

VI ежегодная научная конференция школьников
Иркутской области «Человек и космос»

Загадочные черные дыры или что мы о них знаем с физической точки зрения

Автор:	Жилина Наталия Олеговна 10 «б» кл. МБОУ г. Иркутска СОШ №22
Научный руководитель:	Федотова Анастасия Юрьевна ИСЗФ СО РАН
Руководитель:	Довженко Валентин Николаевич учитель физики МБОУ г. Иркутска СОШ №22

г. Иркутск, 2016 г.

Содержание:

Введение.....	3
1. Происхождение черных дыр.....	4
1.1. Первое упоминание о черных дырах	5
2.1. Физические законы.....	6
2.2. Решения уравнений Эйнштейна для чёрных дыр.....	8
2.3. Внутри черной дыры.....	9
2.4. Сингулярность	10
3. Черные дыры в наше время.....	13
Заключение.....	13
Список использованных источников	14
Приложение	15

Введение

Из всех порождений человеческого разума, от единорогов и горгулий до водородной бомбы, самое фантастическое, наверное, — это черная дыра: дыра в пространстве с резко очерченными границами, в которую проваливается все, что оказывается поблизости, но из которой ничего не может выйти обратно, дыра с настолько мощной силой тяготения, что даже свет оказывается пойманным в ее объятиях, дыра, которая искривляет пространство и сворачивает время. Тем не менее, существование черных дыр надежно предсказывается хорошо доказанными законами физики. Только в нашей галактике черных дыр может быть миллионы, но чернота прячет их от наших взоров. Обнаружение черных дыр вызывает у астрономов большие трудности.

Актуальность данной работы с научной точки зрения состоит в том, чтобы:

- изучить такие загадочные объекты Вселенной, как черные дыры;
- рассмотреть черные дыры – как последнюю стадию эволюции звезд;
- расширить спектр наших знаний о загадках Вселенной;
- продемонстрировать тесную связь физики, астрономии, космонавтики и других наук.

С точки зрения личностной значимости, актуальность данной работы заключается в получении дополнительных знаний о черных дырах, загадочных объектах Вселенной.

Объект исследования в работе – черные дыры.

Предмет исследования: рассмотреть очевидный путь образования черной дыры – коллапс ядра массивной звезды.

Основная цель работы: систематизация научной информации о черной дыре для получения представления об объекте, его свойствах и значении для исследований будущего. Раскрытие тайны существования черной дыры.

Цель работы:

- Изучить формирование черных дыр
- Рассмотреть вопрос, о том, что является последней стадией эволюции звезд
- Рассмотреть черные дыры, как источники энергии
- Черные дыры, как объекты образующие вокруг себя галактики и более крупные скопления материи

В своей работе я использовала теоретические, эмпирические и математические методы исследования, а именно:

- анализ и обработка информации, в вопросах изучения черных дыр
- математические методы
- обобщение полученных данных

Для астрофизика, черные дыры крайне интересны тем, что в них,

возможно, таится разгадка самых труднообъяснимых явлений во Вселенной. Большинству из нас черные дыры представляются удивительными природными объектами, в которых таинственным образом переплетаются свойства пространства и времени. Что же касается писателей-фантастов, то им черные дыры буквально ниспосланы свыше: во-первых, они открывают возможности потрясающих сюжетов, а во-вторых, они сами должны быть устроены так, что действительность здесь оказывается хитрее всякого вымысла; в описании их, фантазия писателя может померкнуть по сравнению с невероятными, но объективными выводами ученого, сделанными на основе надежно установленных законов природы.

Чем таинственнее загадка, чем глубже проблема, тем больший интерес она вызывает и у специалистов, и у всех интересующихся наукой. А. Эйнштейн, создатель общей теории относительности, писал: «Самое прекрасное и глубокое переживание, выпадающее на долю человека, - это ощущение таинственности». А у черных дыр и у Вселенной вряд ли найдутся конкуренты по части их загадочности.

1. Происхождение черных дыр

Черные дыры — это порождение гигантских сил тяготения. Они возникают, когда в ходе сильного сжатия большой массы материи возрастающее гравитационное поле ее становится настолько сильным, что не выпускает даже свет. Быстрее света в природе ничто двигаться не может, значит, из черной дыры не может вообще ничто выходить. В нее можно только упасть под действием огромных сил тяготения, но выхода оттуда нет.

