

Кип Стивен Торн

Гаргантюа

И вот через 39 лет и 11 месяцев ваш звездолет тормозит в окрестностях Гаргантюа. Над головой вы видите квазар 8C 2975 с двумя ослепительными голубыми струями, выбрасываемыми из его центра, а под вами простирается черная бездна Гаргантюа. Переходя на орбиту вокруг нее и выполняя свои обычные эксперименты, вы убеждаетесь, что ее масса действительно составляет  $8 \cdot 10^{12}$  Мслн и что дыра вращается очень медленно. Из этих данных вы определяете длину ее горизонта – около 16 св. лет. Вот, наконец, та черная дыра, чью окрестность вы можете исследовать без невыносимых приливных сил или немыслимого ускорения ракетных двигателей! Перед тем, как начать свой спуск к горизонту, вы тщательно фотографируете гигантский квазар над вами и триллионы звезд, вращающихся вокруг Гаргантюа, а также миллиарды галактик, разбросанных по небу. Особенно тщательно вы фотографируете черный диск Гаргантюа под вами, размеры которого близки к размерам Солнца, наблюдаемого с Земли.

На первый взгляд кажется, что этот диск полностью закрывает собой свет звезд и галактик, расположенных за ним. Однако, присмотревшись, вы замечаете, что гравитационное поле черной дыры действует подобно линзе, отклоняя световые лучи вдоль края горизонта и фокусируя их в тонкое яркое кольцо на окружности темного диска. Там, в этом кольце вы видите несколько изображений каждой из загороженных диском звезд: одно, образованное лучами, отклоненными к левому краю диска; другое – лучами, отклоненными к правому краю; третье – лучами, совершившими полный оборот вокруг дыры и затем вышедшими в направлении на вас; четвертое – лучами, совершившими два оборота вокруг дыры...

В результате возникает весьма сложная кольцевая структура, которую вы фотографируете во всех деталях для подробного изучения в будущем.

Завершив фотосъемку, вы начинаете спускаться к горизонту. Но нужно запастись терпением: дыра настолько огромна, что, ускоряясь и замедляясь с ускорением

пятнышком все меньших размеров.

В панике вы снова обращаетесь к компьютеру за помощью: «Неужели я неверно рассчитал траекторию? Не провалились ли мы сквозь горизонт? Неужто мы обречены?!»

«Тише, тише, – успокаивает он. – Мы в безопасности, мы все еще снаружи от горизонта. Темнота охватывает почти все небо лишь из-за сильной фокусировки световых лучей, вызванной гравитационным полем черной дыры. Посмотрите на этот «указатель» почти над головой – это галактика 3C 295. Перед тем, как вы начали спуск, она была на горизонтальном луче зрения от вас, в  $90^\circ$  от зенита. Но здесь, у горизонта Гаргантюа, гравитационное поле черной дыры действует на световые лучи, испущенные 3C 295, столь сильно, что они изгибаются, делая кажущееся положение этой галактики вместо горизонтального почти вертикальным, так что 3C 295 оказывается почти над головой».

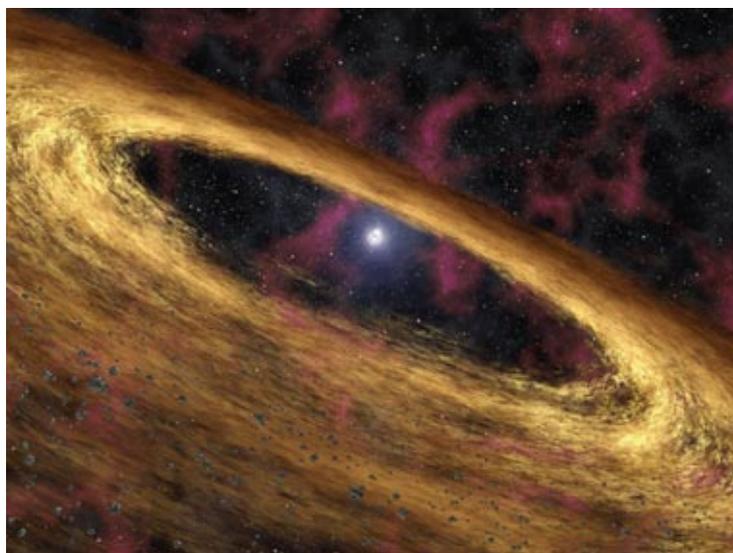
Успокоенный объяснениями компьютера, вы продолжаете свой спуск. На панели перед вами скачут цифры, указывая, сколько всего вы пролетели и длину каждого витка. На начальном этапе каждый километр спуска уменьшает длину вашей орбиты на  $2\pi \approx 6,2832...$  км, в соответствии с формулой Евклида для длины окружности. Но вблизи горизонта с каждым пройденным километром сокращение длины орбиты становится все меньше и меньше:  $6,2517...$  км при длине орбиты, равной 100 длинам горизонта;  $5,9608...$  км при длине, превышающей длину горизонта в 10 раз;  $4,4429$  км при длине, превышающей длину горизонта в 2 раза;  $1,9869$  км – при длине, превышающей длину горизонта в 1,1 раза;  $0,6283$  км – при длине, превышающей длину горизонта в 1,01 раза. Такие отклонения от формулы Евклида возможны лишь в кривом пространстве – вы воочию наблюдаете кривизну, которая, в соответствии с предсказаниями ОТО Эйнштейна, должна появляться в сильном гравитационном поле черной дыры.

