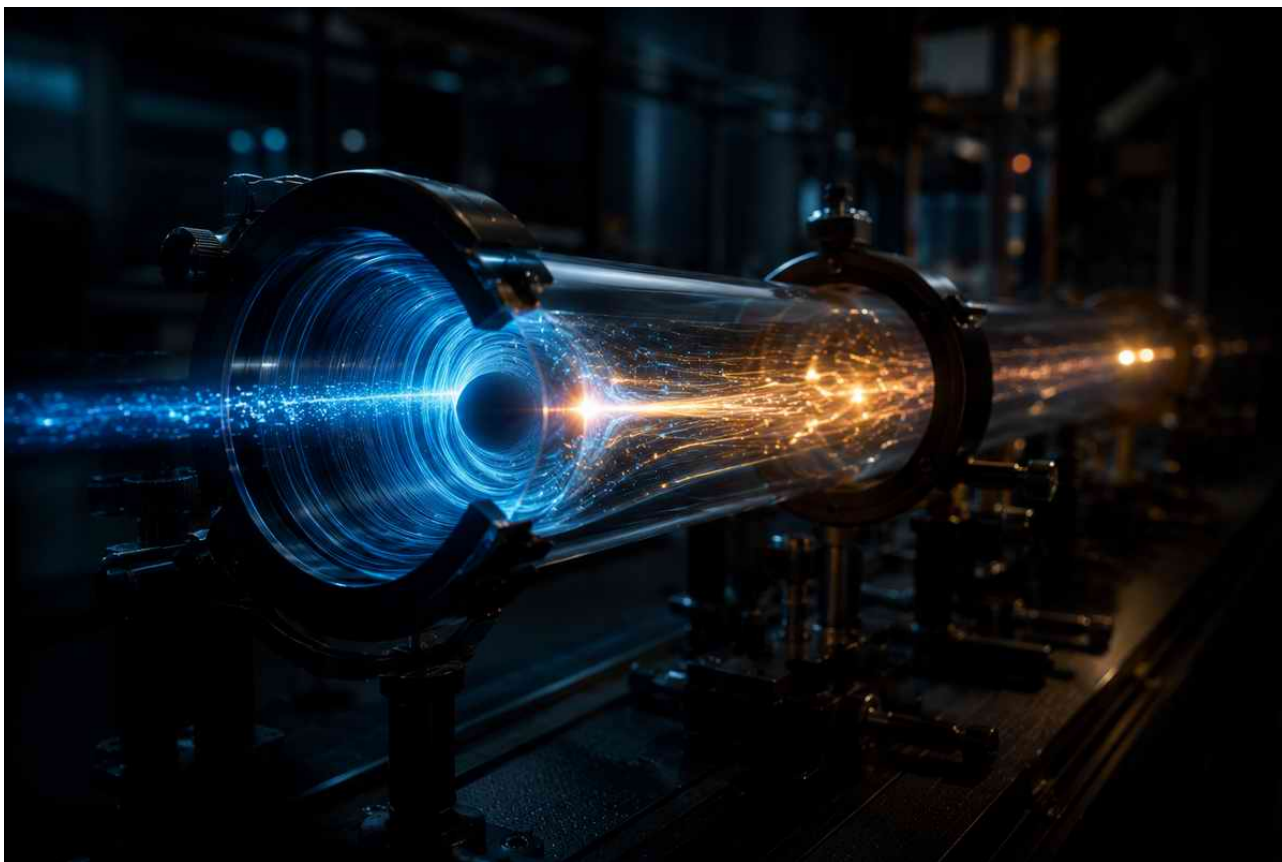


## Излучение Хокинга стало ближе к разгадке: физики воспроизвели процесс в лаборатории



Дата публикации: 03.07.2026

Черные дыры остаются одними из самых загадочных объектов современной физики. Они обладают настолько мощной гравитацией, что даже свет не способен покинуть их пределы. Однако еще в 1974 году выдающийся британский физик Стивен Хокинг сделал удивительное предсказание: несмотря на свою репутацию «космических ловушек», черные дыры не являются абсолютно черными. Согласно квантовой теории, они должны испускать чрезвычайно слабое излучение, которое впоследствии получило название излучения Хокинга.

За прошедшие десятилетия эта идея стала одной из важнейших в современной теоретической физике. Именно она впервые объединила квантовую механику, общую теорию относительности и термодинамику в единую концепцию. Тем не менее само излучение Хокинга до сих пор не удалось зарегистрировать непосредственно у настоящих черных дыр, поскольку оно чрезвычайно слабое и практически полностью теряется на фоне окружающего космического излучения.

Именно поэтому ученые активно используют так называемые аналоговые модели черных дыр — специальные лабораторные системы, способные воспроизводить отдельные физические процессы, происходящие вблизи горизонта событий.

Новое исследование, опубликованное в журнале Nature, стало важным шагом в этом направлении. Международная группа физиков из Падерборнского университета, Института науки Вейцмана в Израиле и мексиканского исследовательского центра Cinvestav предложила новую теоретическую модель возникновения излучения Хокинга и смогла подтвердить ее экспериментально с помощью оптической установки.

