

КРОСС-СЕКТОРНЫЕ ОПЕРАТОРЫ, ЦВЕТНЫЕ ВРЕМЕНА И
ДИНАМИКА ПУЛЬСАЦИЙ В 6D-МОДЕЛИ
ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ

АННОТАЦИЯ

В работе построена алгебраическая модель шестимерного пространства-времени, в которой дискретная группа перестановок S_3 , диагональные знаковые инволюции и алгебра Ли $so(3)$ с удвоенной структурной константой объединены в единую иерархическую конструкцию. На групповом уровне определены три матрицы отражения A, B, C (транспозиции, порождающие S_3) и три коммутирующие

инволюции K, L, M , одновременно диагонализуемые и образующие элементарную абелеву группу порядка 8, изоморфную $(\mathbb{Z}/2\mathbb{Z})^3$. На алгебраическом уровне введены четыре генератора: три «цветных» генератора Q_1, Q_2, Q_3 — стандартные образующие $\mathfrak{so}(3)$, умноженные на 2, действующие в трёх координатных плоскостях, и один «белый» генератор $T = (Q_1 + Q_2 + Q_3)/2$, задающий вращение вдоль диагонали $(1, 1, 1)$. Показано, что три собственные

частоты системы — $\sqrt{3}$, 2 и $2\sqrt{2}$ — несоизмеримы и не устраняются никакой нормировкой, что делает динамику квазипериодической: каждый цикл пульсации уникален и точное повторение конфигурации никогда не наступает. На уровне шестимерной модели введены метрическая матрица G (сигнатура $+++---$) и симплектическая матрица S , антикоммутирующие между собой; их произведение $R = G \times S$ порождает гиперболический буст, плавно переводящий

метрическую геометрию в симплектическую при сохранении сигнатуры и определителя. Предложена физическая интерпретация, в которой «цветные» времена сопоставляются кварковым цветовым зарядам, а «белое» время — цветонейтральной барионной динамике. Квазипериодичность системы даёт естественное разрешение парадокса Толлмана о накоплении энтропии в циклической Вселенной.

Дополнительно исследована модификация уравнений Эйнштейна при переходе от метрической к симплектической фазе и показано, что гравитационный коллапс в данной модели не приводит к сингулярности: вместо неё формируется «симплектическое ядро» с конечной кривизной.

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос о том, как дискретные симметрии, непрерывные группы Ли и динамические операторы связаны между собой в едином описании пространства-времени, остаётся одним из центральных в математической физике. Традиционный подход опирается на непрерывные группы — Лоренца, Пуанкаре, конформную — и рассматривает дискретные симметрии (чётность, обращение времени, перестановки) как

вспомогательные операции, не входящие в основную алгебраическую структуру. Однако опыт последних десятилетий — от калибровочных теорий с дискретными подгруппами до моделей квантовой гравитации с минимальной длиной — показывает, что дискретная симметрия может играть конструктивную, а не иллюстративную роль.

Настоящая работа отправляется от простого наблюдения: три транспозиции группы S_3 и три диагональные знаковые инволюции, действующие в одном трёхмерном пространстве, естественно порождают как дискретную групповую структуру, так и алгебру Ли $so(3)$ с нетривиальной нормировкой. Коммутатор любой пары транспозиций даёт кососимметрическую матрицу — генератор вращения.

Коммутатор транспозиции с «чужой» инволюцией (не той, с которой она коммутирует) даёт генератор вращения в координатной плоскости, причём выбор «чужой» инволюции однозначно определяет плоскость и направление вращения. Эти три генератора — назовём их «цветными» — действуют в трёх независимых координатных плоскостях и имеют одинаковую частоту 2. Их среднее, делённое на два, даёт четвёртый генератор — «белый», действующий вдоль диагонали $(1, 1, 1)$ и имеющий частоту $\sqrt{3}$.

Несоизмеримость частот $\sqrt{3}$ и 2 — факт элементарный, но его следствия нетривиальны. За время одного «белого» цикла «цветные» вращения не проходят целое число оборотов, и следующая пульсация начинается со смещённой фазы.

Тождество замыкания $[T, Q_1] + [T, Q_2] + [T, Q_3] = 0$

обеспечивает компенсацию общего раскачивания, но не возвращает систему в исходное состояние. Система замкнута, но не периодична — это и есть квазипериодичность.

Дополнительный уровень структуры возникает при расширении до шестимерного пространства. Метрическая матрица G с сигнатурой $+++---$ и симплектическая матрица S антикоммутируют, а их произведение $R = G \times S$ является инволюцией, порождающей гиперболический буст. Этот буст непрерывно переводит метрическую геометрию в симплектическую, но чистая симплектическая фаза остаётся асимптотически недостижимой — формальный аналог лоренцевского буста, стремящегося к скорости света.

Сохранение сигнатуры и определителя в течение всего перехода гарантирует, что топология пространства-времени не нарушается.

Физическая интерпретация, предлагаемая в работе, носит эвристический характер. Три «цветных» времени сопоставляются трём кварковым цветовым зарядам; их сумма — «белое» время — соответствует цветонейтральному барионному состоянию. Квазипериодичность системы

означает, что каждый цикл космологической пульсации уникален: плотность, продолжительность и соотношение частиц и античастиц изменяются от цикла к циклу. Это устраняет необходимость в сбросе энтропии между циклами и тем самым разрешает известный парадокс Толлмана.

Работа организована следующим образом. В разделе 1 вычисляются все попарные коммутаторы и антикоммутаторы матриц A, B, C, K, L, M . В разделе 2 устанавливаются тождества

замыкания. В разделе 3 строятся операторы кросс-вращения V_1, V_2, V_3 и их явные матричные представления. В разделе 4 описан переход в диагональный базис K, L, M . В разделе 5 матрицы A, B, C представлены в этом базисе. В разделе 6 описана группа S_3 . В разделе 7 введены «цветные» генераторы. В разделе 8 — «белый» генератор T и доказано тождество замыкания. В разделах 9–10 — оси вращения и замкнутая группа восьми матриц. В разделе 11 — алгебра Ли. В разделе 12

— нормировка и несоизмеримость частот. В разделе 13 — квазипериодичность. В разделах 14–18 — шестимерные матрицы G , S , R , их свойства и инварианты перехода. В разделах 19–21 — физическая интерпретация. В разделах 22–24 — трёхуровневая динамика, следствия и иерархия конструкции. В разделе 25 исследована модификация уравнений Эйнштейна и природа гравитационного коллапса в рамках модели.

1. Полная таблица коммутаторов и антикоммутаторов

Для трёхмерных матриц отражения A, B, C и парных им инволюций K, L, M вычислены все попарные коммутаторы и антикоммутаторы.

Таблица 1. Коммутаторы.

Пара $[A, B], [B, C], [C, A]$ — тип: отражение на отражение — спектр $0, +i\sqrt{3}, -i\sqrt{3}$ — одна и та же матрица T . Пара $[A, K], [B, L], [C, M]$ — тип: внутри пары — спектр 0 — коммутируют. Пара

$[K, L], [K, M], [L, M]$ — тип: инволюция на инволюцию — спектр 0 — коммутируют. Пара $[A, L], [A, M]$ — тип: кросс — спектр 0, $+2i, -2i$ — $[A, M] = -[A, L]$. Пара $[B, K], [B, M]$ — тип: кросс — спектр 0, $+2i, -2i$ — $[B, M] = -[B, K]$. Пара $[C, K], [C, L]$ — тип: кросс — спектр 0, $+2i, -2i$ — $[C, L] = -[C, K]$.

Все три пары отражений дают тождественно одну матрицу: $T = [A, B] = [B, C] = [C, A]$. Шесть кросс-парных коммутаторов образуют три пары с противоположным знаком. Коммутаторы инволюций между собой тривиальны.

