$$

V.2. Физическая идентификация

P (чётность, пространственная инверсия). Отражение $\theta \to -\theta$ переворачивает направление π-вращения *внутри* уровня d: левая спираль $\to$ правая. Экспериментально: зеркальное отражение пространственных координат.

T (обращение времени). Обращение $\phi \to -\phi$ переворачивает направление *межуровневого* перехода: развитие $d \to d + 1$ заменяется деградацией $d \to d - 1$. Экспериментально: обращение хода времени.

C (зарядовое сопряжение). Переворот слоя $s \to -s$ заменяет секцию s_+ на s_-: актуализация $\leftrightarrow$ погружение. Заряд в ODTOE = ориентация в странной петле [13]: $+1$ (протон, наблюдаемое), -1 (электрон, оператор). Переворот слоя = замена частица $\leftrightarrow$ античастица.

V.3. CPT-теорема как тождество

Комбинированное преобразование CPT:

$$CPT : (\theta, \phi, s) \to (-\theta, -\phi, -s) \tag{V.4}$$

Голономия комбинированного обхода:

$$\text{hol}(CPT) = \text{hol}(\gamma_{-\theta}) \cdot \text{hol}(\gamma_{-\phi}) \cdot (-1)^{w_1} \tag{V.5}$$

Для $\mathbb{Z}_2$-расслоения с $w_1(\gamma_\phi) = 1$:

$$\text{hol}(CPT) = (+1) \cdot (-1) \cdot (-1) = +1 \tag{V.6}$$

$\mathrm{hol}(CPT) = +1$ означает: комбинированное CPT-преобразование возвращает систему в исходное состояние. Это CPT-теорема — не постулат, а следствие голономии $\mathbb{Z}_2$-расслоения над φ-тором.

V.4. Нарушение C и P по отдельности

Голономия C по отдельности: $\mathrm{hol}(C) = -1$ (переворот слоя). Голономия T по отдельности: $\mathrm{hol}(T) = -1$ (переворот ϕ-цикла в скрученном расслоении). C и T по отдельности *не* возвращают систему в исходное состояние: $\mathrm{hol} = -1 \neq +1$. Только совместное применение восстанавливает тождество. Вычислим корректно:

P действует на θ: $\mathrm{hol}(\gamma_{-\theta}) = +1$ (расслоение тривиально по θ).

T действует на ϕ: $\mathrm{hol}(\gamma_{-\phi}) = -1$ (расслоение нетривиально по ϕ, обращение не меняет нетривиальность).

C действует на слой: переворот $\times 1 = -1$.

$$CPT : (+1)(-1)(-1) = +1. \tag{V.7}$$

$$CP : (+1)(-1) = -1 \neq +1. \tag{V.8}$$

$$CT : (-1)(-1) = +1. \tag{V.9}$$

Формула (V.9) означает: CT-инвариантность выполняется, что эквивалентно P-инвариантности (поскольку $CPT = +1 \Rightarrow P = CT$). Нарушение CP ($\neq +1$) согласуется с экспериментальным наблюдением CP-нарушения в слабом секторе (каоны, B-мезоны [14]). Конкретный механизм CP-нарушения через $\mathbb{Z}_2$-голономию — направление дальнейшего исследования.

VI. ЗАПРЕТ ПАУЛИ

VI.1. Глобальная секция расслоения

Глобальная секция расслоения — непрерывное отображение $s : B \to E$, $p \circ s = \mathrm{id}_B$ [7]. Для *тривиального* $\mathbb{Z}_2$-расслоения глобальных секций две: $s_+(b) = +1$ и $s_-(b) = -1$ для всех $b \in B$. Для *нетривиального* расслоения ($w_1 \neq 0$) глобальная секция *не существует* в классическом смысле, но существует ровно одна «обобщённая» секция — та, которая переворачивает знак при обходе вдоль скрученного цикла.

VI.2. Единственность секции и запрет Паули

Электрон в ODTOE = оператор наблюдения $\hat{O}$ [6, 15]. Секция $\mathbb{Z}_2$-расслоения = «позиция» оператора в слоевом пространстве. На данном торе (данном уровне d, данное квантовое состояние) секция *одна* — потому что нетривиальное расслоение не допускает второй, *независимой от первой*, глобальной секции.

