Переходы в геометрии GS6

Аннотация

Предлагается шестимерная модель пространства-времени с сигнатурой $(3,3)$, в которой переход между фазой сжатия и фазой расширения Вселенной описывается как смена вещественной формы алгебры Ли: компактной $\mathfrak{so}(6)$ на расщеплённую $\mathfrak{so}(3,3)$. Метрика пространства интерполируется между евклидовой (I_6) и индекс-разделённой $(\mathrm{diag}(1,1,1,-1,-1,-1))$ формами через

скалярное поле — параметр сигнатуры. Тройка матриц R, G, S, удовлетворяющая алгебре Паули (антикоммутация, циклическое произведение), играет роль структурного каркаса: G задаёт метрику фона, S — симплектическую форму, определяющую потенциальный барьер, R — оператор перехода, связывающий метрику и симплектику. Обнаружено, что единая матрица $T = [A, B] = [B, C] = [C, A]$ управляет вращениями как в пространственном, так и во временном блоках, порождая цветовую симметрию C_3, инвариантную относительно всей конструкции. Введено понятие белого

времени $\tau_w = t_1 + t_2 + t_3$ как инварианта цветовой симметрии и цветных времён t_1, t_2, t_3, связанных с операторами V_1, V_2, V_3. Показано, что эффективная масса параметра сигнатуры обращается в ноль на границах фаз, что делает компактную $\mathfrak{so}(6)$-фазу мгновенной — прямой аналог гипотезы Хартла–Хокинга о нулевой длительности евклидовой фазы. Построено действие и выведено уравнение движения, описывающее баунс «сжатие $\to$ расширение» через смену сигнатуры. Проанализированы физические следствия: три временные скорости наблюдателя, обобщённая причинность, квантовая

нелокальность как локальность в 6D, и существование трёх параллельных реальностей, связанных цветовой симметрией C_3.

---

1. Введение

Модель Хартла–Хокинга [1] описывает рождение Вселенной из «ничего» как переход от евклидова (компактного, $\mathfrak{so}(4)$) режима к лоренцеву ($\mathfrak{so}(3,1)$) через вырождение метрики в точке сингулярности. Ключевая идея: евклидова фаза не имеет

физической длительности — она служит «мостом» между двумя лоренцевыми эпохами сжатия и расширения. Математически это смена вещественной формы алгебры $\mathfrak{so}(4,\mathbb{C})$: компактной $\mathfrak{so}(4)$ на расщеплённую $\mathfrak{so}(3,1)$.

В стандартной космологии этот механизм работает в 4D $(3+1)$, где время одномерно и бустов три. Однако в моделях с многомерным временем [2, 3] возникает вопрос: что происходит, когда временных направлений больше одного? В частности, при сигнатуре $(3,3)$ — три пространственных и три временных измерения — спиновая группа расширяется от

$\mathrm{SL}(2,\mathbb{C})$ до $\mathrm{SL}(4,\mathbb{R})$, а число бустов вырастает с трёх до девяти.

В настоящей работе строится шестимерное обобщение модели Хартла–Хокинга, опирающееся на алгебраическую тройку матриц R, G, S, играющих в 6D ту же структурную роль, что и матрицы Паули в 2D: G — метрика (аналог σ_3), S — симплектическая форма (аналог $i\sigma_2$), R — оператор перехода (аналог σ_1). Показано, что переход между фазами сжатия и расширения реализуется как смена вещественной формы $\mathfrak{so}(6) \leftrightarrow \mathfrak{so}(3,3)$, управляемая динамическим уравнением на параметр сигнатуры. Дополнительно обнаружено, что все

шесть генераторов вращений сводятся к единой матрице T, порождающей цветовую симметрию, которая сохраняет структурную тройку (R, G, S) и совместима с динамикой сигнатурного перехода. Введено различение белого времени (инварианта цветовой симметрии) и трёх цветных времён, что приводит к картине трёх параллельных реальностей, связанных циклической перестановкой.

---

2. Алгебраическая структура

2.1. Тройка R, G, S

Рассмотрим три матрицы 6×6:

$$G = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

$$S = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$R = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Непосредственной проверкой устанавливаются соотношения:

$$G^2 = R^2 = I_6, \quad S^2 = -I_6$$

$$GS = R, \quad RS = -G, \quad GR = S$$

$$\{G, R\} = \{G, S\} = \{R, S\} = 0$$

$$\mathrm{Tr}(G) = \mathrm{Tr}(R) = \mathrm{Tr}(S) = 0$$

Эти тождества воспроизводят алгебру матриц Паули $\{\sigma_1, i\sigma_2, \sigma_3\}$ с точностью до размерности. Тройка (R, G, S) образует алгебру кватернионов и порождает $\mathfrak{su}(2)$ как алгебру Ли.

2.2. Вещественные формы: $\mathfrak{so}(6)$ и $\mathfrak{so}(3,3)$

Условие принадлежности алгебре Ли имеет вид $X^T g + gX = 0$, где g — метрика. Две вещественные формы:

- $\mathfrak{so}(6)$ (компактная): $g = I_6$. Все 15 генераторов антисимметричные. Бустов нет. S входит в алгебру; R и G —

внешние (косетные) операторы.

- $\mathfrak{so}(3,3)$ (расщеплённая): $g = G$. Шесть генераторов — антисимметричные вращения (блочно-диагональные), девять — симметричные бусты (перекрёстные блоки). R входит в алгебру как линейная комбинация бустов: $R = -(bK + bL + bM)$. S — внешний оператор.

Роли R и S **меняются местами** при переходе между формами — в точности как σ_1 и $i\sigma_2$ меняются ролями при переходе $\mathfrak{so}(2) \leftrightarrow \mathfrak{so}(1,1)$ в 2D.

2.3. Генераторы $\mathfrak{so}(3,3)$

Пятнадцать генераторов строятся из шести матриц 3×3 — A, B, C (симметричные перестановочные) и K, L, M (диагональные), удовлетворяющих:

$$A^2 = B^2 = C^2 = K^2 = L^2 = M^2 = I_3$$

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

$$[A, L] = -[A, M] = Q_1, \quad [B, M] = -[B, K] = Q_2, \quad [C, K] = -[C, L]$$

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

Явный вид матриц A, B, C, K, L, M и всех 15 генераторов приведён в Приложении А. Здесь ограничимся структурным описанием.

Шесть вращений: J_i^u (в пространственном блоке, оси 1–3), J_i^d (во временном блоке, оси 4–6), образующие $\mathfrak{so}(3)^u \oplus \mathfrak{so}(3)^d \cong \mathfrak{so}(4)$. Все перекрёстные коммутаторы $[J_i^u, J_j^d] = 0$ — два сектора независимы.

Девять бустов: bA, bB, bC (симметричные блоки), bK, bL, bM (диагональные блоки), bQ_1, bQ_2, bQ_3 (коммутаторные блоки). Каждый имеет вид $\begin{pmatrix} 0 & Y \\ Y^T & 0 \end{pmatrix}$ и удовлетворяет условию $\mathfrak{so}(3,3)$: $X^T G + G X = 0$.

Все 105 коммутаторов замыкаются. Форма Киллинга имеет сигнатуру $(6, 9)$: 6 отрицательных собственных значений (вращения) и 9 положительных (бусты) — стандартная сигнатура расщеплённой формы $\mathfrak{so}(3,3)$.

2.4. Цветовая симметрия и оператор $U = e^{\varphi T}$

Определение матрицы T

Непосредственное вычисление показывает, что три попарных коммутатора симметричных матриц A, B, C дают одну и ту же матрицу:

$$T = [A, B] = [B, C] = [C, A] = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Это не случайно: матрицы A, B, C являются транспозициями в группе перестановок S_3, а их коммутатор порождает циклическую подгруппу C_3.

Алгебраические свойства

Матрица T удовлетворяет соотношениям:

$$T^2 = J - 3I_3, \quad \text{где} \quad J = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$T^3 = -3T$$

Минимальный многочлен: $T(T^2 + 3I_3) = 0$. Собственные значения: $0,\ +i\sqrt{3},\ -i\sqrt{3}$.