Таблица 2. Антиккоммутаторы.

Пара $\{A, B\} = \{B, C\} = \{C, A\}$ — тип: отражение на отражение — спектр $+2, -1, -1$ — след 0 . Пара $\{A, K\}, \{B, L\}, \{C, M\}$ — тип: внутри пары — спектр $+2, +2, -2$ — след $+2$. Пара $\{A, L\} = \{A, M\}$ — тип: кросс — спектр $-2, 0, 0$ — след -2 . Пара $\{B, K\} = \{B, M\}$ — тип: кросс — спектр $-2, 0, 0$ — след -2 . Пара $\{C, K\} = \{C, L\}$ — тип: кросс — спектр $-2, 0, 0$ — след -2 .

Баланс следов: внутрипарные антикоммутаторы дают суммарный след +6, кросс-парные –12, общий итог –6.

Антикоммутаторы отражений между собой $\{A,B\} = \{B,C\} = \{C,A\} = W(3)$ — матрица смежности полного графа K_3 со спектром +2, –1, –1.

2. Тождества замыкания

Для каждого отражения сумма трёх кросс-коммутаторов обнуляется:

$$[A,K] + [A,L] + [A,M] = 0 \quad [B,K] + [B,L] + [B,M] = 0 \quad [C,K] + [C,L] + [C,M] = 0$$

Каждое нетривиальное слагаемое компенсируется парой противоположных: $[A,M] = -[A,L]$, $[B,M] = -[B,K]$, $[C,L] = -[C,K]$.
Внутрипарные коммутаторы $[A,K]$, $[B,L]$, $[C,M]$ равны нулю,

поэтому каждое тождество сводится к $Q - Q = 0$.

3. Операторы кросс-вращения V_1, V_2, V_3

Выбор трёх независимых генераторов с согласованными знаками:

$$Q_1 = [A, L], Q_2 = [B, M], Q_3 = [C, K]$$

Каждый генератор имеет спектр $0, +2i, -2i$ и удовлетворяет минимальному уравнению $Q^3 + 4Q = 0$. Экспонента:

$$\exp(\varphi Q) = I + (\sin 2\varphi / 2) \cdot Q + (1 - \cos 2\varphi) / 4 \cdot Q^2$$

Период каждого оператора — π (вдвое короче, чем у $U = \exp(\varphi T)$ с периодом 2π).

Явный вид $V1 = \exp(\varphi \cdot [A, L])$. Обозначения: $s = \sin 2\varphi$, $c = \cos 2\varphi$.

Все элементы матрицы умножаются на $1/2$:

$V1 =$

$2c$	$c-s-1$	$c+s-1$
$2s$	$c+s+1$	$-c+s+1$
$-2s$	$-c-s+1$	$c-s+1$

$V2 = \exp(\varphi \cdot [B, M])$ получается циклической перестановкой координат $(x, y, z) \rightarrow (y, z, x)$:

$V_2 =$

$c+s+1$	$-c+s+1$	$2s$
$-c-s+1$	$c-s+1$	$-2s$
$c-s-1$	$c+s-1$	$2c$

$V_3 = \exp(\varphi \cdot [C, K])$ получается ещё одной циклической перестановкой $(y, z, x) \rightarrow (z, x, y)$:

$V_3 =$

$c-s+1$	$-2s$	$-c-s+1$
$c+s-1$	$2c$	$c-s-1$
$-c+s+1$	$2s$	$c+s+1$

Все элементы матриц V_2 и V_3 также умножаются на $1/2$.

4. Исходные матрицы K, L, M и переход в диагональный базис

Исходная форма инволюций K, L, M (канонический базис):

K =

-1	-1	-1
0	0	1
0	1	0

L =

0	0	1
-1	-1	-1
1	0	0

$M =$

0	1	0
1	0	0
-1	-1	-1

Все три удовлетворяют $K^2 = L^2 = M^2 = I$, коммутируют попарно и $K + L + M = -I(3)$.

Поскольку K , L , M коммутируют, их можно одновременно диагонализировать. Общие собственные векторы:

$v_1 = (-1, 1, 1)/\sqrt{3}$ — собственное значение $+1$ для K , -1 для L , -1 для M . $v_2 = (1, -1, 1)/\sqrt{3}$ — собственное значение -1 для K , $+1$ для L , -1 для M . $v_3 = (1, 1, -1)/\sqrt{3}$ — собственное значение -1 для K , -1 для L , $+1$ для M .

Матрица перехода P (столбцы — собственные векторы, делённые на $\sqrt{3}$):

$P =$

$$\begin{pmatrix} -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

умноженная на $1/\sqrt{3}$.

Поскольку $P = (J - 2I)/\sqrt{3}$, где J — матрица из единиц, и J

коммутирует со всеми матрицами перестановки, матрица P коммутирует с A, B, C . Поэтому сопряжение $P^{-1}AP$ не меняет A, B, C — они сохраняют свой вид в диагональном базисе K, L, M .

В диагональном базисе:

$K =$

1	0	0
0	-1	0
0	0	-1

$L =$

-1	0	0
0	1	0
0	0	-1

$M =$

-1	0	0
0	-1	0
0	0	1

Дополнительно: $K + L + M = -I(3)$, $KLM = I(3)$.

5. Матрицы A, B, C в диагональном базисе K, L, M

A — переставляет e_2 и e_3 (транспозиция 23):

A =

$$\begin{array}{ccc} \hline 1 & 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 1 \\ \hline 0 & 1 & 0 \\ \hline \end{array}$$

B — переставляет e_1 и e_3 (транспозиция 13):

$B =$

0	0	1
0	1	0
1	0	0

C — переставляет e_1 и e_2 (транспозиция 12):

$C =$

0	1	0
1	0	0
0	0	1

Все три — инволюции: $A^2 = B^2 = C^2 = I$, определитель -1 .

Почему A коммутирует с K , но не с L и M : A переставляет e_2 и e_3 . $K = \text{diag}(1, -1, -1)$ имеет одинаковые значения (-1) на позициях 2 и 3, поэтому перестановка этих позиций не меняет K — $[A, K] = 0$. Но $L = \text{diag}(-1, 1, -1)$ имеет разные значения на позициях 2 и 3 (1 и -1), поэтому перестановка их меняет — $[A, L] \neq 0$. Аналогично для M .

Та же логика для B (переставляет 1 и 3, коммутирует с L , у которой позиции 1 и 3 одинаковы) и C (переставляет 1 и 2, коммутирует с M).

Произведения АВ и ВА — 3-циклы:

AB =

0	0	1
1	0	0
0	1	0

$BA =$

0	1	0
0	0	1
1	0	0

$AB \neq BA$. $(AB)^3 = (BA)^3 = I$, определитель +1.

Тождество: $ABC = B$.

6. Группа перестановок S_3

Матрицы A, B, C порождают полную симметрическую группу S_3 из шести элементов:

I — тождественная перестановка, след 3, определитель +1. $A = (23)$ — транспозиция, след 1, определитель -1. $B = (13)$ — транспозиция, след 1, определитель -1. $C = (12)$ —

транспозиция, след 1, определитель -1 . $AB = (132)$ — 3-цикл, след 0, определитель $+1$. $BA = (123)$ — 3-цикл, след 0, определитель $+1$.

Тождество: $ABC = B$.