На заключительном этапе спуска вы вынуждены все больше увеличивать тягу двигателей, чтобы замедлить падение. Наконец, вы останавливаетесь, оставаясь на орбите, длина которой составляет

# ПУТЕШЕСТВИЕ

## СРЕДИ ЧЕРНЫХ ДЫР

(продолжение, начало в "НТ" №4 2006)



Образованием «черной дыры», после взрыва «сверхновой» заканчивается жизненный цикл массивных звезд

1 g, вы будете вынуждены потратить 10 лет по вашим часам, чтобы достичь цели – приблизиться к горизонту настолько, чтобы длина вашей орбиты составляла  $1,0001$  длины горизонта.

Спустившись, вы фотографируете изменения, видимые на небе вокруг вас. Сильнее всего меняется диск под вами: постепенно он вырастает все больше и больше. Вы ожидаете, что он прекратит увеличиваться, когда закроет все небо под вами, оставив верхнюю часть неба чистой, как на Земле. Ничего подобного! Черный диск продолжает расти, поднимаясь по краям вашего звездолета и оставляя лишь непрерывно уменьшающееся отверстие над вами, через которое вы можете наблюдать внешнюю Вселенную. Это выглядит так, словно вы вошли в пещеру и продвигаетесь все глубже и глубже, так что вход представляется светлым

1,0001 длины горизонта. Последний километр пройденного пути уменьшил длину вашей орбиты всего лишь на 0,0628 км. С трудом двигая руками из-за причиняющего мучительную боль притяжения, превосходящего земное в 10 раз, вы готовите телескопы и камеры для длительных и детальных съемок. За исключением слабых вспышек вокруг от нагретого при столкновениях падающего газа, единственный доступный съемке источник излучения – это светлое пятно над вами. Оно невелико, его диаметр составляет всего  $3^\circ$ , т.е. лишь в 1,5 раза больше размера солнечного диска, если смотреть с Земли. Но в этом пятне сконцентрированы изображения всех звезд, обращающихся вокруг Гаргантюа, и всех галактик во Вселенной.

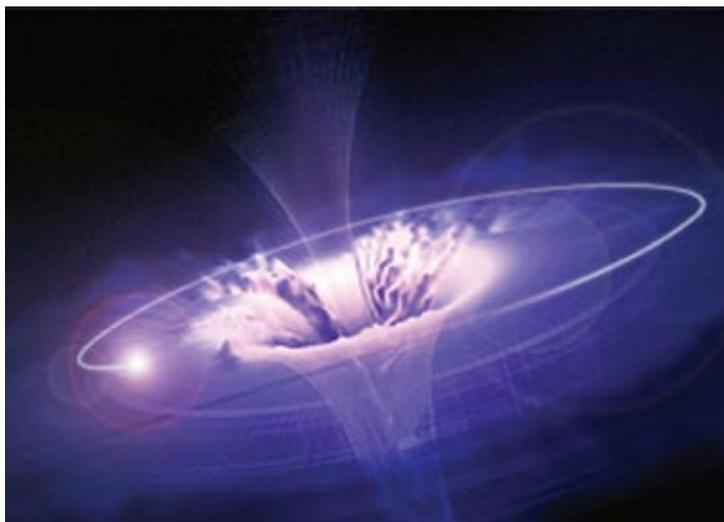
В самом центре пятна расположены галактики, которые находятся над вами точно в зените. На расстоянии, составляющем 55% радиуса пятна, сосредоточены изображения галактик типа 3C 295, которые находились бы в горизонтальной плоскости (в  $90^\circ$  от зенита), если бы не эффект гравитационной линзы черной дыры. На расстоянии, составляющем 85% расстояния от центра пятна до его края, находятся изображения галактик, которые, как вы знаете, на самом деле расположены с противоположной от вас стороны черной дыры. Во внешнем кольце (15% расстояния от края пятна) присутствует второе изображение каждой галактики, а в самых внешних 3% – третье такое изображение.