В 1939 г. Дж. Р. Оппенгеймер и Х. Снайдер из Калифорнийского университета впервые указали, что масса нейтронной звезды, вращающейся со средней скоростью, не может превышать некоторой максимальной величины. Хотя точное ее значение до сих пор не установлено, предполагается, что она имеет порядок 2 – 3 М. К концу жизни звезды теряют массу в результате целого ряда процессов: звездного ветра, переноса массы в двойных системах, взрыва сверхновых и другого: однако известно, что существует много звезд с массой, в 10, 20 и даже в 50 раз превышающей солнечную. Маловероятно, что все эти звезды как-то избавятся от «излишней» массы, чтобы войти в указанные пределы. Согласно теории, если звезда или ее ядро с массой выше указанного предела начинает коллапсировать под действием собственной тяжести, то ничто уже не в состоянии остановить ее коллапс. Вещество звезды будет сжиматься беспредельно, в принципе, пока не сожмется в точку. В ходе сжатия сила тяжести на поверхности неуклонно возрастает – наконец, наступает момент, когда даже свет не может преодолеть гравитационный барьер. Звезда исчезает: образуется то, что мы называем черной дырой.

Дыра неизбежно появляется на свет при схлопывании звезды; масса дыры при рождении должна быть в точности равна массе звезды; каждый раз, когда что-то проваливается в дыру, ее масса должна возрастать. Точно так же, если звезда вращается, когда начинается ее взрыв, новорожденная

дыра тоже должна вращаться; и угловой момент дыры (мерило того, насколько быстро она вращается) должен быть в точности равен угловому моменту звезды. Они возникают также после смерти больших звезд. Возможно, черные дыры в будущем станут источниками энергии для человечества. Вращаясь, черная дыра образует вокруг себя космический вихрь, подобный водовороту. Так же как винт самолета, закручивающий воздух и все, что в нем находится, космический вихрь около черной дыры вовлекает во вращение все тела вблизи дыры.

В первый момент после возникновения черная дыра имеет действительно искаженную, сплюснутую форму. Но эта дыра не может сохраняться постоянно во времени. Подобно тому, как пленка мыльного пузыря, если бы мы его растянули, а потом отпустили, быстро принимает сферическую форму, точно так же граница «искаженной» черной дыры быстро принимает гладкую сферическую форму. Все «лишнее» излучается в виде гравитационных волн. В результате возникает совершенно сферически симметричная черная дыра с совершенно сферически симметричным внешним полем тяготения Шварцшильда, которое характеризуется только одной величиной — массой тяготеющего центра.

Таким образом, черные дыры могут быть и большие (массивные) и маленькие, но во всем остальном они подобны друг другу.

К этому следует добавить, что внутри черной дыры удивительным образом меняются свойства пространства и времени, закручивающихся в своеобразную воронку, а в глубине находится граница, за которой время и пространство распадаются на кванты... Внутри черной дыры, за краем этой своеобразной гравитационной бездны, откуда нет выхода, текут удивительные физические процессы, проявляются новые законы природы.

Черные дыры являются самыми грандиозными источниками энергии во Вселенной. Мы, вероятно, наблюдаем их в далеких квазарах, во взрывающихся ядрах галактик.

1.1. Первое упоминание о черных дырах

Название «черная дыра» предложил в 1968 г. профессор Принстонского университета Дж. А. Уилер; однако идея существования в природе таких объектов высказывалась гораздо раньше. По-видимому, подобная мысль возникла впервые около 200 лет назад. В докладе Королевскому обществу в 1783 г. и опубликованных через год в «Философских трудах» английский физик Джон Мичелл (1724 – 1793) отметил, что если свет представляет собой поток частиц, эти частицы должны подвергаться воздействию тяготения так же, как и все остальные материальные тела. Следовательно, предположил Мичелл, свет, исходящий от массивного тела, будет замедляться. В частности, отметил он, свет не может покинуть тело, имеющее плотность Солнца, но в 500 раз больший радиус, поскольку скорость убегания для такого тела должна быть больше скорости света.