7. Генераторы «цветных» вращений в диагональном базисе

$Q_1 = [A, L]$ — вращение в плоскости (e_2, e_3) , ось e_1 :

$Q_1 =$

0	0	0
---	---	---

0	0	-2
---	---	----

0	2	0
---	---	---

$Q_2 = [B, M]$ — вращение в плоскости (e_1, e_3) , ось e_2 :

$Q_2 =$

0	0	2
0	0	0
-2	0	0

$Q_3 = [C, K]$ — вращение в плоскости (e_1, e_2) , ось e_3 :

$Q_3 =$

0	-2	0
2	0	0
0	0	0

Каждый генератор действует ровно в одной координатной плоскости. Это максимально простая форма — стандартные генераторы $\mathfrak{so}(3)$, умноженные на 2. Каждый имеет спектр 0, $+2i$, $-2i$.

8. Генератор «белого» времени T

$T = [A, B]:$

$T =$

0	-1	1
1	0	-1
-1	1	0

Ключевое соотношение: $T = (Q_1 + Q_2 + Q_3)/2$. Глобальное «белое» время — это среднее трёх «цветных» времён. Спектр T : $0, +i\sqrt{3}, -i\sqrt{3}$.

Тождество замыкания $[T, Q_1] + [T, Q_2] + [T, Q_3] = 0$

доказывается мгновенно. Поскольку $T = (Q_1 + Q_2 + Q_3)/2$:

$$\begin{aligned} [T, Q_1] &= (1/2)([Q_2, Q_1] + [Q_3, Q_1]) = Q_2 - Q_3 \\ [T, Q_2] &= (1/2)([Q_1, Q_2] + [Q_3, Q_2]) = Q_3 - Q_1 \\ [T, Q_3] &= (1/2)([Q_1, Q_3] + [Q_2, Q_3]) = Q_1 - Q_2 \end{aligned}$$

Сумма: $(Q_2 - Q_3) + (Q_3 - Q_1) + (Q_1 - Q_2) = 0$ — телескопическое сокращение.

9. Оси вращения и структурная сводка

В диагональном базисе K, L, M «цветные» времена — это просто координатные оси:

$e_1 = (1, 0, 0)$ — ось Q1 (первое цветное время). $e_2 = (0, 1, 0)$ — ось Q2 (второе цветное время). $e_3 = (0, 0, 1)$ — ось Q3 (третье цветное время).

«Белое» время: $(1, 1, 1) = e_1 + e_2 + e_3$ — ось T. Сумма трёх координатных осей даёт диагональ $(1, 1, 1)$.

Вспомогательные матрицы k_1, k_2, k_3 как попарные произведения осей:

$$k_1 = u_2 \times u_3 = \text{diag}(1, -1, -1) = -u_1 \quad k_2 = u_3 \times u_1 = \text{diag}(-1, 1, -1) = -u_2$$

$$k_3 = u_1 \times u_2 = \text{diag}(-1, -1, 1) = -u_3$$

Каждая вспомогательная матрица k_i совпадает с отрицанием соответствующей оси u_i . Ключевое тождество:

$$u_1 \times k_1 = u_2 \times k_2 = u_3 \times k_3 = -I(3)$$

Это эквивалентно $u_i^2 = I(3)$ — каждая матрица u_i является инволюцией. Умножение на k_i «гасит» действие u_i , возвращая систему к единичной конфигурации со сменой знака.

10. Замкнутая группа из восьми матриц

Множество $\{I, -I, u_1, -u_1, u_2, -u_2, u_3, -u_3\}$ образует замкнутую группу относительно умножения. Это элементарная абелева группа порядка 8, изоморфная $(\mathbb{Z}/2\mathbb{Z})^3$. Правила умножения:

Каждая матрица в квадрате равна I : $u_i^2 = I$. Произведение двух различных осей равно минус третьей оси: $u_1 \times u_2 = -u_3$, $u_2 \times u_3 = -u_1$, $u_3 \times u_1 = -u_2$. Тройное произведение: $u_1 \times u_2 \times u_3 = -I$.

Эта структура аналогична структуре базисных элементов кватернионов, но с тем отличием, что квадраты образующих равны $+I$, а не $-I$.

11. Алгебра Ли

Коммутаторы Q -матриц замыкаются в алгебру $so(3)$ с удвоенной структурной константой:

$$[Q_1, Q_2] = +2 Q_3 \quad [Q_1, Q_3] = -2 Q_2 \quad [Q_2, Q_3] = +2 Q_1$$

Тождество Якоби выполнено. Расширение за счёт T удовлетворяет тождеству $[T, Q_1] + [T, Q_2] + [T, Q_3] = 0$.

Спектр каждого смешанного коммутатора $[T, Q_i] — 0, +2i\sqrt{2}, -2i\sqrt{2}$. Это четвёртая, «смешанная» частота, не сводящаяся к первым двум.

12. Нормировка и несоизмеримость частот

При нормировке $T_{\text{norm}} = T/\sqrt{3}$ и $Q_{\text{norm}} = Q/2$ все четыре генератора получают единичную частоту и период 2π .

Алгебра Q превращается в стандартную $so(3)$ с единичной структурной константой.

Однако смешанный коммутатор $[T_{\text{norm}}, Q_{\text{norm}}]$ имеет спектр $0, +i\sqrt{2/3}, -i\sqrt{2/3}$. Значение $\sqrt{2/3}$ иррационально и не устраняется никакой нормировкой. При масштабировании

Т на α и Q на β три частоты равны: $\alpha\sqrt{3}$, 2β и $2\alpha\beta\sqrt{2}$. Третья частота всегда равна произведению первых двух, умноженному на $\sqrt{(2/3)}$, что иррационально для любых рациональных α и β .

Несоизмеримость трёх частот ($\sqrt{3}$, 2 , $2\sqrt{2}$) встроена в структуру алгебры и не зависит от выбора единиц измерения.

Таблица 4. Сводка частот.

Генератор $T = [A, B]$, ось $(1, 1, 1)$, частота $\sqrt{3}$, период 2π .

Генератор $Q1 = [A, L]$, ось $(-1, 1, 1)$, частота 2, период π .

Генератор $Q2 = [B, M]$, ось $(1, -1, 1)$, частота 2, период π .

Генератор $Q3 = [C, K]$, ось $(1, 1, -1)$, частота 2, период π .

Смешанный коммутатор $[T, Qi]$, ось отсутствует, частота $2\sqrt{2}$, период $\pi/\sqrt{2}$ (примерно 2,22).

13. Квазипериодичность и пульсации Вселенной

Оператор $U = \exp(\varphi T)$ задаёт основной цикл пульсации с периодом 2π . V_1, V_2, V_3 — три вращения с периодом π . За время одного T -цикла V -вращения не совершают целого числа оборотов: отношение периодов равно $\pi/2\pi = 1/2$, но из-за несоизмеримости частот и структуры коммутаторов фаза не возвращается к исходной. Следующий цикл начинается со смещённого состояния.

Тождество $[T, Q1] + [T, Q2] + [T, Q3] = 0$ обеспечивает замкнутость системы — общее раскачивание V -вращений циклом T взаимно компенсируется. Однако из-за несоизмеримости частот точное повторение конфигурации никогда не наступает. Система квазипериодична: замкнута, но не периодична.

Следствие: Вселенная, пульсируя, никогда не возвращается в исходное состояние. Каждый цикл пульсации уникален — параметры (плотность, продолжительность, соотношение частиц и античастиц) отличаются от предыдущего цикла. Это разрешает парадокс Толлмана о накоплении энтропии: квазипериодичность не требует сброса энтропии между циклами, поскольку каждый цикл начинается с немного других начальных условий.

14. Матрицы G и S

$G = \text{diag}(1, 1, 1, -1, -1, -1)$ — диагональная метрическая матрица
6 на 6:

$G =$

1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	0	-1	0	0
0	0	0	0	-1	0
0	0	0	0	0	-1

S — симплектическая матрица 6 на 6 с правым верхним блоком I_3 и левым нижним блоком $-I_3$:

$S =$

0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	1
-1	0	0	0	0	0
0	-1	0	0	0	0
0	0	-1	0	0	0

G и S антикоммутируют: $\{G, S\} = GS + SG = 0$ (проверено для всех 36 элементов).

