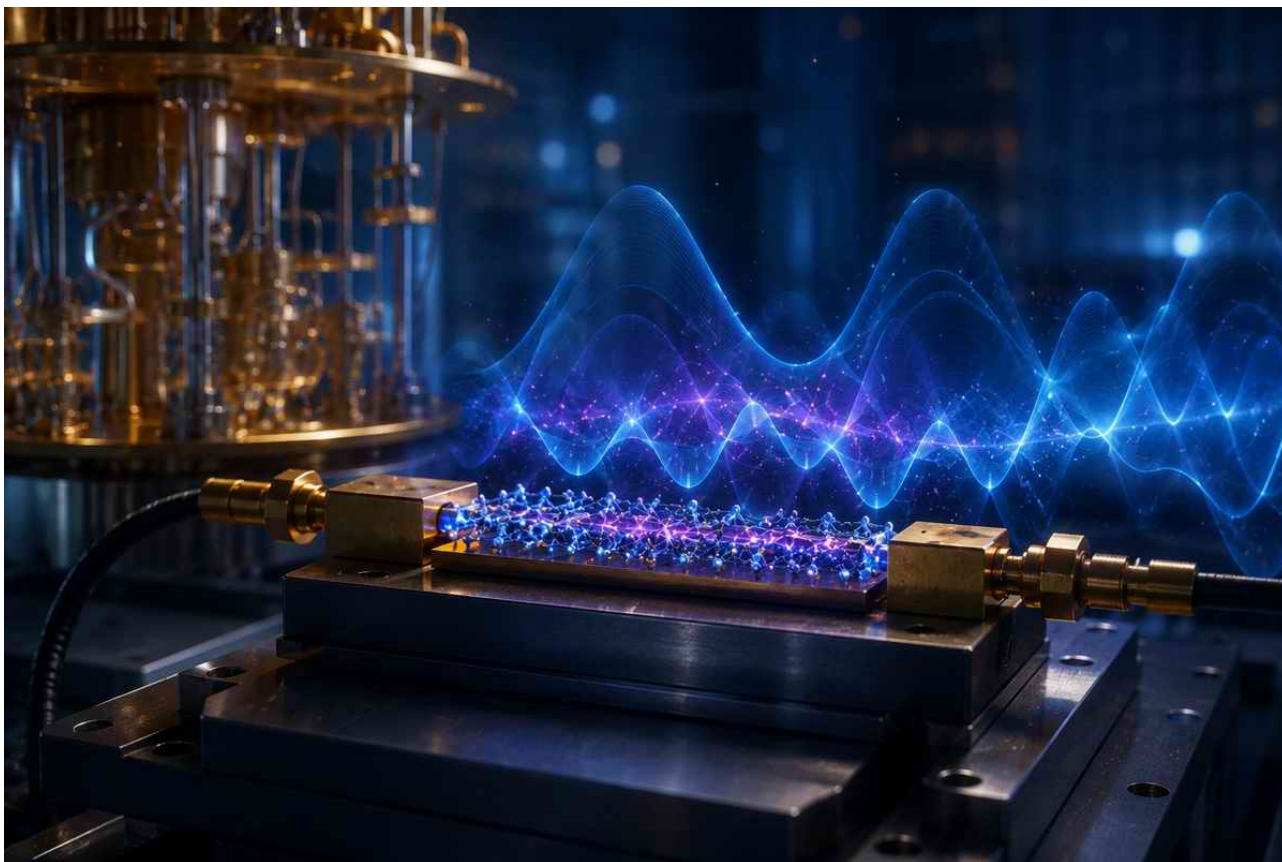


Физики создали устройство, генерирующее «квантовый звук» у границы абсолютного нуля



Дата публикации: 10.05.2026

Физики сделали важный шаг к созданию технологий будущего, способных передавать информацию не только с помощью света или электричества, но и при помощи управляемого квантового звука. Исследователи из Университета Макгилла и Национального исследовательского совета Канады разработали устройство, которое генерирует фононы — квазичастицы, связанные со звуковыми колебаниями вещества, — в условиях экстремально низких температур, близких к абсолютному нулю.

Работа уже вызвала большой интерес в научном сообществе, поскольку подобные системы могут стать основой для новых типов коммуникационных технологий, сверхчувствительных датчиков и медицинских устройств. В перспективе ученые рассматривают возможность создания фононных лазеров — аналогов оптических лазеров, работающих не со светом, а со звуком на квантовом уровне.

