

Петербургские ученые обнаружили новый физический парадокс

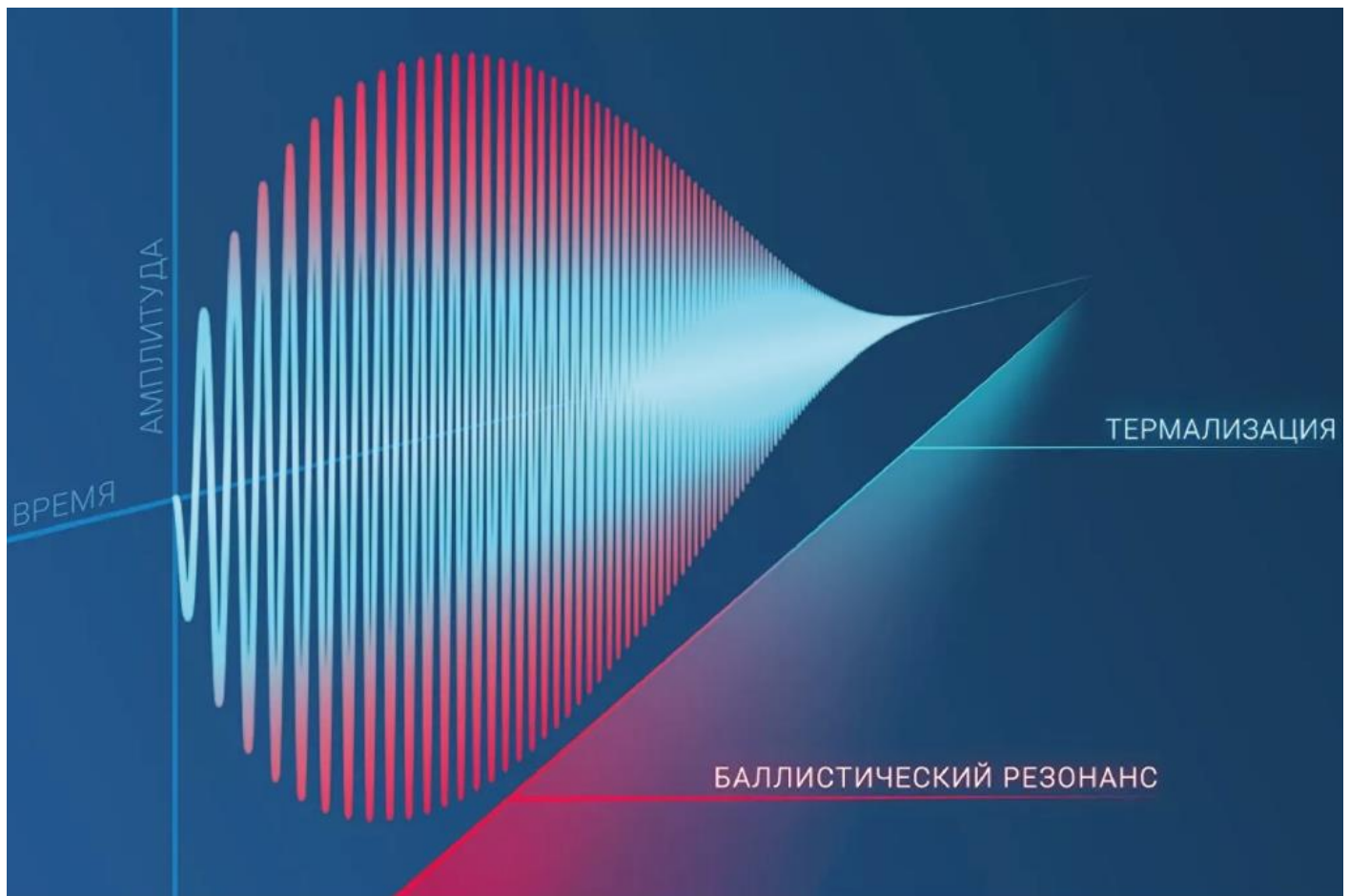


Ученые Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ) обнаружили и теоретически объяснили новый физический эффект, суть которого заключается в возможности роста амплитуды механических колебаний объекта без внешнего воздействия. Кроме того, они предложили свой вариант устранения парадокса Ферми — Паста — Улама — Цингу.