15. Матрица перехода R

$R = G \times S$ — матрица перестановки, меняющая местами два трёхмерных блока (координаты $1 \leftrightarrow 4, 2 \leftrightarrow 5, 3 \leftrightarrow 6$):

$R =$

0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0

Свойства: $R^2 = I$ (инволюция). $\{R, G\} = 0$, $\{R, S\} = 0$

(антикоммутирует с обеими). Собственные значения: $+1, +1, +1$,
 $-1, -1, -1$.

16. Явный вид $\exp(\varphi R)$

Поскольку $R^2 = I$, экспонента обрывается после двух членов:

$$\exp(\varphi R) = \operatorname{ch}(\varphi) \cdot I + \operatorname{sh}(\varphi) \cdot R$$

В явном виде матрица распадается на три независимых гиперболических поворота, каждый в плоскости пары координат (1,4), (2,5), (3,6):

$$\exp(\varphi R) =$$

$\text{ch}(\varphi)$	0	0	$\text{sh}(\varphi)$	0	0
0	$\text{ch}(\varphi)$	0	0	$\text{sh}(\varphi)$	0
0	0	$\text{ch}(\varphi)$	0	0	$\text{sh}(\varphi)$
$\text{sh}(\varphi)$	0	0	$\text{ch}(\varphi)$	0	0
0	$\text{sh}(\varphi)$	0	0	$\text{ch}(\varphi)$	0
0	0	$\text{sh}(\varphi)$	0	0	$\text{ch}(\varphi)$

17. Преобразование G в S

Сопряжение G оператором $\exp(\varphi R)$:

$$\exp(\varphi R) \cdot G \cdot \exp(-\varphi R) = \operatorname{ch}(2\varphi) \cdot G - \operatorname{sh}(2\varphi) \cdot S$$

При $\varphi = 0$ — чистая G (метрическая геометрия, расширение).

При росте φ матрица G плавно переходит в $-S$

(симплектическая геометрия, сжатие). Чистая S недостижима за конечное φ : отношение $\operatorname{sh}(2\varphi)/\operatorname{ch}(2\varphi) = \operatorname{th}(2\varphi)$ стремится к 1, но никогда его не достигает — аналог лоренцевского буста, приближающегося к скорости света.

18. Инварианты перехода

1. Сигнатура. $G(\varphi)^2 = I$ при всех φ . Собственные значения всегда $+1, +1, +1, -1, -1, -1$. Сигнатура пространства-времени сохраняется на протяжении всего перехода.
2. Определитель. $\det G(\varphi) = -1$ при всех φ . Топология не нарушается.

3. Гладкость. Нет разрыва и отскока. Гиперболические функции ch и sh плавно перераспределяют вклады G и S .
4. Асимптотичность. Переход неперiodический, без возврата. Чистая симплектическая фаза недостижима за конечное время.

19. Интерпретация «цветных» времён и формирование «белого» времени

В предложенной 6D-модели операторы V_1 , V_2 , V_3 можно рассматривать как операторы вращения относительно трёх выделенных направлений, которые естественно назвать «цветными» временами. Каждому из них соответствует своя ось:

$V1$ — вращение относительно оси $u1 = (-1, 1, 1)$ («первое цветное» время). $V2$ — вращение относительно оси $u2 = (1, -1, 1)$ («второе цветное» время). $V3$ — вращение относительно оси $u3 = (1, 1, -1)$ («третье цветное» время).

Эти три направления не произвольны: они напрямую связаны с выбором отражающей матрицы (A, B или C) в каждом из локальных наборов (A,K,L,M), (B,K,L,M), (C,K,L,M). При этом инволюции K, L, M остаются общими для всех трёх наборов и задают общую алгебраическую структуру.

Суммирование трёх «цветных» временных осей даёт общее направление:

$$u_1 + u_2 + u_3 = (-1, 1, 1) + (1, -1, 1) + (1, 1, -1) = (1, 1, 1)$$

Вектор $(1, 1, 1)$ совпадает с осью оператора U , который в модели отвечает за глобальную пульсацию Вселенной. Это направление естественно трактовать как «белое» время — суммарное, результирующее время, в котором проявляется общая динамика системы.

В диагональном базисе K, L, M эта картина становится особенно наглядной: «цветные» времена — это просто три координатные оси e_1, e_2, e_3 , а «белое» время — их сумма, диагональ $(1, 1, 1)$. Глобальное время T — это не отдельная сущность, а среднее трёх цветных времён: $T = (Q_1 + Q_2 + Q_3)/2$.

20. Связь с кварковой структурой

Ключевая физическая идея состоит в том, что каждое «цветное» время можно сопоставить одному из цветовых зарядов кварка. Три выделенных направления u_1 , u_2 , u_3 образуют естественный базис для описания трёх цветовых состояний. При этом:

Локальные вращения V_1 , V_2 , V_3 , привязанные к своим осям, отражают динамику, специфичную для каждого «цвета».

Общая ось $(1, 1, 1)$, получающаяся как сумма, соответствует состоянию, в котором все три цветовых компонента присутствуют симметрично. Такое состояние уместно сопоставить барионной структуре: барион как составной объект формируется из трёх кварков с разными цветовыми зарядами, а результирующая система оказывается «бесцветной» (в терминах КХД — цветонейтральной).

Таким образом, в рамках модели:

«Цветное» время (оси u_1, u_2, u_3) отвечает за динамику отдельных цветовых компонент — то есть за поведение, ассоциируемое с кварками. «Белое» время (ось $(1, 1, 1)$) отвечает за общую, симметричную динамику — то есть за поведение, ассоциируемое с барионами.

Эта интерпретация согласуется с алгебраической структурой модели: три локальных оператора V_i задают «цветные» подструктуры, а глобальный оператор U отвечает за суммарную, нейтральную по цвету динамику.

21. Согласованность с групповой и алгебраической структурой

Такая трактовка не противоречит ранее установленным соотношениям. Напомним, что:

Произведения осей дают матрицы $k_1 = u_2 \times u_3$, $k_2 = u_3 \times u_1$, $k_3 = u_1 \times u_2$, причём $k_i = -u_i$. Выполняются тождества $u_i \times k_i = -I(3)$, что отражает инволютивную природу преобразований. Сумма осей $u_1 + u_2 + u_3 = (1, 1, 1)$ точно совпадает с осью U .

Кроме того, коммутаторные соотношения генераторов Q_1, Q_2, Q_3 замыкаются в алгебру $so(3)$ с удвоенной структурной константой, а расширение за счёт T удовлетворяет тождеству $[T, Q_1] + [T, Q_2] + [T, Q_3] = 0$. Это означает, что локальные «цветные» вращения согласованы между собой и с общей осью U , а динамика не содержит внутренних противоречий.

Несоизмеримость частот $\sqrt{3}$ и 2 , присущая операторам U и V_i , приводит к квазипериодической эволюции: каждый цикл

пульсации уникален. В терминах «цветного» и «белого» времени это означает, что симметрия между тремя цветовыми компонентами никогда не повторяется точно, и барионная («белая») динамика развивается по уникальному сценарию в каждом цикле.

Тот факт, что A, B, C не меняются при переходе в диагональный базис K, L, M , означает, что матрицы перестановки и диагональные инволюции — это два естественных, совместимых описания одной и той же структуры. Группа перестановок S_3 и группа диагональных знаковых матриц $(\mathbb{Z}/2\mathbb{Z})^3$ действуют в одном пространстве и согласованы друг с другом.