Перевод на язык квантовой механики: два электрона не могут занять одно и то же квантовое состояние, потому что «квантовое состояние» = точка на φ-торе, а $\mathbb{Z}_2$-расслоение в этой точке допускает ровно одну секцию. Второй электрон потребовал бы второй секции — но расслоение нетривиально, и второй секции нет.

Формально: $\dim H^0(T^2, \mathbb{Z}_2^{\text{twist}}) = 1$ для нетривиального расслоения, где $\mathbb{Z}_2^{\text{twist}}$ — локальная система коэффициентов, задаваемая w_1. Одна когомологическая секция = одна разрешённая «позиция» = запрет Паули.

VII. ПЕРЕИНТЕРПРЕТАЦИЯ ФОРМУЛ

VII.1. Формула μ: инвентаризация множителей 2

Замкнутая формула [6]:

$$\mu = 6\pi^5 + \frac{(\pi-3)^2\varphi}{1-(\pi-3)^2\varphi^2} + \frac{\varphi^4}{21600} + \frac{(\pi-3)^2}{\mu} + \frac{3\pi\varphi^4(\pi-3)^2}{\mu^2} \tag{VII.1}$$

Через $\mathbb{Z}_2$-расслоение:

Слагаемое 1: $6\pi^5 = (3 \times |\mathbb{Z}_2|) \cdot \pi^5$. Тройственная архитектура $\times$ два листа расслоения $\times$ пятикратная самосогласованность.

Слагаемое 2: Спиральная серия. Суммирование по виткам *орбитальное* (на базе T^2), поэтому знакоположительное. $\mathbb{Z}_2$-структура проявляется не в знаках, а в самом факте существования серии: зазор $(\pi-3)^2$ порождает «скольжение» вдоль ϕ-цикла — цикла, несущего нетривиальную $\mathbb{Z}_2$-голономию.

Слагаемое 3: $\varphi^4/21600 = \varphi^4/(360^2/6)$. Число $360 = 6 \times 60 = (3 \times 2) \times 60$. Множитель 3×2 — та же $\mathbb{Z}_2$-обогащённая тройка.

Слагаемые 4, 5: Самореференция. Деление на μ и μ^2 — деление на саму конфигурацию, стоящую на φ-торе. Мёбиусная структура расслоения обеспечивает *замыкание* самореференции: петля «наблюдатель наблюдает себя» замыкается только после *двойного* обхода (4π), что и делает самореференцию *неподвижной точкой*, а не бесконечным регрессом.

VII.2. Формула α^{-1}: инвентаризация множителей 2

Замкнутая формула [6]:

$$x^3 - \pi(4\pi^2+\pi+1)\cdot x^2 + [2(\pi-3)^2 + (\pi-3)^4\varphi]\cdot x + \frac{11(\pi-3)^2}{\varphi} = 0 \tag{VII.2}$$

Через $\mathbb{Z}_2$-расслоение:

Коэффициент $A = \pi(4\pi^2 + \pi + 1)$**:** четыре компоненты B (параметра когерентности), каждая проходящая тройственную архитектуру (π^3): $4\pi^3$. Возврат через два «затвора» (π^2). Присутствие наблюдателя (π). Множители 2 отсутствуют — это базовый слой, описывающий *стоимость связи*, не *тип* частицы.

Коэффициент $B = 2(\pi - 3)^2 + (\pi - 3)^4\varphi$**:** множитель 2 перед $(\pi - 3)^2$ — $\mathbb{Z}_2$-удвоение зазора. Зазор действует на *обоих листах* двулистного накрытия $\widetilde{T}$. Второй член $(\pi - 3)^4\varphi$ не содержит множителя 2: это спиральная коррекция второго порядка (зазор зазора), действующая на *одном* листе.

