



Конденсат Бозе - Эйнштейна получен. Зачем он нужен?

Решения, принимаемые Нобелевским комитетом, нередко подвергаются и критике. Скажем, наиболее серьезные нарекания вызывает тот факт, что премий, как правило, удостоиваются весьма пожилые ученые за работы, которые они выполнили 20 - 30 лет, а то и полвека назад.

И вот в столетний юбилей самой престижной научной премии мира произошло приятное исключение. Лауреаты 2001 года в области физики относительно молоды - самому старшему из них 50 лет, а младшему - 39. А отмеченные премией работы были выполнены на протяжении последних шести лет.

В погоне за пятым состоянием

Все трое физиков-лауреатов - американцы Эрик Корнелл и Карл Вейман и немец Вольфганг Кеттерле - работают в США. В пресс-релизе Нобелевского комитета сказано, что они удостоены премии за получение конденсата Бозе - Эйнштейна в разреженных газах из атомов щелочных металлов и за исследование свойств этого конденсата.

Говоря проще, речь идет об исследованиях особого, пятого, состояния вещества, добавившегося совсем недавно к известным - твердому, жидкому, газообразному и плазменному.

Принципиальная возможность перевода вещества в такое состояние при охлаждении до температур, вплотную приближающихся к абсолютному нулю, была предсказана индийским физиком Ш. Бозе и знаменитым А. Эйнштейном еще в 1924 году. Однако получить конденсат на практике физикам удалось лишь 6 лет назад. Главная проблема заключалась в том, чтобы добиться глубокого охлаждения вещества. Температуру газа следовало довести до уровня, всего на несколько стомиллионных долей градуса превышающего абсолютный нуль.

Для достижения таких температур обычные холодильники, конечно, не годятся. И даже турбодетандеры, сжижающие гелий, азот и другие газы, не помогут. В своих опытах ученые решили использовать комбинации двух методов глубокого охлаждения, разработанных относительно недавно: лазерного охлаждения и охлаждения испарением.

Экспериментаторы тормозили атомы газа магнитными ловушками, затем замедляли их движение, заставляя продираться сквозь густосплетение множества лазерных лучей. А далее, опять же лазерным лучом, отгоняли самые быстрые горячие атомы, пока не осталось сколько-то окончательно замерзших, обездвиженных.

Полученный таким образом конденсат представлял собой висящее в магнитно-оптической ловушке газовое облачко, состоящее из 2000 атомов рубидия. Причем облачко это имело температуру, лишь на две стомиллионных доли градуса превышавшую абсолютный нуль.

Главная особенность данного конденсата, как установили, состоит в том, что образующие его атомы при таких температурах переходят на самый низкий энергетический уровень из всех возможных. Все они теряют свою самостоятельность и начинают вести

себя, словно один гигантский атом. Образуется совершенно необычное вещество, являющееся в то же время волной, как любая элементарная частица.

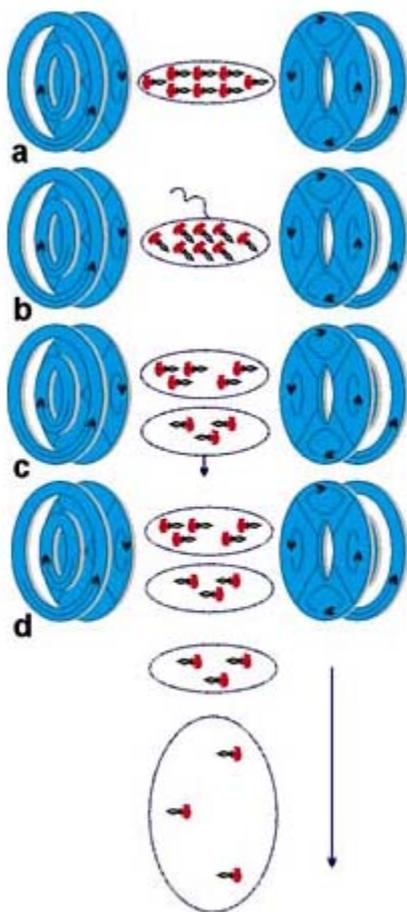
Преимущества атомного лазера

Первыми достигли необходимого результата американцы. Немец Кеттерле был разочарован, узнав, что Корнелл и Вейман его опередили. Однако решил продолжать собственные эксперименты.

