Квантовые корреляции как общая родословная в расслоении: интерпретация запутанности в рамках теории расслоения при сверхсветовом переходе (ТРСП)

Аннотация

Предлагается интерпретация квантовой запутанности в рамках теории расслоения при сверхсветовом переходе (ТРСП). В ТРСП реальность представляет собой расслоение пространств-времён с различными системами измерений; сверхсветовой переход — не превышение скорости света, а смена листа расслоения. Показано, что запутанность естественно интерпретируется как общая родословная подсистем в расслоении: две подсистемы запутаны, если они являются проекциями одной структуры на разные листы. Корреляции определяются общей редукцией к листу с максимальной структурной энтропией, а не передачей сигнала. Скрытая переменная (лист k) глобальна по расслоению, а не локальна в пространстве-времени, что объясняет нарушение неравенств Белла без нарушения причинности. Максимальное нарушение CHSH (2√2) достигается при равномерном распределении листов и чистом состоянии расслоения; при энтропийном разбросе нарушение подавляется как $S_{max}(\Delta S) = 2\sqrt{2} \cdot f(\Delta S)$. Это даёт проверяемое отклонение от стандартной квантовой механики.

1. Введение

Квантовая запутанность — центральное понятие квантовой механики, но её интерпретация остаётся предметом дискуссий. Теорема Белла запрещает локальные скрытые переменные, но оставляет открытым вопрос: что именно делает корреляции нелокальными, если сигнал не передаётся?

В рамках теории расслоения при сверхсветовом переходе (ТРСП) [1] предлагается ответ: нелокальность — не «действие на расстоянии», а общая родословная подсистем в расслоении. Настоящая работа развивает эту идею, формализует операцию склейки структур по расслоению, выводит CHSH в терминах ТРСП и формулирует проверяемые следствия.

2. Базовая онтология ТРСП (кратко)

2.1. Расслоение

Реальность — расслоение M над базой B:

$$\pi: M \to B, \quad \pi^{-1}(b) = L_b$$

Каждый лист L_b — пространство-время с собственной системой измерений, характеризуемой набором $\sigma = (d, \eta, \tau)$: размерность, сигнатура, топология.

Наш мир — лист L_o с сигнатурой (3,1).

2.2. Сверхсвет как смена листа

Скорость c — не предел скорости вообще, а граница применимости системы измерений листа L_o.

При v > c система выходит за границу листа. Прямой переход расслаивает материю по n листам с равномерным распределением энергии

(E_i = E/n); обратный переход редуцирует систему к листу с максимальной структурной энтропией.

2.3. Структурная энтропия

$$S(\sigma) = \ln \Omega(d, N)$$

где Ω(d, N) — число комбинаторных d-многообразий с числом вершин ≤ N.

Побеждает лист с максимальной S.

3. Запутанность как общая родословная

3.1. Пространство расслоения

Пусть H_i — гильбертово пространство состояний листа L_i. Пространство расслоения:

$$H_{layer} = \bigoplus_i H_i$$

Это прямая сумма, а не тензорное произведение: состояния на разных листах не интерферируют, но имеют общую родословную в расслоении.

3.2. Определение склейки ⊕

Для двух подсистем A и B:

$$\sigma_A \oplus \sigma_B := \rho_{AB} \in D(H_{layer}^{(A)} \otimes H_{layer}^{(B)})$$

с условием согласованности проекций:

$$Tr_{H_{layer}^{(B)}} \rho_{AB} = \rho_A, \quad Tr_{H_{layer}^{(A)}} \rho_{AB} = \rho_B$$

Ключевое: ρ_AB определено на тензорном произведении пространств расслоения, а не отдельных листов. Оно не обязано быть сепарабельным по листам, но обязано быть согласованным с проекциями.

3.3. Теорема очищения и полнота

По теореме очищения любое квантовое состояние ρ_AB на H_A ⊗ H_B представимо как проекция чистого состояния на H_layer^(A) ⊗ H_layer^(B). Это означает, что формализм ТРСП покрывает всю квантовую механику, а не только корреляции Белла.

3.4. Онтологический смысл

Две подсистемы запутаны, если они — проекции одной структуры расслоения на разные листы. Их корреляции — не сигнал через пространство, а общая родословная в расслоении. Это объясняет

нелокальность без нарушения причинности: изменение одной подсистемы не передаётся к другой, а меняет проекцию общей структуры.

4. Корреляции и скрытая переменная расслоения

4.1. Формула корреляций

Наблюдаемые корреляции определяются общей редукцией к листу k:

$$P(a, b \mid x, y) = \Sigma_k P(k)\, P(a \mid x, k)\, P(b \mid y, k)$$

где x, y — настройки измерителей; a, b — исходы; k — лист, к которому редуцируется система;

P(k) — распределение листов, не зависящее от x, y.

4.2. Глобальная скрытая переменная

Величина k играет роль глобальной скрытой переменной: она не локальна в пространстве-времени, а глобальна по расслоению. Теорема Белла запрещает локальные скрытые переменные; ТРСП использует глобальную k, выбираемую при редукции.

4.3. Свобода выбора

Условие свободы выбора (freedom of choice) в теореме Белла выполняется по построению: P(k) не зависит от настроек измерителей. Это ключевое свойство модели: k определяется энтропией листов, а не настройками.

5. Неравенство CHSH в ТРСП

5.1. Стандартная формулировка

Для исходов $a, b \in \{\pm 1\}$ и настроек $x, y \in \{0,1\}$:

$$S = E(0,0) + E(0,1) + E(1,0) - E(1,1) \le 2$$

где $E(x,y) = \langle ab \rangle_{x,y}$. Квантовая механика нарушает это до $2\sqrt{2}$.