Сумма вращений

Сумма всех шести генераторов вращений $\mathfrak{so}(3)^u \oplus \mathfrak{so}(3)^d$ даёт блочно-диагональную матрицу:

$$J_1^u + J_2^u + J_3^u + J_1^d + J_2^d + J_3^d = \begin{pmatrix} T & 0 \\ 0 & T \end{pmatrix}$$

Таким образом, единая матрица T управляет вращениями как в пространственном, так и во временном блоке — в обоих стоит один и тот же генератор. Пространство и время вращаются **синхронно**.

Унитарный оператор $U = e^{\varphi T}$

Поскольку $T^3 = -3T$, экспонента вычисляется в явном виде:

$$U(\varphi) = e^{\varphi T} = I_3 + \frac{\sin(\sqrt{3}\,\varphi)}{\sqrt{3}}\,T + \frac{1 - \cos(\sqrt{3}\,\varphi)}{3}\,T^2$$

Матрица $U(\varphi)$ ортогональна: $U^T U = I_3$, $\det U = 1$, то есть является собственным вращением.

Специальные значения:

φ	$U(\varphi)$	Смысл
0	I_3	Тождественное преобразование
$\frac{2\pi}{3\sqrt{3}}$	$P = AB = BC = CA$	Циклическая перестановка $(1 \to 2 \to 3 \to 1)$
$\frac{2\pi}{\sqrt{3}}$	I_3	Полный период

При $\varphi = \frac{2\pi}{3\sqrt{3}}$ оператор превращается в матрицу циклической перестановки:

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Циклическое действие P на матрицы A, B, C

Матрицы A, B, C связаны циклическими соотношениями:

$$AB = BC = CA = P$$

$$ABC = B, \quad BCA = C, \quad CAB = A$$

Это означает, что P переводит матрицы друг в друга правым умножением:

$$AP = A(AB) = A^2B = B$$

$$BP = B(BC) = B^2C = C$$

$$CP = C(CA) = C^2A = A$$

Таким образом, P циклически переставляет $A \to B \to C \to A$. Поскольку $P = e^{(2\pi/3\sqrt{3})\,T}$, матрица T является генератором этой циклической перестановки, а оператор $U = e^{\varphi T}$ — её непрерывным обобщением.

Действие на спиновую тройку Q_1, Q_2, Q_3

Оператор U действует на Q_1, Q_2, Q_3 сопряжением — вращает тройку Q внутри $\mathfrak{su}(2)$:

$$U \cdot Q_i \cdot U^{-1} = \sum_j R_{ij}(\varphi)\, Q_j$$

где $R_{ij}(\varphi)$ — ортогональная матрица поворота с $\det R = 1$. Таким образом, T является генератором «цветового вращения», циклически переставляющего три спиновых генератора $Q_1 \to Q_2 \to Q_3$.

Шестимерный оператор

В шестимерном пространстве оператор имеет блочно-диагональный вид:

$$\mathcal{U}(\varphi) = \begin{pmatrix} U(\varphi) & 0 \\ 0 & U(\varphi) \end{pmatrix} = \exp\left(\varphi \begin{pmatrix} T & 0 \\ 0 & T \end{pmatrix}\right)$$

Непосредственной проверкой устанавливается, что $\mathcal{U}$ коммутирует со всеми тремя структурными матрицами:

$$[\mathcal{U}, G] = 0, \quad [\mathcal{U}, S] = 0, \quad [\mathcal{U}, R] = 0$$

Это означает, что цветовое вращение является **симметрией**

всей конструкции: оно не нарушает ни метрику, ни симплектику, ни оператор перехода. Одновременно $\mathcal{U}$ коммутирует с полным генератором вращений $\mathrm{diag}(T, T)$.

Физическая интерпретация

Свойство	Физический смысл
$T = [A, B]$ — один генератор для всех шести вращений	Пространство и время вращаются синхронно одной матрицей
$U = e^{\varphi T}$ — циклическое вращение	Три «цвета» (направления) переставляются циклически

$[\mathcal{U}, G] = [\mathcal{U}, S] = [\mathcal{U}, R] = 0$	Цветовая симметрия не нарушает структуру пространства-времени
U вращает $Q_1 \to Q_2 \to Q_3$	Спиновая $\mathfrak{su}(2)$ преобразуется под действием цветового вращения
$P = AB = BC = CA$, $AP = B, BP = C, CP = A$	Циклическая перестановка матриц A, B, C

Матрица T представляет собой генератор цветовой симметрии C_3, циклически переставляющий три

пространственных и три временных направления одновременно. Оператор $U = e^{\varphi T}$ является аналогом фазового множителя $e^{i\varphi}$ в квантовой механике, но для дискретной цветовой симметрии в 6D. Инвариантность структурной тройки (R, G, S) относительно действия $\mathcal{U}$ обеспечивает совместимость цветовой симметрии с динамикой сигнатурного перехода, описанной в разделе 3.

2.5. Белое время и цветные времена

Белое время как инвариант

Матрица T имеет собственный вектор $(1,1,1)^T$ с собственным значением $\lambda = 0$:

$$T \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Это означает, что направление $(1,1,1)$ **инвариантно** относительно действия оператора $U = e^{\varphi T}$ для любого φ. В физических терминах: линейная комбинация

$$\tau_w = t_1 + t_2 + t_3$$

не меняется под действием цветового вращения. Величину τ_w

естественно назвать **белым временем** — это сумма трёх цветных времён, инвариантная относительно цветовой симметрии C_3.

Цветные времена и операторы V_1, V_2, V_3

Индивидуальные временные направления t_1, t_2, t_3 не инвариантны относительно U — цветовое вращение их смешивает. Каждое цветное время связано со своим генератором вращения V_i — стандартными генераторами $\mathfrak{so}(3)^d$ во временном блоке:

$$V_1 = J_1^d, \quad V_2 = J_2^d, \quad V_3 = J_3^d$$

где J_i^d — генераторы временных вращений из раздела 2.3. Их сумма даёт белый оператор:

$$V_1 + V_2 + V_3 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \oplus T$$

то есть матрицу $\mathrm{diag}(0, T)$ в 6D — временной блок матрицы $\mathrm{diag}(T, T)$.

Ключевое различие:

Оператор	Действие	Сохраняет τ_w?
V_1	Вращение в плоскости (t_2, t_3)	Нет
V_2	Вращение в плоскости (t_1, t_3)	Нет
V_3	Вращение в плоскости (t_1, t_2)	Нет

$T = V_1 + V_2 + V_3$	Синхронное вращение всех трёх	**Да**
$U = e^{\varphi T}$	Цветовое вращение	**Да**

Индивидуальные V_i **не** сохраняют белое время — они смешивают цветные времени между собой. Но их сумма T — сохраняет, потому что $(1, 1, 1)$ — собственный вектор T с нулевым собственным значением.

Иерархия операторов

$$V_i \xrightarrow{\text{сумма}} T \xrightarrow{\text{экспонента}} U \xrightarrow{\varphi=2\pi/3\sqrt{3}} P \xrightarrow{\text{действие}} A, B, C$$

Цветные вращения V_i порождают белый оператор T, экспонента T даёт цветовое вращение U, дискретное значение $\varphi = 2\pi/(3\sqrt{3})$ даёт циклическую перестановку P, и P циклически переставляет матрицы A, B, C.

Шестимерное обобщение

Все V_i в 6D-представлении коммутируют со структурной тройкой:

$$[V_i, G] = 0, \quad [V_i, S] = 0, \quad [V_i, R] = 0$$

поскольку V_i действуют только внутри временного блока, а G, S, R имеют блочную структуру, инвариантную относительно таких вращений. Это означает, что переход между цветными временами (через V_i) **не нарушает** структурную тройку (R, G, S) — он переставляет цветные секторы, сохраняя общую геометрию.

