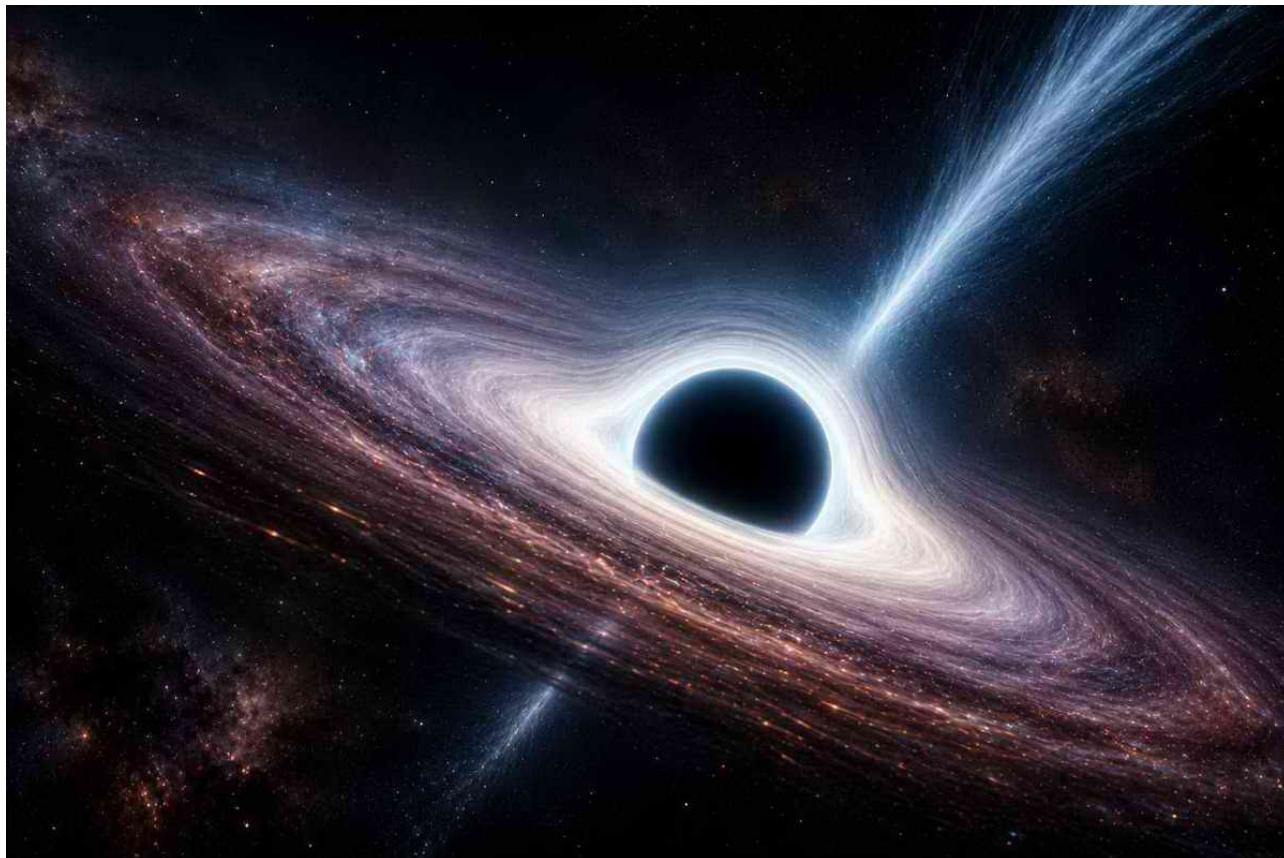


Черные дыры без сингулярности: новая теория ставит под сомнение фундаментальные законы гравитации



Дата публикации: 22.05.2026

Черные дыры считаются одними из самых загадочных объектов во Вселенной. Согласно общей теории относительности Альберт Эйнштейн, внутри них гравитация становится настолько мощной, что пространство и время перестают вести себя привычным образом. На протяжении десятилетий физики полагали, что любая черная дыра неизбежно должна содержать сингулярность — область бесконечной плотности, где известные законы физики перестают работать. Однако новое теоретическое исследование предлагает неожиданную альтернативу: возможно, некоторые черные дыры способны существовать без сингулярностей вообще.

Работа опубликована в журнале *Physical Review Letters* и уже вызвала активные обсуждения среди специалистов по гравитации и квантовой физике. Исследование посвящено фундаментальному вопросу: действительно ли разрушение пространства-времени внутри черной дыры неизбежно, или же природа способна избегать подобных экстремальных состояний.

