

Физики нашли способ получить кажущееся движение энергии быстрее света без нарушения теории относительности



Дата публикации: 12.08.2026

Скорость света в вакууме считается фундаментальным пределом природы: согласно специальной теории относительности, никакая информация не может передаваться быстрее примерно 300 тысяч километров в секунду. Однако физики обнаружили необычный волновой эффект, при котором максимум энергии сигнала способен появиться в точке приема раньше, чем ожидалось. Со стороны это выглядит так, словно энергия двигалась быстрее установленного предела, хотя никакого нарушения законов Эйнштейна не происходит.

К такому выводу пришли акустик Джон Л. Шписбергер из Пенсильванского университета и океанограф Юджин Террей из Океанографического института Вудс-Хоул. Исследователи изучали распространение волн по нескольким траекториям и обнаружили, что их интерференция способна радикально изменить форму принимаемого импульса. При определенных условиях максимум результирующей энергии оказывается впереди пика волны, которая шла к приемнику по самому короткому прямому пути.

Самое интересное заключается в том, что первоначально работа вообще не была связана со скоростью света. Ученые пытались решить вполне практическую задачу океанографии — понять, почему иногда возникают ошибки при определении местоположения китов по издаваемым ими звукам.

Для обнаружения животных исследователи используют гидрофоны — подводные микрофоны, регистрирующие акустические сигналы. Если один и тот же звук фиксируют несколько гидрофонов, разница во времени его прихода позволяет определить положение источника. На первый взгляд метод кажется простым, поскольку достаточно знать скорость звука в воде и расстояние между датчиками.

В реальном океане ситуация намного сложнее. Звук редко распространяется исключительно по прямой линии. Если кит находится относительно близко к поверхности, часть акустической волны может напрямую достигнуть гидрофона, а другая часть сначала отражается от границы воды и воздуха и лишь затем приходит к тому же приемнику.

В результате гидрофон регистрирует не две полностью независимые волны, а их комбинацию. Когда сигналы накладываются друг на друга, возникает интерференция. Она может усиливать одни участки результирующего импульса и ослаблять другие, фактически перестраивая его форму.

Ранее Шписбергер и его коллеги обнаружили, что такой эффект способен смещать максимум принимаемого сигнала назад во времени. Если определять скорость распространения по положению этого максимума, создается впечатление, что звук двигался медленнее своей реальной скорости.

Но при моделировании более реалистичных форм акустических импульсов исследователи обнаружили обратный эффект. Если правильно подобрать разницу во времени прихода прямой и отраженной волн, их интерференция способна переместить максимум результирующего импульса вперед.

Это приводит к весьма странному результату. Пик энергии появляется в приемнике раньше, чем туда приходит максимум прямой волны. Если просто разделить пройденное расстояние на измеренное таким образом время, получится скорость, превышающая физическую скорость распространения звука в данной среде.

В одной из моделей звук распространялся в воде со скоростью 1500 метров в секунду. После взаимодействия прямой и отраженной волн исследователи получили эффективные скорости движения пиков около 1694,5 и даже 2782,5 метра в секунду. Во втором случае максимум энергии выглядел так, словно распространялся почти вдвое быстрее самого звука.

Однако звуковой барьер при этом никто не преодолевал. Ни одна отдельная волна не двигалась быстрее 1500 метров в секунду. Необычная скорость возникла вследствие изменения формы суммарного сигнала.

Представить эффект можно как наложение двух похожих холмов, немного смещенных относительно друг друга. При их сложении и вычитании положение вершины результирующего «холма» может оказаться не там, где находилась вершина любого из исходных объектов. Волновая интерференция делает нечто похожее, только происходит это с амплитудами и энергией распространяющегося сигнала.

Именно здесь исследование выходит за пределы океанической акустики. Свет также представляет собой волновое явление, поэтому ученые предположили, что аналогичный механизм в принципе может существовать для электромагнитных волн в вакууме.

Если электромагнитный импульс разделить на прямой и отраженный пути, а затем снова совместить их в определенной конфигурации, интерференция теоретически способна сформировать пик, эффективная скорость которого окажется выше скорости света.

