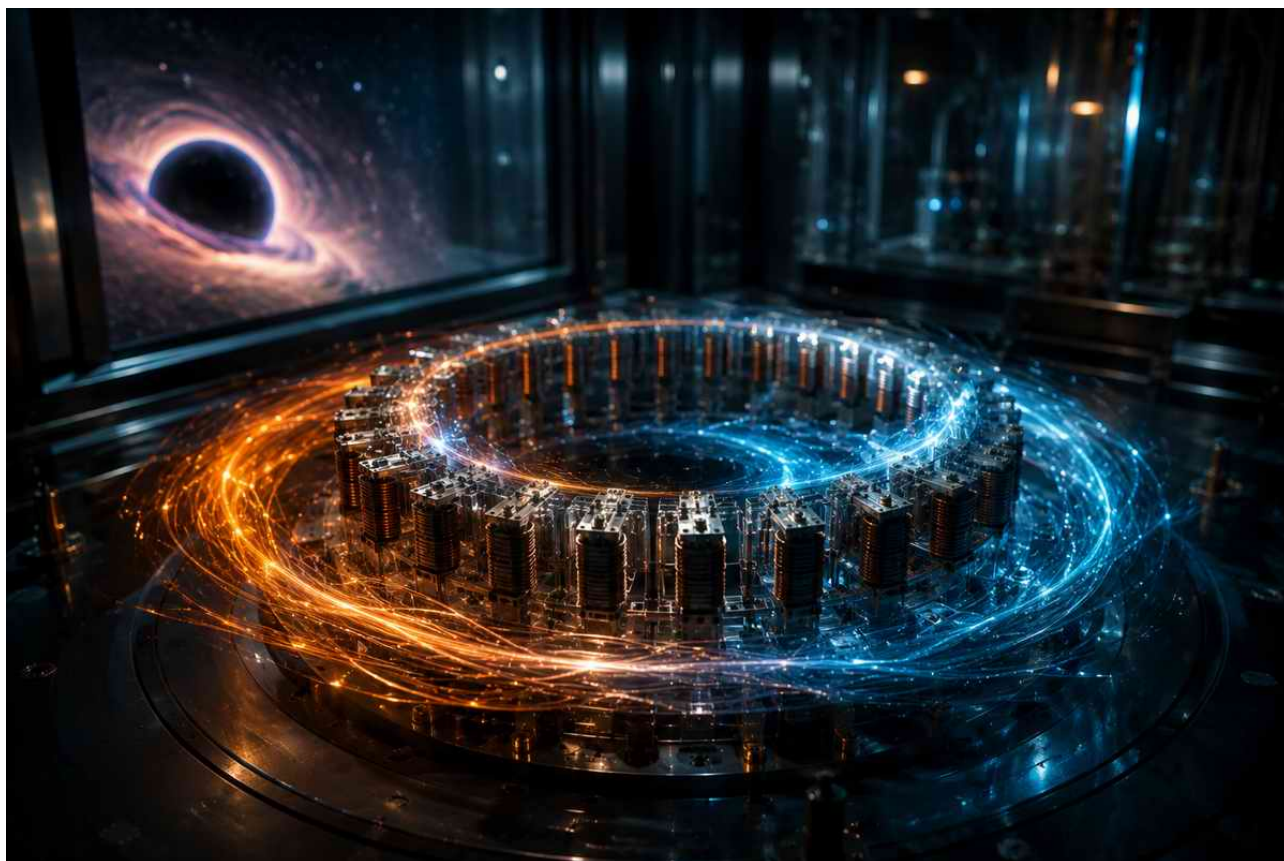


Физики впервые воспроизвели эффект извлечения энергии из вращения черной дыры в лаборатории



Дата публикации: 13.07.2026

Можно ли извлекать энергию из вращающегося объекта так же, как это, по расчетам физиков, происходит возле черной дыры? Еще недавно подобный вопрос оставался исключительно областью теоретической физики. Однако новое исследование, опубликованное в журнале *Nature*, впервые продемонстрировало лабораторную систему, способную воспроизвести один из самых необычных эффектов общей теории относительности — усиление волн за счет взаимодействия с искусственно созданным «вращением».

Работа была выполнена исследователями Центра перспективных научных исследований Городского университета Нью-Йорка (CUNY ASRC). Вместо того чтобы раскручивать физический объект до недостижимых скоростей, ученые создали неподвижное электронное устройство, которое заставляет электромагнитные волны вести себя так, словно они взаимодействуют с вращающейся системой. Такой подход позволил экспериментально проверить идеи, которые более пятидесяти лет существовали лишь в виде математических

моделей.

История этой концепции начинается в конце 1960-х годов. Британский физик сэр Роджер Пенроуз предположил, что вращающаяся черная дыра способна отдавать часть собственной энергии. Согласно его теории, если частица попадет в особую область пространства вокруг черной дыры — эргосферу, — она может разделиться на две части. Одна из них упадет в черную дыру, а вторая покинет ее с большей энергией, чем имела первоначально.

