

## Предел скорости квантовой информации: физики нашли фундаментальное ограничение



Дата публикации: 30.04.2026

Современная квантовая физика продолжает раскрывать фундаментальные ограничения, лежащие в основе поведения материи и информации. Новое исследование американских теоретиков показало, что в квантовых системах существует универсальный предел скорости, с которой информация может распространяться и перемешиваться между частицами. Это открытие вносит важный вклад в понимание динамики квантовых состояний и может повлиять на развитие квантовых технологий.

Квантовая информация хранится в кубитах — элементарных единицах, способных находиться в суперпозиции состояний. Взаимодействие между кубитами приводит к так называемому перемешиванию информации, при котором локальные данные распределяются по всей системе. Этот процесс лежит в основе квантового хаоса, термализации и вычислительных операций в квантовых компьютерах.

Долгое время предполагалось, что скорость такого перемешивания может

зависеть от конкретной структуры взаимодействий в системе. Однако новое исследование показало, что существует более фундаментальное ограничение, действующее независимо от деталей системы. Этот предел определяется термодинамическими параметрами, такими как температура и энтропия, которые задают общий масштаб времени для изменения состояния системы.

Теоретическая основа работы связана с принципом неопределенности энергия–время, который устанавливает минимальный временной интервал, необходимый для перехода квантовой системы в новое состояние. Используя строгие математические методы, исследователи смогли расширить этот принцип, включив в него температурную зависимость и применив его к процессу перемешивания информации.

В результате была установлена универсальная связь между числом кубитов, температурой системы и временем, необходимым для полного распределения информации. Это означает, что даже в самых сложных квантовых системах существует нижний предел времени, ниже которого перемешивание невозможно.

Особое значение это открытие имеет в контексте исследований черных дыр и квантовой гравитации. Ранее было показано, что черные дыры обладают термодинамическими свойствами и могут рассматриваться как системы, хранящие квантовую информацию. Новые результаты подтверждают, что процессы внутри таких экстремальных объектов также подчиняются универсальным ограничениям скорости.

Понимание предела скорости перемешивания информации открывает новые перспективы для различных областей физики. Оно позволяет глубже исследовать процессы термализации, объяснять происхождение квантового хаоса, а также уточнять модели поведения сложных квантовых систем.

Практическое значение работы связано с развитием квантовых вычислений и информационных технологий. Ограничения скорости обмена информацией могут определять максимальную эффективность квантовых алгоритмов и архитектуру будущих квантовых устройств. Учет этих фундаментальных пределов позволит создавать более устойчивые и предсказуемые системы.

Ключевые аспекты открытия можно обобщить следующим образом: существование универсального предела скорости, зависимость от температуры и энтропии, связь с принципом неопределенности, применимость к любым квантовым системам, значение для квантовых вычислений и теории черных дыр.

Современные исследования показывают, что квантовая информация подчиняется строгим законам, аналогичным ограничениям скорости света в

классической физике. Выявление таких фундаментальных границ помогает формировать целостную картину устройства Вселенной и приближает науку к созданию новых технологий, основанных на управлении квантовыми состояниями.

**Ссылка:** «Доказательство универсального ограничения скорости быстрого перемешивания в квантовых системах» DOI: [10.1103/y9z4-v641](https://doi.org/10.1103/y9z4-v641).