Физика уже знает явления, при которых некоторые характеристики волны демонстрируют сверхсветовое поведение. Подобные эффекты обсуждаются при аномальной дисперсии, микроволновом и квантовом туннелировании. Но принцип, предложенный Шписбергером и Терреем, основан на гораздо более привычном классическом явлении — интерференции волн, пришедших к приемнику разными маршрутами.

Возникает очевидный вопрос: если пик энергии действительно может появляться раньше, нельзя ли использовать этот эффект для сверхсветовой связи? Именно здесь проходит принципиальная граница между необычной волновой физикой и настоящим нарушением специальной теории относительности. Максимум импульса и новая информация — не одно и то же.

Интерференция способна изменить уже существующую форму сигнала и переместить его максимум. Но она не способна сообщить приемнику о событии, которое еще физически не могло до него дойти. Для проверки этого исследователи смоделировали передачу информации с помощью двух различных состояний, условно соответствующих нулю и единице. До определенного момента сигналы оставались одинаковыми. Затем источник изменял состояние, создавая новую информацию, которую должен был распознать приемник.

Если бы существовала настоящая сверхсветовая передача информации, приемник смог бы определить, какой сигнал был отправлен, раньше момента

прихода прямой волны. Расчеты показали, что этого не происходит.

Интерференция действительно способна заставить энергетический максимум переместиться вперед, однако различимая новая информация не появляется раньше физически допустимого времени. Таким образом, причинность сохраняется: следствие не возникает раньше, чем сигнал от причины способен его достичь.

Это различие критически важно. Фраза «быстрее света» часто воспринимается как возможность отправить сообщение в другую точку пространства быстрее фотона. В данном случае речь идет о другом: сверхсветовой может оказаться вычисленная скорость определенной особенности формы волны, но не скорость распространения новой информации.

Есть и еще одна интригующая деталь. В моделировании интерференция хотя и не позволяла информации преодолеть фундаментальный предел, при некоторых условиях изменяла момент, когда приемник мог надежно распознать сигнал. Причины и практическое значение этого эффекта исследователям еще предстоит изучить.

Пока работа остается прежде всего теоретической. Следующим важным этапом должен стать физический эксперимент, в котором прямой и отраженный сигналы будут созданы и измерены в контролируемых условиях. Первоначально эффект можно проверить на акустических волнах, а затем попытаться воспроизвести его с электромагнитным излучением.

Если аналогичный результат удастся получить со светом в вакууме, это станет необычной демонстрацией того, насколько обманчивым может быть само понятие скорости волны. Физика различает фазовую скорость, групповую скорость, скорость фронта сигнала, скорость переноса информации и движение максимума импульса. В обычных условиях различия между ними не бросаются в глаза, но в сложных волновых системах они становятся принципиальными.

Исследование поэтому не отменяет главный постулат специальной теории относительности и не открывает путь к мгновенной межзвездной связи. Скорее оно демонстрирует более тонкий феномен: наблюдаемая скорость энергетического максимума не всегда совпадает со скоростью, с которой физическая система способна передать новую информацию.

Если эксперимент подтвердит расчеты для электромагнитных волн, ученые получат сравнительно простой способ исследовать сверхсветовые волновые эффекты без экзотической материи и нарушения причинности. Кроме того, авторы допускают, что аналогии прямого и отраженного пути могут оказаться интересны и для квантовой физики.

В конечном счете новая работа не столько обнаруживает «лазейку» в скорости света, сколько показывает лазейку в нашем интуитивном представлении о движении энергии. Волна может изменить форму так, что ее максимум словно обгонит сам сигнал. Но отправить информацию в будущее быстрее света таким способом по-прежнему нельзя — предел Эйнштейна остается на месте.

Ссылка: «Сверхзвуковая и сверхсветовая энергия и скорость передачи информации посредством временной интерференции в среде без дисперсии»
DOI: [10.1103/1mth-rs2j](https://doi.org/10.1103/1mth-rs2j).