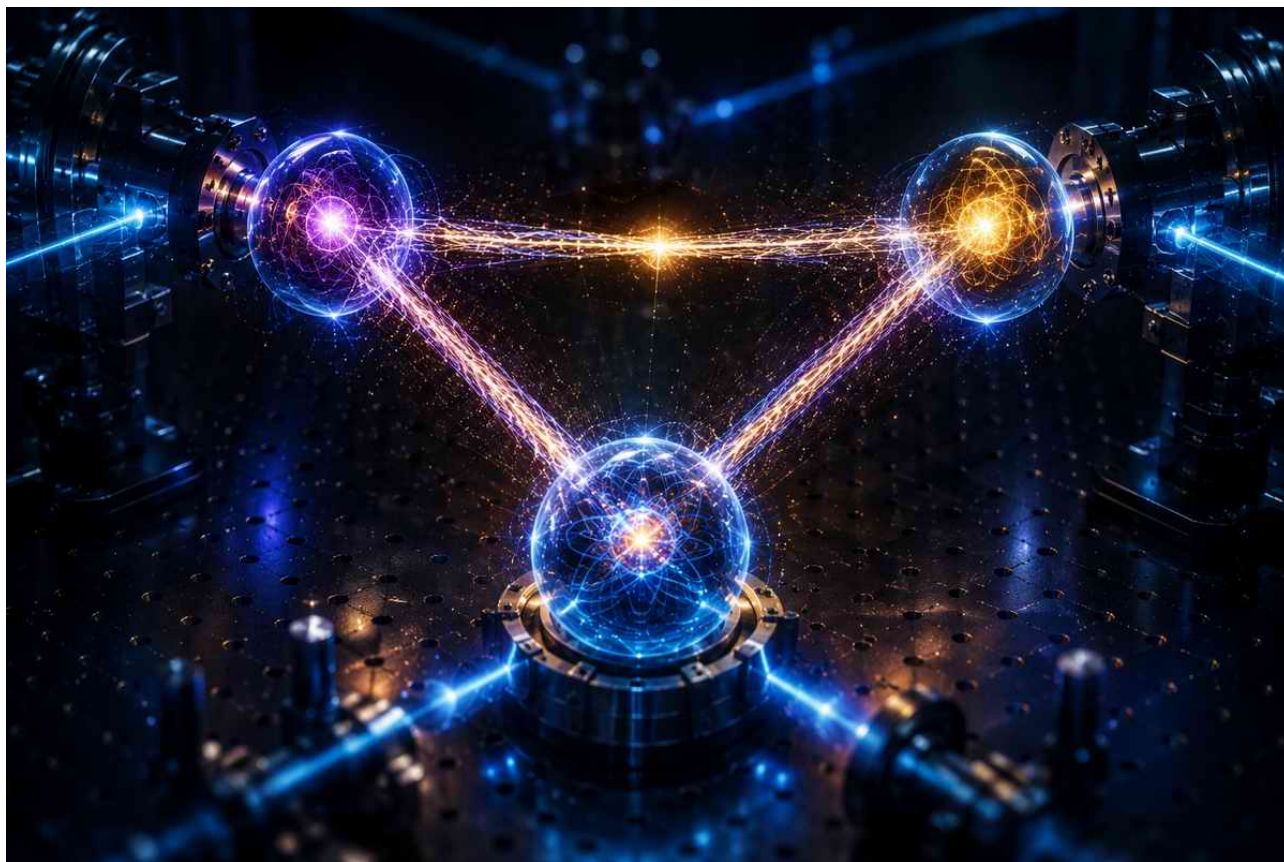


Эксперимент с «элегантным треугольником» приблизил создание квантового интернета



Дата публикации: 12.05.2026

Квантовая физика снова поставила под сомнение привычные представления о реальности. Международная группа ученых провела эксперимент, который демонстрирует новый тип квантовых связей между частицами и открывает путь к созданию полноценного квантового интернета. Исследование, опубликованное в журнале *Physical Review Letters*, стало одним из наиболее значимых шагов в изучении так называемой квантовой нелокальности — загадочного явления, которое еще Альберт Эйнштейн называл «жутким действием».

Работа основана на расширении знаменитой теоремы Белла — одного из фундаментальных открытий физики XX века. Более полувека теорема Белла служила главным доказательством того, что квантовый мир не подчиняется интуитивным законам классической физики. Она показала, что две запутанные частицы могут оставаться связанными независимо от расстояния между ними, а результаты измерений одной частицы мгновенно коррелируют с состоянием другой.

Подобное поведение противоречит классическим представлениям о локальности, согласно которым объекты могут взаимодействовать только через физические сигналы, распространяющиеся с ограниченной скоростью. Именно поэтому идея квантовой запутанности вызывала у Эйнштейна серьезный скептицизм. Тем не менее десятки экспериментов за последние десятилетия подтвердили, что природа действительно ведет себя подобным образом.

