|  |
| --- |
| **МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИУЛЬЯНОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ** |
| Реферат |
| «Чёрные дыры и пространственно-временные парадоксы» |
|  |
|  |
|  |

***Кафедра******биологии, ветеринарной генетики,***

***паразитологии экологии.***

|  |
| --- |
| Ульяновск 2010г |

Выполнила студентка

1 курса 4 группы

экономического факультета

Болотова Полина

Проверила: Индирякова Т.А.

**Содержание**

**Введение……………………………………………………………………………..3**

1. **Чёрные дыры…………………………………………………………………...…4**
2. **Образование чёрных дыр………………………………………………………...7**
3. **Свойства чёрных…………………………………………………………………10**
4. **Внутри чёрной дыры…………………………………………………………….16**
5. **Чёрные дыры во Вселенной……………………………………………………..19**
6. **Доказательство существования чёрных дыр…………………………...…… 19**
7. **Пространственно-временные парадоксы……………………………….…….22**
8. **Заключение………………………………………………………………………..25**
9. **Список используемой литературы……………………………………….……26**

**Введение**

“Из всех измышлений человеческого ума, от единорогов и химер до водородной бомбы, наверное, самое фантастическое — это образ черный дыры, отделенной от остального пространства определенной границей, которую ничто не может пересечь; дыры, обладающей настолько сильным гравитационным полем, что даже свет задерживается его мертвой хваткой; дыры, искривляющей пространство и тормозящей время. Подобно единорогам и химерам, черная дыра кажется более уместной в фантастических романах или в мифах древности, чем в реальной Вселенной. И тем не менее законы современной физики фактически требуют, чтобы черные дыры существовали. Возможно, только наша Галактика содержит миллионы их” — так сказал о черных дырах американский физик К. Торн.

**1. Черные дыры**

Черные дыры — один из самых необыкновенных объектов, предсказываемых общей теорией относительности Эйнштейна. У черных дыр интересная история, поскольку они преподнесли теоретикам немало сюрпризов, приведших к лучшему пониманию природы пространства-времени.

Давайте начнем с теории всемирного тяготения Ньютона. Силу гравитационного притяжения мы испытываем прямо здесь, на поверхности земли. Если подбросить камень, он упадет под действием земного притяжения. А можно ли подбросить камень с такой скоростью, чтобы он на Землю не вернулся? Можно. Если запустить камень со скоростью выше второй космической скорости (около 11 км/с), он покинет гравитационное поле Земли. Эта «скорость выхода» зависит от массы и радиуса земного шара. Если бы Земля при ее нынешнем радиусе была массивнее или имела бы меньший радиус при ее нынешней массе, скорость выхода была бы выше. Возникает вопрос: что будет, если плотность и масса космического тела настолько велики, что скорость выхода из его гравитационного поля выше скорости света? Ответ: такое тело будет представляться внешнему наблюдателю абсолютно черным, поскольку свет его покинуть не может. Например, звезда с радиусом меньше, чем

C:\Users\Сергей\Desktop\mald_form1.jpg

где GN — постоянная Ньютона, а с — скорость света в вакууме, будет выглядеть абсолютно черной.

Для тех, кто не разбирается в формулах, приведу несколько примеров. Чтобы тело, масса которого равна массе Земли, превратилось в черную дыру, оно должно иметь радиус меньше сантиметра. Тело с массой Солнца должно сжаться до диаметра меньше километра. На это еще в конце XVIII века указал Пьер-Симон Лаплас, но тогда никто не придал этому особого значения.

С появлением в 1905 году специальной теории относительности у нас появилось понимание того факта, что скорость света в вакууме — не рядовая скорость. Это космический предел: ничто не может двигаться быстрее света. Теория относительности Эйнштейна также учит нас, что пространство и время тесно взаимосвязаны. Для наблюдателей, движущихся друг относительно друга, время течет с разной скоростью. Предположим, вы стоите на улице и смотрите на проезжающие машины. Для водителей машин время течет чуть медленнее, чем для вас, и несколько иначе. Предположим, вы видите, как два светофора в разных концах улицы одновременно переключаются на красный. Для водителей же они переключатся не одновременно. Это получается после того, как мы учтем время, которое требуется свету, чтобы пройти расстояние от светофора до наблюдателей. И для вас, и для водителей свет движется с одинаковой скоростью, но время для них течет медленнее. То есть, время относительно, а скорость света абсолютна. Это противоречит нашим интуитивным представлениям о мире, так как эффект этот на нас практически не сказывается, поскольку мы обычно путешествуем на скоростях, которые очень далеки от скорости света, а время измеряем не с абсолютной точностью. Однако в ускорителях элементарных частиц этот эффект наблюдается постоянно. При скоростях, близких к скорости света, частицы живут значительно дольше.

Пространство и время объединяются в единую концепцию пространства-времени. Время воспринимается по-разному двумя наблюдателями, движущимися друг относительно друга. Однако оба наблюдателя воспринимают одно и то же пространство-время. Имеются точные формулы, позволяющие нам связать наблюдения этих двух наблюдателей.

Теперь вернемся к гравитации. Она обладает очень важным свойством, которое открыл еще Галилей: все тела падают одинаково, если не учитывать сопротивление воздуха. В безвоздушном пространстве пушинка и камень упадут на землю одновременно. В случае действия других сил это не так. В электрическом поле заряженная частица будет двигаться иначе в случае изменения ее массы или заряда. В теории всемирного тяготения Ньютона причина, по которой все тела движутся под воздействием гравитационных сил одинаково, сводится к тому, что сила гравитационного притяжения пропорциональна массе тела. Иногда это называют «принципом эквивалентности».

Эйнштейн осознал, что теория Ньютона противоречит теории относительности, поскольку согласно ньютоновской теории гравитационное взаимодействие между телами передается мгновенно. В 1915 году Эйнштейн решил эту проблему таким образом, что из этого решения естественным путем вытекает и принцип эквивалентности. Свою новую концепцию Эйнштейн назвал общей теорией относительности. Он предположил, что гравитация возникает вследствие искривления пространства-времени. В искривленном пространстве-времени частицы движутся по кратчайшим траекториям. Изначально параллельные линии таких траекторий в искривленном пространстве-времени могут сближаться. Например, два земных меридиана на пересечении с экватором параллельны, однако по мере удаления от него они сближаются и, в конечном итоге, пересекаются в точке Северного полюса. Конфигурация пространства-времени зависит от материи, перемещающейся в нем. Общая теория относительности подразумевает, что темп времени зависит от гравитационного поля. Следовательно, два жильца одного дома, обитающие на первом и последнем этажах, воспринимают ход времени по-разному. Для обитателя первого этажа время течет чуть медленнее, чем для обитателя верхнего этажа. Для земных зданий этот эффект пренебрежимо мал и составляет порядка 10–15 секунды за секунду. Главное, что нам нужно усвоить, это то, что массивные тела стягивают пространство-время на себя. В частности, вблизи массивных объектов время течет медленнее, чем на удалении от них.

Физики всегда стремятся сначала разобрать простейшие ситуации. Поэтому в 1916 году, вскоре после открытия общей теории относительности, молодой немецкий физик Карл Шварцшильд (Karl Schwarzschield) нашел простейшее сферически симметричное решение уравнений Эйнштейна. Это решения описывает частный случай искривления геометрии пространства-времени под воздействием точечной массы. Однако, вместо геометрии, давайте обратим внимание на другой их аспект: темп хода стационарных часов. Часы на поверхности Солнца идут на одну миллионную медленнее, чем удаленные от Солнца часы. Часы на поверхности нейтронной звезды идут со скоростью 70% от скорости часов вдали от нее. Здесь налицо уже весьма значительный эффект расхождения во времени. Так вот, решение Шварцшильда подразумевает, что часы в «центре» точечной массы вообще остановились бы. Поначалу физики сочли это «нефизическим» парадоксом, следствием слишком упрощенного анализа.