Одинаково необычные, цвета всех звезд и галактик сильно искажены. Галактика, которая, как вам известно, излучает в зеленом диапазоне спектра, кажется испускающей мягкое рентгеновское излучение; длина волны ее электромагнитного излучения уменьшилась с 500 до 5 нм за счет гигантского гравитационного притяжения черной дыры, находящейся под вами. А ядро квазара 8C 2975, которое в действительности испускает преимущественно инфракрасное излучение с длиной волны 0,05 см, кажется испускающим зеленый свет с длиной волны  $5 \cdot 10^{-5}$  см.

После тщательной регистрации всех деталей светлого пятна над вами вы обращаете внимание на то, что происходит внутри звездолета. Вы почти уверены,

что здесь, столь близко от горизонта черной дыры, законы физики тоже изменяются, и изменения повлияют на вашу собственную физиологию. Отнюдь. Вы смотрите на своих спутников и спутниц – они выглядят обычно. Вы ощупываете друг друга – все нормально. Вы выпиваете стакан воды – за исключением влияния ускорения в 10 g, которое вы можете устранить, если решитесь нырнуть под горизонт, – вода льется нормально. Вы запускаете аргоновый лазер – он испускает такой же яркий пучок зеленого цвета, как и всегда. Вы берете импульсный рубиновый лазер, зеркало, детектор излучения и высокоточные часы; включая и выключая лазер, вы измеряете время прохождения импульса от лазера до зеркала и обратно к детектору, вычисляя из результатов экспериментов скорость света. Полученная величина в точности совпадает с теми, что измерены на Земле или в свободно падающей лаборатории: 299 800 км/с.

Все в звездолете выглядит нормально: так, словно вы стоите на поверхности планеты Гиперион, где сила притяжения вдвое больше земной. Если не смотреть через иллюминаторы звездолета наружу и не видеть странного пятна над головой и всепоглощающей темноты вокруг, нельзя понять, где вы находитесь: возле горизонта черной дыры или на поверхности Гипериона. Кривизна пространства, обусловленная черной дырой, естественно, сохраняется и внутри корабля, так что, располагая достаточно точными инстру-



“Черная дыра” – туннель в иные измерения

ментами, вы сможете обнаружить ее здесь. Но в то время, как кривизна пространства чрезвычайно важна в масштабах орбиты длиной  $2 \cdot 10^{13}$  км, ее проявления ничтожны в масштабах вашего корабля, размеры

которого порядка 1 км: эффекты, обусловленные кривизной, порядка  $10^{-26}$  – далеко за пределами точности ваших инструментов.

Вы ищете добровольцев для самоубийственного спуска в дыру. Робот R4D5 с его пристрастием к приключениям и опасности вызывается с готовностью. В спускаемом аппарате вместе с ним находится импульсный лазер, зеркало, фотодетектор и часы: робот будет измерять скорость света по мере своего падения и передавать результаты измерений на корабль с помощью лазерных импульсов.

R4D5 покидает звездолет и начинает измерения. Модулируемый лазерный пучок сообщает вам: «299 800; 299 800; 299 800... 299 800». Лазерное излучение превращается из зеленого в красное, инфракрасное, микроволновое, радиоволны, но сообщение остается неизменным: 299 800. А затем пучок пропадает: R4D5 ныряет под горизонт. Но ни разу в процессе своего падения он не регистрирует никаких изменений скорости света внутри спускаемого аппарата и не отмечает никаких отличий от физических законов, управляющих работой его электронных систем.

Результаты этих экспериментов очень радуют вас. Еще в 1907 г. Эйнштейн выдвинул гипотезу (базирующуюся в основном на философских соображениях), согласно которой законы физики должны быть одинаковы во Вселенной всюду и всегда, и это утверждение вскоре стало фундаментальным положением, получившим название «принципа эквивалентности Эйнштейна». В дальнейшем этот принцип не раз подвергался экспериментальной проверке, но никогда она не была столь наглядной и тщательной, как в вашем эксперименте в окрестностях горизонта Гаргантюа.