Примерно 13 лет спустя великий французский математик Пьер Си-

мон Лаплас (1749 – 1827) в своей книге «Изложение системы мира» высказал аналогичные мысли; он рассчитал, что тело радиусом, в 250 раз превышающим радиус Солнца, и плотностью, равной плотности Земли, должно быть невидимым, поскольку от него не может уйти свет. Так как плотность Земли почти в 4 раза больше плотности Солнца, то ясно, что оценки Лапласа и Мичелла достаточно хорошо согласуются.

В конце 50-х годов, еще никто толком не знал, что такое черные дыры. Контраст разительный по сравнению с сегодняшним днем, когда про черные дыры все по крайней мере слышали или читали.

В семидесятые годы XX столетия Брэндон Картер, Стивен Хокинг, Вернер Израэль и другие на основании общей теории относительности Эйнштейна для законов гравитации сделали вывод, что черная дыра должна быть исключительно простой сущностью — все свойства дыры (сила гравитационного тяготения, величина, на которую она отклоняет траектории света звезд, форма и площадь поверхности) определяются всего тремя величинами: массой дыры, угловым моментом ее вращения и электрическим зарядом. Эти три числа позволяют вам при достаточном владении математическим аппаратом вычислить, например, форму горизонта дыры, силу гравитации, детальную форму завихрения пространства-времени вокруг дыры и частоту пульсаций. Многие из этих свойств к 1975 г. были уже известны, но некоторые еще предстояло открыть. Более того, никакая дыра в межзвездном пространстве не может обладать большим электрическим зарядом: в противном случае она бы быстро притянула к себе заряды противоположного знака из межзвездного пространства, нейтрализуя свой собственный заряд.

2.1. Физические законы в черных дырах

Вблизи черной дыры напряженность гравитационного поля так велика, что физические процессы там можно описывать только с помощью релятивистской теории тяготения.

А. Эйнштейн показал, что для таких полей теория тяготения Ньютона неприменима, и создал новую теорию, справедливую для сверхсильных, а также для быстроменяющихся полей (для которых ньютоновская теория также неприменима), и назвал ее общей теорией относительности. Именно выводами этой теории надо пользоваться для доказательства возможности существования черных дыр и для изучения их свойств.

Общая теория относительности — это изумительная теория. Она настолько глубока и стройна, что вызывает чувство эстетического наслаждения у всякого, кто знакомится с ней. Советские физики Л. Ландау и Е. Лифшиц в своем учебнике «Теория поля» назвали ее «самой красивой из всех существующих физических теорий». Немецкий физик Макс Борн сказал об открытии теории относительности: «Я восхищаюсь им как творением искусства». А советский физик В. Гинзбург писал, что она вызывает «...чувство... родственное тому, которое испытывают, глядя на самые

выдающиеся шедевры живописи, скульптуры или архитектуры».

Суть ее заключается в том, что она неразрывно связала геометрические свойства пространства и течение времени с силами гравитации. Эти связи сложны и многообразны. Отметим пока лишь только два важных обстоятельства.

Согласно теории Эйнштейна время в сильном поле тяготения течет медленней, чем время, измеряемое вдали от тяготеющих масс (где гравитация слаба). Но только А. Эйнштейн доказал, что никакого абсолютного времени нет. Течение времени зависит от движения и, что сейчас для нас особенно важно, от поля тяготения. В сильном поле тяготения все процессы, абсолютно все, будучи самой разной природы, замедляются для стороннего наблюдателя. Это и значит, что время — то есть то общее, что присуще всем процессам, — замедляется. По Ньютону, сила тяготения стремится к бесконечности, когда мы сжимаем тело в точку (радиус близок к нулю). По Эйнштейну, вывод совсем другой: сила стремится к бесконечности, когда радиус тела становится равным так называемому гравитационному радиусу. Это означает, что, какие бы процессы ни протекали в сильном поле тяготения, далекий от черной дыры наблюдатель увидит их в замедленном темпе.

Так, для него колебания в атомах, излучающих свет в сильном поле тяготения, происходят замедленно, и фотоны от этих атомов приходят к нему «покрасневшими», с уменьшенной частотой. Это явление носит название гравитационного красного смещения (оно послужило основой для одной из проверок правильности теории Эйнштейна), наблюдателя. Этот наблюдатель, следя, например, за камнем, падающим к черной дыре, видит, как у самой сферы Шварцшильда он постепенно «тормозится» и приблизится к границе черной дыры лишь за бесконечно долгое время.