Дальнейшие расчеты показали, однако, что речь в решении Шварцшильда идет даже не о некоем условном «центре», а о целой идеальной сфере. Путешественник, пересекающий границы этой сферы и попадающий внутрь нее, не испытывает ничего странного или необычного — для него время течет по-прежнему. А вот для сторонних наблюдателей за пределами этой сферы, принимающих сигналы от падающего внутрь сферы путешественника, любые сигналы от него будут неуклонно замедляться, пока не исчезнут, как таковые, при пересечении им поверхности сферы. Поверхность, на которой стационарные часы замедляются до нуля, принято называть сферой Шварцшильда или «горизонтом». Возврата из-за горизонта нет. Наблюдатель, пересекший его и попавший внутрь сферы, обратно не выберется и будет неизбежно поглощен сингулярностью в ее центре. «Сингулярность» — это область сверхвысокого искривления пространства-времени, и путешественник в ней попросту исчезнет и будет раздавлен огромной гравитационной силой. Выясняется, что размер черной дыры согласно теории Эйнштейна описывается все той же формулой, предложенной еще Лапласом в рамках механики Ньютона, однако ее физическая интерпретация в корне меняется.

Черные дыры могут образовываться в результате астрофизических процессов, когда у звезд с массой, на порядок превышающей массу Солнца, кончается термоядерное топливо, и они обрушиваются внутрь себя под действием гравитационных сил. Имеется достаточно данных наблюдений, свидетельствующих о реальности существования таких черных дыр во Вселенной. С астрофизической точки зрения обнаруженные черные дыры подразделяются на две категории. Первый тип — это черные дыры, образовавшиеся в результате коллапса массивных звезд и обладающие соответствующей массой. Поскольку черные дыры кажутся нам реально черными, наблюдать их крайне сложно. Если посчастливится, мы можем увидеть лишь шлейф газа, затягиваемого в черную дыру. Разгоняясь при падении, газ разогревается и испускает характерное излучение, которое мы только и можем обнаружить. Источником газа при этом является другая звезда, образующая парную систему с черной дырой и обращающаяся вместе с ней вокруг центра масс двойной звездной системы. Иными словами, сначала мы имели обычную двойную звезду, затем одна из звезд в результате гравитационного коллапса превратилась в черную дыру. После этого черная дыра начинает засасывать газ с поверхности горячей звезды. Второй тип — это гораздо более массивные черные дыры в центрах галактик. Их масса превышает массу Солнца в миллиарды раз. Опять же, падая на такие черные дыры, вещество разогревается и испускает характерное излучение, которое со временем доходит до Земли, его-то мы и можем обнаружить. Предполагается, что все крупные галактики, включая нашу, имеют в центре свою черную дыру.

Однако основным предметом нашего разговора является не астрофизика черных дыр, а исследование их влияния на структуру пространства-времени.

Согласно теории Эйнштейна черная дыра представляет собой бездонный провал в пространстве-времени, падение в который необратимо. Что упало, то пропало в черной дыре навеки.

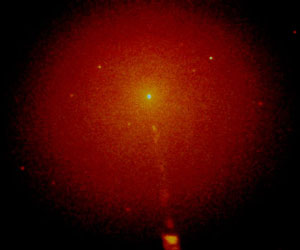
У черных дыр очень интересные свойства. После коллапса звезды в черную дыру ее свойства будут зависеть только от двух параметров: массы и углового момента вращения. То есть, черные дыры представляют собой универсальные объекты, то есть, их свойства не зависят от свойств вещества, из которого они образованы. При любом химическом составе вещества исходной звезды свойства черной дыры будут одними и теми же. То есть, черные дыры подчиняются только законам теории гравитации — и никаким иным.

Другое любопытное свойство черных дыр заключается в следующем: предположим, вы наблюдаете процесс, в котором участвует черная дыра. Например, можно рассмотреть процесс столкновения двух черных дыр. В результате из двух черных дыр образуется одна более массивная. Этот процесс может сопровождаться излучением гравитационных волн, и уже построены детекторы с целью их обнаружения и измерения. Процесс этот теоретически просчитать весьма непросто, для этого нужно решить сложную систему дифференциальных уравнений. Однако имеются и простые теоретические результаты. Площадь сферы Шварцшильда получившейся черной дыры всегда больше суммы площадей поверхностей двух исходных черных дыр. То есть, при слиянии черных дыр площадь их поверхности растет быстрее массы. Это так называемая «теорема площадей», она была доказана Стивеном Хокингом (Steven Hawking) в 1970 году.

**2.Образование черных дыр.**

Процессы образования первичных черных дыр с массой, меньшей солнечной, могли происходить лишь в адронную эру, когда средняя плотность вещества была достаточно высока. Первичных черных дыр образуется тем больше, тем больше была амплитуда начальных неоднородностей и чем “мягче” уравнения состояния вещества в момент их образования. Дальнейшая судьба первичных черных дыр зависит от их массы. Черные дыры с массой от 1015 до 1033 г могли бы доживать до настоящего времени и оказаться “живыми свидетелями” процессов, происходивших во времени 10-23—10-5 с после “большого взрыва”.

Пока в недрах звезды происходят термоядерные реакции, они поддерживают высокую температуру и давление, препятствуя сжатию звезды под действием собственной гравитации. Однако со временем ядерное топливо истощается, и звезда начинает сжиматься. Расчеты показывают, что если масса звезды не превосходит трех масс Солнца, то она выиграет «битву с гравитацией»: ее гравитационный коллапс будет остановлен давлением «вырожденного» вещества, и звезда навсегда превратится в белый карлик или нейтронную звезду. Но если масса звезды более трех солнечных, то уже ничто не сможет остановить ее катастрофического коллапса и она быстро уйдет под горизонт событий, став черной дырой. У сферической черной дыры массы M горизонт событий образует сферу с окружностью по экватору в 2p раз большей «гравитационного радиуса» черной дыры RG = 2GM/c2, где c – скорость света, а G – постоянная тяготения. Черная дыра с массой 3 солнечных имеет гравитационный радиус 8,8 км.

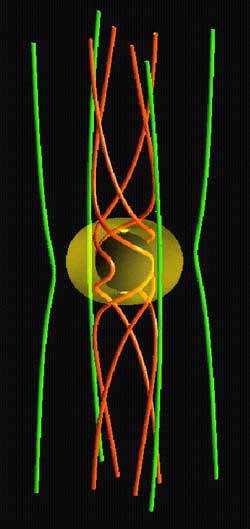


*Момент превращения звезды в чёрную дыру*

Если астроном будет наблюдать звезду в момент ее превращения в черную дыру, то сначала он увидит, как звезда все быстрее и быстрее сжимается, но по мере приближения ее поверхности к гравитационному радиусу сжатие начнет замедляться, пока не остановится совсем. При этом приходящий от звезды свет будет слабеть и краснеть, пока не потухнет совсем. Это происходит потому, что в борьбе с гигантской силой тяжести свет теряет энергию и ему требуется все больше времени, чтобы достичь наблюдателя. Когда поверхность звезды достигнет гравитационного радиуса, покинувшему ее свету потребуется бесконечное время, чтобы достичь наблюдателя (и при этом фотоны полностью потеряют свою энергию). Следовательно, астроном никогда не дождется этого момента и тем более не увидит того, что происходит со звездой под горизонтом событий. Но теоретически этот процесс исследовать можно.

Расчет идеализированного сферического коллапса показывает, что за короткое время звезда сжимается в точку, где достигаются бесконечно большие значения плотности и тяготения. Такую точку называют «сингулярностью». Более того, общий математический анализ показывает, что если возник горизонт событий, то даже несферический коллапс приводит к сингулярности. Однако все это верно лишь в том случае, если общая теория относительности применима вплоть до очень маленьких пространственных масштабов, в чем мы пока не уверены. В микромире действуют квантовые законы, а квантовая теория гравитации пока не создана. Ясно, что квантовые эффекты не могут остановить сжатие звезды в черную дыру, а вот предотвратить появление сингулярности они могли бы.

Современная теория звездной эволюции и наши знания о звездном населении Галактики указывают, что среди 100 млрд. ее звезд должно быть порядка 100 млн. черных дыр, образовавшихся при коллапсе самых массивных звезд. К тому же черные дыры очень большой массы могут находиться в ядрах крупных галактик, в том числе и нашей.