Устав от десятикратных перегрузок, вы приступаете к подготовке следующего, завершающего этапа своего путешествия – к возвращению в свою Галактику – Млечный Путь. Вы передаете детальный отчет о своих исследованиях в окрестностях Гаргантюа, и поскольку вскоре намереваетесь двигаться со скоростью, близкой к скорости света, ваше сообщение поступит в Млечный Путь менее чем на год раньше вас по земным часам.

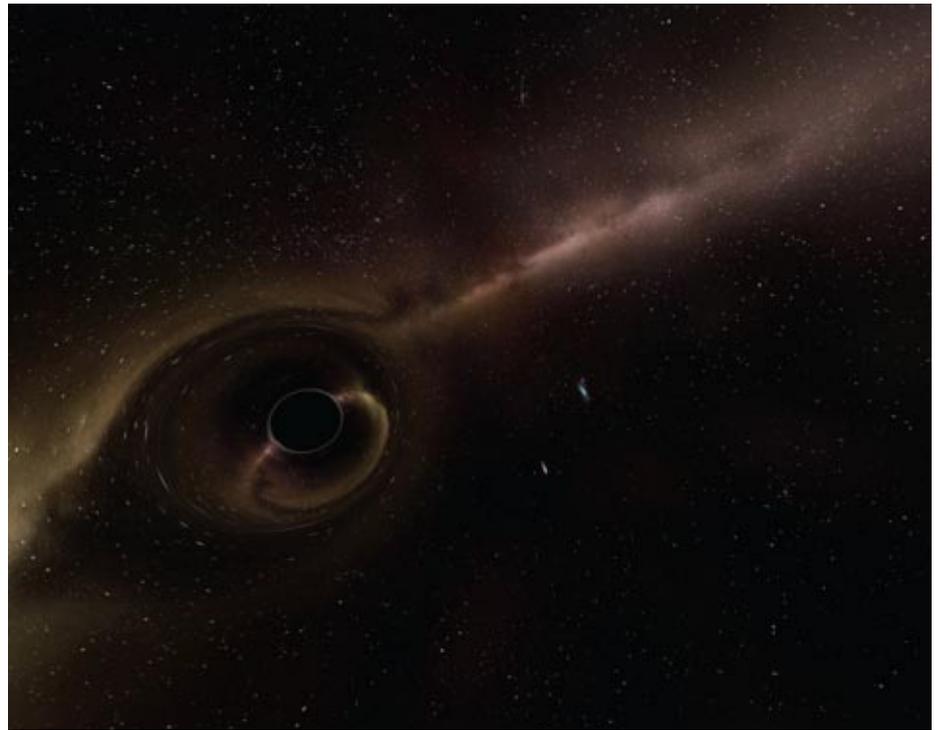
По мере удаления звездолета от Гаргантюа вы с помощью телескопа ведете

тщательные наблюдения за квазаром 8C 2975. Его струи – длинные тонкие столбы горячего газа, выбрасываемые из ядра квазара, – имеют огромную длину (3 млн св. лет). Направляя телескопы на ядро, вы видите источник энергии, обеспечивающий существование струй: толстый горячий «бублик» из газа размером около 1 св. года с черной дырой в центре. Изучив орбитальное вращение этого «бублика», вы определяете массу черной дыры –  $2 \cdot 10^9$  Мслн, т.е. примерно в тысячу раз меньше, чем масса Гаргантюа, но гораздо больше массы любой черной дыры в Млечном Пути. Наблюдая вихревое движение газа вблизи дыры, вы приходите к заключению, что эта дыра, в отличие от тех, которые встречались вам прежде, вращается весьма быстро. Энергия, поддерживающая существование струй чудовищной длины, отчасти обусловлена вращением черной дыры, а отчасти – движением газового «бублика». Различие между Гаргантюа и 8C 2975 поразительно: почему Гаргантюа, масса и размеры которой в 1000 раз больше, чем у квазара, не захватывает вращающийся газовый «бублик» и гигантские струи?

Дальнейшие исследования подсказывают ответ: один раз в несколько месяцев какая-либо звезда, обращающаяся вокруг черной дыры, входящей в состав квазара, подходит к дыре слишком близко и разрывается на части приливными силами черной дыры. Вещество из внутренней части звезды – газ массой около 1 Мслн – выбрасывается наружу и распределяется вокруг черной дыры, после чего постепенно опускается, группируясь в окружающий дыру «бублик». В результате он всегда заполнен газом, несмотря на постоянные потери – падение вещества на черную дыру и выброс в струях.