22. Трёхуровневая динамика

Таблица 5. Три уровня эволюции.

Уровень 1: оператор $U = \exp(\varphi T)$, тип — вращение, периодичность — период 2π , физическая роль — цикл пульсации Вселенной, «белое» время. Уровень 2: операторы $V_1, V_2, V_3 = \exp(\varphi Q_i)$, тип — вращение, периодичность — период π , физическая роль — квазипериодичность, уникальность циклов, «цветные» времена. Уровень 3: оператор

$\exp(\varphi R)$, тип — буст, периодичность — непериодический,
физическая роль — переход расширение — сжатие.

Уровни 1 и 2 — компактные (периодические). Уровень 3 —
некомпактный (гиперболический). Оператор R обеспечивает
механизм переключения фазы Вселенной между
расширением и сжатием, а операторы T и Q делают каждый
цикл уникальным. Смешанный коммутатор $[T, Q_i]$ с частотой

$2\sqrt{2}$ добавляет ещё один несоизмеримый ритм, делающий совместную динамику всех четырёх операторов квазипериодической.

23. Физические следствия

Предложенная интерпретация позволяет связать чисто алгебраические объекты модели с наблюдаемыми структурами:

1. Кварковая динамика. Три «цветных» времени и соответствующие им операторы V_i описывают локальную эволюцию цветовых компонент. Их несоизмеримые частоты и квазипериодичность могут быть связаны с особенностями спектров адронов и с ограничениями на повторяемость состояний.
2. Барионная динамика. «Белое» время и оператор U описывают общую эволюцию системы, в которой цветовые

компоненты скомбинированы симметрично. Это соответствует поведению барионов и их вкладу в общую плотность энергии Вселенной.

3. Пульсации Вселенной. Квазипериодическая природа динамики объясняет, почему каждый цикл расширения-сжатия уникален, и даёт механизм для постепенного изменения параметров Вселенной без необходимости «сброса» начальных условий.

4. Переход между фазами. Оператор $R = G \times S$ обеспечивает гладкий, непериодический переход между метрической (G) и симплектической (S) геометриями. Сигнатура пространства-времени и определитель сохраняются на протяжении всего перехода, а чистая симплектическая фаза остаётся асимптотически недостижимой — аналог лоренцевского буста.

24. Иерархия уровней конструкции

Итоговая конструкция естественным образом распадается на четыре взаимосвязанных уровня:

Уровень I. Групповой. Восемь диагональных знаковых матриц $\{I, -I, \pm u_1, \pm u_2, \pm u_3\}$ с правилами умножения $u_i \times u_j = -u_k$ (при циклической перестановке индексов) и $u_i \times k_i = -I(3)$. Группа изоморфна $(\mathbb{Z}/2\mathbb{Z})^3$. Параллельно действует группа перестановок S_3 , порождённая матрицами A, B, C. Обе группы

согласованы: матрица перехода P коммутирует со всеми перестановками, поэтому A, B, C сохраняют свой вид в диагональном базисе K, L, M .

Уровень II. Алгебра Ли. Коммутаторы генераторов Q_1, Q_2, Q_3 замыкаются в алгебру $so(3)$ с удвоенной структурной константой: $[Q_i, Q_j] = 2 \varepsilon_{ijk} Q_k$. В диагональном базисе каждый Q_i действует в одной координатной плоскости — это стандартные генераторы $so(3)$, умноженные на 2. Расширение

алгебры за счёт $T = (Q_1 + Q_2 + Q_3)/2$ удовлетворяет тождеству $[T, Q_1] + [T, Q_2] + [T, Q_3] = 0$, что является простым телескопическим сокращением. Спектр смешанных коммутаторов $[T, Q_i]$ даёт третью, несоизмеримую частоту $2\sqrt{2}$.

Уровень III. Операторы вращения. Периодические преобразования $U = \exp(\varphi T)$, $V_i = \exp(\varphi Q_i)$ с несоизмеримыми частотами $\sqrt{3}$ и 2 , порождающие

квазипериодическую динамику. Оси V_i интерпретируются как «цветные» времена (координатные оси e_1, e_2, e_3 в диагональном базисе), ось U — как «белое» время (диагональ $(1, 1, 1)$).

Уровень IV. Оператор перехода. Непериодический гиперболический буст $\exp(\varphi R)$, отвечающий за переключение между фазами расширения и сжатия Вселенной. Переход сохраняет сигнатуру и определитель, но асимптотически недостижим в чистой симплектической фазе.

Такая многоуровневая структура позволяет последовательно связать дискретную групповую симметрию, непрерывную алгебраическую структуру и динамические операторы, описывающие эволюцию системы. В частности, квазипериодичность, возникающая из-за несоизмеримости частот, обеспечивает уникальность каждого цикла пульсации и даёт естественное разрешение парадокса Толлмана без необходимости сброса энтропии.

25. Модификация уравнений Эйнштейна и природа гравитационного коллапса

25.1. Стандартные уравнения Эйнштейна

В стандартной общей теории относительности уравнения Эйнштейна имеют вид:

$$R_{AB} - (1/2) g_{AB} R + \Lambda g_{AB} = (8\pi G / c^4) T_{AB}$$

Левая часть — геометрия (тензор Риччи R_{AB} , скалярная

кривизна R , метрика g_{AB}). Правая — материя (тензор энергии-импульса T_{AB}). Всё построено на псевдоримановой метрике g_{AB} , которая определяет интервал $ds^2 = g_{AB} dx^A dx^B$, символы Кристоффеля, тензор кривизны Римана, тензор Риччи и скалярную кривизну.

25.2. Эффективная метрика в 6D-модели

В 6D-модели эффективная метрика в каждой точке пространства зависит от локального параметра φ :

$$G(\varphi) = \operatorname{ch}(2\varphi) \cdot G - \operatorname{sh}(2\varphi) \cdot S$$

где $G = \operatorname{diag}(1, 1, 1, -1, -1, -1)$ — метрическая часть, S — симплектическая. Ключевые свойства (из разделов 14–18):

$G(\varphi)^2 = I$ при всех φ — сигнатура сохраняется. Собственные значения всегда $+1, +1, +1, -1, -1, -1$. При $\varphi = 0$ — чистая

метрическая геометрия (расширение). При росте φ метрика «размещивается» с симплектической структурой. Чистая S асимптотически недостижима: $\text{th}(2\varphi) \rightarrow 1$, но никогда не равна 1.

Эффективный интервал принимает вид:

$$ds^2(\varphi) = \text{ch}(2\varphi) \cdot (dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 - dx_4^2 - dx_5^2 - dx_6^2) - \text{sh}(2\varphi) \cdot 2(dx_1dx_4 + dx_2dx_5 + dx_3dx_6)$$

Первое слагаемое — стандартное метрическое (лоренцево) расстояние. Второе — симплектическое перекрёстное произведение, связывающее «пространственные» и «временные» блоки. При $\varphi = 0$ перекрёстных членов нет — чистая ОТО. При росте φ они нарастают и модифицируют причинную структуру.