3. Динамическая модель

3.1. Анзац: интерполирующая метрика

Введём скалярное поле $\varphi(\tau)$ — параметр сигнатуры — и определим динамическую метрику:

$$g(\varphi) = \cos(\varphi) \cdot I_6 + \sin(\varphi) \cdot G$$

Собственные значения $g(\varphi)$ (каждое кратности 3):

$$\lambda_+ = \sqrt{2} \cdot \cos\left(\varphi - \frac{\pi}{4}\right)$$

$$\lambda_- = \sqrt{2} \cdot \cos\left(\varphi + \frac{\pi}{4}\right)$$

φ	λ_+	λ_-	Сигнатура	Алгебра	Режим
0	$+1$	$+1$	$(6,0)$	$\mathfrak{so}(6)$	Сжатие
$\pi/4$	$+\sqrt{2}$	0	$(3,0,3)$	вырожденная	Перехо
$\pi/2$	$+1$	-1	$(3,3)$	$\mathfrak{so}(3,3)$	Расшир

В точке $\varphi = \pi/4$ три собственных значения обращаются в ноль — метрика вырождается, сигнатура меняется. Это точка фазового перехода между вещественными формами.

3.2. Действие

Действие строится из двух инвариантов, использующих все три матрицы тройки:

$$\mathcal{S}[g] = \int d\tau \left[-\frac{1}{2} \operatorname{Tr}(\dot{g} \cdot G \cdot \dot{g}) + \lambda \operatorname{Tr}^2(g \cdot S) \right]$$

где $\dot{g} = dg/d\tau$, λ — параметр связи.

Кинетический член использует G как фоновую метрику. Поскольку $\dot{g} = \dot{\varphi}(-\sin\varphi \cdot I_6 + \cos\varphi \cdot G)$ и $G^2 = I_6$:

$$\dot{g} \cdot G \cdot \dot{g} = \dot{\varphi}^2 \cdot [G - \sin(2\varphi) \cdot I_6]$$

$$\mathrm{Tr}(\dot{g} \cdot G \cdot \dot{g}) = -6 \cdot \sin(2\varphi) \cdot \dot{\varphi}^{\,2}$$

Потенциальный член использует S как симплектическую форму. Поскольку $G \cdot S = R$:

$$g \cdot S = \cos(\varphi) \cdot S + \sin(\varphi) \cdot R$$

Используя $\{R, S\} = 0$ и $S^2 = -I_6$, $R^2 = I_6$:

$$(g \cdot S)^2 = \left(\sin^2\varphi - \cos^2\varphi\right) \cdot I_6 = -\cos(2\varphi) \cdot I_6$$

$$\mathrm{Tr}\left((g \cdot S)^2\right) = -6 \cdot \cos(2\varphi)$$

Поскольку $\mathrm{Tr}(g \cdot S) = 0$ (в силу $\mathrm{Tr}(S) = \mathrm{Tr}(R) = 0$), линейный инвариант обращается в ноль. Для построения двухямного потенциала (минимумы в обеих фазах) используем квадратичный инвариант:

$$V(\varphi) = 2\lambda \cdot \sin^2(2\varphi) = 2\lambda \cdot \left(1 - \cos^2(2\varphi)\right)$$

φ	$V(\varphi)$	**Физический режим**
0	0 (минимум)	$\mathfrak{so}(6)$ — сжатие
$\pi/4$	2λ (максимум)	Переход сигнатуры

φ	$V(\varphi)$	**Физический режим**
0	0 (минимум)	$\mathfrak{so}(6)$ — сжатие
$\pi/4$	2λ (максимум)	Переход сигнатуры
$\pi/2$	0 (минимум)	$\mathfrak{so}(3,3)$ — расширение

3.3. Уравнение движения

Подставляя анзац в действие, получаем эффективный лагранжиан:

$$\mathcal{L} = 3 \cdot \sin(2\varphi) \cdot \dot{\varphi}^2 - 2\lambda \cdot \sin^2(2\varphi)$$

Уравнение Эйлера–Лагранжа:

$$\frac{d}{d\tau}[\sin(2\varphi) \cdot \dot{\varphi}] = -\frac{4\lambda}{3} \cdot \sin(2\varphi) \cdot \cos(2\varphi)$$

В раскрытом виде:

$$\sin(2\varphi) \cdot \ddot{\varphi} + 2 \cdot \cos(2\varphi) \cdot \dot{\varphi}^2 = -\frac{4\lambda}{3} \cdot \sin(2\varphi) \cdot \cos(2\varphi)$$

3.4. Эффективная масса

Коэффициент при $\dot{\varphi}^2$ в лагранжиане равен $m_{\text{eff}} = 3 \cdot \sin(2\varphi)$. Его поведение:

Режим	φ	m_{eff}	Динамика
$\mathfrak{so}(6)$	≈ 0	≈ 0	Система заморожена
Переход	$\pi/4$	3 (максимум)	Максимальная динамика

$\mathfrak{so}(3,3)$	$\approx \pi/2$	≈ 0	Система заморожена

Обращение m_{eff} в ноль на обеих границах фаз означает, что $\dot{\varphi} \to \infty$ при приближении к $\varphi = 0$ или $\varphi = \pi/2$. Система проходит через компактную $\mathfrak{so}(6)$-фазу за нулевое время.

---

4. Космологическая интерпретация

4.1. Баунс: сжатие $\to$ расширение

Поскольку $m_{\text{eff}} \to 0$ при $\varphi \to 0$, $\mathfrak{so}(6)$-фаза имеет нулевую длительность. Отскок происходит мгновенно — в полном соответствии с идеей Хартла–Хокинга о том, что евклидова фаза не имеет физической длительности, а служит «мостом» между двумя лоренцевыми эпохами.

4.2. Сравнение с 4D-моделью Хартла–Хокинга

Параметр	4D (Хартл–Хокинг)	6D (настоящая модель)
Сигнатура лоренцевой фазы	$(3,1)$	$(3,3)$
Сигнатура евклидовой фазы	$(4,0)$	$(6,0)$

Переход алгебры	$\mathfrak{so}(4) \to \mathfrak{so}(3,1)$	$\mathfrak{so}(6) \to \mathfrak{so}(3,3)$
Спиновая группа (лоренцева)	$\mathrm{SL}(2,\mathbb{C})$	$\mathrm{SL}(4,\mathbb{R})$
Спинор	2 комплексных	4 вещественных
Вращений	3	6 $(\mathfrak{so}(3) \oplus \mathfrak{so}(3))$
Бустов	3	9

Длительность евклидовой фазы	0	0
Структурная тройка	—	(R, G, S)
Цветовая симметрия	—	C_3, генератор T
Белое время	—	$\tau_w = t_1 + t_2 + t_3$

Ключевое отличие 6D-модели: в 4D время одномерно и бустов три — расширение однородно. В 6D $(3,3)$ бусты образуют матрицу 3×3 — расширение анизотропно и управляется

девятью независимыми параметрами. Это означает, что различные пространственные направления могут расширяться с разными «скоростями» относительно различных временных направлений.

4.3. Роль тройки (R, G, S)

Матрица	Роль в действии	Физический смысл
G	Фон в кинетике: $\mathrm{Tr}(\dot{g} \cdot G \cdot \dot{g})$	Метрика, задающая направление эволюции
S	Источник потенциала: $\mathrm{Tr}((g \cdot S)^2)$	Симплектическая структура, определяющая барьер
R	Неявно: $G \cdot S = R$	Оператор перехода, склеивающий фазы

Все три матрицы необходимы. G задаёт кинематику, S — динамику (потенциал), R — связь между ними через тождество $G \cdot S = R$. Удаление любой из них разрушает конструкцию.

4.4. «Цветные времени» и временной спин

Наличие $\mathfrak{so}(3)^d$ — вращений внутри временного блока (оси 4–6) — вводит новый квантовый момент: **временной спин**. Частица в 6D несёт два независимых спиновых числа: пространственный спин (привычный, генерируемый J_i^μ) и временной спин (генерируемый J_i^d). Эти сектора

коммутируют: $[J_i^u, J_j^d] = 0$.

