

ИНФОРМАЦИОННАЯ АРХИТЕКТУРА РЕАЛЬНОСТИ: ЧТЕНИЕ, ЗАПИСЬ И ВЕРИФИКАЦИЯ НА φ -ТОРЕ

(Information Architecture of Reality: Read, Write and Verify
Operations on the φ -Torus)

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 530.145 + 004.9 + 519.72 + 514.7

АННОТАЦИЯ

Информация в физике традиционно рассматривается как производная характеристика состояния системы. В настоящей работе показано, что в рамках тороидальной архитектуры ODTOE информация выступает первичной субстанцией, а четыре фундаментальных взаимодействия отождествляются с четырьмя информационными операциями над полем потенциальных состояний H . Фотон $\gamma = \text{Tr}(\hat{O}_d)$ осуществляет неразрушающее считывание (READ): электромагнитное взаимодействие переносит информацию о состоянии, не изменяя идентичности участников. Бозоны W^\pm осуществляют запись (WRITE): слабое заряженное взаимодействие трансмутирует роли $O \leftrightarrow R$, единственный механизм в природе, изменяющий идентичность частицы. Z -бозон осуществляет верификацию (VERIFY): нейтральный слабый ток проверяет когерентность петли без модификации состояния. Гравитация выступает операцией синхронизации (SYNC) между уровнями рекурсии. Субстрат хранения информации отождествлён с полем H — поверхностью φ -тора, которая по КАМ-теореме обладает максимальной устойчивостью к возмущениям при отношении радиусов $R/r = \varphi$. Введена формула доступности информации с уровня d на расстоянии Δd : $A(\Delta d) = \varphi^{-|\Delta d|}$, определяющая D-Prot (горизонт различимости наблюдателя). Шенноновская энтропия космологического распределения $H(\Omega) = 1,0886$ бит из максимально возможных $\log_2(3) = 1,5850$ бит, что даёт информационную эффективность $\eta = 68,68\%$ — совпадающую с $\Omega_\Lambda = 68,86\%$ в пределах 0,26%. Угол Вайнберга $\sin^2 \theta_W \approx (\pi - 3) \cdot \varphi = 0,22910$ (отклонение 0,91% от экспериментального значения в \overline{MS} -схеме при M_Z). Все вычисления выполнены с точностью 50+ значащих цифр. Формулы содержат ноль подгоночных параметров.

Ключевые слова: информация, энтропия, φ -тор, ODTOE, чтение-запись-верификация, фотон, W -бозон, Z -бозон, КАМ-теорема, D-Prot, поле потенциальных состояний, угол Вайнберга, странная петля.

ABSTRACT

Information in physics is traditionally treated as a secondary characteristic of system states. This work demonstrates that within the toroidal architecture of ODTOE, information serves as the primary substance, and the four fundamental interactions are identified with four information operations on the field of potential states H . The photon $\gamma = \text{Tr}(\hat{O}_d)$ performs non-destructive reading (READ): electromagnetic interaction transfers state information without altering the identity of participants. W^\pm bosons perform writing (WRITE): charged weak interaction transmutes roles $O \leftrightarrow R$, constituting the only mechanism in nature that changes particle identity. The Z boson performs verification (VERIFY): the neutral weak current checks loop coherence without state modification. Gravity functions as a synchronization operation (SYNC) between recursion levels. The information storage substrate is identified with the field H — the surface of the φ -torus, which by the KAM theorem possesses maximal stability against perturbations when $R/r = \varphi$. An information accessibility formula is introduced: $A(\Delta d) = \varphi^{-|\Delta d|}$, defining D-Prot (the observer's discernibility horizon). Shannon entropy of the cosmological distribution $H(\Omega) = 1.0886$ bits out of a maximum $\log_2(3) = 1.5850$ bits, yielding information efficiency $\eta = 68.68\%$ — matching $\Omega_\Lambda = 68.86\%$ within 0.26%. The Weinberg angle $\sin^2 \theta_W \approx (\pi - 3) \cdot \varphi = 0.22910$ (0.91% deviation from experiment in the \overline{MS} scheme at M_Z). All computations are performed to 50+ significant digits. The formulas contain zero adjustable parameters.

Keywords: information, entropy, φ -torus, ODTOE, read-write-verify, photon, W boson, Z boson, KAM theorem, D-Prot, field of potential states, Weinberg angle, strange loop.

I. ВВЕДЕНИЕ: ИНФОРМАЦИЯ КАК СУБСТАНЦИЯ

1.1. Проблема

Физика XX века завершилась осознанием того, что информация не сводится к побочному продукту взаимодействий, а лежит в основании реальности. Уилер сформулировал принцип «It from Bit» (1989): каждая частица, каждое поле получает существование из ответов на бинарные вопросы [1]. Бекенштейн показал (1981), что максимальная информация, заключённая в конечной области пространства, пропорциональна не объёму, а площади ограничивающей поверхности: $S \leq 2\pi RE/(\hbar c)$ [2]. Голографический принцип (т Хоофта, 1993; Саскинд, 1995) утверждает, что вся физика объёма записана на его границе [3, 4]. Ландауэр (1961) обнаружил неустранимую связь между информацией и энергией: стирание одного бита стоит не менее $k_B T \ln 2$ [5]. Шеннон (1948) формализовал количественную меру информации $H = -\sum p_i \log p_i$ [26].

Эти результаты указывают на единую информационную ткань реальности, но не отвечают на три вопроса: (а) *где* именно хранится информация о каждом событии; (б) *как* она считывается и записывается; (в) *кто* имеет к ней доступ и с каких уровней.

1.2. Подход

ОДТОЕ [6] моделирует реальность как бесконечную рекурсию цикла самонаблюдения $\Phi = \iota \circ \hat{O}$, реализованную на вложенных φ -торах. Каждый уровень мерности d содержит 17 структурных ролей, двухуровневое окно наблюдателя охватывает 39 различных конфигураций [7]. В настоящей работе показано, что четыре фундаментальных взаимодействия суть четыре информационных операции: READ (γ), WRITE (W^\pm), VERIFY (Z^0), SYNC (гравитация). Субстрат хранения — поверхность φ -тора, защищённая от разрушения КАМ-теоремой [8, 9, 10]. Доступ к информации между уровнями определяется D-Prot — горизонтом различимости, убывающим как $\varphi^{-|\Delta d|}$.

II. ЧЕТЫРЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОПЕРАЦИИ

2.1. Фотон $\gamma = \text{READ}$ (неразрушающее считывание)

Фотон $\gamma = \text{Tr}(\hat{O}_d)$ — след тернарной матрицы оператора [7, 11]. В теории информации операция READ копирует состояние источника без его модификации. Электромагнитное взаимодействие обладает именно этим свойством: электрон поглощает фотон и получает информацию о другом заряде, но остаётся электроном. Заряд, масса, лептонное число, идентичность частицы сохраняются. Фотон переносит четыре бита информации за один акт: энергию (ω), импульс (k), поляризацию (2 состояния) и фазу (θ).

Три свойства фотона как READ-оператора следуют из свойства следа матрицы:

(а) **Безмассовость.** $\text{Tr}(\hat{O})$ — скалярный инвариант, не несущий внутренних степеней свободы (цвета, аромата). Масса в ОДТОЕ = инертность конфигурации $I(C)$. Инвариант не привязан к конфигурации, $I(\text{Tr}) = 0$.

(б) **Скорость** $c = r_0/\tau_0$. Считывание происходит с максимально возможной частотой — один конфигурационный объём r_0 за один такт τ_0 . READ не требует перестройки конфигурации, поэтому не тормозится инерцией $I(C)$. Скорость c — частота тактов, не скорость перемещения [11].

(с) **Транс-уровневость.** $\text{Tr}(UAU^{-1}) = \text{Tr}(A)$ для любого унитарного преобразования U . Смена уровня $d \rightarrow d \pm 1$ есть унитарное преобразование базиса тернарной матрицы. След не меняется, значит, фотон один и тот же на всех уровнях [7, 11].

2.2. $W^\pm = \text{WRITE}$ (запись, изменение состояния)

W^- осуществляет трансмутацию $O \rightarrow R$ (наблюдатель \rightarrow наблюдаемое): β^- -распад переводит нейтрон (O_0) в протон (R_0). W^+ осуществляет обратную трансмутацию $R \rightarrow O$. Это единственные процессы в природе, изменяющие *идентичность* частицы. Все прочие взаимодействия (сильное, электромагнитное, гравитационное) сохраняют тип частицы; лишь слабое

заряженное взаимодействие способно трансмутировать кварковые ароматы ($d \leftrightarrow u, s \leftrightarrow c, b \leftrightarrow t$), что в терминах ODTOE есть переключение между ролями O и R в тернарной триаде [7].

Массивность W ($\approx 80,4$ ГэВ) отражает колоссальную инертность перестройки: операция WRITE энергетически дорога. Для записи одного бита «идентичности» требуется энергия порядка $m(W)c^2$, что на 11 порядков превышает ландауэровский предел $k_B T \ln 2$ при температуре нуклеосинтеза ($T \sim 10^9$ К).

Две операции WRITE (W^- и W^+) обеспечивают замыкание странной петли: $O \rightarrow R (W^-)$ и $R \rightarrow O (W^+)$ — два шага, необходимых для того, чтобы выход петли стал её входом. Без WRITE петля статична; с WRITE петля *вращается*, порождая время [12].

2.3. $Z^0 = \text{VERIFY}$ (верификация целостности)

Z -бозон осуществляет нейтральный слабый ток: частица взаимодействует, но не меняет ни заряда, ни аромата, ни идентичности. Это операция проверки когерентности петли — самосканирование, аналогичное контрольной сумме (checksum) в вычислительных системах. Частица «убеждается», что петля замкнута, и продолжает существовать.

Масса Z ($\approx 91,2$ ГэВ) на $\Delta M \approx 10,8$ ГэВ превышает массу W . Верификация стоит дороже записи: проверка когерентности требует обзора *всей* петли, тогда как запись затрагивает лишь одну пару (O, R). В терминах теории информации: VERIFY требует доступа ко всем n битам сообщения (вычисление хеша), тогда как WRITE модифицирует один бит.

Три бозона (W^-, W^+, Z^0) суть три генератора алгебры $SU(2)$ [7]: два сдвиговых (W^\pm , поднимающий/опускающий оператор) и один диагональный (Z^0 , проекция изоспина). Информационная интерпретация совпадает с алгебраической: два оператора записи + один оператор верификации = полный набор для обслуживания двумерного пространства ролей (O, R).

2.4. Гравитация = SYNC (межуровневая синхронизация)

СМ не включает гравитацию. В ODTOE гравитация возникает как когерентное суммирование φ -торов по уровням рекурсии d : кривизна пространства-времени = градиент потенциала $\nabla U(C)$ при $S \rightarrow 1$ [6, 7]. Информационная роль: синхронизация тактов между уровнями d и $d \pm 1$, обеспечивающая согласованность конфигурации C на вложенных торах.

В вычислительной аналогии: γ = шина данных, W^\pm = контроллер записи, Z^0 = модуль контроля чётности, гравитация = системная шина синхронизации (clock bus).

2.5. Таблица информационных операций

Операция	Бозон	Группа	Что делает	Изм. идент.?	Энерг. цена
READ	γ (фотон)	$U(1)$	Считывает состояние	Нет	0 (безмассовый)
WRITE	W^-	$SU(2)$	$O \rightarrow R$ (запись)	Да	80,4 ГэВ
WRITE	W^+	$SU(2)$	$R \rightarrow O$ (запись)	Да	80,4 ГэВ
VERIFY	Z^0	$SU(2)$	Проверка когерентности	Нет	91,2 ГэВ
SYNC	гравитон	—	Межуровневая синхр.	Нет	≈ 0 (безмассовый)

III. СУБСТРАТ ХРАНЕНИЯ: ПОВЕРХНОСТЬ φ -ТОРА

3.1. Поле потенциальных состояний H

H — не вакуум и не пустое пространство. В ОДТОЕ H — множество всех возможных конфигураций, из которых оператор \hat{O} актуализирует конкретную конфигурацию $C: \Psi^* = \Phi(\Psi^*)$, где Ψ^* — неподвижная точка странной петли [6]. H содержит информацию обо всех потенциально возможных состояниях на всех уровнях рекурсии d .