Излучение Хокинга возникает благодаря необычным квантовым процессам, происходящим в непосредственной близости от горизонта событий. Согласно современной квантовой теории, даже абсолютно пустое пространство нельзя считать полностью пустым. Вакуум постоянно порождает пары виртуальных частиц и античастиц, которые практически мгновенно уничтожают друг друга.

Однако рядом с горизонтом событий черной дыры этот процесс может нарушаться. Если одна частица оказывается захваченной гравитацией, а вторая успевает покинуть окрестности черной дыры, внешнему наблюдателю кажется, что объект испустил реальное излучение. При этом сама черная дыра теряет небольшую часть своей энергии и массы.

Именно поэтому считается, что за чрезвычайно длительное время черные дыры способны постепенно испаряться.

Несмотря на кажущуюся простоту этой идеи, детальный механизм возникновения излучения Хокинга остается предметом активных научных дискуссий. Большинство существующих моделей предполагают сложную последовательность взаимосвязанных квантовых процессов, образующих своеобразный каскад взаимодействий.

Авторы нового исследования предложили значительно более простую картину происходящего.

Используя методы нелинейной оптики, ученые построили математическую модель, в которой аналог горизонта событий формируется внутри специального оптического волокна. В подобных системах распространение световых импульсов во многом напоминает движение волн в искривленном пространстве-времени, что делает их удобной лабораторной моделью для изучения гравитационных эффектов.

Расчеты показали, что образование аналога излучения Хокинга может

происходить значительно проще, чем предполагалось ранее. Вместо сложного многоступенчатого процесса исследователи обнаружили прямой механизм генерации квантового излучения.

Затем эта модель была проверена экспериментально.

Особенность работы заключается не только в подтверждении самого механизма возникновения излучения. Впервые ученым удалось подробно проследить обратное влияние возникающего излучения на всю систему.

Этот эффект имеет фундаментальное значение. Если раньше излучение Хокинга обычно рассматривалось как пассивный побочный результат процессов возле горизонта событий, то новые эксперименты показывают, что оно способно активно изменять состояние самой системы, в которой возникает.

Подобная обратная связь считается одним из ключевых элементов современной теории испарения черных дыр. Именно она определяет, каким образом черная дыра постепенно теряет массу, сохраняет ли устойчивость и как меняются ее свойства на протяжении огромных промежутков времени.

Наблюдать подобные процессы непосредственно в космосе практически невозможно. Даже ближайšie известные черные дыры находятся слишком далеко, а интенсивность предполагаемого излучения Хокинга чрезвычайно мала.

Лабораторные аналоги позволяют обойти это ограничение. Хотя они не являются настоящими черными дырами, подобные установки воспроизводят математически эквивалентные процессы, что дает возможность экспериментально исследовать явления, которые иначе оставались бы исключительно теоретическими.

Подобный подход уже давно используется в современной физике. Аналоговые модели применяются для изучения сверхтекучести, космологических процессов ранней Вселенной, квантовых фазовых переходов и других сложнейших явлений, недоступных прямому эксперименту.

Особое значение новое исследование имеет для развития квантовой гравитации — области науки, пытающейся объединить общую теорию относительности Эйнштейна и квантовую механику в единую фундаментальную теорию природы.

Излучение Хокинга считается одним из немногих явлений, в котором обе теории взаимодействуют одновременно. Именно поэтому любое уточнение механизма его возникновения помогает лучше понять устройство пространства-

времени на самых малых масштабах.

Кроме того, результаты исследования могут оказаться полезными при изучении информационного парадокса черных дыр — одной из самых известных нерешенных проблем современной физики. Этот парадокс связан с вопросом о том, что происходит с информацией о веществе, попавшем внутрь черной дыры, если сама она со временем полностью испаряется.

Пока окончательного ответа на этот вопрос не существует, однако каждое новое исследование приближает ученых к построению более полной картины происходящих процессов.

Интересно и то, что использованная экспериментальная платформа основана на современных фотонных технологиях. Это означает, что дальнейшие исследования могут стать значительно более точными благодаря развитию квантовой оптики, лазерной техники и высокочувствительных детекторов.

В перспективе подобные установки позволят моделировать не только отдельные свойства горизонта событий, но и более сложные процессы, включая взаимодействие нескольких аналогов черных дыр, влияние квантовых флуктуаций и различные сценарии испарения.

Основные результаты исследования: предложен новый прямой механизм возникновения аналога излучения Хокинга; проведено теоретическое моделирование в нелинейной оптической системе; выполнено экспериментальное подтверждение модели; впервые подробно исследовано обратное влияние излучения на саму систему; результаты могут помочь лучше понять процессы испарения черных дыр и приблизить создание полноценной теории квантовой гравитации.

Авторы подчеркивают, что лабораторные аналоги не заменяют исследования настоящих черных дыр, однако позволяют экспериментально проверять идеи, которые невозможно изучить непосредственно в космосе. Такие работы становятся важным мостом между теоретической физикой и экспериментом, постепенно раскрывая природу одного из самых загадочных явлений современной науки — излучения Хокинга и квантовых процессов, происходящих на границе пространства и времени.

**Ссылка:** «Обратная реакция стимулированного излучения Хокинга в оптическом аналоге» DOI: [10.1038/s41586-026-10720-3](https://doi.org/10.1038/s41586-026-10720-3).