Звезды подходят близко и к Гаргантюа. Но из-за ее больших размеров приливные силы снаружи от горизонта слишком слабы, чтобы разорвать звезду на части. Поэтому Гаргантюа «заглатывает» звезды целиком, без выбросов вещества из внутренней части звезды в окружающий ее газовый «бублик». Не имея такого «бублика», Гаргантюа не может образовать струи или другие атрибуты квазаров.

Пока ваш звездолет выбирается из гравитационной ловушки Гаргантюа, вы строите планы возвращения домой. К тому моменту, когда вы достигнете Млечного Пути, Земля станет на 2,4 млрд. лет старше, чем во время вашего старта. Изменения в человеческом обществе будут настолько велики, что вы не испытываете



«Черная дыра» в газопылевом облаке

особого желания возвращаться на Землю. Вместо этого вы и команда звездолета решаете освоить пространство вокруг какой-нибудь подходящей вращающейся черной дыры. Ведь именно энергия вращения дыры в квазаре 8C 2975 позволяет квазару «проявить себя» во Вселенной, поэтому энергия вращения дыры меньших размеров может стать источником энергии для человеческой цивилизации.

#### «Электростанция» на черной дыре

В туманности Орион, входящей в Млечный Путь, в то время когда вы покидали Землю, существовали две звезды массой около 30 Мслн, вращавшиеся одна вокруг другой. Аккуратные вычисления на бортовом компьютере предсказывают, что каждая из этих звезд должна была взорваться, пока вы путешествовали к Гаргантюа, образовав невращающуюся черную дыру массой около 24 Мслн (общая масса выброшенного при взрыве газа составляет примерно 6 Мслн). Обе черные дыры должны теперь вращаться одна относительно другой, испуская в процессе вращения гравитационные волны. Эти волны будут передавать слабый импульс отдачи черным дырам, вызывая их чрезвычайно медленное, но неумолимое сближение по спирали. Небольшая коррекция ускорения звездолета позволит вам прибыть туда на последней стадии этого взаимного сближения: через несколько дней после прилета вы сможете наблюдать, как сливаются невращающиеся горизонты

обеих черных дыр, и как в результате образуется одна быстро вращающаяся дыра. Две родительские дыры были непригодны для поселения, поскольку не обладали заметным моментом количества движения, но новорожденная, быстро вращающаяся дыра представляется идеальной для поселения.

Итак, спустя 39 лет 11 мес. ваш звездолет, наконец, тормозит в той области Млечного Пути, где, по расчетам компьютера, должны находиться две черные дыры. А вот и они, точно на месте! Изменяя траектории движения межзвездного водорода, падающего на дыры, вы убеждаетесь, что они не вращаются и масса каждой составляет около 24 Мслн в соответствии с предсказаниями компьютера. Длина горизонта дыры равна 440 км, дыры отстоят на 60 тыс. км и вращаются одна вокруг другой, совершая полный оборот за 14 с. Подставляя эти значения в формулы Эйнштейна (определяющие отдачу при испускании гравитационных волн), вы заключаете, что черные дыры должны слиться через три дня. Этого времени как раз достаточно для подготовки телескопов и съемочных камер к регистрации всех деталей события. Фотографируя искажения, вносимые гравитационной линзой в распределение звезд, расположенных за дырами, вы без труда проконтролируете их движение. Светлое кольцо сфокусированного излучения звезд, окружающее диск каждой черной дыры, обеспечит вам превосходный фотоснимок.

Вам бы хотелось быть поблизости,

чтобы видеть все отчетливо, но при этом достаточно далеко, чтобы не испытывать беспокойства из-за приливных сил. Подходящим расстоянием, решаете вы, будет орбита, в 10 раз длиннее той, по которой обращаются черные дыры.

В течение трех следующих дней дыры постепенно сближаются и ускоряют свое орбитальное движение. За день до слияния расстояние между ними уменьшается с 60 до 46 тыс. км, а орбитальный период – с 14 до 9,3 с. За час до слияния они находятся на расстоянии 21 тыс. км друг от друга, а их период составляет 2,8 с. За минуту до слияния расстояние между ними 7400 км, а период 0,61 с. За 10 с до слияния расстояние 4700 км, период 0,31 с.