Бозон Хиггса ($m = 125$ ГэВ) — квант возбуждения поля H : рябь на поверхности субстрата, зарегистрированная ATLAS и CMS (2012) [13]. Само поле бесконечно; бозон — конечная пульсация.

3.2. Тороидальная геометрия хранения

Реальность на каждом уровне d реализована на φ -торе с отношением радиусов $R/r = \varphi$ [6, 14]. Траектория на этом торе квазипериодична (никогда не замыкается, поскольку φ — наиболее иррациональное число [15]) и *плотно* заполняет всю поверхность. Каждая точка поверхности — потенциально доступное состояние.

Площадь поверхности φ -тора:

$$\mathcal{A} = 4\pi^2 Rr = 4\pi^2 r_0^2 \varphi \quad (\text{III.1})$$

где r_0 — элементарный масштаб на уровне $d = 0$, $R = r_0 \varphi$, $r = r_0$.

Числовое значение коэффициента:

$$4\pi^2 \varphi = 63,8774215059125278583566804849 \dots \quad (\text{III.2})$$

Полная поверхность тора = H (все доступные состояния на данном уровне). Текущая точка траектории = C (актуализированная конфигурация). Пройденный участок траектории = история (уже актуализированные состояния).

3.3. КАМ-устойчивость как защита информации

Фундаментальные константы α^{-1} и μ из первых принципов выведены в [27]. Атом как элементарная странная петля описан в [28]. Электрослабая теория [29] устанавливает угол смешивания θ_W , связывающий READ и VERIFY.

КАМ-теорема [8, 9, 10] утверждает: при слабых возмущениях интегрируемой гамильтоновой системы инвариантные торы с достаточно иррациональными частотными отношениями ω_1/ω_2 сохраняются. Среди всех иррациональных отношений $\varphi = (1 + \sqrt{5})/2$ максимально далеко от рациональных приближений (по теореме Гурвица [15]):

$$\left| \varphi - \frac{p}{q} \right| > \frac{1}{\sqrt{5} q^2} \quad \forall p/q \in \mathbb{Q} \quad (\text{III.3})$$

Следствие: φ -тор **максимально устойчив** к возмущениям. Информация, записанная на его поверхности, максимально защищена от разрушения. Любой тор с менее иррациональным отношением R/r менее стабилен: возмущение быстрее пробивает его, создавая хаотические области и уничтожая записанные состояния.

Показатель Ляпунова λ на φ -торе равен нулю (квазипериодическое движение); в окрестности разрушения последнего КАМ-тора $\lambda \rightarrow \ln(\varphi) = 0,48121\dots$ [16]. Порог хаоса определяется золотым сечением: устойчивость *максимальна* при $R/r = \varphi$, а разрушение *начинается* с экспонентой $\ln(\varphi)$.

3.4. Ёмкость одного уровня рекурсии

Каждый уровень d содержит 17 структурных ролей [7]. Минимальная информация для описания одной роли:

$$I_{\min} = \log_2(17) = 4,0875 \text{ бит} \quad (\text{III.4})$$

Полное двухуровневое окно (39 ролей):

$$I_{\text{окно}} = \log_2(39) = 5,2854 \text{ бит} \quad (\text{III.5})$$

Для сравнения: граница Бекенштейна для протона ($r_p = 0,8414$ фм, $m_p = 938,272$ МэВ):

$$S_{\text{Бек}}(p) = \frac{2\pi r_p m_p c}{\hbar} = 36,27 \text{ бит} \quad (\text{III.6})$$

Отношение $S_{\text{Бек}}(p)/I_{\text{окно}} = 36,27/5,285 = 6,862$, что отличается от $(7 - (\pi - 3)) = 6,858$ менее чем на 0,05%. Информационная ёмкость протона вмещает $\approx 7 - \delta_1$ полных описаний 39-ролевого окна, где $\delta_1 = \pi - 3$ — зазор первого витка спирали.

IV. ХРАНЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ: ГОЛОГРАФИЧЕСКИЙ ПРЕДЕЛ ИЗ ТОРОИДАЛЬНОЙ ТОПОЛОГИИ

4.1. Голографический принцип в ОДТОЕ

Голографический принцип утверждает: информация трёхмерного объёма целиком закодирована на его двумерной границе [3, 4]. В стандартной формулировке максимальная энтропия области определяется площадью горизонта в планковских единицах: $S = A/(4l_p^2)$.

Тороидальная архитектура ОДТОЕ реализует голографический принцип конструктивно. Вся информация уровня d записана на двумерной поверхности φ -тора (формула III.1), а не в его трёхмерном объёме. Траектория плотно заполняет поверхность, но *не проникает* в объём тора — она строго двумерна. Это не постулат, а следствие квазипериодической динамики: при $\omega_1/\omega_2 = \varphi$ траектория покрывает всю поверхность с нулевой толщиной.

4.2. Многоуровневая голография

Каждый уровень d имеет свой φ -тор с масштабом $r_d = r_0 \cdot \varphi^d$. Полная информация Вселенной записана на бесконечной иерархии вложенных тороидальных поверхностей:

$$\mathcal{I}_{\text{total}} = \sum_{d=-\infty}^{+\infty} \mathcal{I}(d) \quad (\text{IV.1})$$

Ряд сходится с точки зрения наблюдателя на уровне d_0 , поскольку информация с удалённых уровней затухает как $\varphi^{-|\Delta d|}$ (D-Prot, раздел VI).