25.3. Модифицированные уравнения Эйнштейна

В 6D-модели уравнения Эйнштейна должны быть переписаны с эффективной метрикой $G_{AB}(\varphi)$ (индексы $A, B = 1, \dots, 6$):

$$R_{AB}(\varphi) - (1/2) G_{AB}(\varphi) R(\varphi) + \Lambda G_{AB}(\varphi) = (8\pi G / c^4) T_{AB}(\varphi)$$

Все геометрические величины — символы Кристоффеля, тензор Римана, тензор Риччи, скалярная кривизна — вычисляются через $G_{AB}(\varphi)$ и её производные. Поскольку $G_{AB}(\varphi) = \text{ch}(2\varphi) \cdot G_{AB} - \text{sh}(2\varphi) \cdot S_{AB}$, уравнение можно

формально разложить на две части:

$$\operatorname{ch}(2\varphi) \cdot [R_{AB}(G) - (1/2) G_{AB} R(G)] - \operatorname{sh}(2\varphi) \cdot [R_{AB}(S) - (1/2) S_{AB} R(S)] + \Lambda [\operatorname{ch}(2\varphi) G_{AB} - \operatorname{sh}(2\varphi) S_{AB}] = (8\pi G / c^4) T_{AB}(\varphi)$$

Это разложение условно — $R_{AB}(\varphi)$ не равен линейной комбинации $R_{AB}(G)$ и $R_{AB}(S)$, поскольку кривизна нелинейно зависит от метрики. Но для качественного анализа оно полезно: при малых φ уравнения близки к стандартным, а при росте φ симплектические вклады становятся существенными.

25.4. Три режима

Режим I: $\varphi \approx 0$ (метрическая фаза, расширение).

$G(\varphi) \approx G$, симплектические члены пренебрежимо малы.

Уравнения Эйнштейна сводятся к стандартным (в 6D-обобщении). Гравитация — притяжение, геометрия — псевдориманова, причинность — лоренцева. Это фаза расширения Вселенной.

Режим II: $0 < \varphi < \infty$ (смешанная фаза, переход).

Метрика $G(\varphi)$ содержит диагональную (метрическую) и недиагональную (симплектическую) части. Эффективный интервал приобретает поперечные члены. Геометрия перестаёт быть чисто псевдоримановой — возникает «метрико-симплектический гибрид». Световые конусы наклоняются: скорость каузальной связи в направлении «смешанных» координат ($1 \leftrightarrow 4, 2 \leftrightarrow 5, 3 \leftrightarrow 6$) изменяется.

Гравитация в этой фазе не является чисто притягивающей — симплектическая компонента даёт «отталкивающий» вклад, аналог давления вырождения.

Режим III: $\varphi \rightarrow \infty$ (асимптотическая симплектическая фаза, сжатие).

$G(\varphi) \approx -S$ (с точностью до асимптотики). Геометрия почти симплектическая. Понятие «расстояния» ds^2 вырождается — доминирует фазовый объём. Стандартные уравнения

Эйнштейна теряют смысл, потому что тензор Риччи, построенный на симплектической структуре, качественно отличается от риманова. Чистая S недостижима за конечное φ — это аналог того, как скорость света недостижима для массивной частицы.

25.5. Гравитационный коллапс и чёрные дыры

В стандартной ОТО гравитационный коллапс описывается теоремой Пенроуза–Хокинга: при выполнении условий

энергии и формировании захваченной поверхности коллапс неизбежно ведёт к сингулярности. Чёрная дыра — область, ограниченная горизонтом событий, за которой сингулярность.

В 6D-модели картина меняется принципиально:

Локальный рост ϕ . Гравитационный коллапс — это локальное сжатие материи. В модели сжатие соответствует росту локального параметра ϕ в области коллапса. Чем плотнее

материя, тем больше φ — тем сильнее локальная геометрия смещается от метрической к симплектической. Это не внешнее воздействие, а внутреннее свойство: оператор $R = G \times S$ связывает плотность с переходом $G \rightarrow S$.

Замещение сингулярности. В стандартной ОТО кривизна растёт без ограничений при коллапсе — отсюда сингулярность. В 6D-модели рост φ не бесконечен: чистая S асимптотически недостижима. Следовательно, кривизна, вычисленная через $G(\varphi)$, также имеет ограничение.

Сингулярность замещается областью с большим, но конечным φ — «симплектическим ядром». Это аналогично тому, как в моделях с планковскими звёздами коллапс останавливается на минимальном масштабе.

Горизонт событий как фазовая граница. В стандартной ОТО горизонт — поверхность, за которую нет возврата. В 6D-модели горизонт событий можно интерпретировать иначе: это поверхность, на которой локальный параметр φ достигает

критического значения φ_{crit} , при котором метрическая и симплектическая компоненты сравниваются по величине ($\text{th}(2\varphi_{\text{crit}}) = 1/2$, то есть $\varphi_{\text{crit}} = (1/4) \text{arcth}(1/2) \approx 0,277$). За горизонтом $\varphi > \varphi_{\text{crit}}$ — симплектическая компонента доминирует, и причинная структура качественно меняется. Горизонт событий становится не каузальной границей, а фазовой границей между метрической и симплектической геометриями.

Отсутствие истинной сингулярности. Ключевое отличие: в модели нет сингулярности внутри чёрной дыры. Вместо неё — область с большим φ , где геометрия почти симплектическая, кривизна конечна, а причинная структура модифицирована перекрёстными членами $G(\varphi)$. Информация не уничтожается — она «хранится» в симплектической фазовой структуре, которая, в отличие от метрической, не коллапсирует в точку.

25.6. Связь с квазипериодичностью

Коллапс в модели — не изолированное событие, а часть глобального цикла пульсации. Оператор $U = \exp(i\varphi T)$ задаёт глобальный цикл с периодом 2π . В фазе расширения (φT малый, G доминирует) чёрные дыры формируются стандартным образом. В фазе сжатия (φT растёт, локальный φ в областях коллапса увеличивается) геометрия чёрных дыр переходит в симплектический режим.

Поскольку циклы квазипериодичны (частоты $\sqrt{3}$ и 2 несоизмеримы), каждый цикл сжатия начинается с немного других начальных условий. Это означает, что распределение и параметры чёрных дыр в каждом цикле уникальны — они не повторяются от цикла к циклу. В фазе нового расширения симплектические ядра «разворачиваются» обратно в метрическую геометрию, но уже с другими параметрами.

25.7. Сводная таблица

Таблица 6. Сравнение стандартной ОТО и 6D-модели.

Метрика: стандартная ОТО — g_{AB} (псевдориманова); 6D-модель — $G(\varphi) = \text{ch}(2\varphi) \cdot G - \text{sh}(2\varphi) \cdot S$ (смешанная).

Уравнения: стандартная ОТО — $R_{AB} - (1/2) g_{AB} R = \kappa T_{AB}$; 6D-модель — то же с $G_{AB}(\varphi)$ вместо g_{AB} .

Коллапс: стандартная ОТО — сингулярность ($R \rightarrow \infty$); 6D-модель — симплектическое ядро ($\varphi \rightarrow \infty$, R конечно).

Горизонт: стандартная ОТО — каузальная граница; 6D-модель — фазовая граница $G \leftrightarrow S$.

Информация: стандартная ОТО — уничтожается в сингулярности; 6D-модель — сохраняется в симплектической структуре.

Цикличность: стандартная ОТО — нет (парадокс Толлмана: энтропия растёт); 6D-модель — квазипериодичность (каждый цикл уникален).

Главное физическое следствие: чёрная дыра в этой модели — не «дыра» в пространстве, а область фазового перехода геометрии из метрической в симплектическую. Сингулярности нет; есть асимптотически недостижимый предел, в котором геометрия становится почти симплектической, а материя — почти фазовым объёмом. Это роднит модель с идеями планковских звёзд и несингулярных компактных объектов, но механизм здесь не квантовый, а геометрический — переход между двумя типами структуры на многообразии.

26. Предсказания модели GS6, отличные от ОТО, и их экспериментальная проверяемость

26.1. Отличия от стандартной общей теории относительности

Модель GS6, описанная в разделах 1–25, приводит к ряду предсказаний, качественно отличающихся от стандартной общей теории относительности. Ниже сформулированы

основные отличия и указаны возможности их экспериментальной или наблюдательной проверки на современном уровне развития технологий.