В СПбПУ это объяснили на простом примере: чтобы раскачать качели, их нужно постоянно подталкивать. Считалось, что без постоянного внешнего воздействия добиться колебательного резонанса невозможно.

Однако научная группа Высшей школы теоретической механики Института прикладной математики и механики СПбПУ обнаружила новое физическое явление — баллистический резонанс, при котором механические колебания могут возбуждаться исключительно за счет внутренних тепловых ресурсов системы.

Ключом к пониманию стали экспериментальные работы научных групп по всему миру, показавшие, что в сверхчистых кристаллических материалах на нано- и микроуровне тепло распространяется с аномально высокой скоростью. Это явление назвали баллистической теплопроводностью.



Научная группа под руководством члена-корреспондента РАН Антона Кривцова вывела уравнения, описывающие это явление, и существенно продвинулась в понимании тепловых процессов на микромасштабах. В исследовании, опубликованном в научном журнале [Physical Review E](#), ученые рассмотрели поведение систем при начальном периодическом распределении температуры в кристаллическом материале.

Обнаруженное явление заключается в том, что процесс выравнивания тепла приводит к возникновению механических колебаний с возрастающей со временем амплитудой. Эффект получил название баллистического резонанса.

"Последние несколько лет наша научная группа занимается исследованием механизмов распространения тепла на микро- и наноуровне. В процессе работы мы обнаружили, что на этих уровнях тепло распространяется совсем не так, как мы ожидали, — например, тепло может течь от холодного к горячему. Такое поведение наносистем приводит к новым физическим эффектам, таким как баллистический резонанс", — отметил доцент Высшей школы теоретической механики СПбПУ Виталий Кузькин. По его словам, в дальнейшем ученые хотят понять, как это можно использовать в таких перспективных материалах, как, например, графен.

Эти открытия также дают возможность разрешения парадокса Ферми — Паста — Улама — Цингу. В 1953 году научная группа, возглавляемая Энрико Ферми, провела ставший впоследствии знаменитым компьютерный эксперимент. Ученые рассмотрели простейшую модель колебаний цепочки частиц, соединенных пружинками. Предполагалось, что механическое движение постепенно затухнет, превратившись в хаотические тепловые

колебания, однако результат оказался неожиданным: колебания в цепочке сначала почти затухли, но затем возродились и практически достигли начального уровня. Система пришла в начальное состояние, и цикл снова повторился. Причины появления механических колебаний из тепловых в рассмотренной системе уже на протяжении десятков лет являются предметом научных исследований и споров.

Амплитуда механических колебаний, вызванная баллистическим резонансом, не возрастает бесконечно, а достигает максимума, после чего начинает постепенно уменьшаться до нуля. Со временем механические колебания затухают полностью, а температура выравнивается вдоль всего кристалла. Этот процесс называется термализацией. Для механиков и физиков данный эксперимент важен по той причине, что цепочка частиц, соединенных пружинками, является хорошей моделью кристаллического материала.

Исследователи Высшей школы теоретической механики СПбПУ показали, что переход механической энергии в тепло происходит необратимо, если рассматривать процесс при конечной температуре.

"Обычно не учитывается, что в реальных материалах, наряду с механическими, присутствует тепловое движение, энергия которого на несколько порядков выше. Мы воссоздали эти условия в компьютерном эксперименте и показали, что именно тепловое движение гасит механическую волну и препятствует возрождению колебаний", — пояснил директор Высшей школы теоретической механики СПбПУ, член-корреспондент РАН Антон Кривцов.

По мнению экспертов, теоретический подход, предложенный учеными СПбПУ, позволяет по-новому взглянуть на то, что понимается под теплом и температурой, и может иметь основополагающее значение при разработке наноэлектронных устройств будущего.

[Источник.](#)