Три временных направления можно интерпретировать как «цветные времени» — каждое из них связано с одной из трёх подалгебр $\mathfrak{so}(3)^d$. Вращения внутри времени переставляют эти «цвета», а бусты смешивают их с пространственными направлениями. Как показано в разделе 2.4, цветовая симметрия C_3, порождаемая матрицей T, переставляет «цвета» циклически и одновременно в пространстве, и во времени, сохраняя при этом структурную тройку (R, G, S) инвариантной.

4.5. Система отсчёта наблюдателя и три временные скорости

Три скорости

В (3,1) наблюдатель описывается одной скоростью — вектором $v = (v_1, v_2, v_3)$, или, в релятивистских терминах, одним параметром быстроты $\beta = v/c$. Буст — это поворот в плоскости (x_i, t). Три буста = три компоненты скорости.

В (3,3) бусты образуют матрицу 3×3:

$$\beta = \begin{pmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \beta_{13} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \beta_{23} \\ \beta_{31} & \beta_{32} & \beta_{33} \end{pmatrix}$$

Каждый β_{ij} — это «скорость» смешивания i-го пространственного направления с j-м временным. Но наблюдатель, движущийся вдоль одной мировой линии, испытывает **три независимые временные компоненты скорости**:

$$u_1 = \frac{dt_1}{d\tau}, \quad u_2 = \frac{dt_2}{d\tau}, \quad u_3 = \frac{dt_3}{d\tau}$$

где τ — собственный параметр (аналог собственного времени). Если наблюдатель «движется» преимущественно вдоль t_1 (наше обычное время), то $u_1 \approx 1$, а u_2 и u_3 — малые отклонения, которые мы не замечаем в обычных условиях.

Физическое следствие: скорость наблюдателя — это не вектор, а **матрица**. Разные наблюдатели могут иметь одинаковые пространственные скорости, но разные «временные скорости» — то есть двигаться по-разному в t_2 и t_3, оставаясь неподвижными в t_1.

Что такое «наблюдатель» в (3,3)

Наблюдатель — это мировая линия в 6D, параметризованная собственным параметром τ. Его состояние описывается тремя временными скоростями:

$$u_1 = \frac{dt_1}{d\tau}, \quad u_2 = \frac{dt_2}{d\tau}, \quad u_3 = \frac{dt_3}{d\tau}$$

Нормировка: $u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 - v_1^2 - v_2^2 - v_3^2 = 1$ (для времениподобных траекторий).

Обычный наблюдатель (мы с вами): $u_1 \approx 1, u_2 \approx 0, u_3 \approx 0, v \approx 0$. Мы «течём» вдоль t_1 и не воспринимаем t_2, t_3.

«Сдвинутый» наблюдатель: тот, у кого $u_2 \neq 0$. Он движется в t_2 — для нас это выглядит как частица, которая то появляется, то исчезает (или находится в суперпозиции), потому что мы не видим её t_2-координату.

Принцип относительности обобщается

Два наблюдателя могут:

- Иметь разные u_1 — обычная относительность (как в 4D)

- Иметь разные u_2 или u_3 — **новый тип относительности**: они не согласны не только об одновременности, но и о **самом наличии событий**

Событие, существующее для t_2-движущегося наблюдателя, может **не существовать** для t_1-стационарного — просто потому, что оно лежит в другой «полосе» t_2, которую стационарный наблюдатель не пересекает.

4.6. Относительность одновременности и обобщённая причинность

Иерархия одновременности

В (3,1) два события одновременны, если $\Delta t = 0$. Для движущегося наблюдателя одновременность — это 3D-плоскость, наклонённая к плоскости покоящегося наблюдателя.

В (3,3) «одновременность» распадается на **три независимых понятия** — по одному на каждое время:

$$\Delta t_1 = 0, \quad \Delta t_2 = 0, \quad \Delta t_3 = 0$$

Поверхность одновременности — это не 3D-плоскость, а **5D-**

гиперповерхность, и её структура зависит от всех трёх временных компонент скорости наблюдателя.

Два события могут быть:

- Одновременны в t_1, но не в t_2
- Одновременны в t_2, но не в t_1
- Одновременны во всех трёх временах (абсолютно одновременны)
- Не одновременны ни в одном (абсолютно упорядочены)

Это создаёт **иерархию одновременности**. То, что мы называем «одновременностью» в эксперименте, — это одновременность по t_1 (нашему обычному времени). Но два события, разделённые в t_1, могут быть одновременны в t_2 или t_3 — и поэтому **причинно связанными через эти временные направления**.

Три причинных режима

Метрика (3,3):

$$ds^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 - dt_1^2 - dt_2^2 - dt_3^2$$

Нулевая поверхность $ds^2 = 0$ — это не один конус, а гораздо более сложная поверхность в 6D. В частности, условие

$$|x|^2 = |t|^2$$

допускает «нулевые» пути, которые движутся в одном времени и покоятся в другом. Например, свет может распространяться вдоль t_2, оставаясь в фиксированной точке t_1. С точки зрения наблюдателя, живущего в t_1, этот сигнал **прибыл мгновенно** — хотя он прошёл конечное расстояние в t_2.

Направление	Тип распространения	Что видит t_1 -наблюдатель
Вдоль t_1	Обычная причинность	Конечная скорость c
Вдоль t_2	«Параллельное время»	Мгновенно ($\Delta t_1 = 0$)
Вдоль t_3	«Третье время»	Мгновенно ($\Delta t_1 = 0$)

Причинность не нарушается — она **обобщается**: событие A

может причинно влиять на событие B через t_2, даже если в t_1 они одновременны или даже B предшествует A.

4.7. Квантовая нелокальность и телепортация

Суть проблемы

Эксперименты Цайлингера [4, 5] и белловские тесты [6] показывают: две запутанные частицы, разделённые макроскопическим расстоянием, коррелируют **мгновенно** в t_1. В стандартной квантовой механике это объясняется нелокальностью волновой функции, но без механизма —

просто констатируется факт.

Объяснение в рамках GS6

В модели (3,3) запутанные частицы могут быть **разделены в t_1 -пространстве, но соединены в t_2- или t_3-пространстве**.

Конкретный механизм:

1. **Создание запутанной пары** — две частицы рождаются в одной точке 6D-пространства. В t_1 они затем разлетаются на большое расстояние $|\Delta x|$. Но в t_2 и t_3 они остаются **связанными** — например, их координаты в $(x_1, x_2, x_3; t_2, t_3)$

остаются коррелированными.

2. **Измерение одной частицы** — акт измерения локализует состояние частицы 1 в t_1. Это локальное событие в t_1, но оно также **сдвигает** координату в t_2 или t_3 — потому что измерение — это взаимодействие, происходящее во всех шести измерениях.
3. **Мгновенная корреляция** — поскольку частицы коррелированы в t_2, сдвиг в t_2 для частицы 1 мгновенно отражается на частице 2 — **в** t_1 **оба события происходят одновременно**, потому что сигнал прошёл через t_2, где

$\Delta t_1 = 0.$

4. **С точки зрения t_1-наблюдателя** — корреляция выглядит «мгновенной» и нелокальной. Но с точки зрения полного 6D-описания — это **локальное распространение сигнала через t_2 или t_3** с конечной скоростью в этих временных направлениях.

Аналогия с wormhole

Механизм аналогичен кротовой норе, но **во времени**, а не в пространстве. Две точки, далёкие в t_1, могут быть близкими в t_2. Сигнал идёт «коротким путём» через t_2, и для t_1 -наблюдателя это выглядит как телепортация.

Белловские неравенства

Ключевой момент: белловские тесты показывают, что квантовые корреляции **не могут быть объяснены локальными скрытыми параметрами** в (3,1). Но в (3,3)

определение «локальности» меняется. Две частицы, нелокальные в (x, t_1), могут быть **локальными** в полном 6D — если они близки в (x, t_2, t_3). Белловские неравенства нарушаются, потому что они предполагают (3,1)-локальность, а реальная локальность — 6D.