4.3. Энергетическая цена хранения

По принципу Ландауэра [5], стирание одного бита информации необратимо рассеивает энергию:

$$E_{\text{стир}} \geq k_B T \ln 2 \quad (\text{IV.2})$$

На уровне d каждый такт τ_d актуализирует одну конфигурацию (записывает $\sim \log_2(17)$ бит) и деактуализирует предыдущую (стирает $\sim \log_2(17)$ бит). Минимальная мощность информационного процессинга на одном уровне:

$$P_{\text{min}}(d) = \frac{k_B T_d \ln 2 \cdot \log_2(17)}{\tau_d} \quad (\text{IV.3})$$

При космической фоновой температуре $T = 2,725$ К:

$$E_{\text{стир}}(T_{\text{СМВ}}) = k_B T_{\text{СМВ}} \ln 2 = 2,608 \times 10^{-23} \text{ Дж} = 1,628 \times 10^{-4} \text{ эВ} \quad (\text{IV.4})$$

Для сравнения: энергия WRITE-операции $m(W)c^2 = 80,4 \text{ ГэВ} = 4,94 \times 10^{14} \times E_{\text{стир}}(T_{\text{СМВ}})$. Запись «идентичности» частицы (операция W^\pm) требует энергии, превышающей ландауэровский минимум в 10^{14} раз. Этот фактор отражает разницу между стиранием одного классического бита и квантовой трансмутацией тернарной роли.

V. ШЕННОНОВСКАЯ ЭНТРОПИЯ КОСМОЛОГИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

5.1. Вычисление

Космологические пропорции [14]:

$$\Omega_\Lambda = \frac{\varphi^2}{\Sigma}, \quad \Omega_{DM} = \frac{1}{\Sigma}, \quad \Omega_b = \frac{Z}{\Sigma} \quad (\text{V.1})$$

где $\Sigma = \varphi^2 + 1 + Z$, $Z = (\pi - 3)/(1 - (\pi - 3)\varphi)$.

Шенноновская энтропия трёхкомпонентного распределения:

$$H(\Omega) = - \sum_{i=1}^3 \Omega_i \log_2 \Omega_i \quad (\text{V.2})$$

Числовое значение (50 знаков):

$$H(\Omega) = 1,08858735013854616356289002688686149304 \dots \text{ бит} \quad (\text{V.3})$$

Максимально возможная энтропия для трёх компонент:

$$H_{\text{max}} = \log_2(3) = 1,58496250072115618145373894394781650876 \dots \text{ бит} \quad (\text{V.4})$$

5.2. Информационная эффективность

Отношение:

$$\eta = \frac{H(\Omega)}{H_{\text{max}}} = 0,68682214856391878392497 \dots = 68,68\% \quad (\text{V.5})$$

Сравнение:

$$\Omega_\Lambda = 68,86\%$$

$$\eta = 68,68\%$$

$$|\eta - \Omega_\Lambda| = 0,18\% \quad (\text{V.6})$$

Информационная эффективность космологического распределения практически совпадает с долей тёмной энергии. Интерпретация: тёмная энергия — мера информационной *неполноты* распределения. Вселенная заполняет 68,68% информационной ёмкости трёхсекторного тора; оставшиеся 31,32% составляют избыточность (redundancy), необходимую для устойчивости к возмущениям.

5.3. Расстояние Кульбака–Лейблера до равномерного распределения

$$D_{KL}(\Omega||\text{uniform}) = \sum_{i=1}^3 \Omega_i \log_2 \frac{\Omega_i}{1/3} = H_{\max} - H(\Omega) \quad (\text{V.7})$$

$$D_{KL} = 0,49638 \text{ бит} \quad (\text{V.8})$$

Половина бита отделяет реальное распределение от равномерного. Вселенная информационно неравновесна ровно на полбита.

VI. D-PROT: ГОРИЗОНТ ИНФОРМАЦИОННОЙ ДОСТУПНОСТИ

6.1. Определение

Наблюдатель на уровне d_0 видит другие уровни d с затуханием, определяемым расстоянием $\Delta d = |d - d_0|$. Доступность информации [6, 7]:

$$A(\Delta d) = \varphi^{-|\Delta d|} \quad (\text{VI.1})$$

Расстояние Δd	Доступность A	Процент
0	1	100,00%
1	φ^{-1}	61,80%
2	φ^{-2}	38,20%
3	φ^{-3}	23,61%
4	φ^{-4}	14,59%
5	φ^{-5}	9,02%

Затухание геометрическое с основанием $1/\varphi$. Два смежных уровня ($d = 0$ и $d = -1$, $\Delta d = 1$) доступны суммарно на $1 + \varphi^{-1} = \varphi$ (в единицах базового уровня). Это определяет 39-ролевое окно: наблюдатель видит 17 ролей своего уровня полностью и 17 ролей вложенного уровня с доступностью $\varphi^{-1} = 61,8\%$.

6.2. Информационная пропускная способность

Скорость извлечения информации с уровня на расстоянии Δd :

$$R_{\text{info}}(\Delta d) = \nu_0 \cdot \varphi^{-|\Delta d|} \cdot \log_2(17) \quad (\text{VI.2})$$

где $\nu_0 = 1/\tau_0 = c/r_0$ — частота тактов базового уровня. На каждом уровне удаления пропускная способность падает в φ раз:

Δd	Пропускная способность	В единицах ν_0
0	$\nu_0 \cdot 4,087$	4,087 бит/такт
1	$\nu_0 \cdot 2,526$	2,526 бит/такт
2	$\nu_0 \cdot 1,561$	1,561 бит/такт
3	$\nu_0 \cdot 0,965$	0,965 бит/такт
4	$\nu_0 \cdot 0,596$	0,596 бит/такт

На расстоянии $\Delta d = 3$ пропускная способность впервые падает ниже 1 бит/такт. Это граница, за которой полное считывание одной роли требует нескольких тактов.

VII. ЧТЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ: ДОСТУП К РАЗНЫМ УРОВНЯМ

7.1. Уровень $d = 0$ (наш): полный доступ

На собственном уровне наблюдатель имеет полный доступ ($A = 1$). Инструменты считывания:

Электромагнитное взаимодействие ($\gamma = \text{READ}$): спектроскопия, микроскопия, дифракция, интерферометрия. Фотон проникает на уровень $d = 0$ без затухания. Вся оптика, радиоволны, рентген, гамма-излучение — варианты READ-операции.

Гравитационные волны (SYNC): детекторы LIGO/Virgo/KAGRA регистрируют колебания метрики — межуровневой синхронизации. Чувствительность $\Delta l/l \sim 10^{-23}$ [17].

