

# Новый теоретический шаг к объединению пространства и времени в квантовой физике

Дата публикации: 07.01.2026

Пространство и время занимают центральное место в физике, но на фундаментальном уровне они до сих пор описываются разными языками. В теории относительности пространство и время неразделимы и образуют непрерывное пространство-время, тогда как квантовая механика традиционно рассматривает пространственные квантовые системы и их временную эволюцию отдельно. Такое концептуальное расхождение давно считается одним из главных препятствий на пути к более глубокой и единой картине устройства Вселенной.

Недавняя теоретическая работа, выполненная доцентом Сок Хён Ли из UNIST совместно с профессором Джеймс Фуллвуд из Хайнаньский университет, предлагает принципиально новый взгляд на эту проблему. Исследование, опубликованное в *Physical Review Letters*, вводит универсальный формализм, позволяющий описывать квантовые корреляции в пространстве и времени в рамках одной математической структуры.

В основе подхода лежит идея рассматривать всю временную эволюцию квантовой системы как единое квантовое состояние. Вместо того чтобы описывать состояние системы в каждый момент времени отдельно и связывать их с помощью квантовых каналов, исследователи вводят многокомпонентные квантовые состояния во времени. В такой картине разные моменты времени выступают как своего рода «части» одного большого квантового объекта, аналогично тому, как отдельные частицы образуют составную пространственную систему.

Ключевым результатом работы стало доказательство того, что структура этих временных квантовых состояний определяется однозначно всего двумя базовыми принципами: линейностью начального состояния и выполнением квантового аналога условной вероятности. Эти минимальные допущения приводят к строгой и непротиворечивой математической конструкции, в которой временные и пространственные квантовые корреляции описываются единым языком.

Особый интерес представляет связь нового формализма с квазивероятностными распределениями Кирквуда–Дирака, давно известными в квантовой теории измерений. Эти распределения позволяют описывать квантовые корреляции, которые не укладываются в рамки классической

вероятности. Показав прямое соответствие между многочастичными квантовыми состояниями во времени и распределениями Кирквуда–Дирака, авторы открыли путь к экспериментальному изучению временных квантовых корреляций с использованием современных методов, таких как квантовое моментальное сканирование.

С практической точки зрения это означает, что сложные временные процессы — от немарковских динамик до квантовой памяти и корреляций между измерениями в разные моменты времени — могут быть исследованы так же системно, как и пространственно распределённые квантовые системы. Это особенно важно для квантовых технологий, где контроль над временными корреляциями играет ключевую роль, включая квантовые вычисления, коммуникации и прецизионные измерения.

В более широком контексте новая концепция предлагает редкий пример сближения идей квантовой механики и геометрического мышления, характерного для теории относительности. Хотя речь пока не идёт о полноценной теории квантовой гравитации, представление времени как части единого квантового состояния может стать важным шагом в этом направлении. Оно показывает, что разрыв между пространством и временем в квантовой физике не является неизбежным и может быть преодолен с помощью более общего и абстрактного формализма.

Таким образом, предложенный подход не только расширяет инструментарий квантовой теории, но и задаёт новое направление для фундаментальных исследований. Он помогает по-новому взглянуть на природу времени в квантовом мире и приближает физику к более целостному описанию реальности, в которой пространство и время являются равноправными элементами единой квантовой структуры.

**Ссылка:** «Многочастичные квантовые состояния во времени на основе двух фундаментальных предположений» [DOI: 10.1103/lbf3-snp8](https://doi.org/10.1103/lbf3-snp8).