Аналогичную картину увидит далекий наблюдатель при самом процессе образования черной дыры — когда под действием тяготения само вещество звезды падает, устремляется к ее центру. Для него поверхность звезды лишь за бесконечно долгое время приближается к сфере Шварцшильда, как бы застывая на гравитационном радиусе. Поэтому раньше черные дыры называли еще застывшими звездами.

Второй важный вывод теории Эйнштейна состоит в том, что в сильном поле тяготения меняются геометрические свойства пространства. Эвклидова геометрия, столь нам привычная, оказывается уже несправедливой. Это означает, например, что сумма углов в треугольнике не равна двум прямым углам, а длина окружности не равна расстоянию ее от центра, умноженному на 2π . Свойства обычных геометрических фигур становятся такими же, как будто они начерчены не на плоскости, а на искривленной поверхности. Поэтому и говорят, что пространство «искривляется» в гравитационном поле. Разумеется, это искривление заметно только в сильном поле тяготения, если размер тела приближается к его гравитационному радиусу.

2.2. Решения уравнений Эйнштейна для чёрных дыр

Так как чёрные дыры являются локальными и относительно компактными образованиями, то стационарные решения для чёрных дыр в рамках ОТО, характеризуются только тремя параметрами: массой (M), моментом импульса (L) и электрическим зарядом (Q), которые складываются из соответствующих характеристик вошедших в чёрную дыру при коллапсе и упавших в неё позднее тел и излучений (если в природе существуют магнитные монополи, то чёрные дыры могут иметь также магнитный заряд (G), но пока подобные частицы не обнаружены). Любая чёрная дыра стремится в отсутствие внешних воздействий стать стационарной, что было доказано усилиями многих физиков-теоретиков. Более того, представляется, что никаких других характеристик, кроме этих трёх, у не возмущаемой снаружи чёрной дыры быть не может, что формулируется в образной фразе Уилера как: «Чёрные дыры не имеют волос». Эта теорема означает, что у стационарной чёрной дыры внешних характеристик, помимо массы, момента импульса и определённых зарядов (специфических для различных материальных полей), быть не может, и детальная информация о материи будет потеряна (и частично излучена вовне) при коллапсе. Большой вклад в доказательство подобных теорем для различных систем физических полей внесли Брэндон Картер, Вернер Израэль, Роджер Пенроуз, Пётр Крушель, Маркус Хойслер. Сейчас представляется, что данная теорема верна для известных в настоящее время полей, хотя в некоторых экзотических случаях, аналогов которых в природе не обнаружено, она нарушается.

Решение Шварцшильда:

Две важнейшие черты, присущие чёрным дырам в модели Шварцшильда — это наличие горизонта событий (он по определению есть у любой чёрной дыры) и сингулярности, которая отделена этим горизонтом от остальной Вселенной.

Решением Шварцшильда точно описывается изолированная невращающаяся, незаряженная и не испаряющаяся чёрная дыра (это сферически симметричное решение уравнений гравитационного поля (уравнений Эйнштейна) в вакууме). Её горизонт событий — это сфера, радиус которой, называется гравитационным радиусом или радиусом Шварцшильда.

Все характеристики решения Шварцшильда однозначно определяются одним параметром — массой. Так, гравитационный радиус чёрной дыры массы M равен: $r_g = \frac{2GM}{c^2}$

Чёрная дыра с массой, равной массе Земли, обладала бы радиусом Шварцшильда в 9 мм (то есть Земля могла бы стать чёрной дырой, если бы кто-либо смог сжать её до такого размера). Для Солнца радиус Шварцшильда составляет примерно 3 км. Объекты, размер которых наиболее близок к своему радиусу Шварцшильда, но которые ещё не являются чёрными дырами, — это

нейтронные звёзды. Можно ввести понятие «средней плотности» чёрной дыры, поделив её массу на «объём, заключённый под горизонтом событий»:

$$\rho = \frac{3c^6}{32\pi M^2 G^3}$$

Эту формулу легко вывести:

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3M}{4\pi R^3}, \text{ т.к. } R = r_g, \text{ то}$$

$$\rho = \frac{3M}{4\pi \left(\frac{2GM}{c^2}\right)^3} = \frac{3Mc^6}{4\pi 8G^3 M^3} = \frac{3c^6}{32\pi G^3 M^2}$$

Средняя плотность падает с ростом массы чёрной дыры. Так, если чёрная дыра с массой порядка солнечной обладает плотностью, превышающей ядерную плотность, то сверхмассивная чёрная дыра с массой в 10^9 солнечных масс обладает средней плотностью порядка 20 кг/м^3 , что существенно меньше плотности воды. Таким образом, чёрную дыру можно получить не только сжатием имеющегося объёма вещества, но и экстенсивным путём, накоплением огромного количества материала.

