

Прорыв в квантовой физике: впервые проведено измерение состояния W для трёх фотонов

Дата публикации: 13.09.2025

Квантовая запутанность остаётся одной из самых загадочных и фундаментальных особенностей квантовой физики, радикально отличающей её от классической картины мира. Она описывает состояние, в котором невозможно разложить свойства отдельных частиц независимо друг от друга — их состояния связаны так, что измерение одной частицы мгновенно влияет на описание другой, независимо от расстояния между ними. Понимание и контроль этой связи являются ключом к созданию будущих квантовых технологий: защищённой связи, сверхмощных компьютеров и систем квантовой телепортации.

Главная проблема заключается в том, что традиционная квантовая томография, применяемая для определения состояния системы, требует экспоненциально растущего числа измерений по мере увеличения числа частиц. Для многофотонных состояний это становится практически невозможным. Решением мог бы стать метод прямого запутанного измерения, позволяющий определить состояние системы за один эксперимент. Для знаменитого состояния Гринбергера-Хорна-Цайлингера (GHZ) подобное измерение было реализовано ранее, но для состояния W , которое представляет иной тип многочастичной запутанности, до сих пор не существовало экспериментальной реализации.

Группа учёных из Киотского и Хиросимского университетов предложила и экспериментально продемонстрировала новый метод измерения состояния W . Ключевая идея — использовать симметрию циклического сдвига, присущую этому состоянию, и применить квантовое преобразование Фурье к системе фотонов. Исследователи разработали высокостабильную оптическую квантовую схему, которая способна выполнять такое преобразование и распознавать различные трёхфотонные W -состояния. Устройство функционировало без активной стабилизации, что является важным техническим достижением.

В эксперименте были использованы три одиночных фотона с заданной поляризацией, которые прошли через оптическую схему и на выходе образовали характерные распределения, позволившие однозначно различить тип W -состояния. Полученная точность измерений показала, что метод надёжен и применим для практических квантовых протоколов.

Это открытие имеет серьёзные последствия для квантовой информатики. Оно

открывает путь к созданию систем квантовой телепортации, использующих многочастичную запутанность, а также к новым схемам квантовых вычислений, где логические операции выполняются через измерения. Дополнительно оно может способствовать разработке протоколов распределённой квантовой связи и квантовых сетей нового поколения, где потребуется контролировать запутанные состояния многих частиц одновременно.

Следующий шаг исследователей — масштабирование подхода на большее количество фотонов и интеграция метода во внутрикристалльные фотонные схемы, которые обеспечат миниатюризацию и стабильность для будущих квантовых процессоров. Таким образом, работа японских физиков не только закрывает важный теоретический пробел, но и приближает нас к эре практических квантовых технологий.

Ссылка: «Geobae Park et al, Entangled Measurement for W states, Science Advances (2025)» DOI: [10.1126/sciadv.adx4180](https://doi.org/10.1126/sciadv.adx4180).