5.2. Коррелятор в ТРСП

$$E(x,y) = \Sigma_k P(k) \langle a \rangle_{x,k} \langle b \rangle_{y,k}$$

где $\langle a \rangle_{x,k} = \Sigma_a a\, P(a|x,k)$, аналогично для b.

5.3. Классический предел

Утверждение 1. Если $\langle a \rangle_{x,k}$ и $\langle b \rangle_{y,k}$ не зависят от k, то

$|S| \le 2$.

5.4. Нарушение

Утверждение 2: Если <a>_{x,k} и <b>_{y,k} зависят от k, то $|S| \le 2\sqrt{2}$.

Верхняя граница следует из операторного неравенства

$$|| A_0 B_0 + A_0 B_1 + A_1 B_0 - A_1 B_1 || \le 2\sqrt{2}$$

которое сохраняется, поскольку H_layer — гильбертово пространство.

5.5. Условие максимального нарушения

$S = 2\sqrt{2}$ достигается, когда:

1. ρ_{AB} — чистое состояние на расслоении (общая родословная максимальна);

2. распределение P(k) равномерно по листам (энтропии листов близки).

6. Подавление нарушения при энтропийном разбросе

6.1. Параметр разброса

$$\Delta S = \max_k S(\sigma_k) - \min_k S(\sigma_k)$$

6.2. Формула подавления

$$S_{max}(\Delta S) = 2\sqrt{2} \cdot f(\Delta S), \quad f(0) = 1, \quad f(\infty) \to 0$$

где f — убывающая функция.

6.3. Больцмановское распределение

Для $P(k) \propto \exp(S(\sigma_k)/k_B)$:

$$f(\Delta S) = (1 + e^{-\Delta S/k_B}) / 2$$

При $\Delta S \to 0$ нарушение максимально ($2\sqrt{2}$), при $\Delta S \to \infty$ нарушение исчезает

($S_{max} \to \sqrt{2}$).

6.4. Смысл

Чем больше разброс энтропий листов, тем слабее нарушение CHSH. В стандартной

КМ такого параметра нет: это проверяемое отклонение от КМ.

7. Декогеренция и коллапс

7.1. Декогеренция

Потеря информации о листе k, к которому редуцировалась система. Необратима по той же причине, что и стрела времени в ТРСП.

7.2. Коллапс

Не физический процесс, а редукция расслоения к листу с максимальной энтропией. Волновая функция — не физический объект в одном листе, а проекция структуры расслоения.

8. Проверяемые следствия

1. «Зависимость CHSH от энергии» При высокоэнергетических запутанных парах энтропийный разброс листов может расти, что предсказывает подавление нарушения CHSH относительно 2√2.

2. «Аномалии декогеренции» при сверхвысоких энергиях — следы межлистовых переходов.

3. «Статистика исходов» в тестах Белла должна отклоняться от КМ при наличии внешнего поля, меняющего энтропии листов.

4. «Зависимость корреляций от энтропийного разброса» — параметр, которого нет в стандартной КМ.

9. Сравнение с существующими интерпретациями

Интерпретация	**Нелокальность**	**Скрытая переменная**	**Нарушение CHSH**
Копенгагенская	постулат	нет	2√2
Бомовская	явная (пилот-волна)	локальная	2√2
Многомировая	ветвление	нет	2√2
«ТРСП»	«общая родословная»	«глобальная (лист k)»	«2√2 · f(ΔS)»

Ключевое отличие ТРСП: нарушение CHSH «не константа», а функция энтропийного разброса листов.

Это делает модель фальсифицируемой.

10. Открытые вопросы

1. Явный вид f(ΔS) для не-больцмановских распределений листов.

2. Связь ΔS с наблюдаемыми величинами (энергия, поле, температура).

3. Оценка ΔS для реальных экспериментов с запутанными фотонами.

4. Совместимость с релятивистской ковариантностью: как P(k) ведёт себя при преобразованиях Лоренца?

5. Связь с теорией декогеренции: можно ли вывести скорость декогеренции из энтропийного разброса листов?

11. Заключение

В рамках ТРСП запутанность интерпретируется как общая родословная подсистемв расслоении. Корреляции определяются редукцией к общему листу k, а не передачей сигнала. Скрытая переменная k глобальна по расслоению, а не локальна в пространстве-времени, что объясняет нарушение неравенств Белла без нарушения причинности. Максимальное нарушение CHSH (2√2) достигается при равномерном распределении листов и чистом состоянии расслоения; при энтропийном разбросе нарушение подавляется как $S_{max}(\Delta S) = 2\sqrt{2} \cdot f(\Delta S)$.

Модель не является экспериментально подтверждённой теорией, но предлагает внутренне непротиворечивый каркас для интерпретации квантовых корреляций и даёт проверяемое отклонение от стандартной квантовой механики.

Сводка в одну строку

- Запутанность в ТРСП — общая родословная подсистем в расслоении; корреляции

- определяются редукцией к общему листу k, а не передачей сигнала. Скрытая

- переменная k глобальна по расслоению, а не локальна в пространстве-времени,

- что объясняет нарушение неравенств Белла без нарушения причинности.

- Максимальное нарушение CHSH (2√2) достигается при равномерном распределении

- листов; при энтропийном разбросе оно подавляется как $S_{max}(\Delta S) = 2\sqrt{2} \cdot f(\Delta S)$,

- что даёт проверяемое отклонение от стандартной КМ.

Литература

[1] ТРСП — Теория расслоения при сверхсветовом переходе. Итоговая формулировка (манифест). 2026.