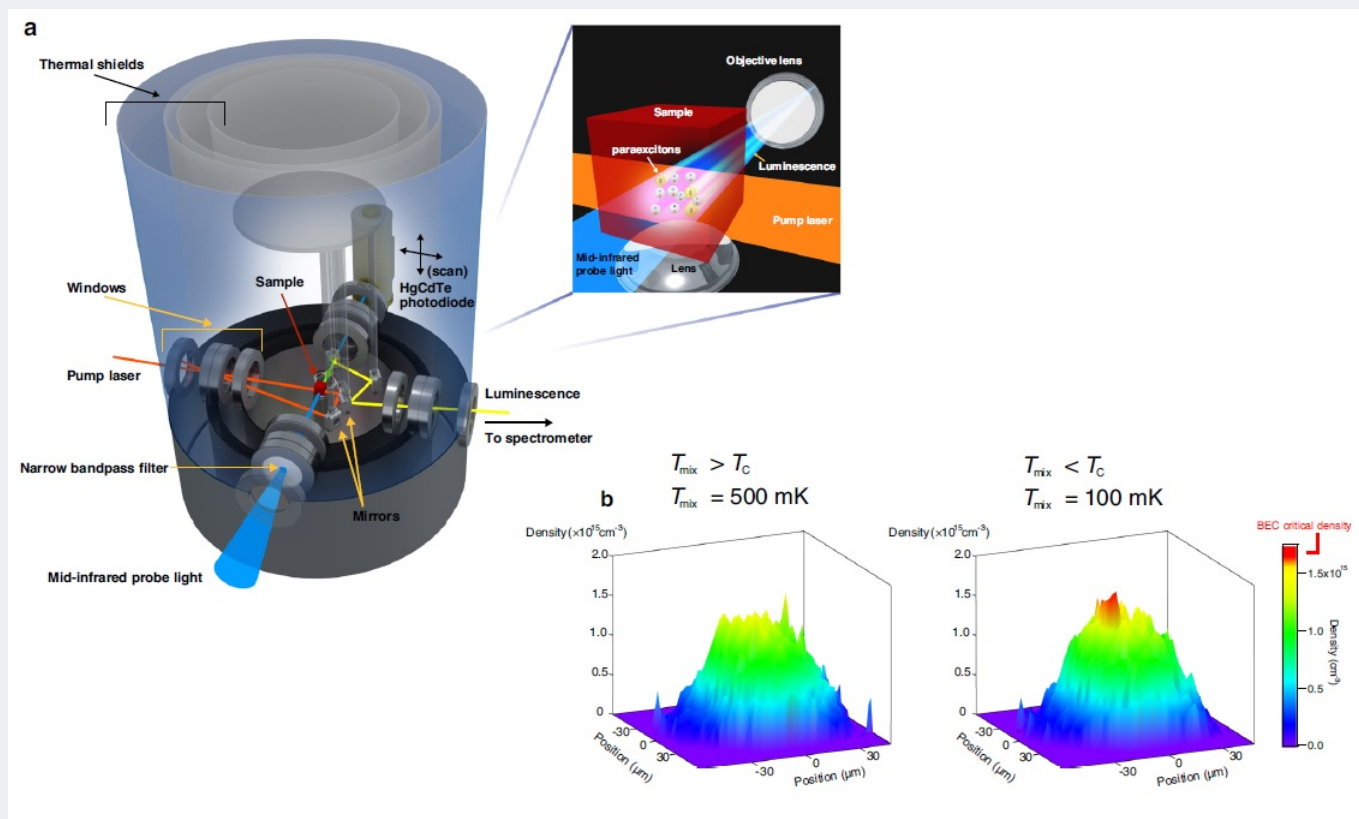


Создана экзотическая материя из электронов и дырок



Nature Communications: из квазичастиц экситонов впервые создали конденсат Бозе-Эйнштейна

Материал подготовлен lenta.ru по результатам статьи в Nature Communications

Физики впервые создали конденсат Бозе-Эйнштейна из квазичастиц — квантами коллективного возбуждения в твердых телах и сложных физических системах, которые могут обладать некоторыми свойствами настоящих частиц, включая заряд или спин. В данном случае экзотическое состояние, которое часто называют пятым состоянием материи, удалось получить из экситонов, которые образуются внутри полупроводников и изоляторов. Результаты исследования опубликованы в журнале Nature Communications.

Конденсат Бозе-Эйнштейна состоит из частиц, относящихся к бозонам, которые могут находиться в одном и том же основном квантовом состоянии (грубо говоря, их принципиально нельзя отличить одну от другой) и ведут себя подобно одной «размытой» частице. Это отличает бозоны от фермионов (например, электронов), в отношении которых действует принцип запрета Паули

Чтобы получить Бозе-конденсат, группу частиц или атомов, которые ведут себя как бозоны, охлаждают до экстремально низкой температуры, до миллиардных долей градуса выше абсолютного нуля. Квантовые эффекты в такой системе могут наблюдаться невооруженным глазом, что проявляется как, например, сверхтекучесть.

В 1962 году физики предположили, что возможно получить Бозе-конденсат, состоящий из экситонов, и с тех пор его экспериментальное наблюдение стало «Святым Граалем» в физике низких температур. Экситоны не являются настоящей частицей, а представляют собой связанную пару электрон-дырка. Они образуются, когда электрон в твердом веществе приобретает энергию (например, при поглощении энергии фотона) и становится носителем заряда, то есть переходит в зону проводимости внутри твердого вещества, при этом он оставляет за собой электронную дырку — квазичастицу, обладающую положительным зарядом. Из-за разных зарядов электрон притягивается к дырке, но при этом отталкивается электронами, сгруппировавшимися вокруг нее.

Электронно-дырочная пара ведет себя подобно электрически нейтральной частице. Ее также можно назвать экзотическим атомом водорода, где один единственный положительно заряженный протон заменен на дырку. Различают ортоэкситоны, у которых спин электрона параллелен спину дырки, и параэкситоны, где спины антипараллельны. Эти квазичастицы использовались для создания различных экзотических фаз материи, в том числе электронно-дырочной плазмы и экситонной жидкости.

В отличие от ортоэкситонов параэкситоны имеют чрезвычайно долгое время жизни, превышающее несколько секунд, что позволяет охладить их до температуры Бозе-конденсата. В ходе эксперимента кристалл оксида меди Cu₂O помещали в рефрижератор растворения, который охлаждает образец путем смешивания двух изотопов гелия. Кристалл охладили до 0,4 кельвина, после чего ученые наблюдали экситонный Бозе-конденсат с помощью проходящего сквозь образец зондирующего излучения в инфракрасном диапазоне и лазерного пучка, вызывающего люминесценцию экситонов.

Исследователи обнаружили, что конечная доля экситонов, образовавших конденсат Бозе-Эйнштейна, достигала всего 0,016, что на два порядка меньше, чем для идеального Бозе-конденсата. Авторы также пришли к выводу, что взаимодействующие параэкситоны отталкиваются друг от друга, однако их число невелико по сравнению с долей атомного конденсата с

отталкивающими взаимодействиями. Ученые объясняют это физическими свойствами самих паразитонов, в том числе конечным временем жизни и неупругими столкновениями.

Материал подготовлен lenta.ru по результатам статьи в Nature Communications

между ними.