Как уже отмечалось, в нашу эпоху черной дырой может стать лишь масса, более чем втрое превышающая солнечную. Однако сразу после Большого взрыва, с которого ок. 15 млрд. лет назад началось расширение Вселенной, могли рождаться черные дыры любой массы. Самые маленькие из них в силу квантовых эффектов должны были испариться, потеряв свою массу в виде излучения и потоков частиц. Но «первичные черные дыры» с массой более 1015 г могли сохраниться до наших дней.

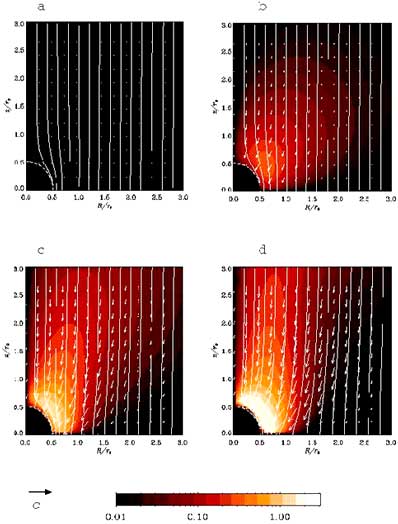
*Эта трёхмерная иллюстрация показывает, как вблизи вращающейся чёрной дыры перекручиваются силовые линии магнитного поля в падающей на чёрную дыру плазме. Чёрная сфера в центре рисунка - это сама чёрная дыра, а жёлтая область вокруг неё представляет область закрученного пространства. Красные линии показывают силовые линии магнитного поля, проходящие через область закрученного пространства, а зелёные - силовые линии, ещё не входящие в эту область.*

Современные суперкомпьютеры имитируют мощные энергетические джеты (струи), выходящие из чёрных дыр - самых экзотических и мощных объектов во Вселенной.

"Эти исследования помогут нам открыть загадку чёрных дыр и подтвердить, что вследствие их вращения действительно происходит выход энергии," - говорит астрофизик Дэвид Мейер (David Meier), один из соавторов статьи, которая скоро выйдет в международном научном журнале Science.

Чёрные дыры - это сверхплотные объекты с такой сильной гравитацией, что даже свет не может из них выйти. Чёрные дыры захватывают в себя звёзды и любое другое, приблизившееся к ним, вещество, включая другие чёрные дыры. Эти необычные объекты образуются одним из двух способов - при коллапсе звезды или когда много звёзд и чёрных дыр коллапсируют вместе в ядре галактики.

Оба типа чёрных дыр могут вращаться очень быстро, увлекая за собой пространство вокруг них. Когда много вещества падает на чёрную дыру, оно закручивается как в водовороте. С помощью рентгеновских и радио-наблюдений астрономы могут быть свидетелями таких событий, в том числе и струй из чёрных дыр, но они не могут увидеть саму чёрную дыру.

"Мы не можем совершить путешествие к чёрной дыре, и мы не можем сделать её в лаборатории - поэтому мы используем суперкомпьютеры," - продолжает Мейер. С помощью компьютеров учёные объединяют данные о плазме, падающей на чёрную дыру, и свои познания того, как гравитация и магнитные поля могут воздействовать на плазму. Учёные также исследуют способы того, как магнитное поле может использовать энергию вращения чёрной дыры и образовывать мощные струи.

*На этих картинках представлена компьютерная эволюция чёрной дыры. Слева вверху - плазма пока медленно падает по направлению к чёрной дыре, силовые линии магнитного поля в плазме показаны белыми линиями. На следующих картинках движение плазмы сильно ускоряется.Однако, вращающаяся чёрная дыра закручивает само пространство (и силовые линии магнитного поля) и испускает мощное электромагнитное излучение вдоль северного и южного полюсов (показано красным и белым цветом), которое захватывает с собой частицы плазмы и образует струи.*

Феномен струй был предсказан Роджером Блэндфордом и Романом Знажеком в 1970-х годах. Новые компьютерные исследования подтверждают это предсказание. Последние работы были проведены в конце 2001-го года с помощью суперкомпьютера японского института National Institute for Fusion Science.

Объекты со струями в ядрах галатик были идентифицированы в начале 1900-х годов. В 1960-х годах учёные исследовали возможность того, что этими объекты со струями могут быть сверхмассивные чёрные дыры с массами от одного миллиона до нескольких миллиардов масс Солнца.

В 1990-х годах было установлено, что такие струи могут испукаться менее массивными чёрными дырами в двойных звёздных системах. Чёрная дыра с массой в десять масс Солнца может образоваться при коллапсе звезды массой от 20 до 30 масс Солнца. При этом образуется крошечный невидимый объект размером всего лишь в несколько километров, но с очень мощным гравитационным полем. Сверхмассивные чёрные дыры образуются при коллапсе большого количества звёзд и чёрных дыр в ядрах галактик.

**3.Свойства чёрных дыр**

Черные дыры имеют много весьма экстравагантных свойств, которыми не обладают другие звезды, даже очень экзотические, вроде нейтронных. Прежде всего, они являются звездами-невидимками. Для того чтобы можно было увидеть предмет, надо, чтобы от него к нам поступил видимый свет. Если предмет невидим в видимом свете, то надо иметь возможность зарегистрировать другое излучение, которое исходит от него: инфракрасное, рентгеновское, радио и т.д. Так вот, очень плотные звезды, которые были названы черными дырами, не посылают в окружающее их пространство абсолютно никакого излучения, поэтому они невидимы ни в каких лучах. Для наблюдателя их просто нет. Само по себе это уже очень странно, поскольку объект, имеющий определенную массу и температуру, что-то должен излучать. Тем более что температура черных дыр может достигать миллиардов градусов. В чем дело?

Такую ситуацию предвидел еще знаменитый французский математик и астроном П. Лаплас. Он описал ее в своей книге "Изложение систем мира", которая вышла в свет в 1795 году. Он рассуждал так. Если для того, чтобы оторваться от данного космического объекта, тело должно иметь скорость (первую космическую скорость) не меньше строго определенной величины, которая определяется массой этого объекта, то при слишком большой его массе скорость тела должна превысить скорость света для того, чтобы оторваться от объекта. Цифры говорят о следующем. Первая космическая скорость на Земле равна 7,2 км/с, на Луне — 2,4, на поверхности Юпитера — 61 и на Солнце — 620 км/с. На нейтронной звезде она должна достигать половины скорости света (150 тысяч километров в секунду). Таким образом, если масса звезды еще больше, то первая космическая скорость может превысить скорость света. Эти рассуждения применимы одинаковым образом и к телам, и к фотонам, то есть свету. Если масса звезды такова, что первая космическая скорость для нее должна быть больше скорости света, то свет от этой звезды исходить не может, он не может оторваться от нее, поскольку его скорость меньше первой космической скорости и не может быть ей равна (скорость света не может быть больше скорости света). Лаплас рассчитал, какая это должна быть масса небесного объекта (звезды или планеты). Он писал в указанной книге: "Светящаяся звезда с плотностью, равной плотности Земли, и диаметром в 250 раз больше диаметра Солнца, не дает ни одному световому лучу достичь нас из-за своего тяготения: поэтому возможно, что самые яркие небесные тела во Вселенной оказываются по этой причине невидимыми". Так что, казалось бы, объяснение первого и самого экзотического свойства черной дыры было найдено еще за полтора столетия до ее открытия. Но это и так, и не так. Если говорить строго, то ситуацию при столь больших силах гравитации надо описывать уравнениями не механики Ньютона, а теории тяготения Эйнштейна. Поэтому, строго говоря, расчеты Лапласа, основанные на космической механике, неверны, а лучше сказать, неточны. Но, тем не менее, массу и размеры звезды, которая должна сжиматься и превратиться в черную дыру, он указал правильно. Это случилось потому, что в данном случае в теории тяготения Эйнштейна справедлива та же формула, что и в теории Ньютона.

Все свойства черных дыр могут быть получены только из теории тяготения Эйнштейна, которая содержится в его обшей теории относительности.

В начале нашего века, когда была создана Эйнштейном общая теория относительности, никто не был готов к ее восприятию, включая крупных ученых: слишком сильно на всех давил здравый смысл. Но прошедшие десятилетия сделали свое дело: теорию относительности изучают в средней школе, а в обыденном разговоре то и дело можно услышать: "Все в мире относительно". Так что же происходит при сильном сжатии звезды, если следовать теории относительности Эйнштейна?