4.8. Предсказания, проверяемые экспериментально

4.8.1. Зависимость корреляции от гравитационного потенциала

Если запутанность действительно проходит через t_2, то

гравитационный потенциал (искривляющий все шесть измерений) должен влиять на степень корреляции. Предсказание: белловские корреляции должны слабеть в сильных гравитационных полях, потому что t_2 и t_3 искривляются и «короткий путь» удлиняется.

4.8.2. Анизотропия запутанности

Если три времени связаны с тремя «цветами» (через матрицу T и оператор $U = e^{\varphi T}$), то корреляции запутанных частиц должны проявлять **циклическую симметрию** C_3 —

периодичность в угле цветового вращения φ с периодом $2\pi/(3\sqrt{3})$. Это можно проверить, создавая запутанные пары с разной ориентацией спинов и измеряя корреляцию как функцию угла.

4.8.3. «Временная интерференция»

Если частица имеет ненулевые u_2 или u_3, то её траектория в t_1 должна проявлять **интерференционные эффекты** — осцилляции, связанные с фазой в t_2 или t_3. Это аналогично квантовой интерференции, но «во времени» — и может

проявляться как осцилляции вероятности с периодом, связанным с $2\pi/\sqrt{3}$ (период оператора U).

4.9. Сводка физических следствий

Явление	4D (3,1)	6D (3,3) — GS6
Скорость наблюдателя	Вектор (3 компоненты)	Матрица 3×3 (9 компонент)
Временные скорости	1 ($dt/d\tau$)	3 ($dt_1/d\tau, dt_2/d\tau, dt_3/d\tau$)

Одновременность	Одна гиперплоскость	Три независимые — по одной на каждое время
Световой конус	Один конус	Три «сечения» — в каждом времени свой конус
Причинность	Строгая (стрелы времени)	Обобщённая — сигнал может идти через t_2, t_3

Квантовая нелокальность	Постулируется	Объясняется: сигнал через t_2 или t_3, где $\Delta t_1 = 0$
Белловские неравенства	Нарушаются (нелокальность)	Не нарушаются (6D-локальность)
Запутанность	Нелокальная корреляция	Локальная в 6D — частицы близки в t_2, t_3
Скрытые параметры	Невозможны (Белл)	Возможны в 6D (локальны в t_2, t_3)

Телепортация	«Мгновенная передача состояния»	Передача через t_2/t_3 с $\Delta t_1 = 0$
Принцип относительности	Один параметр (скорость)	Два новых параметра (u_2, u_3)

4.10. Параллельные реальности: механизм расхождения

Почему в (3,1) это невозможно

В стандартном (3+1) все наблюдатели, как бы они ни двигались, согласны о **причинной структуре**: если событие A причинно предшествует B (внутри светового конуса), никакой буст не поменяет их порядок. Разные наблюдатели видят одно и то же дерево истории — только с разных ракурсов.

Почему в (3,3) это меняется

В (3,3) причинность определяется **тремя** временными направлениями. Событие, которое лежит в прошлом наблюдателя #1 (движущегося вдоль t_1), может лежать **вне**

причинной области наблюдателя #2 (движущегося вдоль t_2).

Конкретно: некоторое историческое событие — точка в 6D. Для наблюдателя #1 ($u_1 \approx 1, u_2 \approx 0$) она в прошлом. Для наблюдателя #2 ($u_1 \approx 0, u_2 \approx 1$) — та же точка может лежать в **другом сечении** t_2-одновременности, и его «история» — это другая последовательность событий в 6D.

Дело не в том, что наблюдатель #2 «не знает» о событии. Дело в том, что его мировая линия в 6D проходит через **другое множество событий** — его causal past — это другая область

6D-пространства-времени.

4.11. Три уровня параллельности

Модель GS6 допускает три разных типа расхождения реальностей, от слабого к сильному:

Уровень 1: Разные сечения одновременности

Наблюдатели #1 и #2 движутся с разными u_2. Они видят одно и то же множество событий, но **в разном порядке**. Аналог — два наблюдателя в СТО, спорящих о том, какое из двух удалённых

событий произошло раньше. Только теперь это не мелкое расхождение в наносекундах, а **разные исторические последовательности**.

Уровень 2: Разные causal pasts

Наблюдатель #2 имеет значительное u_2. Его causal past — это конус, наклонённый в t_2, и он включает **другие события**, не входящие в causal past наблюдателя #1. Буквально: существуют события, которые #1 помнит, а #2 — нет, потому что они лежат вне его причинного прошлого. И наоборот.

Это уже не «другая интерпретация» — это **другое множество пережитых событий**.

Уровень 3: Разные ветви 6D-геометрии

Если динамика сигнатурного перехода (раздел 3) допускает **несколько путей** эволюции метрики $g(\varphi)$ из $\mathfrak{so}(3,3)$ через $\mathfrak{so}(6)$ и обратно, то каждый путь — это отдельная «история Вселенной». Наблюдатели, живущие на разных путях, видят разные истории. Это аналог многомировой интерпретации Эверетта, но с **геометрическим механизмом**: ветвление

происходит не в пространстве состояний, а в **структуре пространства-времени**.

4.12. Цветовая симметрия как механизм ветвления

Три цветных сектора

Оператор $U = e^{\varphi T}$ циклически переставляет три цвета (три временных направления). Если φ принимает значения $0, \frac{2\pi}{3\sqrt{3}}, \frac{4\pi}{3\sqrt{3}}$ — три точки, соответствующие трём циклическим перестановкам P^0, P^1, P^2 — то каждый наблюдатель может находиться в одном из трёх «цветовых секторов»:

Сектор	Цветовое вращение	Доминирующее время	История
$P^0 = I_3$	$\varphi = 0$	t_1	«Наша» история
P^1	$\varphi = \frac{2\pi}{3\sqrt{3}}$	t_2	Другая история
P^2	$\varphi = \frac{4\pi}{3\sqrt{3}}$	t_3	Третья история

Цветовая симметрия C_3 гарантирует, что все три сектора **физически эквивалентны** — законы физики в них одинаковы. Но конкретные события, их последовательность и исходы — разные, потому что каждое время «нарезает» 6D-геометрию по-своему.

Белое время как общий фон

Белое время $\tau_w = t_1 + t_2 + t_3$ является инвариантом цветовой симметрии — оно сохраняется во всех трёх секторах. Это означает, что все три параллельные реальности **сосуществуют**

в одном белом времени — они не разнесены во времени, а сосуществуют одновременно в τ_w. Разделение между ними — не временное, а **цветовое**: каждый сектор «окрашен» своим временем t_i, и переход между секторами осуществляется операторами V_i, а не U.

Переходы между секторами

Индивидуальные операторы V_i (а не их сумма T) осуществляют переходы между цветными секторами. Поскольку V_i **не** сохраняют белое время, переход между

секторами сопровождается перераспределением «временного веса» между t_1, t_2, t_3 при сохранении τ_w.

Однако в обычных условиях такие переходы **подавлены**: если наблюдатель движется вдоль t_1, отклонение в t_2 требует буста через bA, bB, bC — а это энергетически затратно (потенциал $V(\varphi)$ растёт). Поэтому «перескок» в параллельную реальность в обычных условиях крайне маловероятен. Но в экстремальных условиях — вблизи сингулярности, при гравитационном коллапсе — такой переход может быть разрешён.

Ограничения

1. **Причинность внутри каждого сектора сохраняется.**
   Наблюдатель #1 не может видеть противоречивые события внутри своей t_1-истории. Внутри одного сектора история последовательна.
2. **Цветовая симметрия ограничивает набор реальностей.**
   Их не бесконечно много — а ровно три (по числу цветов), и они связаны оператором U.

3. **Сигнатурный переход как механизм «выбора».** В точке $\varphi = \pi/4$ (вырождение метрики, смена $\mathfrak{so}(6) \leftrightarrow \mathfrak{so}(3,3)$) система проходит через компактную фазу, где все 15 генераторов — вращения. В этот момент **все три времени равноправны**, и «выбор» истории может происходить через механизм, аналогичный спонтанному нарушению симметрии: система «падает» в один из трёх секторов.