Новый эксперимент пошел значительно дальше классических тестов Белла. Вместо стандартной схемы с двумя наблюдателями исследователи создали сложную квантовую сеть в форме треугольника, состоящую из трех независимых источников квантовых частиц и трех измерительных узлов. Каждый участник системы одновременно взаимодействовал сразу с двумя независимыми источниками запутанных частиц.

Такая архитектура сети оказалась принципиально новой. В обычных экспериментах Белла запутанность возникает между двумя частицами, рожденными одним общим источником. В новой схеме квантовые корреляции формировались внутри распределенной сети с несколькими независимыми источниками. Это позволило ученым исследовать более сложные формы квантового взаимодействия, которые невозможно свести к традиционным двухчастичным сценариям.

Исследователи назвали полученную структуру «элегантным треугольником». Несмотря на простую геометрическую форму, система оказалась чрезвычайно сложной с точки зрения квантовой теории. Главной особенностью эксперимента стало то, что наблюдатели выполняли фиксированные измерения без случайного выбора параметров. Это отличает эксперимент от большинства предыдущих проверок квантовой нелокальности.

Полученные результаты оказались крайне необычными. Ученые обнаружили корреляции между частицами, которые невозможно объяснить никакой классической физической моделью, даже если допустить существование скрытых параметров или неизвестных локальных механизмов связи.

Для анализа данных исследователи использовали методы машинного обучения и сложные математические модели. Компьютерные алгоритмы проверяли миллионы возможных классических объяснений наблюдаемого поведения системы, однако ни одно из них не смогло воспроизвести обнаруженные корреляции.

Физики называют подобное явление «истинной квантовой сетевой нелокальностью». В отличие от обычной квантовой запутанности, здесь нелокальность возникает не просто между отдельными частицами, а становится

свойством всей сети как единой структуры. Это означает, что квантовые эффекты способны проявляться на более высоком уровне организации информации, чем предполагалось ранее.

Многие исследователи считают это открытие важным шагом к созданию масштабируемого квантового интернета. В будущем подобные сети смогут объединять квантовые компьютеры, датчики и коммуникационные устройства на огромных расстояниях, обеспечивая практически абсолютную защиту информации.

Квантовый интернет рассматривается как одна из самых перспективных технологий XXI века. В отличие от обычных сетей передачи данных, он будет использовать квантовую запутанность для обмена информацией. Это позволит создавать коммуникационные системы, в которых любая попытка перехвата автоматически изменяет состояние передаваемых данных и становится мгновенно заметной.

Одной из ключевых проблем на пути к реализации квантового интернета остается создание устойчивых квантовых корреляций в сложных распределенных сетях. Именно поэтому новый эксперимент имеет такое большое значение. Он показывает, что нелокальные квантовые связи могут сохраняться даже в многоузловых структурах с несколькими независимыми источниками.

Особый интерес вызывает тот факт, что эксперимент использовал фиксированные измерения вместо случайного выбора параметров. Это упрощает потенциальную реализацию квантовых сетей в реальных технологических условиях, где генерация идеально случайных измерений может быть технически сложной задачей.

Полученные результаты также имеют важное значение для квантовой криптографии. Современные системы шифрования основаны на математической сложности вычислений, однако достаточно мощный квантовый компьютер потенциально сможет взламывать многие существующие алгоритмы. Квантовые сети предлагают альтернативный подход — защиту информации на уровне фундаментальных законов физики.

Ученые считают, что в будущем подобные технологии позволят создавать полностью защищенные коммуникационные каналы для банковской системы, государственных структур, научных центров и космических миссий. Некоторые элементы квантовой связи уже тестируются между спутниками и наземными станциями.

Эксперимент с «элегантным треугольником» также меняет фундаментальные

представления о природе реальности. Классическая физика описывает мир как набор отдельных объектов, взаимодействующих через локальные процессы. Квантовые сети демонстрируют, что на глубинном уровне Вселенная может быть устроена значительно сложнее, а информация и взаимосвязи играют более фундаментальную роль, чем считалось ранее.

Исследователи подчеркивают, что нынешняя работа является только началом. В ближайшие годы ученые планируют создавать более крупные и сложные квантовые сети с большим количеством узлов и независимых источников. Это позволит проверить, насколько далеко можно расширить границы квантовой нелокальности.

Развитие подобных экспериментов может привести не только к технологическим прорывам, но и к появлению новых физических теорий, способных глубже объяснить природу пространства, времени и информации. Некоторые физики уже предполагают, что именно квантовые сети могут стать ключом к объединению квантовой механики и теории гравитации.

Сегодня квантовый интернет все еще выглядит технологией будущего, однако результаты подобных исследований показывают, что фундаментальная основа для его создания формируется значительно быстрее, чем ожидалось еще несколько лет назад.

Ссылка: «Экспериментальная подлинная квантовая нелокальность в сети треугольников» DOI: [10.1103/5hhc-rw3t](https://doi.org/10.1103/5hhc-rw3t).