При сжатии звезды (с сохранением ее массы) ее радиус уменьшается, а сила тяготения увеличивается. Это естественно. Когда радиус станет равным нулю, .сила тяготения должна стать бесконечно большой. Это следует из теории тяготения Ньютона. По теории А. Эйнштейна сила притяжения становится бесконечно большой еще до того, как радиус уменьшится до нуля. То есть она нарастает с уменьшением радиуса быстрее, чем по теории Ньютона. Тот радиус, при достижении которого сила тяготения стремится к бесконечности, принято называть гравитационным радиусом. Подчеркнем еще раз, что по классическим представлениям,он равен нулю.

Чем меньше масса тела, тем меньше его гравитационный радиус. Например, для нашей Земли он равен 1 сантиметру, для Солнца он равен 3 километрам. Различия между классической теорией и теорией относительности проявляются тогда, когда истинный радиус звезды близок к гравитационному радиусу. Пока различие между ними большое, нет необходимости привлекать теорию тяготения А. Эйнштейна, а можно спокойно пользоваться классическими уравнениями Ньютона, как это и делал П. Лаплас.

Теория относительности А. Эйнштейна устанавливает взаимоотношения между силами гравитации, течением времени и геометрическими свойствами пространства. Из нее следует, что в сильном гравитационном поле время замедляется относительно тех мест, где силы гравитации малы. Так, вблизи Земли время течет на одну миллиардную часть медленнее, чем в далеком космосе. Ясно, почему мы этого не замечаем. Даже вблизи массивных звезд это замедление времени неощутимо. Оно сразу дает о себе знать, когда масса звезды очень велика, а радиус очень мал, то есть при приближении к гравитационному радиусу. Но с силами гравитации связано не только время, но и пространство. В соответствии с теорией относительности пространство искривляется в гравитационном поле. Чем больше это поле, тем сильнее искривление. Приводится даже такое наглядное сравнение. Идеальную плоскость в пространстве делают из тонкой резиновой нервущейся пленки. На нее опускают металлический шар (черную дыру) и под его весом пленка прогибается. Так иллюстрируют искривление пространства под действием гравитационного поля массивной черной дыры. Надо сказать, что как замедление времени, так и искривление пространства вблизи сильных полей гравитации были измерены. В теории относительности существовавшие до этого по отдельности понятия абсолютного времени и абсолютного пространства объединены в одно понятие "пространство — время", поскольку они взаимосвязаны через поле гравитации.

Значение гравитационного радиуса было рассчитано по уравнениям теории тяготения Эйнштейна спустя месяц после опубликования теории в 1915 году немецким астрономом и математиком К. Шварцшильдом. С тех пор этот радиус носит его имя. Шварцшильд получил решения уравнений Ньютона для сферического не вращающегося тела и основные свойства черной дыры, хотя в то время ни он, ни А. Эйнштейн, которому он передал работу, еще не подозревали о таком приложении результатов.

Пока силы гравитации сжимают звезду и ее радиус больше радиуса Шварцшильда, силам гравитации противодействуют силы внутреннего давления звезды. Эти силы неспособны противостоять сжимающей звезду силе гравитации в том случае, если ее радиус уменьшится до гравитационного радиуса. Произойдет сжатие вещества звезды, которое физики назвали релятивистским коллапсом. Собственно, и черные дыры длительное время назывались коллапсами и только в конце шестидесятых годов с легкой руки американского физика Д. Уилера их стали называть так.

Напрашивается вывод, что если каким-либо образом сжать звезду или планету до размеров ее гравитационного радиуса, то дальше усилия можно не прилагать — она скол-лапсирует сама и превратится в черную дыру. Для этого требуется немного— сжать, например, Солнце до радиуса в 3 километра.

Строгий расчет релятивистского гравитационного коллапса на основании решения уравнений общей теории относительности был выполнен в 1939 году американскими учеными Р. Оппенгеймером и Г. Волковым. Это было строгое, теоретически обоснованное предсказание существования черной дыры. Ясно, что ни Шварцшильд, ни тем более Лаплас не предсказали существование черных дыр со всеми их свойствами.

Границей черной дыры является сфера с радиусом Шварцшильда. Чем ближе к этой границе приближается излучающее тело, тем большее влияние на него оказывают силы гравитации. И не только на него, но и на излучение. Фотоны, составляющие это излучение, уменьшают свою энергию под действием силы гравитации черной дыры. Часть их энергии уходит на противоборство с этой силой. Уменьшение энергии фотона означает уменьшение его частоты.

Другими словами, частота излучения смещается в сторону красного края спектра видимого излучения. Говорят, что излучение "краснеет". Если бы фотонам кто-то добавлял энергию, то излучение бы "голубело". Покраснение излучения, как мы уже знаем, происходит и в результате действия эффекта Доплера. Только рассматриваемое здесь красное смещение, в отличие от доплеровского, называют гравитационным. Оно обусловлено замедлением времени вблизи черной дыры под действием сил гравитации. Очень важно уловить смысл происходящего: приближающаяся к черной дыре звезда излучает такие же (белые) фотоны, что и на большом удалении от черной дыры, но удаленный наблюдатель увидит их покрасневшими, так как при движении к нему они замедляются, то есть уменьшают свою энергию. Когда звезда приблизится к границе черной дыры, далекий наблюдатель вообще перестанет ее видеть. Для него время здесь практически останавливается. Звезда для далекого наблюдателя потухает за стотысячную долю секунды. Мы упоминаем далекого наблюдателя не случайно. Часы наблюдателя, который находится на движущейся звезде, никакого замедления времени не отметят. Его нет. Оно есть только у удаленного наблюдателя, который получает всю информацию о ходе времени с помощью света, а свет его подводит, поскольку скорость фотонов замедляется, и они приходят позже обычного (когда на них не действует гравитация черной дыры).

По классической теории тяготения Ньютона одно тело, двигаясь вблизи другого, описывает разные траектории, имеющие в разных случаях форму гиперболы, параболы или эллипса. Ясно, что никаких особенностей в этом плане вблизи черной дыры из классической механики не следует. Но они следуют из теории относительности. Так, замкнутая в классическом случае эллиптическая траектория одного тела около другого становится незамкнутой, если этим другим телом является черная дыра. Пролетающее тело навивает траектории вокруг черной дыры, то приближаясь, то удаляясь от нее, но на свою старую траекторию не возвращается. Кстати, все траектории при этом располагаются в одной плоскости. Если траектория тела не подходит очень близко к черной дыре, то ее можно представить в виде поворачивающегося эллипса. Он имеется и у планет нашей Солнечной системы. Но составляет он за сто лет менее одной угловой минуты. Тем не менее он был измерен и было показано, что он точно соответствует теории относительности. Черная дыра изменяет не только траекторию движущейся вблизи нее частицы, но и ее скорость. Вблизи черной дыры частица старается двигаться быстрее. Если она попадает на удаление гравитационного радиуса, то она должна двигаться со скоростью света. Ясно, что ближе частица двигаться по кругу не может, так как для этого ей надо превысить скорость света.

Но движение тела вокруг дыры на расстояниях ближе чем три гравитационных радиуса неустойчиво, поэтому оно реально невозможно: неустойчивость приводит к возмущению дви-жения и частица сходит с круговой траектории и (или) падает внутрь черной дыры или же улетает в направлении от дыры.

Если тело летит из космоса вблизи черной дыры, то оно может быть ею захвачено. Пролетая мимо черной дыры, тело может обернуться вокруг дыры несколько раз и снова улететь в космическое пространство. Так происходит в том случае, если тело подошло близко к окружности с радиусом, который равен двум гравитационным радиусам. Но если оно село на эту окружность, то его орбита будет навиваться на нее. Это тело уже никуда от черной дыры не денется, она его гравитационно захватила. Еще более близкий подход тела к черной дыре чреват катастрофическими для него последствиями — оно упадет в черную дыру.

Движущееся вокруг черной дыры тело излучает гравитационные волны. Вообще все небесные тела при своем движении излучают гравитационные волны. Но они несут очень малую энергию, и пока что их не удается замерить. Но если тело движется вокруг черной дыры, то излученные им за это время гравитационные волны должны содержать весьма внушительную энергию (в шесть раз больше, чем при ядерном синтезе, когда в энергию превращается только один процент массы вещества).