А затем в последние 10 с вы и ваш звездолет начинаете сотрясаться, сначала слабо, а затем все сильнее и сильнее. Все происходит так, словно гигантская пара рук схватила вашу голову и ноги и стала поочередно сжимать и растягивать вас все сильнее и сильнее, быстрее и быстрее. А затем еще более внезапно, чем началась, дрожь прекращается. Все спокойно.

«Что это было?» – бормочите вы, обращаясь к компьютеру, и голос ваш дрожит.

«Тише, тише, – успокаивает он. – Это были гравитационные волны от финальной стадии сближения черных дыр и их слияния. Вы привыкли к тому, что гравитационные волны настолько слабы, что зарегистрировать их могут лишь сверхчувствительные приборы. Но при слиянии черных дыр они необычайно сильны – будь ваша орбита в 50 раз меньше, звездолет могло разорвать на части вызванной ими тряской. Но сейчас вы в безопасности. Слияние завершилось, и волны прошли. На своем пути во Вселенной они расскажут удаленным наблюдателям о происшедшем здесь событии».

Направляя телескопы на источник гравитационного поля, вы обнаруживаете, что там, где недавно были две дыры, сейчас всего одна, причем она быстро вращается – вы видите это по вихрям падающих атомов водорода. Эта дыра станет идеальным генератором энергии для вас, вашей команды и тысяч поколений ваших потомков.

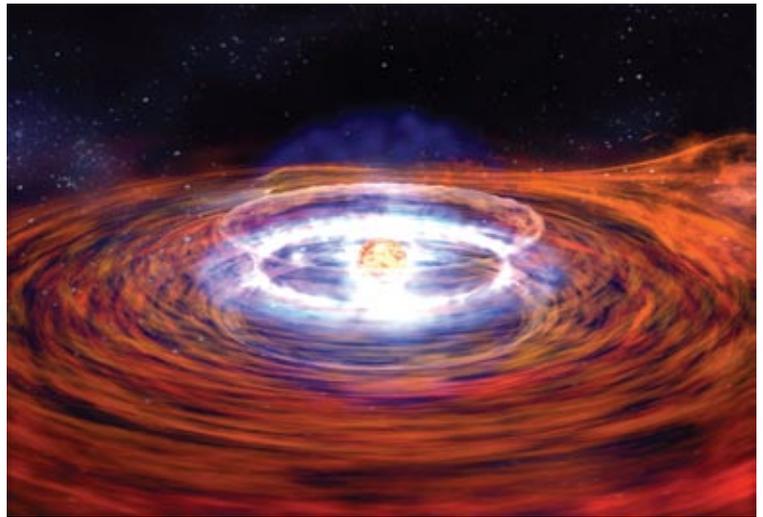
Аккуратные измерения параметров орбиты звездолета свидетельствуют, что масса образовавшейся дыры составляет 45 Мслн. Поскольку суммарная масса родительских дыр равнялась 48 Мслн, три солнечных массы должны были превратиться в энергию и унести гравитационными волнами. Нечего удивляться, что вас трясло так сильно!

О вращении дыры свидетельствуют не только возникающие вихри атомов водорода, падающих в дыру, но и форма окруженного светлым кольцом темного пятна на небе под вами: это пятно сплющено из-за вращения дыры, как сплющена из-за вращения

Земля. Более того, пятно выпячивается с одной стороны. Как объясняет компьютер, горизонт черной дыры захватывает световое излучение звезд легче, если они движутся вдоль его левого края, против направления вращения, чем при движении вдоль правого края, по направлению вращения\*. Определяя форму пятна и пользуясь формулами ОТО, вы заключаете, что момент количества движения составляет 96% от максимального значения, допустимого для дыры такой массы. Зная же момент и массу, вы вычисляете другие свойства черной дыры, включая скорость вращения ее горизонта и длину ее экватора.

\* *Возникает сила, аналогичная силе Кориолиса, или магнитное поле при вращении заряженного тела.*

Вращение дыры заинтересовало вас. Никогда прежде вы не имели возможности вблизи исследовать вращающуюся дыру. Поэтому вы вновь отыскиваете добровольца, робота R4D4, вызвавшегося исследовать окрестности горизонта. Ему даны четкие инструкции: спуститься, зависнув в нескольких метрах над горизонтом, и там, включив ракетные двигатели, удерживаться неподвижно точно под звездолетом. Таким образом, двигатели должны препятствовать как силе гравитационного притяжения, так и вихревому увлечению пространства. Жажущий приключений R4D4 спускается вниз, форсируя двигатели сначала едва, а затем все сильнее, чтобы преодолеть вращение пространства и остаться точно под звездолетом. Когда он достигает орбиты, на 56% больше длины горизонта, лазерный луч приносит сообщение: «Я не могу преодолеть увлечение», и он неумолимо



*Колоссальная сила тяжести образующейся «черной дыры» навсегда «запирает» любой вид излучения внутри гипотетической сферы, ограниченной радиусом Шварццельда*

захватывается на круговую орбиту, вращаясь вместе с дырой.