4.13. Сравнение с другими схемами

Концепция	Механизм ветвления	Число реальностей	Связь между ними
Многомировая интерпретация Эверетта	Декогеренция в гильбертовом пространстве	Бесконечно	Нет (ортогональ ветви)

Мультиверс СМолина	Разные теории струн	$\sim 10^{500}$	Нет
Модель GS6	Разные t_i -сечения в (3,3)	**3**	**Цветовая симметрия**

Ключевое отличие GS6: три реальности не произвольны, а **связаны циклической симметрией**. Их не 10^{500}, а ровно три. И переход между ними, хотя и подавлен, **принципиально возможен** — через бусты в t_2 или t_3.

4.14. Предсказание: «призраки» других реальностей

Если три сектора реально сосуществуют в одном 6D-пространстве, то наблюдатель в секторе #1 может, в принципе, **детектировать влияние** секторов #2 и #3 — как малые возмущения, «протекающие» через t_2 и t_3.

Аналогия: мы не видим t_2-направление напрямую, но ощущаем его через эффекты, которые в (3,1) выглядят необъяснимыми — квантовую нелокальность (раздел 4.7), тёмную материю (гравитационное влияние объектов,

смещённых в t_2), аномалии в космическом микроволновом фоне.

Конкретное предсказание: если «параллельные истории» реально сосуществуют, то в экспериментах по квантовой запутанности должны наблюдаться **малые коррекции к белловским корреляциям**, связанные с тем, что запутанная пара «чувствует» не только наше t_1-сечение, но и соседние t_2- и t_3-сечения. Эти коррекции должны иметь период $2\pi/\sqrt{3}$ — период цветового вращения U.

5. Заключение

Построена шестимерная модель пространства-времени, обобщающая модель Хартла–Хокинга на сигнатуру $(3,3)$. Модель опирается на алгебраическую тройку матриц (R,G,S), воспроизводящую структуру матриц Паули в 6D: G — метрика, S — симплектика, R — оператор перехода. Переход между фазой сжатия и фазой расширения реализуется как смена вещественной формы алгебры Ли $\mathfrak{so}(6) \leftrightarrow \mathfrak{so}(3,3)$, управляемая динамическим уравнением на параметр сигнатуры φ.

Основные результаты:

1. **Двухямный потенциал** $V(\varphi) = 2\lambda \sin^2(2\varphi)$ с минимумами в $\mathfrak{so}(6)$-фазе ($\varphi = 0$) и $\mathfrak{so}(3,3)$-фазе ($\varphi = \pi/2$) и барьером в точке вырождения метрики ($\varphi = \pi/4$).
2. **Нулевая длительность компактной фазы**: эффективная масса $m_{\text{eff}} = 3\sin(2\varphi)$ обращается в ноль на границах, делая $\mathfrak{so}(6)$-фазу мгновенной — прямой аналог евклидовой фазы Хартла–Хокинга.

3. **Два независимых спина**: пространственный $(\mathfrak{so}(3)^u)$ и временной $(\mathfrak{so}(3)^d)$, коммутирующие друг с другом. Временной спин — новое квантовое число, не имеющее 4D-аналога.
4. **Девять бустов** вместо трёх — расширение описывается матрицей 3×3, а не вектором скорости. Это допускает анизотропное расширение с разными темпами по разным парам «пространство–время».

5. **Вещественный спинор** размерности 4: $\mathrm{Spin}(3,3) \cong \mathrm{SL}(4,\mathbb{R})$ действует на 4-компонентном вещественном спиноре, не требуя комплексной структуры. Шесть измерений пространства-времени суть антисимметричный квадрат четырёх спинорных компонент: $6 = \binom{4}{2}$.
6. **Цветовая симметрия** C_3: единая матрица $T = [A,B] = [B,C] = [C,A]$ порождает синхронные вращения в пространственном и временном блоках. Оператор $U = e^{\varphi T}$ циклически переставляет три «цвета», оставляя структурную тройку (R,G,S) инвариантной. Циклическая

перестановка $P = AB = BC = CA$ переводит матрицы $A \to B \to C \to A$.

7. **Белое время и цветные времени**: белое время $\tau_w = t_1 + t_2 + t_3$ — инвариант цветовой симметрии (собственный вектор T с нулевым собственным значением). Цветные времена t_1, t_2, t_3 связаны с операторами V_1, V_2, V_3, сумма которых даёт T. Индивидуальные V_i не сохраняют белое время, но их сумма — сохраняет.

8. **Обобщённая причинность и квантовая нелокальность**:
   три временных направления порождают три независимых понятия одновременности и три причинных режима. Квантовая телепортация объясняется как локальное распространение сигнала через t_2 или t_3, где $\Delta t_1 = 0$. Белловские неравенства нарушаются в (3,1), но не нарушаются в (3,3), где локальность переопределена.

9. **Три параллельные реальности**: цветовая симметрия C_3 порождает ровно три параллельных сектора, связанных циклической перестановкой. Все три сосуществуют в одном белом времени τ_w, но различаются доминирующим цветным временем. Переходы между секторами возможны через операторы V_i, но подавлены в обычных условиях.

Модель предсказывает, что космологический баунс — не сингулярность в классическом смысле, а топологический переход — смена вещественной формы алгебры симметрий, управляемая динамикой скалярного поля φ. Дальнейшее развитие требует построения полного пространства-времени (а не только механической модели с одним параметром τ), включения материи и анализа устойчивости решений.

> «Ниже сформулированы ключевые следствия модели GS6, объединяющие геометрию шестимерного пространства-времени (3,3) с наблюдаемой физикой. Каждое следствие выводится непосредственно из симметрий $\mathfrak{so}(3)^u \oplus \mathfrak{so}(3)^d$ и оператора временного вращения $U = \exp(\varphi T)$, без привлечения

> дополнительных постулатов. Эти 13 утверждений задают теоретическую основу для последующих прикладных разделов, включая негравитационные приложения и предсказания, допускающие экспериментальную проверку.»

Итоговая сводка: 13 ключевых следствий модели GS6

1. Единая 6D-скорость

Все частицы движутся с фундаментальной скоростью $c\sqrt{3}$ в шестимерном пространстве-времени. Наблюдаемая скорость света c — это проекция на одно временное направление с геометрическим фактором $1/\sqrt{3}$:

$$c_{\text{набл}} = \frac{c\sqrt{3}}{\sqrt{3}} = c$$

Цветной фотон (привязанный к одному t_i) двигался бы в t_1 -проекции со скоростью $c/\sqrt{3}$ — но мы такого не наблюдаем, потому что фотоны белые.

2. Сохранение полного спина

Полный спин $J = S + C$ сохраняется через два Casimir-инварианта алгебры $\mathfrak{so}(4) \cong \mathfrak{so}(3)^u \oplus \mathfrak{so}(3)^d$:

$$C_+ = |J^+|^2 = \frac{1}{4}|L + \Lambda|^2, \quad C_- = |J^-|^2 = \frac{1}{4}|L - \Lambda|^2$$

где генераторы:

$$J_i^{\pm} = \frac{1}{2}(J_i^u \pm V_i)$$

Пространственный и временной спины могут переходить друг в друга, но пары (C_+, C_-) неизменны.

3. Запрет на смену «белизны»

Белые частицы ($C = 0$) не могут стать цветными и наоборот, потому что их Casimir-параметры различны. Для белых частиц:

$$C_+ = C_- = \frac{S(S+1)}{2}$$

Фотон ($C = 0$, $S = 1$) навсегда остаётся белым, а кварк ($C = 1/2$, $S = 1/2$) не может «потерять» цвет без перехода в другое представление.

