



АДАМ БРАУН,
ФИЗИК-ТЕОРЕТИК,
СТЭНФОРДСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

«Моя работа не выходит за рамки чисто мысленного эксперимента. В частности, я даже не пытался представить, какие формы жизни могли бы пережить затухание звезд. С другой стороны, я полагаюсь на хорошо разработанную теорию хокинговского излучения и современные версии теории струн. Эти версии отличаются друг от друга, однако выводы сохраняют свою силу в любом случае: чернотырным излучением никакую цивилизацию не согреешь. И дело здесь не в недостатке изобретательности, а просто в ограничениях, которые накладывают фундаментальные законы природы – во всяком случае, как мы их сейчас понимаем».

Фотонные рудники

В далеком будущем, когда во Вселенной не останется ничего, кроме черных дыр, дожившим до этого момента сверхцивилизациям придется вспомнить рудное дело. Единственным способом добыть энергию останется заброс фотонных ковшей к горизонту событий. Но возможно ли это?

Текст: Алексей Левин

Ничто не вечно в нашей Вселенной. В очень отдаленном будущем, к примеру через 10^{25} лет, погаснут все звезды, распадутся самые долгоживущие радиоактивные атомы, квазары переработают в излучение почти весь космический газ и тоже навеки затухнут. В стремительно пустеющей из-за расширения пространства Вселенной останутся черные дыры и те холодные тела (от остывших нейтронных звезд и белых карликов до планет и планетоидов всех размеров), которые эти дыры пока не успеют заглотить. Во всяком случае, такую судьбу предвещает стандартная модель современной космологии. И если во Вселенной сохранятся одиночные и одинокие (все из-за того же расширения пространства) цивилизации, им придется извлекать энергию из черных дыр, поскольку никаких других возможностей уже не останется.

ВЗОРВАТЬ ДЫРУ

Один такой способ давно известен. Если дыра вращается, она, согласно ОТО (общей теории относительности) увлекает за собой окружающее пространство. Этот эффект можно использовать для получения энергии чисто механическим путем. Данный способ надежен, но не слишком удобен, поскольку механическую энергию не так просто утилизировать. К тому же он заведомо непригоден, если дыра не вращается или вращается слишком медленно.

Куда лучше заставить ее уступить малую толику энергии в виде электромагнитного излучения. И это возможно: лет сорок назад Стивен Хокинг показал, что горизонт черной дыры непрерывно излучает фотоны, спектр которых точно соответствует спектру абсолютно черного тела. Правда, их температура почти всегда очень низка – для дыры солнечной массы она составляет всего $5 \cdot 10^{-8}$ К, а для черных дыр в центрах галактик – еще в миллионы и миллиарды раз меньше. Поскольку излучающая дыра теряет массу, она нагревается, светит все ярче и в конце концов взрывается, выделяя огромную энергию. Отличный источник энергии, не так ли? Есть, правда, одно «но»: этот процесс очень медленный, и даже скромная дыра солнечного

калибра может стать реальным источником энергии где-то через 10^{65} лет после своего рождения. Никакая цивилизация столько не протянет.

ФОТОНОЧЕРПАЛКА

Но есть и другая возможность, которую рассмотрел физик-теоретик из Стэнфордского университета Адам Браун. Все дело в том, что окрестность черной дыры покидают отнюдь не все частицы хокинговского излучения. Некоторые из этих фотонов в самом деле улетают в бесконечность, однако по большей части они захватываются гравитационным полем дыры и возвращаются к горизонту событий. Вращение дыры не только не устраняет этот эффект, но даже его усиливает. В результате вблизи горизонта накапливаются фотоны, в том числе и довольно горячие. Извлечь их несложно. Опустим на прочном тросе к горизонту «фотоночерпалку» – контейнер с зеркальными стенками, заполним его излучением, закроем и поднимем вверх. Ничто не мешает раз за разом повторять эту операцию, превратив дыру в практически неиссякаемый источник ценнейшей лучевой энергии.

Но никакая сталь, никакие сверхпрочные полимеры и даже углеродные нанотрубки, прочность которых на много порядков превосходит известные сегодня материалы, не выдержат нагрузки – вблизи дыры они порвутся просто под действием собственного веса. Поэтому Браун в своей модели остановился на самом прочном из теоретически возможных материалов – переплетенных квантовых струнах. Но и это не спасло конструкцию: даже теоретически такой трос будет достаточно прочным лишь настолько, чтобы выдержать собственный вес. Трос можно опустить к самому горизонту и вытащить обратно, но никакого груза он уже не выдержит.

А нельзя ли обойти это препятствие? Остановим наш лифт ближе к верхней границе лучевой атмосферы дыры. Фотонов там меньше, они холоднее, но зато трос подвергнется меньшим напряжениям. Такой вариант возможен, но бесполезен: эффективность черной дыры как источника излучения близка к нулю. Так что сверхцивилизацию будущего, похоже, ждет бесконечно долгая холодная зима.

ПМ

ИЗЛУЧЕНИЕ ХОКИНГА

В 1974 году Стивен Хокинг, используя квантовый подход, предсказал, что черные дыры должны испускать излучение с тепловым спектром. Оно возникает в окрестности горизонта событий из-за взаимодействий вакуумных флуктуаций с гравитационным полем. Вблизи горизонта рождаются и аннигилируют виртуальные пары частиц и античастиц, и возможен случай, когда античастица будет захвачена черной дырой, а частица улетит в бесконечность. Античастица, упавшая в черную дыру, уменьшает ее полную энергию покоя (а значит, массу). Из-за излучения Хокинга черные дыры теряют массу («испаряются») и в конце концов погибают, но время жизни дыр астрономических масштабов на десятки порядков больше нынешнего возраста Вселенной.