На то были, впрочем, особые причины. Во-первых, он шел своим путем. Во-вторых, в своих опытах он использовал атомы натрия, а не рубидия. И спустя три месяца он тоже добился желаемого результата. Причем ему удалось получить в 100 раз больше конденсата, чем конкурентам.

Кроме того, на основе конденсата Бозе - Эйнштейна он решил построить атомный лазер. И создал его в 1996 году.

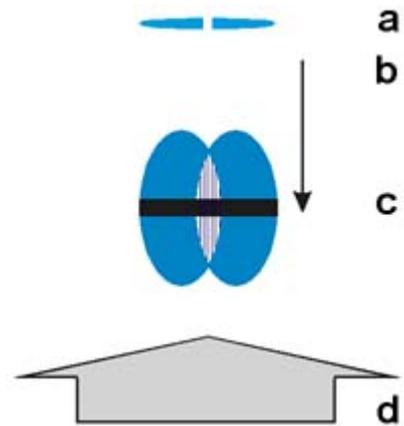
В отличие от света, испускаемого обычной лампочкой, лазер, как известно, испускает когерентное излучение. То есть все испускаемые им фотоны имеют одну и ту же энергию, длину и фазу волны. Если вместо света использовать синхронизированные атомы - как раз такие, что составляют конденсат Бозе - Эйнштейна, - можно говорить об атомном лазере, обладающем большей эффективностью, нежели обычный.



Принципиальная схема атомного лазера.

Сначала бозе-конденсат удерживается магнитной ловушкой (a). У всех атомов при этом электронные спины направлены параллельно магнитному полю (условное направление "вверх"). Затем короткий импульс высокочастотного излучения "наклоняет" спины атомов (b). Согласно принципам квантовой механики, "наклоненный" спин является суперпозицией (смесью) состояний "спин-вверх" и "спин-вниз". Атомы со спином "вниз" тут же выталкиваются магнитным полем. Атомная "капля" "жидкого света" выводится из магнитной ловушки (c) и затем расширяется, устремляясь к цели (d).

Наблюдение когерентности бозе-конденсата.
В магнитной ловушке создается "атомный снежок" сигароподобной формы (a). С помощью лазерного луча конденсат разрезается на две части (b). Затем магнитное силовое поле отключается, и обе половинки падают вниз, постепенно "наезжая" друг на друга. В области перекрытия возникает четкая интерференционная картина (c), которая наблюдается на экране с помощью оптического лазера (d).



Между оптическим и атомным лазерами есть как аналогии, так и различия. Аналогом активной среды оптического лазера в атомном выступает бозе-конденсат из ультрахолодных атомов. В обоих случаях внешняя энергия приводит к тому, что из активной среды вырывается когерентное излучение.

Но происходит это не в результате спонтанного излучения атомов активной среды, как в оптическом лазере, а вследствие более сложного взаимодействия атомов, которое приводит к образованию своеобразных капель "жидкого света". Они обладают чуть меньшей скоростью, нежели фотоны, зато намного большей энергией.

Использовать вместо луча света пучок атомов предлагалось еще четверть века тому назад, когда в Америке началась разработка программы "Звездные войны". Такая замена резко бы увеличила мощность луча, что было необходимо для оружия, подготавливаемого для войн в космосе. Но интересен такой лазер не только мощностью.

Как предполагают ученые, с помощью атомного лазера можно будет вести изготовление микросхем с такими возможностями, о которых мы сегодня и мечтать не смеем. Ведь новый инструмент позволяет распоряжаться атомами поштучно, выстраивая из них, словно из кирпичей, какие угодно ансамбли.

А совсем недавно в Институте квантовой оптики имени М. Планка был создан микрочип величиной в почтовую марку. Он заключен в резервуар и содержит миниатюрную оптическую ловушку, которая позволяет получать конденсат Бозе - Эйнштейна. Вероятно, такой микрочип может стать основой компьютеров шестого поколения с невиданными ранее возможностями по быстрдействию.

Публикацию по иностранным источникам подготовил С.НИКОЛАЕВ