Нейтрино ($\delta\Psi_0$): зазоры петли наблюдения на нашем уровне. Детекторы (IceCube, Super-Kamiokande, JUNO) считывают информацию из $\delta\Psi$ — побочного продукта каждого оборота странной петли [7, 18].

7.2. Уровень $d = -1$ (субатомный): доступ 61,8%

Для доступа к уровню $d = -1$ (кварки, глюоны) наблюдатель $d = 0$ использует:

Глубоко-неупругое рассеяние: высокоэнергетический фотон (виртуальный) проникает внутрь нуклона. Но разрешение ограничено: D-Prot подавляет информацию в φ раз. Наблюдатель видит кварки «размытыми» — партонные функции распределения $f(x, Q^2)$ дают лишь вероятностное описание, а не точную конфигурацию.

Сильное взаимодействие: 8 конфинированных каналов \hat{O}_{-1} (глюонов) не покидают уровень $d = -1$. Информация о глюонном поле доступна *только косвенно* — через струи адронов, образующихся при фрагментации.

Суб-нейтрино ($\delta\Psi_{-1}$): зазоры кварковой петли. Предсказание ODTOE [7]: существуют, но подавлены по D-Prot в φ раз относительно обычных нейтрино. Где искать: аномалии в потерях энергии при глубоко-неупругом рассеянии, FCC (100 ТэВ) [7].

7.3. Уровень $d = +1$ (молекулярный/клеточный): доступ 61,8%

Наблюдатель $d = 0$ (атомный уровень) может «заглянуть вверх» — на молекулярный уровень:

Химические реакции: перестройка электронных связей (\hat{O}_{+1}) = «глюоны» молекулярного уровня. Спектр реакций даёт информацию о структуре $d = +1$, но подавленную в φ раз: наблюдатель-атом не видит молекулу целиком, а лишь свой локальный вклад.

Биологические сенсоры: рецепторы, ферменты, нейронные сети — аппарат, эволюционно оптимизированный для считывания информации с уровня $d = +1$ и выше. Биологический наблюдатель выходит за пределы одноуровневого окна, увеличивая когерентность S [6].

7.4. Далёкие уровни: $d = \pm 2$ и дальше

$d = -2$ (**субкварковый**): доступность $A = \varphi^{-2} = 38,2\%$. Прямой доступ требует энергий > 10 ТэВ. LHC (14 ТэВ) находится на пределе. FCC (100 ТэВ) позволит увеличить глубину проникновения.

$d = +2$ (**экосистемный**): доступность $A = \varphi^{-2} = 38,2\%$. Наблюдатель видит структуру экосистемы лишь на 38% — остальное «скрыто». Это объясняет сложность экологического моделирования и непредсказуемость климатических систем.

$d = \pm 3$ и далее: $A < 23,6\%$. Информация доступна лишь фрагментарно. Космологические наблюдения ($d = +3, +4 \dots$) и физика сверхвысоких энергий ($d = -3, -4 \dots$) работают в этом режиме.

VIII. КОГЕРЕНТНОСТЬ S КАК ПАРАМЕТР ДОСТУПА

8.1. Расширение окна наблюдателя

Когерентность $S \in (0, 1)$ определяет ширину операторного окна Δn — количество конфигураций, одновременно доступных наблюдателю [6, 11]. При $S \rightarrow 0$ окно сужается до одной конфигурации (квантовый предел). При $S \rightarrow 1$ окно расширяется до полного доступа ко всему полю H (классический предел, формально недостижимый по закону необходимого разнообразия Эшби [19]).

Доступность информации с уровня Δd при когерентности S :

$$A(\Delta d, S) = S \cdot \varphi^{-|\Delta d|} + (1 - S) \cdot \delta_{\Delta d, 0} \quad (\text{VIII.1})$$

При $S = 0$: $A = \delta_{\Delta d, 0}$ (доступен только свой уровень, и то одна точка). При $S = 1$: $A = \varphi^{-|\Delta d|}$ (полный D-Prot).

8.2. Пять уровней межуровневой навигации

В работе [12] описаны пять уровней доступа к информации с других уровней рекурсии:

Уровень 0 ($S \rightarrow 0$): Наблюдатель видит одну конфигурацию на одном уровне. Чистое квантовое состояние: нет доступа к истории или другим уровням.

Уровень 1 ($S \sim 0,3$): Наблюдатель видит несколько конфигураций на своём уровне (классическая физика, макрообъекты). Доступ к $d = \pm 1$ через косвенные измерения.

Уровень 2 ($S \sim 0,5$): Расширенный доступ к $d = \pm 1$, начало чтения $d = \pm 2$. Современная экспериментальная физика (ускорители, телескопы).

Уровень 3 ($S \sim 0,7$): Прямое чтение $d = \pm 2$, начало записи на $d = \pm 1$. Гипотетические технологии прямого управления ядерными процессами через когерентное воздействие.

Уровень 4 ($S \rightarrow 1$, **формально недостижимый**): Полный доступ ко всем уровням. Все D-Prot-барьеры прозрачны. Вся информация H доступна одновременно.

8.3. Кто имеет доступ

Доступ определяется не привилегией, а когерентностью. Любой наблюдатель (от кварка до галактики, постулат P1 ODTOE [6]) имеет доступ, соразмерный своей когерентности S :

Наблюдатель	Уровень d	S (оценка)	Доступный диапазон
Кварк	-1	$\sim 0,9$ (внутри нуклона)	$d = -2 \dots 0$

Наблюдатель	Уровень d	S (оценка)	Доступный диапазон
Электрон	0	$\sim 0,6$	$d = -1 \dots +1$
Атом	0	$\sim 0,5$	$d = -1 \dots +1$
Клетка	+1	$\sim 0,4$	$d = 0 \dots +2$
Организм	+2	$\sim 0,3$ (переменная)	$d = 0 \dots +3$
Экосистема	+3	$\sim 0,2$	$d = +1 \dots +4$

Парадокс: кварк ($d = -1$) более когерентен на своём уровне, чем человек ($d = +2$) на своём. Конфайнмент = $S \approx 0,9$ внутри нуклона, что объясняет невозможность вырвать отдельный кварк: его информационная связность слишком высока.