2.3. Внутри черной дыры

Что находится внутри черной дыры? Как узнать об этом, и почему нас это вообще волнует? Никакой сигнал никогда не выйдет за пределы черной дыры, чтобы сообщить нам ответ. Ни один отважный исследователь, попавший внутрь черной дыры в поисках ответов на эти вопросы, никогда не сможет вернуться обратно или просто послать нам оттуда сообщение. Что бы ни содержалось в сердце черной дыры, никогда ничего не выйдет наружу и никак не сможет повлиять на нашу Вселенную.

Но человеческое любопытство вряд ли удовлетворит такой ответ. Особенно, если у нас есть инструменты, способные прояснить ситуацию: законы физики.

Первую попытку ответить на вопрос «Что находится внутри черной дыры?» сделали Дж. Роберт Оппенгеймер и Хартланд Снайдер в 1939 г. в своем классическом расчете коллапса сферической звезды. Хотя ответ по существу содержался в уравнениях, которые Оппенгеймер и Снайдер получили и опубликовали в своей работе, они предпочли не обсуждать полученные результаты. Может быть, они боялись, что это только усугубит полемику, разыгравшуюся в связи с их предсказанием о том, что сжимающаяся звезда «сама себя отрежет от остальной Вселенной» (сформирует черную дыру). Может быть, причиной был свойственный Оппенгеймеру научный консерватизм, его нежелание делать излишние предположения. Так или иначе, они промолчали. За них сказали их уравнения.

Из уравнений следовало, что после возникновения горизонта событий вокруг черной дыры сферическая звезда продолжает неуклонно сжиматься, стремясь к бесконечной плотности и нулевому объему — к простран-

ственно-временной сингулярности.

2.4. Сингулярность

Сингулярность — это область, в которой (в соответствии с законами общей теории относительности) кривизна пространства-времени становится бесконечно большой, и само пространство-время перестает существовать. Поскольку кривизна пространства-времени характеризуется приливными силами гравитации, сингулярность представляет собой также область бесконечно больших приливных сил гравитации, т. е. область, где гравитация бесконечно вытягивает все объекты вдоль некоторого направления и бесконечно сжимает их вдоль другого.

Рассмотрим наблюдателя, падающего в черную дыру. Поместим сначала его на поверхность звезды, которая находится в состоянии релятивистского коллапса. Противоборствующие силы давления вещества звезды при этом практически уже не оказывают никакого сопротивления нарастающей гравитации, поверхность звезды пересекает гравитационный радиус и продолжает сжиматься дальше. Процесс остановиться не может, и за короткий промежуток времени (по часам наблюдателя на поверхности звезды) эта поверхность сожмется в точку, а плотность вещества станет бесконечной. Достигается, как говорят физики, сингулярное состояние. Чем оно характеризуется?

Не вдаваясь в тонкости, ответим на этот вопрос так: при приближении к сингулярности приливные гравитационные силы стремятся к бесконечности. Это означает, что любое тело (в том числе и наш воображаемый наблюдатель) будет разорвано. То же самое ожидает и любое тело, падающее в черную дыру уже после сжатия звезды, оно также достигает сингулярности. Можно ли как-нибудь избежать падения в сингулярность, если тело уже находится под горизонтом?

Оказывается, нет. Падение в сингулярность неизбежно. Как бы космонавт ни маневрировал на своей ракете, как бы ни были мощны двигатели, ракета быстро упадет в сингулярность.

Самое «долгое» время, которое ракета может просуществовать внутри черной дыры после пересечения горизонта, равно примерно времени, за которое свет проходит расстояние, равное размеру черной дыры. Это короткий миг. Для дыры с массой в десять масс Солнца максимально «долгое» время существования равняется всего одной стотысячной доле секунды.