Движение фотонов около черной дыры также непроизвольно, Они могут подступиться к дыре не ближе чем на полтора гравитационных радиуса. Но это движение фотона неустойчиво, и он может быть сбит с траектории в ту или другую сторону. Ясно, что фотоны, как и тела, будут захвачены черной дырой, если подойдут к ней очень близко (ближе полутора гравитационных радиусов). Луч будет навиваться (как на клубок) на черную дыру, если его траектория проходила вплотную к полуторному радиусу. Если он проходил еще ближе к черной дыре, то он будет упираться в черную дыру. При удалении излучения от. черной дыры происходит его покраснение, при приближении фотонов к дыре их частота (а значит, и энергия) увеличивается, и удаленный наблюдатель должен заметить поголубение света. Но для этого фотоны должны подойти очень близко к сфере Шварцщильда. Многочисленные теоретические исследования различных аспектов проблемы черных дыр позволили установить, что определяющей (и пожалуй, даже единственной) характеристикой черных дыр является их масса. В чем-то другом отличия в них нет. Можно сказать, что черные дыры с одинаковой массой являются идентичными друг другу. Что касается формы черной дыры, то было показано, что они должны быть идеально сферическими. Любое отклонение от сферичности черная дыра сбрасывает в виде излучения. Кстати, дыры сбрасывают также все возможные поля, они оставляют себе только сферическое поле тяготения, а также сферическое поле электрического заряда (в том случае, если звезда им до этого обладала). Кроме массы (это главное!) и электрического заряда черные дыры, вообще-то, характеризуются и характером их вращения. Ведь вращение определенным образом изменяет гравитационное поле дыры. В результате вращения дыры вокруг нее образуется своего рода гравитационный вихрь. Это вихревое гравитационное поле целиком определяется моментом импульса тела (равным произведению трех параметров звезды: ее радиуса, массы и скорости вращения на экваторе). Из-за вращения, создающего вихревой гравитационный вихрь, граница черной дыры несколько расширяется, она выходит за пределы сферы Шварцшильда. Сферу Шварцшильда принято называть горизонтом (за ним черная дыра, то есть уже ничего не видно). Если черная дыра вращается, то сила гравитации становится бесконечно большой еще до того, как будет достигнут горизонт. Эта граница была названа границей эргосферы. Ее принципиальное отличие от горизонта состоит в том, что из-под нее может вернуться обратно в космос попавшее туда тело. Тела в зоне между горизонтом и границей эргосферы закручиваются дырой во вращательное движение (если они не двигались первоначально супротив него), но могут с течением времени не только упасть в черную дыру, но и вылететь обратно за пределы эргосферы.

Таким образом, вращение черной дыры меняет всю картину принципиально. Границей черной дыры является ее горизонт, из-за которого ничто не возвращается. Ясно, что самая большая скорость вращения черной дыры может быть такой, при которой экваториальная линейная скорость равна скорости света.

Можно сказать, что черные дыры не представляют собой небесные тела в общепринятом смысле. Они не являются и излучением. Это действительно дыры во времени и пространстве, которые образуются в результате того, что в сильно увеличивающемся гравитационном поле очень сильно искривляется пространство и изменяется характер течения времени.

Возникает естественный вопрос: как обнаружить черную дыру? Теоретики предположили, как им казалось, много таких возможностей, но на их проверку труд экспериментаторов был потерян безрезультатно. На сегодняшний день реализовалась одна из этих возможностей. Суть ее состоит в том, что черную дыру следует искать в двойных звездных системах. Она должна выдать себя по рентгеновскому излучению, которое должно неизбежно возникать при падении газа из атмосферы "нормальной" звезды. Этот газ должен закручиваться за счет движения звезд по орбите и одновременно сплющиваться в диск под действием центробежных и гравитационных сил.

Экспериментаторы остановили свое внимание на такой двойной системе, расположенной в созвездии Лебедя. Этот источник назван Лебедь Х-1 (здесь X от названия рентгеновских, то есть Х-лучей). Двойная звездная система Лебедь Х-1 состоит из нормальной видимой массивной звезды, масса которой в 20 раз больше массы Солнца. Парная ей звезда имеет массу, равную десяти массам Солнца. Но она является отжившей. Именно из ее окрестностей исходит рентгеновское излучение. Обе эти звезды как единое целое обращаются вокруг центра масс с периодом 5,6 суток. Процесс протекает так. Газ из атмосферы звезды-гиганта притягивается черной дырой. Орбитальным движением дыры его траектории закручиваются вокруг нее. Траектория газа представляет собой сходящуюся к центру черной дыры спираль. Движение газа к центру дыры происходит намного медленнее, чем вокруг нее. Поэтому достижение газом черной дыры по такой неэкономичной орбите происходит только через месяц. Достигнув края черной дыры, газ сваливается в дыру, поскольку там проявляется неустойчивость движения. Пока газ движется по направлению к дыре, он сильно нагревается. Это происходит в результате трения относительно холодных наружных слоев диска (температура газа здесь всего несколько десятков тысяч градусов) с горячими внутренними его частями, где температура газа достигает десяти миллионов градусов. Этот газ светит в рентгеновских лучах очень интенсивно, в тысячи раз сильнее, чем Солнце (во всех диапазонах спектра). То рентгеновское излучение, которое регистрируют приборы на Земле, происходит из очень тонкого слоя (200 километров), расположенного во внутренней части диска. Рентгеновское излучение от источника Лебедь Х-1 изменяется очень быстро, но хаотически. Его интенсивность меняется за тысячные доли секунды. Это может происходить только в том случае, если излучающий объект является очень малым, как черная дыра. Если бы вместо звезды, которую мы принимаем за черную дыру, была большая по размерам звезда, то такие быстрые изменения ее яркости в рентгеновских лучах были бы непонятны.

Таким образом, имеется почти полная уверенность, что невидимая звезда в созвездии Лебедь под номером Х-1 является черной дырой. Но "почти" остается. Астрофизики не торопятся с ним расставаться, поскольку вопрос слишком серьезный, чтобы можно было позволить себе ошибиться.

Открыто еще несколько источников рентгеновского излучения, которые по своим свойствам подобны описанному выше. А вообще-то, считается, что во Вселенной имеется много миллионов черных дыр, а возможно, число их исчисляется даже миллиардами.

Теперь перейдем к вопросу о том, в каких процессах могут погибать черные дыры. Теоретически считают, что они могут исчезать в результате определенных квантовых процессов, которые возможны только в сильном гравитационном поле. После того как из данного объекта мы убрали абсолютно все частицы и удалили любые возможные кванты, можно считать, что там имеется физический вакуум. Физический вакуум отличается от пустоты тем, что он имеет потенциальную возможность рождать виртуальные частицы и античастицы, которые из этого объема убрать никакими средствами невозможно. Это значит, что пустоты как таковой вообще нет. Чтобы виртуальные частицы (эти призраки) могли превратиться в реальные частицы, им надо сообщить энергию (вдохнуть душу). Но эта энергия должна быть привнесена извне. Надо сказать, что виртуальные частицы живут в замкнутом цикле: на миг появляются частица и античастица и тут же сливаются и исчезают. В вакууме таких частиц множество. Это установлено прямыми измерениями. Энергию к виртуальным частицам, необходимую им для того, чтобы они превратились в настоящие частицы, может передать любое поле, в том числе электромагнитное. Но таким полем может быть и гравитационное поле, что для нашего рассмотрения очень важно. Среди виртуальных частиц имеются и виртуальные фотоны, то есть частицы (кванты) электромагнитного поля. Сильное гравитационное поле приводит к превращению их в истинные, реальные фотоны. Точнее, изменение гравитационного поля во времени приводит к рождению фотонов, частота которых однозначно связана с частотой колебаний (изменений) гравитационного поля. Чтобы эффект был заметен, он должен протекать в сильном гравитационном поле. Попутно скажем, что электроны и позитроны рождаются из физического вакуума под действием очень сильного электрического поля.