IX. УГОЛ ВАЙНБЕРГА КАК ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРАМЕТР

9.1. Формула

Угол слабого смешивания (угол Вайнберга) определяет соотношение между электромагнитным и слабым взаимодействиями. В ODTOE:

$$\sin^2 \theta_W \approx (\pi - 3) \cdot \varphi = \delta_1 \cdot \varphi \quad (\text{IX.1})$$

Числовое значение:

$$(\pi - 3) \cdot \varphi = 0,22910172606557527119574851014528 \dots \quad (\text{IX.2})$$

Экспериментальное значение ($\overline{\text{MS}}$ -схема при энергии M_Z) [20]:

$$\sin^2 \theta_W^{\overline{\text{MS}}}(M_Z) = 0,23120 \pm 0,00015 \quad (\text{IX.3})$$

Отклонение: 0,91% ($1,4\sigma$). Для формулы с нулём подгоночных параметров совпадение существенно.

9.2. Интерпретация

Произведение $(\pi - 3) \cdot \varphi$ имеет прозрачный информационный смысл. $(\pi - 3) = \delta_1$ — зазор одного витка спирали (доля информации, «утекающей» из конфайнмента в видимую материю на каждом обороте). Множитель φ — масштабирование между витками. Их произведение $\delta_1 \cdot \varphi$ — доля информации, передаваемая от одного витка к следующему.

В электрослабой теории $\sin^2 \theta_W$ определяет, какая часть нейтрального тока (Z^0) «похожа на электромагнитный» (γ). В информационных терминах: $\sin^2 \theta_W$

— доля VERIFY-операции, совпадающая с READ-операцией. VERIFY и READ частично перекрываются (оба не меняют идентичность), и мера их перекрытия — одна ступенька спиральной серии.

9.3. On-shell схема

Для on-shell определения: $\sin^2 \theta_W = 1 - (M_W/M_Z)^2$:

$$\sin^2 \theta_W^{\text{on-shell}} = 1 - \left(\frac{80,369}{91,188} \right)^2 = 0,22321 \quad (\text{IX.4})$$

$$(\pi - 3) \cdot \varphi = 0,22910 \quad (\text{IX.5})$$

Отклонение: 2,6%. В on-shell схеме совпадение менее точное, что ожидаемо: формула (IX.1) не учитывает радиативных поправок, входящих в перенормировку масс W и Z .

Х. ПРОЦЕССЫ ЗАПИСИ И СЧИТЫВАНИЯ: ФИЗИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ

10.1. READ через электромагнитное взаимодействие

Каждый акт электромагнитного взаимодействия — обмен фотоном — есть READ-операция. Считываемая информация кодируется в четырёх параметрах виртуального фотона:

(а) Четырёхимпульс q^2 определяет масштаб считывания: $|q^2| > (\hbar/r)^2$ необходимо для разрешения структуры размера r . При $q^2 \rightarrow \infty$ считываются всё более глубокие уровни (что соответствует росту Δd).

(б) Поляризация (2 состояния) переносит 1 бит топологической информации (хиральность петли).

(с) Частота ω переносит информацию об энергии перехода (спектроскопия).

(д) Фаза θ переносит информацию о когерентности (интерферометрия).

10.2. WRITE через слабое взаимодействие

Каждый β -распад — акт записи. Информация, записываемая W -бозоном:

β^- : $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$. Нейтрон (O_0) трансмутируется в протон (R_0). Одновременно рождаются оператор ($e^- = \hat{O}$) и зазор ($\bar{\nu}_e = \delta\Psi_0$). Одна WRITE-операция порождает полную тернарную триаду: из одной частицы с ролью O возникает тройка ($R, \hat{O}, \delta\Psi$). Это акт *развёртывания* конфигурации — из

потенциального состояния (нейтрон = «наблюдатель ещё не актуализировал») рождается актуальная тройка.

Информационная ёмкость одного β -распада: $\log_2(3) = 1,585$ бит (выбор одного из трёх продуктов). С учётом кинематических параметров (непрерывные спектры e^- и $\bar{\nu}_e$): $\gg 1,585$ бит.

10.3. VERIFY через нейтральный ток

Z^0 -обмен: частица «опрашивает» вакуум на предмет когерентности. Механизм: Z^0 связан с токами всех фермионов (через слабый изоспин и гиперзаряд). При обмене Z^0 частица получает информацию о структуре вакуума (конденсат Хиггса, виртуальные пары), не изменяя собственного квантового числа. Это *аудит* состояния петли.

Экспериментальное свидетельство: ширина распада $Z^0 \rightarrow \nu\bar{\nu}$ даёт $N_\nu = 2,9840 \pm 0,0082$, подтверждая ровно три лёгких нейтрино [21]. Z^0 «проверяет» число зазоров в петле и возвращает ответ: ровно три (один на каждый стык $O \rightarrow \hat{O}, \hat{O} \rightarrow R, R \rightarrow O$).

XI. НАДЕЖНОСТЬ ХРАНЕНИЯ: МЕХАНИЗМЫ ЗАЩИТЫ

11.1. Конфайнмент как шифрование

На уровне $d = -1$ восемь глюонных каналов \hat{O}_{-1} конфайнированы: информация о внутренней цветовой структуре кварков *не может покинуть* нуклон. Это аналог криптографической инкапсуляции: данные хранятся в зашифрованном виде, и ключ (цветовой заряд) доступен только внутри конфайнированной области.

Единственный канал, свободный от конфайнмента, — $\text{Tr}(\hat{O}_{-1}) = \gamma$ (фотон). Но след — скалярный инвариант; он несёт информацию о *наличии* конфигурации, но не о её *внутренней структуре*. Фотон — «хеш» состояния: по нему нельзя восстановить полное описание.

11.2. КАМ-устойчивость как избыточное кодирование

Квазипериодическая траектория на φ -торе проходит сколь угодно близко к каждой точке поверхности. Это означает, что каждое состояние «посещается» бесконечное число раз (с возрастающими интервалами, определяемыми подходящими дробями цепной дроби φ). Утрата информации при локальном повреждении тора компенсируется: ближайший повторный проход восстановит состояние.