Современные технологии передачи информации в основном используют

электромагнитные волны, электрические сигналы и свет. Однако существуют среды, где такие способы передачи данных работают плохо или сталкиваются с серьезными ограничениями. Например, под водой свет быстро рассеивается, а радиоволны распространяются крайне неэффективно. Звук же способен преодолевать огромные расстояния в океане и плотных средах. Аналогичная ситуация наблюдается и в биологических тканях, где акустические колебания уже сегодня активно используются в медицине — от ультразвуковой диагностики до методов неинвазивного воздействия на органы и клетки.

Именно поэтому идея управляемого квантового звука становится все более привлекательной для физиков и инженеров. В отличие от обычных звуковых волн, фононы являются квантовыми возбуждениями кристаллической решетки вещества. На фундаментальном уровне они представляют собой коллективное движение атомов, которое можно описывать как отдельные частицы. Фононы играют ключевую роль в теплопередаче, сверхпроводимости и поведении электронов в современных материалах.

Созданное устройство работает на основе двумерного электронного канала толщиной всего в несколько атомов. Через этот сверхтонкий слой пропускается электрический ток. Когда электроны начинают двигаться с очень высокой скоростью, они теряют часть энергии, испуская фононы. В результате возникают управляемые всплески квантовых звуковых колебаний.

Главная особенность эксперимента заключается в температурных условиях. Система функционирует при охлаждении до значений от 10 милликельвинов до нескольких кельвинов — это всего на доли градуса выше абсолютного нуля, который соответствует температуре минус 273,15 градуса Цельсия. В таких экстремальных условиях поведение вещества начинает определяться законами квантовой механики.

При обычных температурах хаотическое тепловое движение атомов скрывает многие тонкие эффекты. Но в сверххолодной среде электроны начинают двигаться более согласованно и могут вести себя как единая квантовая система. Именно тогда становятся возможными необычные явления, включая генерацию контролируемого квантового звука.

Исследователи отмечают, что наблюдаемый эффект возникает только тогда, когда электроны движутся со скоростью, сравнимой со скоростью звука в материале или даже превышающей ее. Это напоминает своеобразный «звуковой барьер» квантового мира. Подобные эффекты уже изучались ранее, однако новая работа показывает, что существующие теории недостаточно точно описывают поведение системы в экстремальных режимах.

Особенно интересным оказалось то, что электроны внутри устройства могут оставаться очень «горячими» с точки зрения энергии, несмотря на то что сам кристалл охлажден практически до абсолютного нуля. Это создает необычное сочетание сверххолодной среды и высокоэнергетического движения частиц, которое раньше было трудно исследовать экспериментально.

Важную роль в проекте сыграли современные квантовые материалы, созданные в Принстонском университете. Ученые считают, что дальнейшее развитие технологии может быть связано с использованием графена и других двумерных структур, обладающих исключительно высокой подвижностью электронов. Такие материалы потенциально позволят значительно увеличить скорость и эффективность генерации фононов.

Перспективы технологии выходят далеко за рамки фундаментальной физики. В будущем управляемые фононные системы могут использоваться для создания новых типов процессоров, защищенных каналов связи, сверхточных сенсоров и медицинских устройств. Некоторые исследователи даже рассматривают возможность применения квантового звука в биоинженерии и взаимодействии с живыми тканями на микроскопическом уровне.

Работа также помогает глубже понять фундаментальные процессы переноса энергии в современных электронных материалах. По мере уменьшения размеров электронных компонентов до нанометрового масштаба управление теплом и колебаниями становится одной из главных проблем микроэлектроники. Фононы оказываются не просто побочным эффектом, а важнейшей частью работы будущих устройств.

Современная физика постепенно движется к созданию технологий, где границы между электричеством, светом, теплом и звуком начинают стираться. Новое исследование показывает, что звук в квантовом мире может стать таким же важным инструментом передачи информации, каким сегодня являются лазеры и электронные сигналы.

Ссылка: «Резонансное магнитофононное излучение сверхзвуковых электронов в двумерных системах со сверхвысокой подвижностью» [DOI: 10.1103/m1nb-j1h6](https://doi.org/10.1103/m1nb-j1h6).