

Квантовая проверка симметрии: учёные подтвердили сохранение углового момента на уровне одного фотона

Дата публикации: 25.06.2025

Классические законы сохранения, лежащие в основе физики, отныне получили подтверждение и на квантовом уровне. Команда физиков из Университета Тампере в сотрудничестве с коллегами из Германии и Индии впервые доказала, что орбитальный угловой момент (ОУМ) сохраняется даже при разделении одного фотона на пару, что раньше считалось недоказанным для одиночных квантов света.

В классической механике угловой момент сохраняется при любых взаимодействиях, например, в столкновениях или вращении. В квантовой оптике аналогичный закон действует для фотонов — квантов света, способных обладать орбитальным угловым моментом, выраженным целыми числами \hbar , связанными со спиральной структурой волнового фронта. Однако ранее этот принцип не был подтверждён в условиях, когда участвует всего один фотон, находящийся на грани между вероятностью существования и чисто теоретической частицей.

В опубликованной в *Physical Review Letters* работе учёные реализовали уникальный эксперимент, в котором один фотон с нулевым ОУМ преобразовывался в пару фотонов. Согласно закону сохранения, их угловые моменты должны быть противоположными, например, $+1$ и -1 , так что их сумма остаётся равной нулю. Этот фундаментальный принцип был подтверждён с поразительной точностью.

Сложность заключалась в крайне низкой вероятности самого процесса: только один из миллиарда фотонов участвовал в успешной конверсии. Чтобы «поймать» нужные события, исследователи создали сверхстабильную оптическую установку с минимальным фоновым шумом, высокой чувствительностью регистрации и отточенной методикой анализа. Это позволило зафиксировать достаточное количество парных фотонов и подтвердить, что правило $1 + (-1) = 0$ работает и в микромире.

Кроме того, были получены первые признаки квантовой запутанности между фотонами, сформированными в ходе процесса. Это даёт надежду на создание новых запутанных состояний, включающих пространственную модуляцию, временную корреляцию и поляризационные степени свободы. Такие состояния являются ключевыми для квантовой связи, шифрования и фотонных сетей.

План дальнейших исследований включает повышение эффективности фотонного преобразования, усовершенствование методов обнаружения квантовых состояний и реализацию экспериментов по многофотонной квантовой запутанности. Успешная реализация этих задач приблизит человечество к следующему этапу в развитии квантовой фотоники — от фундаментальных тестов симметрии до прикладных решений в квантовых технологиях.

Подтверждение закона сохранения углового момента на уровне одного фотона не только укрепляет основы квантовой теории, но и открывает путь к новым архитектурам квантовых вычислений и систем связи, где каждый фотон может стать носителем сложной информации и участвовать в создании устойчивых запутанных состояний.

Ссылка: «Сохранение углового момента на уровне одного фотона» DOI: [10.1103/PhysRevLett.134.203601](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.134.203601).