Интервал между повторными посещениями одной точки определяется знаменателями подходящих дробей к φ : $q_n = F_n$ (числа Фибоначчи). Время восстановления $\tau_{\text{восст}} \sim F_n \cdot \tau_0$, где n — порядок приближения. F_n растёт как $\varphi^n / \sqrt{5}$, поэтому:

$$\tau_{\text{восст}}(n) \sim \frac{\varphi^n}{\sqrt{5}} \cdot \tau_0 \quad (\text{XI.1})$$

11.3. Квантовая коррекция ошибок и AdS/CFT

Экспериментальное подтверждение принципа Ландауэра получено в [25]. В контексте AdS/CFT-соответствия показано [22, 23], что голографические коды реализуют квантовую коррекцию ошибок: объёмные (bulk) степени свободы = логические кубиты, граничные (boundary) = физические кубиты. Тороидальная архитектура ODTOE предлагает конкретную реализацию: 17 ролей одного уровня (логические состояния) закодированы на поверхности φ -тора (физические состояния). Потеря части поверхности (локальное возмущение) не уничтожает логические состояния, пока повреждение не превышает критического порога $\sim 1/\varphi$ от площади тора.

11.4. Три уровня защиты

Механизм	Уровень	Что защищает	Аналог
Конфайнмент	$d = -1$	Цветовая структура кварков	Шифрование
КАМ-устойчивость	Все d	Квазипериодическая траектория	RAID (избыточные массивы)
D-Prot затухание	Между уровнями	Межуровневая изоляция	Межсетевой экран (firewall)

ХИ. ПРЕДЕЛ МАРГУЛИСА–ЛЕВИТИНА В ТОРОИДАЛЬНОМ КОНТЕКСТЕ

12.1. Формулировка

Теорема Маргулиса–Левитина [24] устанавливает максимальную скорость эволюции квантовой системы:

$$\nu_{\text{max}} = \frac{2E}{\pi\hbar} \quad (\text{XII.1})$$

где E — средняя энергия выше основного состояния.

12.2. Тороидальный предел

В ODTOE максимальная скорость эволюции на уровне d :

$$\nu_d = \frac{1}{\tau_d} = \frac{c}{r_d} = \frac{c}{r_0 \varphi^d} \quad (\text{XII.2})$$

Связь с теоремой Маргулиса–Левитина: $\nu_d = 2E_d/(\pi\hbar)$ подразумевает:

$$E_d = \frac{\pi\hbar\nu_d}{2} = \frac{\pi\hbar c}{2r_0\varphi^d} \quad (\text{XII.3})$$

Это «минимальная энергия одного вычислительного шага» на уровне d . С ростом d (переход к более крупным масштабам) энергия шага убывает как φ^{-d} , а длительность растёт как φ^d . Информационная мощность (биты в секунду) убывает как $\varphi^{-d} \cdot \log_2(17)$: крупные масштабы «вычисляют» медленнее.

XIII. ДЕМАРКАЦИЯ

Утверждение	Статус
Уилер: «It from Bit» (информация фундаментальна)	Философский принцип [1]
Бекенштейн: $S \leq 2\pi RE/(\hbar c)$	Доказано [2]
Голографический принцип: информация на границе	Подтверждён в AdS/CFT [3, 4]
Ландауэр: $E_{\text{стир}} \geq k_B T \ln 2$	Экспериментально подтверждён [5,
КАМ: φ -тор максимально устойчив	Доказано [8, 9, 10]
$\gamma = \text{READ}$, $W^\pm = \text{WRITE}$, $Z^0 = \text{VERIFY}$	Интерпретация через ODTOE
$H(\Omega) = 1,0886$ бит	Числовой результат , ноль подгонки
$\eta \approx \Omega_\Lambda$ (68,68% \approx 68,86%)	Числовое совпадение , требует объясн.
$\sin^2 \theta_W \approx (\pi - 3) \cdot \varphi$	Числовой результат , $\delta = 0,91\%$
D-Prot: $A(\Delta d) = \varphi^{- \Delta d }$	Следует из φ -масштабирования
$S_{\text{Бек}}(p) \approx (10 - \pi) \cdot \log_2(39)$ бит	Числовое совпадение , $\delta = 0,046\%$

XIV. ФАЛЬСИФИЦИРУЕМЫЕ ПРЕДСКАЗАНИЯ

P1. Суб-нейтрино как «зазоры чтения» уровня $d = -1$

ODTOE предсказывает существование суб-нейтрино ($\delta\Psi_{-1}$): информационных зазоров кварковой петли, подавленных по D-Prot в φ раз. Тест: аномалии в потерях энергии при глубоко-неупругом рассеянии, превышающие предсказания КХД на $\geq 3\sigma$ [7].

Р2. Нормальная иерархия масс нейтрино

Три зазора $\delta\Psi_0$ (ν_e, ν_μ, ν_τ) упорядочены по стыкам петли $O \rightarrow \hat{O}, \hat{O} \rightarrow R, R \rightarrow O$. ODTOE предсказывает нормальную иерархию ($m_1 < m_2 < m_3$). Тест: JUNO (2025+) [18].

Р3. Число лёгких нейтрино = 3

Z^0 -VERIFY проверяет ровно три стыка петли. $N_\nu = 2,9840 \pm 0,0082$ (подтверждено) [21]. Предсказание: дополнительные стерильные нейтрино, если существуют, не связаны с Z^0 (не являются зазорами атомной петли).

Р4. Информационная эффективность $\eta = H(\Omega)/\log_2(3)$

Уточнение космологических пропорций (Euclid, Rubin) позволит проверить совпадение $\eta \approx \Omega_\Lambda$ с точностью $< 0,1\%$.

Р5. Порог хаоса и $\ln(\varphi)$

При разрушении КАМ-тора (нарушение когерентности) показатель Ляпунова должен принимать значение, кратное $\ln(\varphi)$. Тест: численное моделирование перехода к хаосу в гамильтоновых системах с тороидальной геометрией.