Коэффициент $C = 11(\pi - 3)^2/\varphi$**:** число $11 = 6 + 5 = (3 \times 2) + 5$. Через расслоение: $3 \times |\mathbb{Z}_2| = 6$ каналов (полный $\mathbb{Z}_2$-обогащённый цикл) $+$ 5 аспектов самосогласованности (π-аргументы). Совпадение с $11 = 3{+}3{+}4{+}1$ (тороидальные степени свободы [1]) объясняется: $3\theta + 3\phi = 3 + 3 = 6 = 3 \times |\mathbb{Z}_2|$; $4B + 1 = 5$ (компоненты когерентности $+$ ориентация расслоения).

VII.3. Числовая верификация

$\mathbb{Z}_2$-расслоение *не вводит новых числовых членов* в формулы (VII.1) и (VII.2). Все множители остаются прежними:

Вычисление μ (50 знаков, метод Ньютона, 30 итераций):

$$\mu_{\text{ODTOE}} = 1836{,}1526734257539509134717463169897799525 0 \tag{VII.3}$$

$$\mu_{\text{CODATA 2022}} = 1836{,}152673426(32) \tag{VII.4}$$

$$\Delta\mu = -2{,}46 \times 10^{-10}, \quad \sigma = -0{,}008 \tag{VII.5}$$

Вычисление α^{-1} (50 знаков):

$$\alpha^{-1}_{\text{ODTOE}} = 137{,}03599917035789534725390473328508638 7 \tag{VII.6}$$

$$\alpha^{-1}_{\text{CODATA 2022}} = 137{,}035999177(21) \tag{VII.7}$$

$$\Delta\alpha^{-1} = -6{,}64 \times 10^{-9}, \quad \sigma = -0{,}32 \tag{VII.8}$$

Обе формулы попадают в экспериментальную неопределённость CODATA 2022.

VIII. 11 СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ: РАЗРЕШЕНИЕ ДВОЙНОГО СЧЁТА

В работе [1] число 11 (размерность M-теории [16]) выведено как число тороидальных степеней свободы: $3\theta + 3\phi + 4B + 1 = 11$, где 1 = «направление» ($\hat{O}$ vs. ι).

В работе [6] число 11 в формуле α^{-1} обосновано как $6 + 5$: полный цикл (6) + аргументы π (5).

$\mathbb{Z}_2$-расслоение *отождествляет* эти два разложения:

$$\underbrace{3\theta + 3\phi}_{6=3\times|\mathbb{Z}_2|} + \underbrace{4B + 1}_{5} = \underbrace{(3 \times 2)}_{6} + 5 = 11 \tag{VIII.1}$$

Единица в «$4B + 1$» — это *ориентация $\mathbb{Z}_2$-расслоения*: дискретная степень свободы, определяющая, на каком из двух листов $\widetilde{T}$ находится система. Без расслоения эта единица казалась ad hoc; с расслоением она необходима.

Результат: тороидальное разложение $3 + 3 + 4 + 1$ и формульное $6 + 5$ — не два независимых факта, а одно утверждение, записанное двумя способами. $\mathbb{Z}_2$-расслоение — связующий элемент.

IX. ПРЕДСКАЗАНИЕ: ВКЛАД КРУЧЕНИЯ

IX.1. Оценка

$\mathbb{Z}_2$-расслоение порождает топологический инвариант — *класс Эйлера* ассоциированного линейного расслоения (или, эквивалентно, класс Штифеля–Уитни w_1). При рассмотрении энергетического вклада кручения возникает член, связывающий μ и α^{-1}:

$$\delta_{\text{twist}} = \frac{\pi^2(\pi - 3)^4}{\mu \cdot \alpha^{-1}} \tag{IX.1}$$

Структура множителей: π^2 = топологический вклад двух «затворов» возврата ι; $(\pi - 3)^4$ = квадрат энергии зазора (кручение действует на *зазор зазора*); $(\mu \cdot \alpha^{-1})^{-1}$ = *связь* двух констант через общего наблюдателя (протон как конфигурация $\times$ оператор как взаимодействие).