Позднее советский физик Яков Зельдович развил эту идею применительно к волнам. Он показал, что электромагнитная или звуковая волна при взаимодействии с достаточно быстро вращающимся объектом может не терять энергию, как это происходит обычно, а наоборот — усиливаться, извлекая часть энергии вращения. Это явление получило название эффекта Пенроуза-Зельдовича и считается одним из наиболее необычных следствий современной физики.

Проблема заключалась в том, что проверить такую гипотезу экспериментально оказалось чрезвычайно сложно. Для наблюдения эффекта требуются скорости вращения, которые практически невозможно реализовать механическими средствами. Ни один двигатель не способен раскрутить объект настолько быстро, чтобы воспроизвести необходимые условия.

Авторы новой работы предложили отказаться от самого понятия механического вращения. Вместо вращающегося тела они использовали так называемое синтетическое вращение — искусственно создаваемую динамическую структуру, которая для распространяющихся волн выглядит как быстро вращающийся объект.

В основе установки находится кольцевая система электронных резонаторов. Каждый из них остается неподвижным, однако их электромагнитные свойства непрерывно изменяются в строго рассчитанной последовательности. В результате вокруг кольца возникает бегущий волновой рисунок, создающий иллюзию сверхбыстрого вращения.

Для электромагнитных волн такая система практически не отличается от реального вращающегося объекта. Волны взаимодействуют с движущимся электромагнитным шаблоном и начинают обмениваться с ним энергией.

Во время экспериментов ученые обнаружили именно тот эффект, который предсказывали Пенроуз и Зельдович. При определенных параметрах волны не ослабевали после прохождения через устройство, а наоборот усиливались, получая дополнительную энергию из искусственно созданного вращения.

Фактически исследователям удалось впервые воспроизвести ключевой физический механизм, который ранее связывали исключительно с экстремальными астрофизическими объектами. При этом сама установка оставалась полностью неподвижной.

Для реализации идеи использовались специально разработанные метаматериалы — искусственные структуры, свойства которых определяются не столько химическим составом, сколько внутренней архитектурой. Такие материалы позволяют необычным образом управлять распространением электромагнитных волн, изменяя их направление, скорость и характер взаимодействия с окружающей средой.

Особую роль в новой системе играет теория Флоке — математический аппарат, описывающий поведение систем с периодически изменяющимися свойствами. Именно благодаря этой концепции ученым удалось создать динамическую структуру, имитирующую вращение без какого-либо механического движения.

Исследователи также наблюдали экстремальный вариант эффекта Доплера — явления, хорошо известного каждому по изменению высоты звука проезжающей сирены. В новой работе аналогичный принцип был реализован для электромагнитных волн в условиях искусственно созданного сверхбыстрого вращения.

Хотя в публикации неоднократно упоминаются скорости, превышающие скорость света, речь не идет о нарушении законов физики. Ни одно материальное тело и никакая информация не движутся быстрее света. Сверхсветовым оказывается лишь распространяющийся волновой шаблон, возникающий вследствие синхронной модуляции свойств системы. Подобные процессы давно известны в современной физике и полностью согласуются со специальной теорией относительности.

Главное значение новой работы заключается не только в подтверждении давней теоретической идеи. Созданная установка открывает возможность изучать процессы, ранее доступные лишь в окрестностях черных дыр или других экстремальных космических объектов, используя обычную лабораторию.

Это позволяет исследователям экспериментально проверять фундаментальные модели общей теории относительности, волновой физики и квантовой механики без необходимости обращаться к астрономическим наблюдениям.

Не менее интересны и возможные практические применения. Управляемое усиление электромагнитных волн может найти применение при создании новых

систем беспроводной связи, высокочувствительных датчиков, фотонных вычислительных устройств и компонентов квантовых компьютеров. Возможность управлять потоками энергии без механического движения также представляет большой интерес для современной фотоники.

Перспективные области применения технологии: фотоника, квантовые вычисления, беспроводная связь, обработка сигналов, метаматериалы, волновая электроника, сверхчувствительные сенсоры, фундаментальная физика, моделирование астрофизических процессов и разработка новых оптических устройств.

Авторы исследования подчеркивают, что представленная работа является первым экспериментальным шагом. В дальнейшем аналогичные принципы планируется перенести на фотонные и квантовые платформы, где они смогут использоваться для более сложного управления светом и информацией.

Исследование демонстрирует, как идеи, родившиеся при изучении черных дыр, постепенно становятся инструментами современной инженерии. Теоретические модели, которые десятилетиями считались исключительно математическими конструкциями, начинают получать экспериментальное подтверждение и открывают новые возможности как для фундаментальной науки, так и для технологий будущего.

Ссылка: «Наблюдение вращательного сверхизлучения Флоке» [DOI: 10.1038/s41586-026-10725-y](https://doi.org/10.1038/s41586-026-10725-y).