

Конденсат Бозе-Эйнштейна из фотонов подчиняется фундаментальным законам физики.

Исследователи из Университета Бонна доказали, что фотонный конденсат Бозе-Эйнштейна подчиняется фундаментальной теореме физики. Это открытие позволяет измерять свойства таких конденсатов, которые ранее были труднодоступны. Результаты исследования опубликованы в журнале Nature Communications.

Когда множество атомов охлаждаются до очень низкой температуры в ограниченном объеме, они становятся неразличимыми и ведут себя как единая «суперчастица». Это состояние называется конденсатом Бозе-Эйнштейна или квантовым газом. Фотоны также могут конденсироваться по аналогичному принципу и охлаждаться с помощью молекул красителя (Dye Molecule), которые действуют как миниатюрные холодильники, поглощая «горячие» световые частицы и испуская их снова при нужной температуре.

«В наших экспериментах мы заполнили крошечный контейнер раствором красителя», — объясняет доктор Юлиан Шмитт из Института прикладной физики Университета Бонна. «Стены контейнера были высокоотражающими».

Исследователи возбудили молекулы красителя с помощью лазера, что создало фотоны, которые многократно отражались между отражающими поверхностями. В результате постоянных столкновений с молекулами красителя, фотоны охлаждались и конденсировались в квантовый газ.

Процесс продолжается, и частицы суперфотона постоянно сталкиваются с молекулами красителя, поглощаясь и снова испускаясь. Таким образом, квантовый газ периодически содержит больше или меньше фотонов, что заставляет его мерцать как свечу.

«Мы использовали это мерцание, чтобы проверить, действует ли важная теорема физики в системе квантового газа», — поясняет Шмитт.

Речь идет о так называемой «теореме регрессии», которую можно проиллюстрировать простым примером: представим, что суперфотон — это костер, который иногда неожиданно вспыхивает очень ярко. После такого всплеска огонь постепенно затухает и возвращается в исходное состояние. Интересно, что вспышку можно вызвать и намеренно, подув на угли.

Проще говоря, теорема регрессии предсказывает, что огонь будет затухать таким же образом, как если бы вспышка произошла случайно. Это означает, что он реагирует на возмущение точно так же, как флуктуирует сам по себе без возмущений.

«Нас интересовало, действует ли это поведение также для квантовых газов», — объясняет Шмитт. Исследователи сначала измерили мерцание суперфотонов, чтобы количественно оценить статистические флуктуации. Затем они «подули на огонь», кратковременно воздействуя на суперфотон другим лазером. Это возмущение вызвало кратковременную вспышку, после чего система медленно вернулась в исходное состояние.

«Мы смогли наблюдать, что реакция на это мягкое возмущение точно соответствует динамике случайных флуктуаций без возмущений», — говорит физик.

«Таким образом, мы впервые продемонстрировали, что эта теорема также применима к экзотическим формам материи, таким как квантовые газы».

Интересно, что это справедливо и для сильных возмущений. Обычно системы реагируют на сильные возмущения иначе, чем на слабые. Например, слой льда может внезапно треснуть, если нагрузка на него станет слишком большой.

«Это называется нелинейным поведением», — говорит Шмитт. «Однако теорема остается верной и в этих случаях, как мы смогли продемонстрировать вместе с коллегами из Университета Антверпена».

Полученные результаты имеют большое значение для фундаментальных исследований фотонных квантовых газов, так как зачастую трудно точно определить, как они будут мерцать в своей яркости. Гораздо проще выяснить, как суперфотон реагирует на контролируемое возмущение.

«Это позволяет нам изучать неизвестные свойства в очень контролируемых условиях», — объясняет Шмитт. «Например, это поможет выяснить, как ведут себя новые фотонные материалы, состоящие из множества суперфотонов».