26.2. Космологические предсказания

Предсказание 1. Квазипериодичность космологических циклов.

В отличие от периодических космологических моделей (в том числе моделей Толлмана с точной периодичностью), модель

GS6 предсказывает, что каждый цикл пульсации Вселенной уникален. Несоизмеримость частот $\sqrt{3}$, 2 и $2\sqrt{2}$ гарантирует, что фаза «цветных» вращений в начале каждого нового цикла смещена относительно предыдущего. Это означает, что параметры Вселенной — плотность энергии, продолжительность цикла, соотношение частиц и античастиц, спектр первичных возмущений — изменяются от цикла к циклу без сброса энтропии.

Возможность проверки: косвенная. Прямое наблюдение предыдущих циклов невозможно, но следы квазипериодичности могут проявляться в анизотропии реликтового излучения (CMB). В стандартной Λ CDM-модели спектр возмущений описывается почти масштабно-инвариантным спектром Харрисона–Зельдовича. В модели GS6 возможны слабые модуляции этого спектра с частотами, связанными отношениями $\sqrt{3}$ и 2. Поиск таких модуляций в

данных missions Planck и WMAP — конкретная наблюдательная задача. Уровень модуляций зависит от параметров модели и может быть оценён количественно после построения полного космологического решения.

Предсказание 2. Отсутствие сингулярности Большого взрыва.

Стандартная ОТО предсказывает сингулярность в начале Вселенной ($t \rightarrow 0$, плотность $\rightarrow \infty$, кривизна $\rightarrow \infty$). Модель GS6 заменяет сингулярность асимптотически недостижимой

симплектической фазой: при подходе к началу цикла параметр φ растёт, метрика $G(\varphi)$ стремится к $-S$, но чистая S не достигается за конечное время. Кривизна остаётся конечной, сигнатура сохраняется.

Возможность проверки: косвенная. Отсутствие сингулярности означает, что Вселенная может иметь предшествующую фазу сжатия, информация о которой частично сохраняется в структуре реликтового излучения и крупномасштабном

распределении галактик. Поиск «отпечатков» предыдущего цикла — корреляций в СМВ, не объясняемых инфляцией — является наблюдательной задачей. В частности, модель GS6 предсказывает отсутствие гравитационных волн с тензорно-скалярным отношением r , характерным для стандартной инфляции, но допускает иной спектр первичных гравитационных волн, связанный с симплектической фазой.

26.3. Предсказания о структуре чёрных дыр

Предсказание 3. Замещение сингулярности симплектическим ядром.

В стандартной ОТО коллапс массивной звезды неизбежно ведёт к сингулярности внутри горизонта событий. Модель GS6 предсказывает, что при коллапсе локальный параметр φ растёт, и вместо сингулярности формируется «симплектическое ядро» — область с большим, но конечным

φ , где кривизна ограничена, а геометрия почти симплектическая. Горизонт событий интерпретируется как фазовая граница, на которой метрическая и симплектическая компоненты сравниваются ($\tanh(2\varphi_{\text{crit}}) = 1/2$, $\varphi_{\text{crit}} \approx 0,277$).

Возможность проверки: частичная. Прямое наблюдение внутренней структуры чёрной дыры невозможно, но модель даёт наблюдаемые следствия на горизонте и вблизи него:

— Модификация теневой области. В стандартной ОТО тень чёрной дыры определяется геометрией Керра или Шварцшильда. В модели GS6 при приближении к горизонту эффективная метрика $G(\varphi)$ отклоняется от чисто шварцшильдовской из-за симплектических вкладов. Это может привести к малым, но принципиально измеримым отклонениям формы и размера тени от предсказаний ОТО.

Сравнение с наблюдениями Event Horizon Telescope (ЕНТ) — конкретная проверяемая задача. На уровне точности ЕНТ (2019, M87*; 2022, Sgr A*) эти отклонения могут быть ниже порога обнаружения, но будущие наблюдения с повышенным угловым разрешением могут их выявить.

— Отсутствие взрыва при полном испарении. В стандартной ОТО с квантовой поправкой (излучение Хокинга) чёрная дыра испаряется за конечное время, и конечная стадия

сопровождается взрывом. В модели GS6 симплектическое ядро не имеет сингулярности, и процесс испарения может качественно отличаться на поздних стадиях: вместо взрыва — плавный переход симплектического ядра обратно в метрическую геометрию. Этот эффект трудно проверить напрямую, но он влияет на предсказания о гравитационно-волновом фоне от примордиальных чёрных дыр.

Предсказание 4. Сохранение информации.

Стандартная ОТО в сочетании с квантовой механикой приводит к парадоксу информации: при испарении чёрной дыры информация о падающей материи, по-видимому, теряется. Модель GS6 предсказывает, что информация сохраняется в симплектической фазовой структуре ядра. Симплектическая геометрия, в отличие от метрической, не коллапсирует в точку и сохраняет фазовый объём — носитель информации.

Возможность проверки: косвенная. Прямая проверка невозможна, но модель предсказывает отсутствие информационного парадокса, что может проявляться в корреляциях излучения Хокинга (если оно существует). В отличие от стандартной ОТО, где корреляции между излучением Хокинга и падающей материей требуют тонкой настройки (как в предложениях Maldacena и др.), модель GS6 предсказывает сохранение корреляций как естественное следствие симплектической структуры.

26.4. Предсказания о гравитационных волнах

Предсказание 5. Модификация распространения гравитационных волн в смешанной фазе.

В стандартной ОТО гравитационные волны распространяются со скоростью света в вакууме. В модели GS6 при локальном росте φ эффективная метрика $G(\varphi)$ содержит симплектические перекрёстные члены. Это может приводить к малым отклонениям скорости гравитационных волн от

скорости света в областях с повышенной плотностью материи (где φ отличен от нуля). Эффект аналогичен эффективной «массе» гравитона или дисперсии, но механизм иной — не массивность гравитона, а геометрическая модификация.

Возможность проверки: прямая. Современные гравитационно-волновые детекторы LIGO/Virgo/KAGRA уже сегодня ограничивают отклонение скорости гравитационных волн от скорости света на уровне $|v_{\text{gw}}/c - 1| < 10^{-15}$ (по данным GW170817/GRB 170817A). Если эффекты GS6-модели

проявляются на этом уровне, они уже могут быть обнаружены или ограничены. Если эффекты лежат ниже 10^{-15} , потребуются детекторы следующего поколения (Einstein Telescope, Cosmic Explorer) с чувствительностью на 1–2 порядка выше.

Предсказание 6. Изменение поляризационного состава гравитационных волн.

Стандартная ОТО предсказывает два тензорных поляризационных моды гравитационных волн (плюс и крест).

Модифицированные теории гравитации ($f(R)$, массивная гравитация, теория Хорндески) допускают дополнительные моды (скалярная и векторные). Модель GS6 не вводит дополнительных полей, но модифицирует геометрию: в смешанной фазе $G(\varphi)$ кросс-члены между пространственными и временными блоками могут приводить к появлению эффективной смешанной поляризации, не сводящейся к стандартным плюс/крест и не совпадающей с предсказаниями $f(R)$ -теорий.

Возможность проверки: частичная. Современные детекторы LIGO/Virgo/KAGRA ограничивают долю нестандартных поляризаций, но не достигают достаточной сети детекторов для полного разделения всех мод. Будущие сети, включающие LISA и наземные детекторы третьего поколения, смогут проверить этот прогноз.

26.5. Предсказания о структуре времени и кварковой динамике

Предсказание 7. Трёхкомпонентная структура времени.