Из сказанного выше ясно, что в окрестности черных дыр, где имеются очень сильные изменяющиеся во времени гравитационные поля, могут рождаться частицы и античастицы. При этом может оказаться, что частица остается под горизонтом (в пределах черной дыры), а античастица окажется снаружи относительно горизонта. Эти частицы окажутся разлученными навечно. Свободная античастица уносит с собой часть энергии черной дыры.

Установлено, что температура черной дыры обратно пропорционально зависит от ее размеров. Уходящие от черной дыры частицы уносят часть ее энергии (а значит, и массы). Если этот процесс продолжается долго, то масса черной дыры уменьшается заметно. Значит, увеличивается ее температура, что, в свою очередь, ускорит процесс испарения дыры. Так этот процесс будет ускоряться. Температура при этом может достигнуть 10" градусов. Это наступает тогда, когда масса черной дыры уменьшится до тысячи тонн. Затем должен произойти взрыв, эквивалентный взрыву одного миллиона ме-гатонных водородных бомб. Так может закончить свое существование черная дыра.

Черные дыры — это области пространства с предельно сильными гравитационными полями, для изучения которых требуется полный арсенал средств, предоставляемых нам общей теорией относительности. Возможность открытия черных дыр, этих призрачных и загадочных объектов,— вот основная причина того повышенного интереса к теориям тяготения, которую мы наблюдаем сегодня.

**4.Внутри черной дыры**

Мы не можем наблюдать внутренность черной дыры, находясь вне ее. Хотя падающий в черную дыру астронавт и может в принципе производить наблюдения внутри нее, особенно если он выбрал для исследования сверхмассивную черную дыру, где в его распоряжении будет несколько часов и даже дней, прежде чем приливные силы приведут его к гибели, но он не может передавать нам информацию, не используя (запрещенных!) сверхсветовых сигналов. И тем не менее мы убеждены, что общая теория относительности в состоянии правильно описать все происходящее внутри чер ной дыры, за исключением, может быть, самой сингулярности'.

Для описания пространства-времени мы использовали специальную диаграмму. Один из вариантов такой диаграммы предложил профессор Оксфордского университета Роджер Пенроуз; с помощью диаграммы Пенроуза на одном листе бумаги можно изобразить и саму черную дыру, и всю остальную часть Вселенной.

Любая карта предполагает некоторое искажение; например, в известной проекции Меркатора, используемой при составлении карт Земли, только близкая к экватору область земного шара изображается на карте довольно точно, но, чем дальше к полюсу, тем сильнее искажения. Метод отображений, предложенный Пенроузом (называемый конформным отображением), позволяет получить картину пространства-времени шварцшильдовской черной дыры в таком виде, как показано на рис. 33. Все внешнее по отношению к черной дыре пространство-время изображено в правом секторе диаграммы, а линии, ограничивающие диаграмму справа, соответствуют бесконечно удаленным областям пространства-времени, протянувшимся из бесконечного прошлого (нижняя линия) в бесконечное будущее (верхняя линия). Горизонт событий изображают линии, наклоненные к вертикали (направление времени) под углом 45°. В пространственно-временных диаграммах, с которыми мы встречались раньше, эти линии соответствовали траекториям световых лучей. Мировые линии более медленных частиц имеют наклон меньше 45° (т. е. эти частицы движутся по временноподобным линиям). Поскольку луч света, направленный от горизонта событий наружу, остается все время на постоянном расстоянии от сингулярности, хотя падающий в черную дыру наблюдатель продолжает считать, что луч пролетает мимо него со скоростью света (стремится вверх, но остается на месте), то есть смысл изобразить горизонт событий линиями, имеющими именно такой наклон. Сингулярность изображается горизонтальной линией, ограничивающей диаграмму сверху; сингулярность пространственноподобна.

Частица, падающая на черную дыру, должна двигаться по временноподобной мировой линии, поскольку движение со сверхсветовыми скоростями, согласно теории, невозможно.

1 Это подтверждается, в частности, тем, что на своем пути к сингулярности падающий в черную дыру астронавт нигде не превышает локально измеренную скорость света. Согласно же теории Ньютона, астронавт должен испытывать все возрастающее ускорение, и поэтому он упадет на сингулярность с бесконечно большой скоростью, безусловно превышающей скорость света.

Из диаграммы ясно: ничто попавшее в черную дыру не может избежать падения на центральную сингулярность, поскольку даже внутри дыры частицы должны следовать по линиям, наклоненным к вертикали под углом меньшим 45°. При этом внутри черной дыры, сразу за горизонтом событий, происходят фундаментальные изменения характера пространства-времени. Если во внешнем пространстве тела свободны двигаться в произвольном направлении, то внутри черной дыры допустимо единственное движение — к сингулярности и разрушению в ней.

В заключение отметим, что диаграмма Пенроуза симметрична; это означает существование второй такой же вселенной по “другую сторону” от черной дыры. Решения уравнений, описывающих пространство-время в окрестности шварц-шильдовской черной дыры, обладают определенной симметрией, которая указывает на то, что дыра может связывать нашу Вселенную с другим, аналогичным миром.

Имеет ли этот “другой мир” физический смысл или это чисто математическое следствие решения уравнений поля? . В случае шварцшильдовской черной дыры этот вопрос носит чисто гипотетический характер; мы не можем проникнуть в “ДРУГУЮ вселенную” — послать туда или получить оттуда какой-либо сигнал. Все, что попадает в черную дыру, исчезает в сингулярности. Для совершения путешествия из нашей в другую вселенную или оттуда в наш мир потребуются сверхсветовые скорости, недопустимые, согласно теории относительности. Поэтому представление о второй вселенной интересно лишь с математической точки зрения. Тем не менее, возможность взаимосвязи между двумя мирами через черную дыру, так называемый мост Эйнштейна — Розена (или “кротовая нора”), привлекла к себе пристальное внимание ученых. Возникла мысль, что этот мост связывает не разные миры, а две точки одного—нашей Вселенной. Но даже если это и так, путешествовать между ними в пространстве-времени с помощью шварцшильдовских черных дыр мы не сможем, поскольку при этом нам не избежать сингулярности.

1 Часто встречаются математические задачи, имеющие два решения, одно из которых имеет физическое толкование, а второе приходится отбрасывать как бессмысленное. Примером может служить извлечение квадратного корня из числа; например, корень из 64 может быть равен как +8, так и -8. Вспомним третий закон Кеплера: расстояние от Солнца а (а. е.) и орбитальный период Р (годы) для любой планеты связаны соотношением Р2 = а3. Если Р2=43=64, то период определяется как корень квадратный из 64. Безусловно, мы считаем период равным 8, а не -8 годам.

Что же касается самой сингулярности, то мы знаем о ней слишком мало: известные нам физические законы отказывают, когда речь идет о бесконечной плотности вещества и бесконечных силах тяготения. Пенроуз и другие ученые убедительно показали, что коллапс большой массы вещества неизбежно завершается образованием сингулярности и что, по крайней мере в случае сферически симметричного коллапса, непременно возникает горизонт событий, скрывающий эту сингулярность от внешнего наблюдателя. Сингулярность представляет собой такую область пространства, где известные нам законы природы не выполняются, и поэтому мы не можем предсказать, как там развиваются события и каковы их результаты. Если бы сингулярность можно было наблюдать непосредственно, т. е. если бы существовала так называемая голая сингулярность, то мы лишились бы и тех небольших возможностей предсказывать развитие событий во Вселенной, которые ныне нам доступны: ход наших рассуждений был бы запутан непредсказуемым поведением сингулярности. Но поскольку сингулярности “прячутся” за горизонтами событий, что бы в них ни происходило, это никак не отражается на находящейся вне горизонта событий наблюдаемой части Вселенной. Если сингулярности действительно ненаблюдаемы, то сам факт их существования можно во внимание не принимать.

Не столь ясен вопрос о том, обязательно ли формируется горизонт событий вокруг всякого коллапсирующего тела. Не вызывает сомнений образование такого горизонта в процессе коллапса сферически симметричной массы, в результате которого возникает невращающаяся черная дыра, но коллапс несферических или очень протяженных объектов ставит в этой связи ряд проблем. Многие ученые разделяют гипотезу Пенроуза о так называемой космической цензуре, согласно

которой Вселенная устроена так, что сингулярности всегда образуются только в пределах горизонта событий; однако справедливость этой гипотезы пока не имеет строгого доказательства, за исключением простейшего и несколько идеализированного случая сферического коллапса.