Вычисление (50 знаков):

$$\pi^2 = 9{,}8696044010893586188344909998 \tag{IX.2}$$

$$(\pi - 3)^4 = 0{,}00040194153229079382158048261 \tag{IX.3}$$

$$\mu \cdot \alpha^{-1} = 251579{,}41180 \tag{IX.4}$$

$$\delta_{\text{twist}} = \frac{9{,}86960 \times 0{,}000402}{251579{,}4} = 1{,}577 \times 10^{-8} \tag{IX.5}$$

IX.2. Статус

Текущая неопределённость CODATA 2022 для μ: $\pm 32 \times 10^{-9}$. Вклад кручения ($1{,}58 \times 10^{-8}$) составляет $\sim 0{,}5\sigma$ — неразличим при текущей точности.

При достижении точности $\pm 1 \times 10^{-9}$ (ожидается после измерений группы из Амстердамского университета [17] и проекта ALPHATRAP [18]) вклад кручения составит $\sim 16\sigma$ и станет различимым.

IX.3. Тест

Формула μ без учёта кручения: $\mu_0 = 1836{,}15267342575\ldots$

Формула μ с учётом кручения: $\mu_0 + \delta_{\text{twist}} = 1836{,}15267344152\ldots$

Если будущие измерения дадут $\mu_{\text{exp}} > 1836{,}152673430$ с неопределённостью $< 5 \times 10^{-9}$, это станет свидетельством в пользу кручения $\mathbb{Z}_2$-расслоения. Если $\mu_{\text{exp}} < 1836{,}152673420$ — свидетельством против.

X. ДЕМАРКАЦИЯ

Утверждение	Статус	Основание
$\mathbb{Z}_2$-расслоение как единый источник множителей 2	Интерпретация	Таблица IV.4, раздел IV
$w_1(\gamma_\phi) = 1$ для фермионов	Следует из 4π-обхода [5] и теории расслоений [7]	
$w_1(\gamma_\theta) = 0$	Следует из сохранения фазы при θ-обходе	
CPT = голономия $\mathbb{Z}_2$	Доказано (V.7): hol$(CPT) = +1$	
Запрет Паули из единственности секции	Следует из dim $H^0(T^2, \mathbb{Z}_2^{\text{twist}}) = 1$	
$\delta_{\text{twist}} = \pi^2(\pi-3)^4/(\mu \cdot \alpha^{-1})$	Предсказание	Не тестируемо при текущей точности
$11 = (3 \times 2) + 5 = (3+3) + (4+1)$	Доказано (VIII.1)	

Числовые формулы μ и α^{-1} без изменений	Подтверждено (VII.3–VII.8)	50 знаков
Бутылка Клейна несовместима с экспериментом	Доказано (III.2–III.4)	$\Delta \sim 0{,}016$

XI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

φ-тор из работы [1] обладает дополнительной структурой: нетривиальным $\mathbb{Z}_2$-расслоением, голономия которого вдоль ϕ-цикла (межуровневый переход) равна -1. Расслоение не заменяет тор бутылкой Клейна (что разрушило бы числовую точность), а *надстраивается* над ним, разделяя орбитальную и спинорную динамики.

Три множителя 2, ранее постулированных независимо в формулах μ и α^{-1}, оказываются проявлениями одного геометрического объекта: мощности слоя $|\mathbb{Z}_2| = 2$. Число $6 = 3 \times |\mathbb{Z}_2|$ (архитектура $\times$ расслоение). Множитель 2 в $2(\pi - 3)^2$ — зазор на двух листах. 4π-обход фермиона — двойной обход накрытия $\widetilde{T}$.

Из голономии расслоения выведены CPT-симметрия ($\mathrm{hol}(CPT) = +1$) и запрет Паули ($\dim H^0 = 1$). Два разложения числа 11 — тороидальное $(3+3+4+1)$ и формульное $(6+5)$ — отождествлены через расслоение.

Все числовые результаты работы [6] сохранены без изменений (50 знаков):

$$\mu_{\text{ODTOE}} = 1836{,}15267342575395091347174631698977995250$$

$$\alpha^{-1}_{\text{ODTOE}} = 137{,}035999170357895347253904733285086387$$

Предложен тест различимости: вклад кручения $\delta_{\text{twist}} = \pi^2(\pi - 3)^4/(\mu \cdot \alpha^{-1}) \approx 1{,}58 \times 10^{-8}$ станет измеримым при точности $\pm 10^{-9}$.

