

Физики выяснили, что произойдет при попытке «разрезать» фотон: результат оказался парадоксальным

Дата публикации: 03.06.2026

Фотон считается одной из фундаментальных частиц природы. Именно фотоны переносят электромагнитное излучение, формируют свет, радиоволны, рентгеновское и гамма-излучение. Согласно современным представлениям физики, фотон является элементарной частицей, то есть не имеет внутренней структуры и не может быть разделен на более мелкие составляющие. Однако группа теоретических физиков решила рассмотреть необычный вопрос: что произойдет, если все же попытаться разделить фотон на две части?

На первый взгляд ответ кажется очевидным — сделать это невозможно. Но квантовая механика известна тем, что часто приводит к результатам, противоречащим интуиции. Новые расчеты показали, что гипотетическая попытка «разрезать» фотон приводит к удивительным последствиям, которые затрагивают саму природу пустого пространства и квантовых полей.

Исследование основано на одной из самых необычных особенностей квантового мира. В классической физике свет можно представить как поток отдельных частиц или как электромагнитную волну. В квантовой механике оба описания оказываются правильными одновременно. Фотон обладает двойственной природой и может проявлять свойства как частицы, так и волны.

Хотя фотон часто изображают как маленькую точку, на практике его квантовое состояние может быть распределено в пространстве в виде протяженной волновой структуры. Именно эта особенность позволила ученым сформулировать необычный мысленный эксперимент.

В своей модели исследователи рассмотрели одиночный фотон, проходящий через сверхбыстрый оптический затвор. Такой затвор можно представить как чрезвычайно быстрое зеркало, способное мгновенно появляться и исчезать на пути светового импульса. Если переключение произойдет в нужный момент, часть волнового пакета фотона окажется отсеченной.

С точки зрения обычной логики можно ожидать, что после такого воздействия получится два фрагмента первоначального фотона. Однако квантовые расчеты показали совершенно иной результат.

Для анализа происходящего ученые использовали математический аппарат квантовой электродинамики — наиболее точной теории взаимодействия света и

вещества. Эта теория описывает фотоны не как самостоятельные объекты, а как возбуждения электромагнитного квантового поля, заполняющего всю Вселенную.

Когда исследователи проследили последствия быстрого включения оптического затвора, оказалось, что система начинает вести себя крайне необычно. Вместо образования двух частей фотона возникает сложное квантовое состояние, содержащее огромное количество дополнительных фотонов.

Причина связана с фундаментальной особенностью вакуума. В повседневном понимании вакуум представляет собой абсолютно пустое пространство. Однако квантовая теория утверждает, что даже в полном отсутствии вещества пространство никогда не бывает полностью пустым.

На микроскопическом уровне вакуум постоянно заполнен так называемыми квантовыми флуктуациями. Поля непрерывно колеблются, рождая и уничтожая виртуальные частицы. Обычно эти процессы происходят настолько быстро, что остаются незаметными для наблюдателя.

Однако резкое вмешательство в структуру квантового поля способно изменить ситуацию. Быстрое срабатывание затвора нарушает естественное состояние электромагнитного поля, что приводит к высвобождению энергии квантовых флуктуаций. В результате возникают новые фотоны.

Наиболее поразительным выводом исследования стало то, что количество возникающих фотонов математически стремится к бесконечности. Разумеется, речь не идет о бесконечном количестве частиц в буквальном физическом смысле. Скорее теория показывает, что структура возникающего квантового состояния оказывается чрезвычайно сложной и включает суперпозицию состояний с огромным числом фотонов.

Особый интерес вызывает тот факт, что локальные наблюдения не позволяют легко обнаружить происходящее. Если рассматривать лишь область непосредственно рядом с местом работы затвора, система будет выглядеть практически так же, как до вмешательства. С одной стороны окажется фотон, а с другой — состояние, напоминающее обычный вакуум.

Однако более глубокий анализ показывает, что за этой внешней простотой скрывается сложная сеть квантовых корреляций и распределенных состояний, охватывающих значительно большую область пространства.

Полученные результаты имеют значение далеко за пределами теоретического любопытства. Они затрагивают фундаментальные вопросы о природе квантовых измерений, локальности информации и структуре самого

пространства-времени.

Одной из важнейших проблем современной физики остается понимание того, каким образом информация хранится и передается в квантовых системах. Исследование показывает, что даже простое вмешательство в состояние одной элементарной частицы может приводить к неожиданным последствиям, связанным со всей окружающей квантовой средой.

Работа также помогает лучше понять поведение квантовых полей в экстремальных условиях. Подобные процессы могут иметь отношение к физике черных дыр, ранней Вселенной и другим областям, где квантовые эффекты становятся особенно значимыми.

Интересно, что аналогичные явления уже предсказывались в других разделах квантовой теории. Например, эффект Унру и эффект Хокинга также связаны с тем, что вакуум в определенных условиях способен проявлять себя как источник реальных частиц. Новое исследование демонстрирует еще один неожиданный способ взаимодействия с квантовыми флуктуациями.

В дальнейшем ученые планируют расширить свои расчеты и проверить, будут ли аналогичные эффекты возникать при работе сразу с несколькими фотонами. Кроме того, исследователи хотят изучить возможность появления подобных явлений для других элементарных частиц, включая электроны и более сложные квантовые системы.

Хотя речь пока идет исключительно о теоретической работе, результаты подчеркивают одну из главных особенностей квантовой физики: даже самые простые вопросы способны приводить к удивительным открытиям. Попытка мысленно разделить неделимую частицу неожиданно показала, что пустота вовсе не является пустой, а привычные представления о свете и материи скрывают гораздо более сложную и загадочную картину устройства Вселенной.

Ссылка: «Усеченный фотон» [DOI: 10.1103/94pm-hp34](https://doi.org/10.1103/94pm-hp34).