Внутри черной дыры гравитация доминирует над всеми другими силами, но если космическая цензура все-таки есть, то мы никогда не сможем наблюдать последствий этой преобладающей роли тяготения в экстремальной точке — центральной сингулярности.

**5.Черные дыры во Вселенной**

Черные дыры могут внезапно обнаружиться во множестве различных астрофизических объектов. Возможно, нам когда-нибудь удастся открыть черные дыры массой от 2—3 до 100 масс Солнца, образовавшиеся в результате гравитационного коллапса звезд. Черные дыры массой в несколько тысяч солнечных масс могут находиться в центре массивных шаровых звездных скоплений; существует мнение, что сверхмассивные черные дыры в несколько миллионов и даже миллиардов масс Солнца могут быть ядрами активных галактик, в частности радиогалактик, или таких загадочных объектов, как квазары. На другом конце шкапы масс располагаются первичные черные дыры, масса которых может принимать самые различные значения в интервале, ограниченном снизу массой примерно в миллиард тонн. Высказывалась мысль, что большое количество невидимого вещества Вселенной может быть заключено в черных дырах, блуждающих в межгалактическом пространстве. Если таких дыр много, то их гравитационное воздействие может существенным образом сказаться на ходе развития Вселенной; обсуждению этой проблемы посвящена следующая глава.

Черные дыры столь часто привлекались для “объяснения” самых разнообразных астрономических явлений, что возникает опасение, как бы они не превратились в единственный способ разрешения астрофизических проблем. Конечно, в некоторых случаях использование представлений о черных дырах вполне обоснованно, но не следует забывать, что на сегодняшний день реальность существования черных дыр окончательно не доказана.

**6.Доказательство существования чёрных дыр**

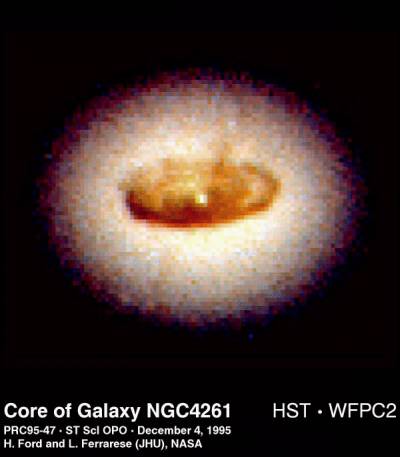
Пылевой диск вокруг чёрной дыры

Снимок Орбитального телескопа Хаббла, содержит основные три характерные черты:

Внешняя белая область является ядром или центром галактики NGC4261..

Внутри ядра существует коричневый диск спиральной формы, он весит в сотни тысяч раз больше, чем наше Солнце.

Поскольку он вращается, мы можем измерить радиус вращения и скорость составляющих диска, следовательно, можем определить вес объекта, находящегося в центре.

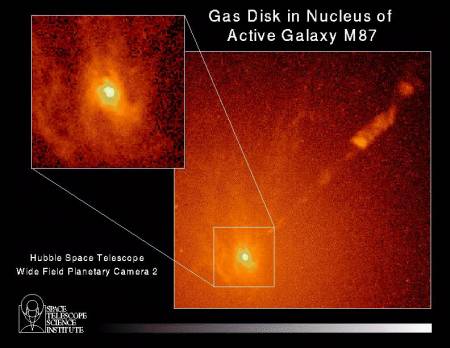


Это объект, величиной с нашу Солнечную систему, но весит в 1,200,000,000 раз больше нашего Солнца. Это означает, что гравитация примерно в миллиард раз больше гравитации на Солнце. Практически несомненно, что этот объект является черной дырой.

Черная дыра в M87

M87 является активной галактикой, в которой мы наблюдаем интересные объекты. Вблизи её ядра (или центра) существует спиральной формы диск горячего газа. Первое изображение показывает его среди его окружения. Вторая накладывает спектры от его противоположных сторон. Это позволяет нам определить скорость вращения диска и его размер. Из которых мы можем взвесить величину невидимого объекта в центре диска.

Хотя объект не превышает в размерах размер нашей Солнечной системы, он весит в три миллиарда раз больше, чем Солнце. Это означает, что гравитация настолько сильна, что свет не может убежать. Там существует черная дыра.



На первом рисунке присутствует диагональная линия. Полагают, что это след движения тех счастливых частиц, которым удалось ускользнуть вдоль оси вращения и избежать падения на черную дыру.

Падение вещества в зону горизонта событий.

Космический телескоп Хаббл, возможно, впервые, позволил получить четкое доказательство существования черных дыр. Он наблюдал исчезновение вещества, падающего в зону действия черной дыры, за так называемый "горизонт событий".

Наблюдаемые слабые световые импульсы потоков горячего газа в ультрафиолетовом спектре обесцвечивались и затем исчезали, образовывая завихрение вокруг массивного, компактного объекта по имени Cygnus XR-1. Этот механизм падения, похожий, к примеру, на падение воды на краю водопада, соответствует четкой аналогии теоретических расчетов падения вещества в черную дыру.

Горизонт событий - это область пространства, окружающая черную дыру, попав в которую, вещество уже никогда не сможет покинуть эту область и провалится в черную дыру. Свет еще может преодолеть огромную силу гравитации и послать последние потоки от пропадающего вещества, но только в течение небольшого промежутка времени, пока падающее вещество не попадет в так называемую зону сингулярности, за которую уже не может выйти даже свет.

Согласно общеизвестным теориям никакой другой астрономический объект, кроме черной дыры не может обладать зоной горизонта событий.

Черные дыры были выявлены путем наблюдения картин по засасыванию (перетеканию) в них масс звездного газа. Оценивая, сколько массы переходит в крошечную область пространства, можно определить, сколько черная дыра занимает места и ее массу.

Никто до сих пор никогда не видел, чтобы вещество уже попавшее в зону горизонта событий, падало в черную дыру. Обычно наблюдалась картина простого перетекания вещества из соседней с черной дырой звездой. При этом, черная дыра была полностью сферически окутана массой перетекающего газа и сама напоминала по внешнему виду небольшую звезду, но излучающую свет в спектре, близком к ультрафиолетовому или в нейтронах.

Этот секрет был скрыт от общественности довольно долго. Ученые занимались дотошным анализом и проверкой этих данных.

Сам Хаббл, конечно, не видел зоны горизонта событий - это слишком малая область пространства на таком расстоянии, чтобы ее можно было бы оценить. Хаббл измерил хаотические флуктуации в ультрафиолетовом свете кипящего газа, пойманного в зоне гравитационного воздействия черной дыры. Хаббл поймал уникальные моменты "затухающей последовательности импульсов", которые очень быстро ослабевали.

Этот механизм соответствует общепринятой теории, предсказанной учеными: когда вещество падает близко в зоне горизонта событий, свет от него быстро тускнеет, поскольку, чем ближе к центру черной дыры, тем сильнее сила гравитации и тем более длинными становятся волны, постепенно переходя от ультрафиолетового спектра к нейтронному, а затем и вовсе исчезают. Этот эффект носит название "красного смещения".

Наблюдаемый фрагмент падающего вещества исчез с поля зрения телескопа Хаббла прежде, чем он фактически достиг горизонта событий. Быстродействующий фотометр Хаббла отбираемый световые импульсы со скоростью 100000 измерений в секунду. Ультрафиолетовая разрешающая способность Хаббла позволила видеть слабое мерцание падающего вещества в пределах 1000 миль от горизонта событий.

Динамические модели предсказывали и раньше, что Cygnus XR-1's относится к черной дыре. Газ не может непосредственно падать в нее, как в канаву, но образовывает завихрение в виде сглаженного спирального диска.

**7. Пространственно-временные парадоксы.**

Теории о путешествиях во времени, всегда остаются одними из самых впечатляющих вслед за разработками в области телепортации, торсионных полей и антигравитации. Впрочем, путешествию во времени не повезло больше - до сих пор не только нет очевидцев перемещения во времени, но и универсального определения времени. В каком-то смысле каждый из нас - настоящий путешественник во времени, правда, это не впечатляет, тем более что двигаться в этом понимании можно только “вперед”.