Чтобы просуществовать это максимально «долгое» время, космический корабль должен осуществить следующий маневр. При падении в черную дыру нужно включить на полную мощность двигатель при подлете к горизонту так, чтобы почти остановиться у самого горизонта. После этого необходимо выключить двигатель и дать кораблю спокойно падать вдоль радиуса (от горизонта до сингулярности). Время такого падения и будет максимальным временем существования. Любые попытки космонавтов как-то затормозить с помощью включения двигателя падение внутрь черной дыры

или попытки направить корабль в орбитальное движение приведут только к тому, что корабль упадет в сингулярность за более короткий промежуток времени (по часам космонавта).

Давайте сравним приливные силы, которые действуют на космонавтов в кабине космического корабля на орбите вокруг Земли и на космонавта, падающего в черную дыру.

В первом случае приливные силы растягивают тело космонавта совершенно незаметным образом, их действия соответствуют давлению одной десятиллиардной доле атмосферы.

При падении же в черную дыру эти силы огромны даже еще на ее границе. Оказывается, чем меньше масса и размер дыры, тем больше приливные силы на горизонте. Для дыры с массой в тысячу масс Солнца приливные силы соответствуют давлению ста атмосфер. Такие нагрузки человеческое тело уже выдержать не может. Для меньших черных дыр приливные силы на границе еще больше...

Следовательно, если черная дыра имеет массу меньше тысячи солнечных, то человек, приблизившись к ней, не может остаться в живых.

Разумеется, при падении космического корабля даже в очень большую черную дыру, на границе которой человеку не угрожает опасность быть разорванным приливными силами, корабль в конце концов начнет неудержимо падать к сингулярности, а тогда неограниченно нарастающие силы рано или поздно разорвут любое тело. Таким образом, не желая кончать жизнь самоубийством, космонавт не станет по собственной инициативе проникать в черную дыру.

Мы рассмотрели столь ужасный мысленный эксперимент, чтобы показать суть основного явления, возникающего внутри черной дыры, - безудержный рост приливных сил, заканчивающихся сингулярностью.

Сингулярность, предсказанная в расчетах Оппенгеймера—Снайдера, относится к достаточно простым. Ее силы приливной гравитации подобны земным, лунным или солнечным, т. е. это те же самые силы, которые вызывают приливы и отливы земных океанов: сингулярность растягивает все объекты в радиальном направлении (по направлению к ней и от нее) и сжимает их в поперечном направлении.

Представьте астронавта, падающего ногами вниз в черную дыру, которая описывается уравнениями Оппенгеймера и Снайдера. Чем больше черная дыра, тем дольше он сможет выжить; поэтому, чтобы он жил как можно дольше, представим себе, что дыра относится к самым большим ядрам квазаров: 10 миллиардов солнечных масс. В некоторый момент падающий астронавт пересекает горизонт событий и влетает в черную дыру; в этот момент до его смерти остается 20 часов, но он все еще слишком далек от сингулярности и не чувствует ее приливной гравитации. Астронавт падает все быстрее и быстрее, все ближе и ближе он подходит к сингулярности; при этом приливные силы гравитации становятся все сильнее и сильнее, и за одну секунду до сингулярности он начинает чувствовать, как

вытягиваются его ноги и голова и сжимается туловище по бокам. Вначале это

растяжение и сжатие несильно беспокоят его, но, продолжая нарастать, за несколько сотых долей секунды до сингулярности становятся такими сильными, что кости и мягкие ткани человека не выдерживают. Его тело разрывается, и он погибает. В последнюю сотую долю секунды растяжение и сжатие еще более растут и, когда астронавт достигает сингулярности, они становятся бесконечно большими; вначале его ноги, затем туловище, а потом голова бесконечно растягиваются, и в соответствии с законами общей теории относительности астронавт сливается с сингулярностью и становится ее частью.

Астронавт не может пройти через сингулярность и выйти на другой ее стороне; согласно общей теории относительности, у сингулярности нет «другой стороны». Пространство и время по отдельности, а также пространственно-временные категории прекращают свое существование в сингулярности. Сингулярность — это острый край, похожий на край листа бумаги. Бумага кончается на краю; пространство-время кончается в сингулярности. Но и сингулярность кончается. Муравей может доползти по бумаге до края и вернуться обратно, но ничего не может вернуться из сингулярности; астронавты, частицы, волны — все, что попадает в нее, согласно законам общей теории относительности Эйнштейна, моментально уничтожается.