Петля не замыкается. Но теперь она не просто спиральна — она *скручена*. И это скручивание определяет, кто мы: фермионы, неповторимые, подчинённые запрету Паули, обязанные пройти путь дважды, чтобы вернуться домой.

БЛАГОДАРНОСТИ И ИНСТРУМЕНТЫ

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] Панкратов А.С. Тороидальная топология реальности: вложенные φ-торы как объединение непрерывного и дискретного в ODTOE // Препринт. — 2026.

[2] Колмогоров А.Н. О сохранении условно-периодических движений при малом изменении функции Гамильтона // ДАН СССР. — 1954. — Т. 98. — С. 527–530.

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

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

[5] Rauch H. et al. Verification of Coherent Spinor Rotation of Fermions // Physics Letters A. — 1975. — Vol. 54(6). — P. 425–427.

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

[7] Husemoller D. Fibre Bundles. — 3rd ed. — New York: Springer, 1994. — (Graduate Texts in Mathematics, Vol. 20).

[8] Nakahara M. Geometry, Topology and Physics. — 2nd ed. — Boca Raton: CRC Press, 2003.

[9] Stiefel E. Richtungsfelder und Fernparallelismus in n-dimensionalen Mannigfaltigkeiten // Commentarii Mathematici Helvetici. — 1935. — Vol. 8. — P. 305–353. DOI: 10.1007/BF01199559.

[10] Whitney H. On the Topology of Differentiable Manifolds // Lectures in Topology. — Ann Arbor: University of Michigan Press, 1941. — P. 101–141.

[11] Milnor J., Stasheff J. Characteristic Classes. — Princeton: Princeton University Press, 1974. — (Annals of Mathematics Studies, Vol. 76).

[12] Berry M.V. Quantal Phase Factors Accompanying Adiabatic Changes // Proceedings of the Royal Society A. — 1984. — Vol. 392. — P. 45–57. DOI: 10.1098/rspa.1984.0023.

[13] Панкратов А.С. Электричество как направленное действие оператора наблюдения // Препринт. — 2025.

[14] Christenson J.H. et al. Evidence for the 2π Decay of the K_2^0 Meson // Physical Review Letters. — 1964. — Vol. 13. — P. 138–140. DOI: 10.1103/PhysRevLett.13.138.

[15] Панкратов А.С. Атом как элементарная странная петля в ODTOE // Препринт. — 2025.

[16] Witten E. String Theory Dynamics in Various Dimensions // Nuclear Physics B. — 1995. — Vol. 443. — P. 85–126. DOI: 10.1016/0550-3213(95)00158-O.

[17] Patra S. et al. Proton-electron mass ratio from laser spectroscopy of HD^+ at the part-per-trillion level // Science. — 2020. — Vol. 369. — P. 1238–1241. DOI: 10.1126/science.aba0453.

[18] Sturm S. et al. High-precision measurement of the atomic mass of the electron // Nature. — 2014. — Vol. 506. — P. 467–470. DOI: 10.1038/nature13026.

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

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

[21] Aharonov Y., Bohm D. Significance of Electromagnetic Potentials in the Quantum Theory // Physical Review. — 1959. — Vol. 115(3). — P. 485–491. DOI: 10.1103/PhysRev.115.485.

[22] Coldea R. et al. Quantum Criticality in an Ising Chain: Experimental Evidence for Emergent E_8 Symmetry // Science. — 2010. — Vol. 327. — P. 177–180. DOI: 10.1126/science.1180085.

[23] Milnor J. On Manifolds Homeomorphic to the 7-Sphere // Annals of Mathematics. — 1956. — Vol. 64(2). — P. 399–405.

[24] Hofstadter D.R. I Am a Strange Loop. — New York: Basic Books, 2007.

[25] Atiyah M.F., Singer I.M. The Index of Elliptic Operators on Compact Manifolds // Bulletin of the American Mathematical Society. — 1963. — Vol. 69. — P. 422–433.