

Ученые исследуют преломление света во времени: новое направление в квантовой оптике



Дата публикации: 03.03.2025

Физики из Университета Восточной Финляндии сделали прорыв в области квантовой оптики, изучив, как фотоны взаимодействуют с резкими изменениями среды во **времени**. Это исследование открывает новую область науки — четырехмерную квантовую оптику, где изучаются явления, происходящие не только в пространстве, но и во временных границах. Это направление может изменить будущее квантовых технологий и фундаментальных представлений о природе света.

Четырехмерная квантовая оптика исследует, как электромагнитные волны ведут себя в средах, которые изменяются одновременно в пространстве и времени. Этот подход позволяет изучать новые физические явления, такие как генерация пар фотонов, замораживание квантового состояния и вакуумные флуктуации. Эти открытия могут найти применение в квантовых вычислениях, связи и сенсорных технологиях, расширяя горизонты современной науки.

Исследование демонстрирует, что **свет** может испытывать не только

пространственное преломление, но и временное. В классической оптике граница между двумя средами, например воздухом и водой, изменяет направление движения световых волн. В квантовой оптике ученые создали аналогичный эффект, но во времени: материал внезапно меняет свои свойства, создавая временной интерфейс, который изменяет поведение фотонов. Это открывает возможность контролировать свет на фундаментальном уровне, что ранее считалось невозможным.

Одним из ключевых эффектов, выявленных в этом исследовании, является возможность рождал и уничтожать пары фотонов. Эти явления могут быть использованы в квантовой криптографии и передаче информации. Другое важное открытие — способность временных интерфейсов создавать замороженные квантовые состояния, где фотоны могут сохранять свое состояние без изменений в течение длительного времени. Это потенциально может изменить квантовые вычисления, позволив дольше хранить и передавать информацию.

Будущие исследования будут направлены на изучение взаимодействия квантового света с периодически изменяющимися временными интерфейсами, которые называются фотонными временными кристаллами. Эти структуры могут использоваться для создания новых типов квантовых устройств и сенсоров, работающих на принципах, отличных от современных технологий.

Еще одной задачей является учет дисперсии — эффекта, при котором скорость распространения света зависит от его частоты. Реальные материалы обладают дисперсией, что может изменять реакцию среды на внезапные изменения. Учитывая этот фактор, ученые смогут создать более точные модели и расширить практическое применение четырехмерной квантовой оптики.

Исследование, опубликованное в журнале *Physical Review Research*, стало отправной точкой для дальнейшего изучения временных квантовых явлений. Открытие может привести к появлению новых методов управления светом, которые повлияют на развитие квантовых технологий, улучшат системы связи и помогут создать устройства, использующие принципы, выходящие за рамки традиционной физики. В будущем четырехмерная квантовая оптика может открыть двери в новые физические законы, лежащие за пределами современной науки.

Ссылка: «Квантовая инженерия состояний и статистика фотонов на электромагнитных временных интерфейсах» DOI: [10.1103/PhysRevResearch.7.013120](https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.7.013120).