Не только астронавт испытывает бесконечное растяжение и сжатие вблизи сингулярности; в соответствии с уравнениями Оппенгеймера—Снайдера бесконечно растягиваются и сжимаются все формы материи, даже отдельные атомы, а также электроны, протоны и нейтроны, которые их составляют, даже кварки, которые входят в состав протонов и нейтронов.

Существует ли для астронавта какая-то возможность избежать этого бесконечного растяжения и сжатия? Нет, после того как он пересекает горизонт событий, шансов у него не остается. В любом месте под горизонтом событий, согласно уравнениям Оппенгеймера—Снайдера, силы гравитации настолько сильны (пространство-время так сильно деформировано), что само время (время для всех) втекает в сингулярность. Поскольку астронавт, как и все остальное, неуклонно движется вперед во времени, он втягивается вместе с потоком времени в сингулярность. Неважно, что он делает, неважно, какую мощность развивают его ракетные двигатели, — он не может избежать бесконечного растяжения и сжатия, которые поджидают его у сингулярности.

3. Черные дыры в наше время

Учёные из коллаборации LIGO 11 февраля объявили, что им удалось впервые наблюдать колебания полотна пространства-времени – гравитационные волны. Недавно на сайте препринтов появилась статья-предположение, что чёрные дыры, слияние которых и вызвало "рябь", столкнулись в чреве огромной звезды, и последующий коллапс мог вызвать мощный всплеск гамма-излучения. Энергия, выделенная в результате слияния, эквивалентна трем Солнцам. Произошло примерно следующее. 1,2 миллиарда лет назад в далекой галактике две черные дыры вращались друг вокруг друга. Масса большей черной дыры была как 36 Солнц, масса меньшей — как 29 Солнц. Со временем дыры сближались и ускорялись и в конце концов слились в одну огромную черную дыру. В этот момент во все стороны со скоростью света начали распространяться гравитационные волны. Но постепенно они затухали, а к моменту приближения к Земле затухли настолько, что их уже было сложно отличить от других вибраций на планете (вроде шума или сейсмоактивности). Для того, чтобы поймать гравитационные волны, были построены две обсерватории на расстоянии около трех тысяч километров друг от друга. По форме они представляют собой букву L, у которой оба плеча равны. Длина плеч — четыре километра. На концах плеч установлены идеальные зеркала, которые изолированы от колебаний. При прохождении волн через плечи их длина изменяется меньше, чем на величину протона. Проблема заключается в том, что никто не ожидал, что слияние чёрных дыр будет сопровождаться таким ярким всплеском гамма-излучения. Сливающиеся чёрные дыры, вращающиеся вокруг друг друга, "вычищают" космическое пространство близ себя до вакуума. Согласно представлениям учёных о происхождении гамма-излучения, изолированные чёрные дыры не могут породить такую вспышку.

По словам Валери Коннотон из команды телескопа "Ферми", полученный сигнал похож на короткий всплеск гамма-излучения. "И это реальная проблема, потому что не ожидалось, что этот сигнал мог быть от слияния чёрных дыр", — говорит она.

Поначалу астрофизики ломали голову, что же могло произойти. Но позднее Ави Лёб из Гарвардского университета, увидев результаты "Ферми", предположил, что именно могло произойти. Мощный всплеск гамма-излучения мог появиться, если две чёрные дыры находились внутри очень массивной звезды. "Это похоже на беременную женщину с двумя близнецами в её животе", — проводит аналогию учёный. После того как чёрные дыры слились, звезда разрушилась и испустила интенсивное гамма-излучение.

Заключение

Свойства черных дыр многообразны, и нет сомнения, что в будущем развитии физики и, вероятно, техники и технологии, черным дырам предстоит сыграть выдающуюся роль. Подводя итог, следует сказать, что наука и

техника черных дыр стоят пока лишь в самом начале своего вероятного будущего развития.

Но нет ничего более сложного, чем черная дыра, - ведь человеческое воображение даже не в состоянии представить себе, до какой степени происходит искривление пространства и изменение течения времени, что в них возникает дыра. Изучение физики черных дыр позволяет расширить наши познания о фундаментальных свойствах пространства и времени.