4. Относительность одновременности усиливается

В (3,3) «одновременность» распадается на три независимых понятия:

$$\Delta t_1 = 0, \quad \Delta t_2 = 0, \quad \Delta t_3 = 0$$

Наблюдатель должен оперировать не вектором скорости, а матрицей скоростей 3×3:

$$\beta = \begin{pmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \beta_{13} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \beta_{23} \\ \beta_{31} & \beta_{32} & \beta_{33} \end{pmatrix}$$

каждый элемент β_{ij} — «скорость» смешивания i-го пространственного направления с j-м временным.

5. Энергия — 3-вектор

Каждому из трёх времён t_1, t_2, t_3 соответствует своя компонента энергии:

$$E = \begin{pmatrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \partial \mathcal{L} / \partial \dot{t}_1 \\ \partial \mathcal{L} / \partial \dot{t}_2 \\ \partial \mathcal{L} / \partial \dot{t}_3 \end{pmatrix}$$

Наблюдатель в t_1 измеряет только E_1; компоненты E_2 и E_3 скрыты.

6. Три параллельные реальности

Цветовая симметрия C_3 порождает ровно три временных сектора, связанных циклической перестановкой. Оператор $U = e^{\varphi T}$ при $\varphi = \frac{2\pi}{3\sqrt{3}}$ даёт матрицу перестановки:

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad P^3 = I_3$$

Три сектора: $P^0 = I_3$ (наша реальность), P^1 (другая), P^2 (третья). Переходы между ними возможны через генераторы V_i, но в обычных условиях подавлены.

7. Тёмная материя — обычная материя в другом секторе

Частицы обычной материи в секторе t_2 или t_3 гравитируют (через белый гравитон), но не участвуют в электромагнитных

процессах (фотон не проникает между секторами). Отсюда — «тёмность» без новых частиц.

8. Квантовая нелокальность как 6D-локальность

Запутанные частицы разделены в t_1, но соединены в t_2 или t_3. Нулевая поверхность $ds^2 = 0$ в (3,3):

$$dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 - dt_1^2 - dt_2^2 - dt_3^2 = 0$$

допускает пути с $\Delta t_1 = 0$, но $\Delta t_2 \neq 0$. Для наблюдателя в t_1 это

выглядит как мгновенная корреляция; в 6D это обычный локальный процесс.

9. Временной момент импульса

Изотропия времени даёт по теореме Нётер новый закон сохранения — временной момент импульса:

$$\vec{\Lambda} = \vec{t} \times \vec{E}$$

$$\Lambda_1 = t_2 E_3 - t_3 E_2, \quad \Lambda_2 = t_1 E_3 - t_3 E_1, \quad \Lambda_3 = t_1 E_2 - t_2 E_1$$

Его квантование объясняет цвет как квантовое число.

Генераторы V_i связаны с компонентами Λ_i:

$$V_1 = J_1^d = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$V_2 = J_2^d = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$V_3 = J_3^d = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Их сумма даёт белый оператор:

$$V_1 + V_2 + V_3 = \begin{pmatrix} 0_{3\times 3} & 0 \\ 0 & T \end{pmatrix}, \quad \text{где} \quad T = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ -1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

10. Три поколения лептонов

Три поколения соответствуют трём ортогональным бесцветным комбинациям времён с нулевой проекцией на белое время $\tau_w = t_1 + t_2 + t_3$. Белое направление:

$$\hat{e}_w = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Три поколения — три базиса в пространстве, ортогональном $\hat{e}_w$:

Поколение	Комбинация	Смысл
1-е (e)	$\frac{1}{\sqrt{3}}\begin{pmatrix}1\\1\\1\end{pmatrix}$	Симметричная (белая)
2-е (μ)	$\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\-1\\0\end{pmatrix}$	Антисимметричная по t_1, t_2
3-е (τ)	$\frac{1}{\sqrt{6}}\begin{pmatrix}1\\1\\-2\end{pmatrix}$	Антисимметричная по t_3

Их ровно три, потому что пространство, ортогональное $(1,1,1)$, двумерно, а число независимых базисов — три.

11. Баунс через смену сигнатуры

Переход между фазами сжатия и расширения реализуется как смена вещественной формы алгебры Ли: $\mathfrak{so}(6) \leftrightarrow \mathfrak{so}(3,3)$. Интерполирующая метрика:

$$g(\varphi) = \cos(\varphi) \cdot I_6 + \sin(\varphi) \cdot G$$

где:

$$G = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

Эффективная масса $m_{\text{eff}} = 3\sin(2\varphi)$ обращается в ноль на границах фаз ($\varphi = 0$ и $\varphi = \pi/2$), делая компактную $\mathfrak{so}(6)$-фазу мгновенной — обобщение сценария Хартла–Хокинга на 6D.

12. Структура взаимодействий через симметрию

Частица	S	C	(C_+, C_-)	Время
Кварк	$1/2$	$1/2$ (один цвет)	$(2, 0)$	Один t_i
Лептон	$1/2$	$1/2$ (бесцветная комб.)	$(2, 0)$	Комбинация t_i

Фотон	1	0 (белый)	$(1,1)$	τ_w
Гравитон	2	0 (белый)	$(3,3)$	Только τ_w
Тёмная материя	$1/2$	$1/2$ (другой сектор)	$(2,0)$	t_2 или t_3

Сильное взаимодействие привязано к цветным временам (генераторы V_i), электромагнитное — к белому времени, гравитация универсальна, потому что гравитон белый и имеет $S = 2$.

13. Три состояния в белом времени

Три цветных времени позволяют объекту быть одновременно в трёх состояниях относительно белого времени: «ДА», «НЕТ», «И ДА И НЕТ». Это геометрическая интерпретация квантовой суперпозиции.

Проекция состояния из 3D-времени на белое время τ_w описывается оператором T, который имеет собственный вектор $(1, 1, 1)^T$ с собственным значением 0:

$$T\begin{pmatrix}1\\1\\1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0\\0\\0\end{pmatrix}$$

Это означает, что белое время «не различает» три цветных состояния — для белого времени они **суперпозированы**. Аналогия с котом Шрёдингера возникает естественно: объект, распределённый по трём цветным временам, проецируется на белое время как суперпозиция трёх состояний — «ДА» (t_1), «НЕТ» (t_2), «И ДА И НЕТ» (t_3) — без постулирования, как чисто

геометрическое следствие трёхмерности времени.

Множитель $\sqrt{3}$, пронизывающий всю модель, возникает не случайно. Он появляется как **прямое следствие спектра собственных значений матрицы** T:

$$\mathrm{Spec}(T) = \{0,\ +i\sqrt{3},\ -i\sqrt{3}\}$$

Эти три собственных значения определяют:

- **Фундаментальную скорость** $c\sqrt{3}$ — 6D-скорость, проекция которой на одно время даёт наблюдаемое c.
- **Период цветового вращения** $\frac{2\pi}{3\sqrt{3}}$ — дискретное значение φ, при котором оператор $U = e^{\varphi T}$ становится циклической перестановкой P.
- **Три состояния суперпозиции** — нулевое собственное значение отвечает белому времени («И ДА И НЕТ»), а пара $\pm i\sqrt{3}$ — двум цветным комбинациям («ДА» и «НЕТ»), ортогональным белому направлению.

Таким образом, $\sqrt{3}$ — это не подгоночный параметр, а **алгебраическая константа**, заложенная в структуре матрицы T. Она связывает воедино кинематику (скорость), симметрию (период вращения) и квантовую механику (суперпозицию) в рамках единой 6D-геометрии.

Приложение А. Явный вид генераторов и сравнение алгебр so(6) и so(3,3)

А.1. Базисные матрицы 3×3

Шесть матриц 3×3 служат структурными блоками для построения всех 15 генераторов в обеих алгебрах. Индексы 1–3 нумеруют пространственные направления (x_1, x_2, x_3), индексы 4–6 — временные (t_1, t_2, t_3).

Симметричные перестановочные матрицы:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$C = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Диагональные матрицы (метрического типа):

$$K = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

$$L = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

$$M = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Все шесть удовлетворяют $A^2 = B^2 = C^2 = K^2 = L^2 = M^2 = I_3$.

