

## Китайские физики впервые обнаружили пять фаз локализации в одной квантовой системе



Дата публикации: 19.06.2026

Физики из Китая сделали важный шаг в изучении квантовых систем, впервые продемонстрировав существование сразу пяти различных фаз локализации в рамках одного экспериментального устройства. Работа исследователей из Южного университета науки и технологий в Шэньчжэне расширяет представления ученых о поведении волн в сложных средах и показывает, что физика локализации значительно богаче и разнообразнее, чем считалось ранее.

Явление локализации занимает центральное место в современной физике конденсированного состояния. Его основы были заложены в 1958 году американским физиком Филипом Андерсоном, который показал, что беспорядок в структуре материала способен препятствовать распространению волн. Впоследствии это открытие стало фундаментом для понимания поведения электронов в твердых телах, распространения света, звука и даже квантовой информации.

На протяжении десятилетий исследователи выделяли две основные фазы

локализации. В первой волновые состояния остаются протяженными и способны свободно распространяться через систему. Во второй состояния оказываются локализованными, что практически блокирует перенос энергии или информации. Однако современные теоретические модели предсказали существование еще одной, промежуточной формы — так называемой критической фазы, которая сочетает свойства обоих режимов и характеризуется сложной фрактальной структурой.

Критические состояния особенно интересны тем, что они находятся на границе между полным распространением и полной локализацией волн. Такие состояния обладают необычными транспортными свойствами и демонстрируют поведение, которое невозможно описать традиционными представлениями о квантовых фазах. Несмотря на многочисленные теоретические работы, прямое экспериментальное подтверждение существования критической фазы долгое время оставалось серьезной научной задачей.

Для решения этой проблемы исследователи создали программируемую фотонную платформу, основанную на принципах физики Флоке. Этот подход изучает системы, которые подвергаются периодическому внешнему воздействию. Регулярное повторение определенных процессов приводит к появлению новых эффективных свойств, отсутствующих в статическом состоянии системы.

Экспериментальная установка представляла собой оптическую петлю, внутри которой циркулировали лазерные импульсы. Во время каждого цикла система выполняла последовательность операций, включающих изменение спинового состояния, переходы между соседними узлами искусственной решетки и воздействие локальных энергетических потенциалов. Небольшая часть света выводилась для регистрации, что позволяло отслеживать эволюцию квантового состояния практически в реальном времени.

Анализируя пространственно-временное распределение света, ученые могли определить характер распространения волн. Если распределение быстро расширялось, это свидетельствовало о наличии протяженных состояний. Если энергия оставалась сосредоточенной в ограниченной области, фиксировалась локализованная фаза. Особый интерес представляли промежуточные режимы с характерной колебательной динамикой, указывавшие на существование критических состояний.

Одним из ключевых преимуществ новой платформы стала возможность тонкой настройки параметров системы. Исследователи изменяли соотношение между квазипериодическими модуляциями амплитуд переходов и локальными потенциалами, благодаря чему могли плавно переводить систему из одной фазы

в другую. Такой уровень контроля позволил наблюдать целую иерархию различных режимов локализации в одном эксперименте.

В результате были зафиксированы пять различных фаз. Помимо традиционных протяженной и локализованной фаз ученые экспериментально подтвердили существование чистой критической фазы. Кроме того, были обнаружены две смешанные области, где одновременно сосуществовали разные типы состояний: протяженные и локализованные, а также локализованные и критические. Каждая из этих фаз обладала собственными уникальными характеристиками и демонстрировала особую динамику развития.

Полученные результаты имеют большое значение для фундаментальной науки. Они позволяют глубже понять механизмы переноса энергии и информации в сложных квантовых системах, а также открывают новые возможности для изучения неупорядоченных материалов, квантовых симуляторов и фотонных вычислительных платформ.

Исследование также может оказаться полезным для разработки перспективных квантовых технологий. Управление локализацией волн играет важную роль при создании квантовых процессоров, оптических коммуникационных систем и устройств хранения информации. Возможность контролируемого перехода между различными фазами может стать основой для новых методов обработки и передачи данных.

Созданная китайскими физиками платформа уже рассматривается как универсальный инструмент для исследования критических состояний, мультифрактальных структур и так называемых краев подвижности — областей, где в одной системе сосуществуют как проводящие, так и локализованные состояния. Это открывает путь к новым экспериментам, которые помогут раскрыть еще более сложные закономерности квантового мира и приблизят ученых к пониманию фундаментальных механизмов поведения материи на микроуровне.

**Ссылка:** «Наблюдение пяти различных фаз локализации в одномерной системе Флоке» DOI: [10.1103/6msd-mdw4](https://doi.org/10.1103/6msd-mdw4).