До Эйнштейна о путешествиях во времени говорили только литераторы, причем идея “времени вспять” принадлежит вовсе не Герберту Уэллсу, а Эдварду Пейджу Митчеллу, издателю газеты New York Sun, который за 7 лет до “Машины времени” опубликовал рассказ “Часы, которые шли назад”. В физике о возможности подобных перемещений стало модно размышлять вслед за Эйнштейном. Феномен путешествия во времени с того самого момента стал объясняться с точки зрения действия пространственно-временного континуума. “Тень” Эйнштейна по сей день “лежит” на всех мало-мальски серьезных рассуждениях на эту тему.

По теории относительности выходит, что при скорости, близкой скорости света, время должно замедляться. Однако скорость света практически недостижима в отличие, скажем, от скорости звука, барьер которой был преодолен в последней четверти прошлого века. Далее, по теории Эйнштейна следует, что, когда тело развивает скорость, близкую к скорости света, его вес начинает увеличиваться и в точке достижения этой скорости практически бесконечен. Еще одна аксиома, которая также сопровождает теории о времени, гласит: первое путешествие, если ему суждено будет произойти, будет связано не с изобретением сверхбыстрого транспорта, а с открытием особой среды, в которой любое транспортное средство могло бы разогнаться до нужной скорости. Коридор во времени может быть образован и сугубо “природными” явлениями: черными дырами, тоннелями, космическими струнами и так далее.

Наиболее вероятным претендентом на “коридор времени” называют черные дыры, о природе которых до сих пор известно очень мало. Принято считать, что когда звезды, масса которых превышает массу Солнца как минимум в четыре раза, гибнут, то есть когда их “топливо” сгорает, они взрываются из-за давления, вызванного их собственным весом. В результате взрыва образуются черные дыры, гравитационные поля в которых настолько мощны, что эту область не может покинуть даже свет. Всякий объект, достигающий границы черной дыры - так называемого горизонта событий, - всасывается в ее недра, причем снаружи не видно, что происходит “внутри”.

Черная дыра окружена гравитационным полем, в котором тела достигают скорости света. Предполагается, что в глубине черной дыры - предположительно, в центре, в так называемой точке сингуляра - законы физики прекращают действовать, и пространственная и временная координаты, грубо говоря, меняются местами, а путешествие в пространстве становится путешествием во времени. Кроме того, физики предположили, что если есть черные дыры, затягивающие все, оказавшееся в зоне воздействия, то где-то там, в “ядре” дыры, должна быть некая “белая дыра”, выталкивающая материю со столь же сокрушительной силой.

В центре черной дыры находится коридор, где пространство и время меняют свои характеристики. Однако есть одно “но”: прежде чем тело достигнет зоны, где законы традиционной физики перестают действовать, оно будет разрушено. Эта точка зрения была высказана физиком Калифорнийского института технологии Кипом Торном, автором монографии “Черные дыры и искривление времени”.

Торн предложил другой способ достижения необходимого для путешествия во времени ускорения. Он, основываясь на той же теории Эйнштейна, по которой пространство и время везде постоянно, изучал другие “прорехи” в пространственно-временном континууме. Эти норы-тоннели якобы способны возникать между отдаленными объектами благодаря казуальной скрученности пространства. Тоннели могут связывать отдаленные в пространстве точки, которые существуют в принципиально разных временных плоскостях. Кип Торн абсолютно серьезно в преддверии открытия этих тоннелей предлагал для поддержания их открытыми покрывать поверхность туннеля неким веществом с отрицательной плотностью энергии. Гравитационные силы будут стремиться разрушить туннель, захлопнуть его, а покрытие будет расталкивать стенки и удерживать от коллапса.

Еще одна любопытная теория о способах путешествия во времени принадлежит Ричарду Готу - физику из Принстона. Он предположил существование неких комических струн, которые были образованы на ранних этапах формирования вселенной. Согласно теории струн, все микрочастицы образованы замкнутыми в петли крохотными струнами и находятся под чудовищным натяжением в сотни миллионов тонн. Их толщина гораздо меньше размеров атома, однако колоссальная гравитационная сила, с которой они воздействуют на объекты, попадающие в зону их влияния, разгоняет их до колоссальной скорости. Совмещение струн или соположение струны и черной дыры способно создать закрытый коридор с искривленным пространственно-временным континуумом, который и мог бы использоваться для путешествия во времени. Существуют и другие, менее экзотичные способы “обмануть” время. Легче всего это будет сделать астронавтам. Пребывание, к примеру, на Меркурии в течение 30 лет означает, что астронавт вернется на нашу планету более молодым, нежели если бы он оставался на Земле, так как Меркурий вращается вокруг Солнца чуть быстрее Земли. Однако здесь линейный ход времени сохраняется, и в чистом виде путешествием во времени данный феномен называть не стоит. Более того, зафиксировано, что астронавты, которых на орбиты выносит “Шаттл”, уже сейчас опережают “земное” время на несколько наносекунд, хотя до скорости света им, мягко говоря, далеко.

Помимо проблем технического характера, физики обсуждают и возможные конфликты времени. Реальная проблема, которая может ждать путешественников, - парадоксы времени. Их возникнет множество, и все они будут связаны с возможным воздействием на ход уже совершенных событий - “парадокс дедушки”, например. Большинство теоретиков сошлись на том, что всякое воздействие на ход совершенного создает новую, параллельную реальность либо другую “мировую линию”, ничуть не мешающую существованию “исходной”. И таких “параллельностей” будет ровно столько, сколько необходимо для непротиворечивого существования каждой из них. Вообще надо заметить, что рассуждения, дискуссии и лекции о природе времени и возможности путешествия во времени до сих пор остаются излюбленным занятием серьезных физиков - своего рода интеллектуальной забавой. В свое время астрофизик NASA Карл Саган в ответ на заявление Стивена Хокинга о том, что, если бы путешествия во времени были бы возможны, среди нас было бы полно “ребят из будущего”, парировал, что есть, как минимум, дюжина способов опровергнуть это заявление.

Во-первых, машина времени, к примеру, сможет переносить только в будущее. Во-вторых, машина времени сможет переносить только в недалекое прошлое, а мы - опять же, к примеру - “слишком давно”. В-третьих, наши потомки из будущего могут перемещаться только к тем предкам, у которых машина уже есть, и так далее. Как бы там ни было, гипотетическая возможность подобных путешествий сохраняется, и опровергнуть ее не в силах самые язвительные скептики. Более того, теории теориями, а практические разработки все-таки ведутся. Причем с определенными успехами.

# 

# **8.Заключение**

Существование черных дыр, предсказанных в их современном понимании общей теорией относительности, с большой долей вероятности уже подтверждено наблюдениями. Если эта вероятность превратится в полную уверенность, то уже роль черных дыр как источников активности ядер галактик и квазаров позволит считать их важнейшим элементом мироздания. Не исключено, что еще не открытые первичные черные дыры, если они действительно существуют, имеют куда большую значимость для космофизики, чем это кажется сегодня.

Как бы то ни было, черные дыры в очередной раз продемонстрировали, что считать, будто все их загадки раскрыты, преждевременно. И судя по всему, нас еще ожидает множество сюрпризов…

История предсказаний и поисков черных дыр полна драматизма и до сих пор окончательно не завершена. В этом отношении проблема черных дыр сходна с проблемой внеземных цивилизаций, с той лишь разницей, что в случае внеземных цивилизаций имеется полное единодушие среди физиков и астрономов в том, что эти цивилизации могут существовать, но пока еще не открыты. А в случае черных дыр сложилась парадоксальная ситуация: астрономы почти уверены, что черные дыры открыты, в то время как многие физики не верят в их существование. Слишком уж удивительны и экзотичны свойства этих поистине экстремальных объектов, чтобы можно было легко поверить в их существование.

9. Список используемой литературы

1. www.mrcnn.narod.ru/blackhole.htm#5

2.www.dark-universe.ru

3.Новиков И. Д Н73 Черные дыры и Вселенная. — М.: Мол. гвардия, 1985. — 190 с.

4. www.evrika.tsi.lv/center.php

5. www.sciam.ru

6. www.elementy.ru