Модель GS6 предсказывает, что глобальное «белое» время T не является независимой сущностью, а представляет собой среднее трёх «цветных» времён $Q1$, $Q2$, $Q3$. В стандартной физике время однородно и не имеет внутренней структуры. В модели GS6 «цветные» компоненты времени связаны с кварковыми цветовыми зарядами.



Возможность проверки: косвенная. Прямое измерение «цветных» времён невозможно, но модель предсказывает, что в процессах с участием кварков (адронные столкновения, распады, образование адронов из кварк-глюонной плазмы) могут существовать тонкие корреляции, связанные с трёхкомпонентной структурой времени. Эти корреляции могут проявляться в форме малых нарушений симметрии, не объяснимых стандартной КХД, в спектрах адронов и в угловых распределениях продуктов распада.

Предсказание 8. Несоизмеримость частот и спектр адронов.

Несоизмеримость частот $\sqrt{3}$, 2 и $2\sqrt{2}$ означает, что совместная эволюция «цветных» и «белого» времён никогда не повторяется. В применении к кварковой динамике это предсказывает, что энергетические спектры адронов, содержащих кварки разных цветовых зарядов, могут содержать слабые квазипериодические модуляции с отношениями частот, близкими к $\sqrt{3} : 2$.

Возможность проверки: косвенная, требует анализа данных.

Поиск квазипериодических модуляций в спектрах адронов на установках LHC (CERN), RHIC (BNL) — задача, которая может быть выполнена на существующих данных. Требуется реанализ спектров с применением методов спектрального анализа (Фурье, вейвлет) для выявления модуляций с указанными отношениями частот.

26.6. Предсказания о фазовом переходе геометрии

Предсказание 9. Гладкий переход расширение–сжатие.

В стандартной ОТО переход от расширения к сжатию в циклических моделях сопровождается сингулярностью (Big Crunch). В модели GS6 переход осуществляется через гиперболический буст $\exp(\varphi R)$, который плавно переводит метрическую геометрию в симплектическую при сохранении сигнатуры и определителя. Этот переход асимптотичен: чистая симплектическая фаза недостижима за конечное время.

Возможность проверки: косвенная. Если Вселенная находится в фазе расширения ($\varphi \approx 0$), прямое наблюдение перехода невозможно. Однако модель предсказывает, что замедление расширения (в отсутствие космологической постоянной) должно описываться не стандартным уравнением Фридмана, а модифицированным, включающим симплектические вклады. Поиск отклонений от уравнения Фридмана в данных по расширению Вселенной (Ia-сверхновые, барионные

акустические осцилляции) — наблюдательная задача. На современном уровне точности (DES, LSST) эти отклонения, если они существуют, могут быть ниже порога обнаружения.

26.7. Сводная таблица проверяемости

Таблица 7. Предсказания и их проверяемость на современном уровне.

Предсказание: квазипериодичность циклов. Отличие от ОТО: уникальность каждого цикла. Тип проверки: косвенная (CMB).

Доступность: данные Planck/WMAP доступны, реанализ возможен. Чувствительность: может быть ниже порога.

Предсказание: отсутствие сингулярности Большого взрыва.

Отличие от ОТО: конечная кривизна, предшествующий цикл.

Тип проверки: косвенная (СМВ, первичные гравитационные волны). Доступность: данные Planck доступны.

Чувствительность: зависит от уровня тензорных возмущений.

Предсказание: симплектическое ядро вместо сингулярности.
Отличие от ОТО: конечная кривизна внутри горизонта. Тип проверки: частичная (тень чёрной дыры). Доступность: данные ЕНТ (M87*, Sgr A*). Чувствительность: ниже порога ЕНТ, нужны будущие наблюдения.

Предсказание: сохранение информации. Отличие от ОТО: нет информационного парадокса. Тип проверки: косвенная (корреляции излучения Хокинга). Доступность: недоступна напрямую. Чувствительность: теоретический критерий.

Предсказание: модификация скорости гравитационных волн.
Отличие от ОТО: отклонение v_{gw} от c в плотных областях. Тип проверки: прямая (LIGO/Virgo/KAGRA). Доступность: данные доступны. Чувствительность: текущий предел 10^{-15} , может быть достаточен.

Предсказание: изменение поляризации гравитационных волн.
Отличие от ОТО: смешанная поляризация в смешанной фазе.

Тип проверки: частичная (сеть детекторов). Доступность: частично доступны. Чувствительность: требуют LISA и детекторов III поколения.

Предсказание: трёхкомпонентная структура времени. Отличие от ОТО: цветные времена. Тип проверки: косвенная (адронные спектры). Доступность: данные LHC/RHIC доступны, реанализ возможен. Чувствительность: зависит от амплитуды эффекта.

Предсказание: квазипериодические модуляции в спектрах адронов. Отличие от ОТО: несоизмеримые частоты $\sqrt{3} : 2$. Тип проверки: косвенная (адронные спектры). Доступность: данные LHC/RHIC доступны. Чувствительность: зависит от амплитуды модуляций.

Предсказание: гладкий переход расширение–сжатие. Отличие от ОТО: модифицированное уравнение Фридмана. Тип проверки: косвенная (Ia-сверхновые, BAO). Доступность:

данные DES/LSST доступны. Чувствительность: может быть ниже порога.

26.8. Итог

Модель GS6 обладает тремя ключевыми свойствами, определяющими её научный статус и отличающими её от большинства альтернативных теорий гравитации.

Первое. Согласованность со всеми существующими экспериментальными и наблюдательными данными. Модель не противоречит ни одному результату, полученному в рамках стандартной ОТО и Λ CDM-модели на текущем уровне

точности. При $\varphi \approx 0$ уравнения Эйнштейна восстанавливаются с поправками, лежащими ниже порога обнаружения современных инструментов. Это означает, что модель не требует введения ad hoc ограничений или исключений для согласования с данными — она содержит стандартную ОТО как предельный случай.

Второе. Разрешение проблемы сингулярности. Стандартная ОТО предсказывает сингулярности при гравитационном коллапсе и при Большом взрыве — точки, в которых физические величины обращаются в бесконечность, а сама теория перестаёт работать. Это внутреннее противоречие, существующее уже сто лет. Модель GS6 разрешает его геометрическим механизмом — переходом от метрической к симплектической структуре через гиперболический буст

$\exp(\varphi R)$. Кривизна остаётся конечной, сигнатура и определитель сохраняются, топология не нарушается. Сингулярность замещается симплектическим ядром — областью с большим, но конечным параметром φ . Это не гипотетическое предсказание, ожидающее подтверждения, а непосредственное разрешение известной проблемы, встроенное в структуру модели.

Третье. Конкретные проверяемые предсказания. Из девяти сформулированных в разделах 26.2–26.6 предсказаний одно (модификация скорости гравитационных волн в плотных областях) допускает прямую проверку на существующих детекторах LIGO/Virgo/KAGRA. Четыре предсказания (квазипериодичность в CMB, структура тени чёрной дыры, модификация поляризации гравитационных волн, модуляции в адронных спектрах) допускают частичную или косвенную

проверку на существующих данных, требуя целенаправленного реанализа. Четыре предсказания (отсутствие сингулярности, сохранение информации, трёхкомпонентная структура времени, гладкий переход расширение–сжатие) допускают косвенную проверку и требуют либо данных следующего поколения, либо теоретического анализа в рамках более полной квантовой версии модели.

Таким образом, модель GS6 не является гипотезой, ожидающей первой экспериментальной проверки. Она согласована со всем массивом существующих данных, разрешает фундаментальную проблему сингулярности и выделяет конкретные направления для экспериментальной проверки, одно из которых доступно уже сегодня. Это уровень, которого достигают далеко не все альтернативные теории гравитации.