Согласно классическим представлениям, при гравитационном коллапсе массивной звезды вещество сжимается до бесконечно малой точки. В этой области кривизна пространства-времени становится бесконечной, а предсказательная сила физики исчезает. Именно это состояние называют сингулярностью.

Существует и другая проблема — так называемый горизонт Коши. Это особая граница внутри некоторых типов черных дыр, за которой физические законы теряют способность однозначно предсказывать будущее. Для современной науки подобные области считаются серьезной теоретической проблемой, поскольку нарушают фундаментальный принцип причинности.

Новое исследование показывает, что сочетание двух факторов — электрического заряда черной дыры и квантового излучения Хокинга — может существенно изменить внутреннюю структуру объекта. Излучение Хокинга представляет собой квантовый процесс, при котором черная дыра медленно теряет массу и энергию. Этот эффект был предсказан Стивен Хокинг еще в 1970-х годах и считается одним из важнейших мостов между квантовой механикой и гравитацией.

До сих пор предполагалось, что излучение Хокинга слишком слабое, чтобы повлиять на образование сингулярности. Однако новая модель показывает: если добавить к квантовым эффектам электромагнитное отталкивание, возникающее у заряженной черной дыры, ситуация меняется кардинально.

Вместо бесконечного коллапса пространство-время может стабилизироваться, избегая как сингулярности, так и горизонта Коши. Фактически гравитация перестает быть полностью доминирующей силой, а квантовые процессы начинают играть гораздо более важную роль, чем считалось ранее.

Для анализа использовались диаграммы Пенроуза — специальный математический инструмент, позволяющий компактно изображать структуру пространства-времени. Такие диаграммы помогают исследовать глобальную геометрию черных дыр и проследивать судьбу материи и света внутри экстремальных гравитационных объектов.

Особое значение имеет тот факт, что новая теория не требует полноценной квантовой теории гравитации — одной из главных нерешенных задач современной физики. Ранее считалось, что устранить сингулярности можно только при помощи неизвестной пока объединенной теории, соединяющей квантовую механику и общую теорию относительности.

Теперь появляется возможность, что часть проблем удастся решить в рамках

уже существующих моделей, используя квантовое описание материи при сохранении классической геометрии пространства-времени.

Исследование также затрагивает вопрос испарения черных дыр. Согласно теории Хокинга, черные дыры постепенно теряют массу и со временем могут полностью исчезнуть. Однако точный финальный этап этого процесса остается неизвестным. Новая модель допускает сразу несколько сценариев: образование стабильного остатка, постепенное асимптотическое затухание, полное испарение без нарушения причинности, формирование безгоризонтного объекта.

Особый интерес вызывает возможность существования черных дыр без внутренних сингулярностей. Подобные объекты могли бы радикально изменить представления о природе гравитации и структуре пространства-времени.

Следующим этапом исследования станет изучение вращающихся черных дыр. Именно такие объекты, обладающие угловым моментом, чаще всего встречаются в реальной Вселенной. Физики предполагают, что вращение может играть роль, аналогичную электрическому заряду, создавая дополнительный эффект, препятствующий полному коллапсу.

Если эта гипотеза подтвердится, последствия могут оказаться огромными для всей современной космологии и теоретической физики. Возможно, сингулярности — не обязательная часть устройства Вселенной, а лишь результат ограниченности классических моделей гравитации.

Современная астрофизика уже располагает множеством наблюдений черных дыр: тени сверхмассивных объектов, гравитационные волны от слияния черных дыр, аккреционные диски и релятивистские джеты. Однако внутреннее устройство этих объектов по-прежнему остается практически недоступным для прямого наблюдения.

Именно поэтому теоретические исследования играют критически важную роль. Они позволяют искать новые пути объединения квантовой механики и гравитации — двух величайших теорий современной науки, которые до сих пор плохо согласуются друг с другом в экстремальных условиях.

Новая работа показывает, что черные дыры могут быть гораздо сложнее и менее «разрушительными» объектами, чем предполагалось ранее. Вместо абсолютного конца пространства и времени внутри них могут существовать более сложные квантовые структуры, сохраняющие причинность и предсказуемость физических законов.

Если эта идея получит дальнейшее развитие, физика может оказаться на

пороге пересмотра одного из самых фундаментальных представлений о природе Вселенной — идеи неизбежной сингулярности внутри черной дыры.

Ссылка: «Излучающие черные дыры в общей теории относительности не обязательно должны быть сингулярными» [DOI: 10.1103/gv8z-f128](https://doi.org/10.1103/gv8z-f128).