Черные дыры слишком далеки от нас, поэтому мы не можем со 100% точностью говорить об их свойствах и наблюдаемых возле них эффектах. Теория относительности позволяет предсказать некоторые свойства этих удивительных объектов связанные с пространством-временем, а насколько верны эти предположения, нам еще предстоит узнать в будущем.

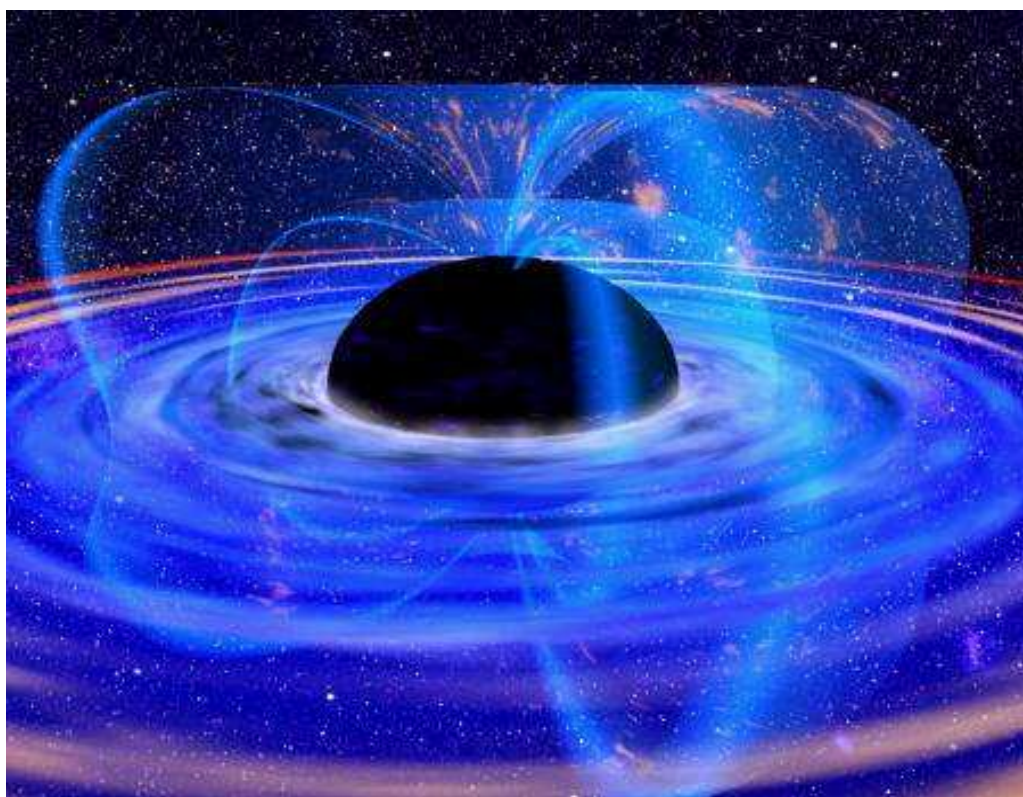
Итак, в процессе работы над данной темой я выяснила, что черные дыры:

- обладают тремя важными характеристиками: масса, заряд, вращательный импульс.
- обнаруживаются тремя способами:
 - а) по рентгеновскому излучению падающего вещества;
 - б) по воздействию на окружающие объекты;
 - в) по сильному гравитационному излучению.
- Не являются вечными.
- Могут являться источниками энергии (Суперрадиация).
- Играют главную роль в активных галактических ядрах.
- Осуществляют движение газа в галактических кластерах.
- Сверхмассивные черные дыры образуют вокруг себя галактики и более крупные скопления материи.

Список использованной литературы:

1. И. Николсон «Тяготение, черные дыры и Вселенная», 1983 г.
2. И. Новиков «Куда течет река времени?», 1990 г.
3. И. Новиков «Черные дыры и Вселенная», 1985 г.
4. И.Д. Новиков «Энергетика черных дыр», 1986 г.
5. К. Торн «Черные дыры и складки времени. Наследие Эйнштейна», 2007 г.
6. С. Хокинг, Р. Пенроуз «Природа пространства и времени», 2000 г.

Черные дыры



Самые близкие к нам черные дыры



Самая большая черная дыра