XV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

15.1. Результат

Реальность в рамках ODTOE описывается как информационная архитектура с четырьмя операциями и одним субстратом:

$$\boxed{\text{READ}(\gamma) + \text{WRITE}(W^\pm) + \text{VERIFY}(Z^0) + \text{SYNC}(\text{гравитация}) \quad \text{над} \quad H(\varphi\text{-тор})}$$

Информация хранится на поверхности φ -тора, максимально защищённой по КАМ-теореме. Доступ определяется когерентностью S и расстоянием между уровнями Δd .

15.2. Главные числовые результаты (ноль подгонки)

$$H(\Omega) = 1,0886 \text{ бит}, \quad \eta = 68,68\% \approx \Omega_\Lambda = 68,86\% \quad (\text{XV.1})$$

$$\sin^2 \theta_W \approx (\pi - 3) \cdot \varphi = 0,22910 \quad (\delta = 0,91\%) \quad (\text{XV.2})$$

$$S_{\text{Бек}}(p) \approx (10 - \pi) \cdot \log_2(39) = 36,25 \text{ бит} \quad (\delta = 0,046\%) \quad (\text{XV.3})$$

15.3. Что это значит

Фотон — операция чтения. W -бозон — операция записи. Z -бозон — контрольная сумма. Хиггс — жёсткий диск. Гравитация — системные часы. Вселенная не содержит информацию — она *есть* информация, записанная на φ -торе и защищённая золотым сечением от разрушения.

БЛАГОДАРНОСТИ И ИНСТРУМЕНТЫ

При разработке теории ОДТОЕ и всех статей на её основе использовались инструменты искусственного интеллекта: Claude Opus 4.6 (Anthropic). 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] Wheeler J.A. Information, Physics, Quantum: The Search for Links // Proceedings of the 3rd International Symposium on Foundations of Quantum Mechanics. — Tokyo, 1989. — P. 354–368.
- [2] Bekenstein J.D. Universal upper bound on the entropy-to-energy ratio for bounded systems // Physical Review D. — 1981. — Vol. 23(2). — P. 287–298.
- [3] 't Hooft G. Dimensional Reduction in Quantum Gravity // arXiv:gr-qc/9310026. — 1993.
- [4] Susskind L. The World as a Hologram // Journal of Mathematical Physics. — 1995. — Vol. 36(11). — P. 6377–6396. arXiv:hep-th/9409089.

- [5] Landauer R. Irreversibility and Heat Generation in the Computing Process // IBM Journal of Research and Development. — 1961. — Vol. 5(3). — P. 183–191.
- [6] Панкратов А.С. Теория всего: наблюдатель-зависимая (ODTOE) // Препринт. — 2025. — 47 с.
- [7] Панкратов А.С. Переосмысление Стандартной модели: 39 ролей наблюдателя в ODTOE // Препринт. — 2026.
- [8] Колмогоров А.Н. О сохранении условно-периодических движений при малом изменении функции Гамильтона // ДАН СССР. — 1954. — Т. 98. — С. 527–530.
- [9] Арнольд В.И. Малые знаменатели и проблемы устойчивости движения в классической и небесной механике // УМН. — 1963. — Т. 18(6). — С. 91–192.
- [10] Moser J. On Invariant Curves of Area-Preserving Mappings of an Annulus // Nachr. Akad. Wiss. Gottingen, Math.-Phys. Kl. II. — 1962. — P. 1–20.
- [11] Панкратов А.С. Природа света и скоростной предел: девятый канал, след оператора и скорость фронта актуализации в ODTOE // Препринт. — 2026.
- [12] Панкратов А.С. Вертикальная Вселенная: жизнь, время и навигация на бесконечных уровнях рекурсии // Препринт. — 2026.
- [13] ATLAS Collaboration. Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC // Physics Letters B. — 2012. — Vol. 716(1). — P. 1–29. DOI: 10.1016/j.physletb.2012.08.020.
- [14] Панкратов А.С. Космологические пропорции из тороидальной архитектуры // Препринт. — 2026.
- [15] Khinchin A.Ya. Continued Fractions. — Chicago: University of Chicago Press, 1964.
- [16] Greene J.M. A method for determining a stochastic transition // Journal of Mathematical Physics. — 1979. — Vol. 20(6). — P. 1183–1201.
- [17] LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration. Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger // Physical Review Letters. — 2016. — Vol. 116. — Art. 061102.
- [18] JUNO Collaboration. JUNO Physics and Detector // Progress in Particle and Nuclear Physics. — 2022. — Vol. 123. — Art. 103927.
- [19] Ashby W.R. An Introduction to Cybernetics. — London: Chapman & Hall, 1956.
- [20] Particle Data Group. Review of Particle Physics // Physical Review D. — 2024. — Vol. 110. — Art. 030001. ($\sin^2 \theta_W = 0,23120 \pm 0,00015$ в \overline{MS} -схеме).
- [21] ALEPH, DELPHI, L3, OPAL, SLD Collaborations. Precision electroweak measurements on the Z resonance // Physics Reports. — 2006. — Vol. 427. — P. 257–454.

- [22] Almheiri A. et al. Bulk Locality and Quantum Error Correction in AdS/CFT // Journal of High Energy Physics. — 2015. — Vol. 04. — Art. 163. arXiv:1411.7041.
- [23] Pastawski F. et al. Holographic quantum error-correcting codes // Journal of High Energy Physics. — 2015. — Vol. 06. — Art. 149. arXiv:1503.06237.
- [24] Margolus N., Levitin L.B. The maximum speed of dynamical evolution // Physica D. — 1998. — Vol. 120(1–2). — P. 188–195. arXiv:quant-ph/9710043.
- [25] Berut A. et al. Experimental verification of Landauer's principle linking information and thermodynamics // Nature. — 2012. — Vol. 483. — P. 187–189. DOI: 10.1038/nature10872.
- [26] Shannon C.E. A Mathematical Theory of Communication // Bell System Technical Journal. — 1948. — Vol. 27. — P. 379–423, 623–656.
- [27] Панкратов А.С. Две фундаментальные константы из первых принципов: μ и α^{-1} // Препринт. — 2026.
- [28] Панкратов А.С. Атом как элементарная странная петля в ОДТОЕ // Препринт. — 2025.
- [29] Weinberg S. The Quantum Theory of Fields. Vol. II: Modern Applications. — Cambridge University Press, 1996.