«Не беспокойся, – отвечаете вы. – Насколько сможешь, препятствуй увлечению и продолжай спуск, пока до горизонта не останется 100 м».

По мере спуска R4D4 увлекается все быстрее и, прекратив спуск в 100 м над горизонтом, вращается с такой же частотой, как и горизонт черной дыры, – 270 об/с. И как ни пытается он тягой двигателей препятствовать вращению, ему это не удастся.

«Попробуй изменить направление тяги, – советуете вы. – Если не можешь вращаться медленнее, постарайся двигаться быстрее».

R4D4 изо всех сил пытается форсировать двигатели, но скорость его орбитального движения почти не меняется. Вы по-прежнему видите его совершающим 270 об/с вокруг черной дыры. А затем топливо иссякает, и он начинает падать внутрь. Его лазерное излучение становится инфракрасным, затем превращается в радиоволны, но мерцает все с той же частотой, свидетельствующей о том, что нет никаких изменений в его вращательном движении. Он ушел в глубь черной дыры, нырнув в неистовую сингулярность, которую вы никогда не сможете увидеть...

Через три недели, посвященных экспериментам и наблюдениям, вы и ваша команда принимаетесь, наконец, за строительство. Доставив материалы с далеких планет, создаете рабочее кольцо вокруг черной дыры. Оно имеет длину около 5 млн км, толщину 2 тыс. км и ширину 4 тыс. км и вращается с постоянной скоростью, совершая оборот за 36 мин, чтобы центробежные силы препятствовали

гравитационному притяжению черной дыры в центральном слое кольца, в 1000 км от внутренней и внешней поверхностей. Размеры кольца тщательно выбраны, так что люди, предпочитающие жить при земной силе тяжести, могут построить свои дома у внешней или внутренней поверхностей кольца, а те, кто выбирает более слабое притяжение, могут поселиться ближе к его осевой линии. Эти различия в силе тяжести целиком обусловлены приливной силой черной дыры, или, в терминах ОТО, – кривизной пространства-времени.

Электроэнергия, необходимая для обогрева и освещения вашего «кольцевого» мира», берется от черной дыры: 20% массы дыры запасено во вращении пространства вблизи ее горизонта. Превратившись в энергию, эта величина в 100 тыс. раз превзойдет энергию, которую Солнце испускает в виде тепла и света до конца своих дней!

Ваш преобразователь действует по тому же принципу, что и квазары, впервые открытому в 1977 г. английскими астрофизиками Р. Блэндфордом и Р. Знаком. Вы внедряете магнитное поле под горизонт дыры и удерживаете его, несмотря на то, что оно стремится улізнуть, с помощью гигантских катушек. Поскольку дыра вращается, ее вращательный момент взаимодействует с магнитным полем; в результате образуется гигантский электрический генератор, в котором магнитные силовые линии работают как линии передачи энергии от черной дыры. Электрический ток течет от экватора черной дыры (в форме потока

электронов в обратном направлении) по магнитным силовым линиям в ваш кольцевой мир, а затем от него (по другому набору магнитных силовых линий) вниз, к северному и южному полюсам черной дыры. Меняя напряженность магнитного поля, вы можете регулировать выходную мощность «электростанции». По мере того, как вы отбираете энергию, дыра замедляет свое вращение, но время, в течение которого вы сможете черпать из этого огромного энергетического резервуара, практически бесконечно\*.

Изложенные выше истории звучат как фантастика. Отчасти это действительно так: я не могу гарантировать, что существует черная дыра с массой 10 Мслн вблизи Веги или массой 100 тыс. Мслн – в центре Млечного Пути, так же как и то, что черная дыра с массой 1,5-1012 Мслн найдется вообще где-нибудь во Вселенной. Это все, конечно, вымысел. Точно так же я не могу обещать, что человек когда-нибудь добьется таких успехов в развитии техники и технологии, что станут реальностью межгалактические или хотя бы межзвездные полеты и конструирование кольцевых миров вокруг черных дыр.