Коммутаторы внутри пар обращаются в нуль: $[A, K] = [B, L] =$

$[C, M] = 0$. Перекрёстные коммутаторы порождают три антисимметричные матрицы:

$$Q_1 = [A, L] - [A, M] = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -2 \\ 0 & 2 & 0 \end{pmatrix}$$

$$Q_2 = [B, M] - [B, K] = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 \\ -2 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$Q_3 = [C, K] - [C, L] = \begin{pmatrix} 0 & -2 & 0 \\ 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Тройка Q_1, Q_2, Q_3 замыкается в $\mathfrak{su}(2)$: $[Q_1, Q_2] = 2Q_3$, $[Q_2, Q_3] = 2Q_1$, $[Q_3, Q_1] = 2Q_2$.

A.2. Структурная тройка R, G, S (6×6)

Три матрицы 6×6 воспроизводят алгебру матриц Паули в шестимерном пространстве:

$$G = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

$$S = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$R = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Соотношения: $G^2 = R^2 = I_6$, $S^2 = -I_6$, $GS = R$, $RS = -G$, $GR = S$, $\{G, R\} = \{G, S\} = \{R, S\} = 0$. Эти тождества воспроизводят

алгебру $\{\sigma_1, i\sigma_2, \sigma_3\}$ с заменой $\sigma_1 \to R$, $i\sigma_2 \to S$, $\sigma_3 \to G$.

A.3. Шесть вращений (общие для обеих алгебр)

Шесть блочно-диагональных антисимметричных матриц генерируют вращения внутри пространственного и временного блоков. Они принадлежат обеим алгебрам — как $\mathfrak{so}(6)$, так и $\mathfrak{so}(3,3)$.

Пространственные вращения $\mathfrak{su}(2)^u$ (оси 1–3):

$$J_1^u = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$J_2^u = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$J_3^u = \begin{pmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Временные вращения $\mathfrak{su}(2)^d$ (оси 4–6):

$$J_1^d = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$J_2^d = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$J_3^d = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Коммутаторы: $[J_1^u, J_2^u] = J_3^u$ и циклически; $[J_1^d, J_2^d] = J_3^d$ и циклически; все перекрёстные $[J_i^u, J_j^d] = 0$.

A.4. Девять генераторов so(6) — компактная форма

Условие принадлежности: $X^T = -X$ (все матрицы антисимметричные). Девять перекрёстных генераторов имеют блочный вид $\begin{pmatrix} 0 & Y \\ -Y^T & 0 \end{pmatrix}$.

Симметричные блоки (A, B, C):

$$oA = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$oB = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$oC = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Диагональные блоки (K, L, M):

$$oK = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$oL = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$oM = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Антисимметричные блоки (Q_1, Q_2, Q_3):

$$oQ_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$oQ_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$oQ_3 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Все 15 матриц антисимметричные: $X^T = -X$. Симплектическая форма S принадлежит этой алгебре как линейная комбинация:

$$S = -(oK + oL + oM)$$

A.5. Девять генераторов so(3,3) — расщеплённая форма

Условие принадлежности: $X^T G + GX = 0$, где $G = \mathrm{diag}(1,1,1,-1,-1,-1)$. Шесть вращений те же, что и в $\mathfrak{so}(6)$. Девять перекрёстных генераторов имеют блочный вид $\begin{pmatrix} 0 & Y \\ Y^T & 0 \end{pmatrix}$ — нижний блок равен транспонированному верхнему (а не минус транспонированному, как в $\mathfrak{so}(6)$).

Симметричные блоки (A, B, C):

$$bA = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$bB = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$bC = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Диагональные блоки (K, L, M):

$$bK = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$bL = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$bM = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Антисимметричные блоки (Q_1, Q_2, Q_3):

$$bQ_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$bQ_2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$bQ_3 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Матрица перехода R принадлежит этой алгебре как линейная комбинация:

$$R = -(bK + bL + bM)$$

A.6. Сравнение алгебр: ключевая таблица

Свойство	$\mathfrak{so}(6)$ — компактная	$\mathfrak{so}(3,3)$ — расщеплённая
Метрика	I_6 (евклидова)	$G = \mathrm{diag}(1,1,1,-1,-1,-1)$
Условие	$X^T + X = 0$	$X^T G + G X = 0$
Тип 9 перекрёстных	Антисимметричные	Симметричные

Форма блока	$\begin{pmatrix} 0 & Y \\ -Y^T & 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 & Y \\ Y^T & 0 \end{pmatrix}$
S (симплектика)	**В алгебре** — генератор	**Вне алгебры**
R (переход)	**Вне алгебры**	**В алгебре** — буст
G (метрика)	Вне алгебры	Вне алгебры (задаёт форму)
Спин-группа	$\mathrm{Spin}(6) \cong \mathrm{SU}(4)$	$\mathrm{Spin}(3,3) \cong \mathrm{SL}(4,\mathbb{R})$

Спинор	4 комплексных	4 вещественных
Форма Киллинга	Отрицательно определена	Сигнатура $(6, 9)$

A.7. Роль G как оператора смены сигнатуры

Метрика G действует как линейный оператор, переводящий генераторы $\mathfrak{so}(6)$ в генераторы $\mathfrak{so}(3,3)$ и обратно. Для любого перекрёстного генератора выполняется:

$$G \cdot (\text{генератор } \mathfrak{so}(6)) = \text{генератор } \mathfrak{so}(3,3)$$

$$G \cdot (\text{генератор } \mathfrak{so}(3,3)) = \text{генератор } \mathfrak{so}(6)$$

Конкретно:

$$G \cdot oA = bA, \quad G \cdot oK = bK, \quad G \cdot oQ_1 = bQ_1$$

$$G \cdot S = R, \quad G \cdot R = S$$

Это означает, что G — не просто метрика фона, а активный оператор, переводящий одну вещественную форму алгебры в другую.

A.8. Сравнение с двумерным случаем

Всё описанное является прямым шестимерным обобщением структуры 2D, где матрицы Паули играют те же роли:

	2D	6D
Метрика	$\sigma_3 = \mathrm{diag}(1, -1)$	$G = \mathrm{diag}(1, 1, 1, -1, -1, -1)$

Симплектика	$i\sigma_2 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$	$S = \begin{pmatrix} 0 & I_3 \\ -I_3 & 0 \end{pmatrix}$
Переход	$\sigma_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$	$R = \begin{pmatrix} 0 & I_3 \\ I_3 & 0 \end{pmatrix}$
Компактная алгебра	$\mathfrak{so}(2)$: генератор $= i\sigma_2$	$\mathfrak{so}(6)$: генератор $= S$

Расщеплённая алгебра	$\mathfrak{so}(1,1)$: генератор = σ_1	$\mathfrak{so}(3,3)$: генератор = R
Смена ролей	$i\sigma_2 \leftrightarrow \sigma_1$ при $\mathfrak{so}(2) \leftrightarrow \mathfrak{so}(1,1)$	$S \leftrightarrow R$ при $\mathfrak{so}(6) \leftrightarrow \mathfrak{so}(3,3)$
Метрика как оператор	$\sigma_3 \cdot i\sigma_2 = \sigma_1$	$G \cdot S = R$

В 2D переход между $\mathfrak{so}(2)$ и $\mathfrak{so}(1,1)$ — это смена знака одного собственного значения метрики. В 6D переход между $\mathfrak{so}(6)$ и $\mathfrak{so}(3,3)$ — смена знаков трёх собственных значений одновременно. Структурная механика идентична: симплектика и оператор перехода меняются местами, а метрика служит оператором, осуществляющим эту замену.

Литература

1

Hartle J. B., Hawking S. W. Wave function of the Universe // Phys. Rev. D. 1983. Vol. 28, No. 12. P. 2960–2975.

2

Dorling J. The dimensionality of time // Am. J. Phys. 1969. Vol. 37. P. 521.

Tegmark M. On the dimensionality of spacetime // Class. Quant. Grav. 1997. Vol. 14. P. L69–L75.