С другой стороны, я с полной определенностью могу гарантировать (точнее, с почти полной – такой же, как уверенность в том, что Лос-Анджелес завтра не будет разрушен землетрясением), что черные дыры существуют в нашей Вселенной и обладают в точности теми свойствами, о которых рассказывалось. Если вы окажетесь в звездолете непосредственно над горизонтом черной дыры массой 1,2-1012 Мслн, я могу утверждать, что законы

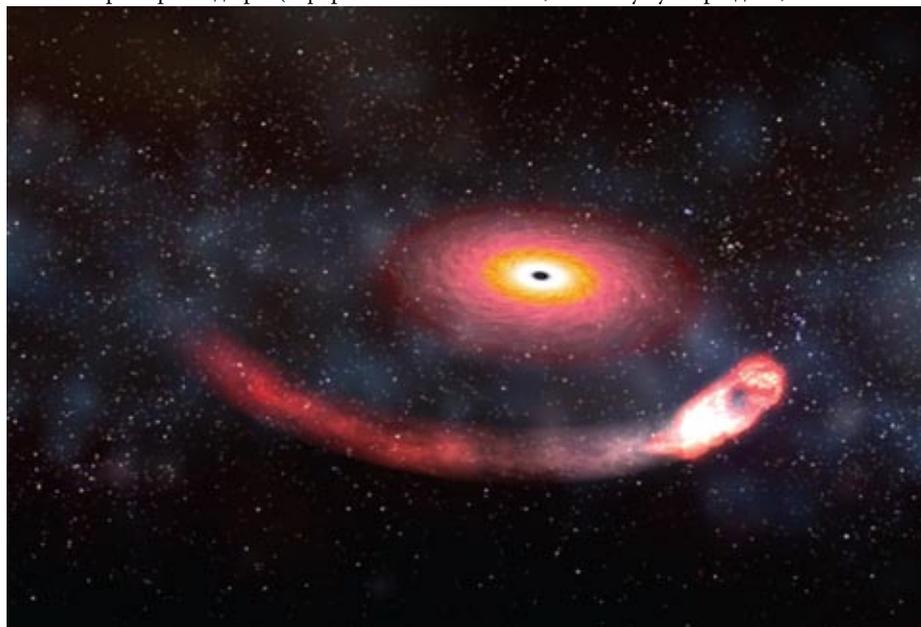
физики внутри вашего звездолета будут такими же, как на Земле, но что если вы обратите свой взор на небо вокруг вас, то увидите всю Вселенную в виде блестящего маленького диска над головой. Я могу с уверенностью утверждать, что если вы отправите робота-исследователя к горизонту вращающейся черной дыры, никакая сила тяги его двигателей не позволит ему вращаться быстрее или медленнее, чем сама черная дыра. Я гарантирую, что быстро вращающаяся черная дыра запасает 29% своей массы в виде энергии вращения и что если вы окажетесь достаточно сообразительны, то сможете извлечь эту энергию и использовать ее для своих нужд.

Почему я могу говорить обо всем этом с такой уверенностью? Ведь я никогда не видел черной дыры. И никто не видел. Астрономы лишь обнаружили косвенные данные, подтверждающие существование черных дыр, но до сих пор нет никаких наблюдений, свидетельствующих об их свойствах столь определенно. Почему же я так смело берусь утверждать весьма многое о них? По одной простой причине – законы физики предсказывают эти свойства черных дыр и предсказывают их вполне недвусмысленно, не оставляя место сомнениям. Из законов физики можно вывести все свойства черных дыр (снаружи от горизонта).

Но почему я так доверяю законам физики? Потому что они оказались весьма плодотворными в предсказании и объяснении результатов сотен и тысяч экспериментов и наблюдений на Земле и в Солнечной системе.

А что позволяет мне думать, что те законы, которые так замечательно «работают» в Солнечной системе, будут действовать в межзвездном пространстве и даже в межгалактическом? Я убежден в этом, ибо астрономические исследования нашей и других галактик (весьма детальные исследования) никогда не свидетельствовали о нарушениях физических законов, известных нам.

Последние 20 лет я принимал участие в теоретических поисках, которые создали наше сегодняшнее представление о черных дырах, а также занимался поисками предсказанных проявлений черных дыр в астрономических наблюдениях. Мой личный вклад в это дело невелик, но вместе с моими коллегами – физиками и астрономами – я наслаждался восторгом поиска и был восхищен способностью человеческого разума проникнуть в суть таких явлений.



Финал. Смерть звезды, поглощенной «черной дырой» в двойной звездной системе