Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Конкурс популяризаторов науки «Наука без границ - 2022»

Номинация «Просто о сложном»

Исследовательская работа

«За пределами Земли. Черные дыры в космическом пространстве»

Выполнил: Резванов Искандер Рустемович
ученик 3 класса
гимназии № 6 г. Казани

Научные руководители:
к.х.н., доцент каф. ПТМ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
Резванова Э.А.,
к.т.н., доцент каф. ПТМ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
Ли Н.И.

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

Введение……..3

1 Черные дыры – таинственные объекты нашей вселенной……..6

2 История открытия темной материи и изучение черных дыр……10

3 Теории образования черных дыр……..15

4 Структура черной дыры……17

5 Виды черных дыр……...19

6 Современные исследования черных дыр ……....21

Заключение……26

Список использованных источников……..28

ВВЕДЕНИЕ

Во вселенной немало загадочных и недостаточно изученных объектов: такие как квазары, нейтронные звезды, темная энергия и темная материя. Но, конечно же, одними из самых интересных объектов является черные дыры.

Черные дыры – один из очень немногочисленных примеров в истории науки, когда теория развивалась во всех деталях как математическая модель, практически не имея экспериментальных подтверждений своей справедливости. Черная дыра, возможно, наиболее фантастическая из всех концепций, созданных человеческим разумом.

Что же такое черные дыры и что они из себя представляют? Если спросить разных ученых — астрофизиков и физиков — они подойдут к ответу с разных сторон. Есть энциклопедические словари, которые закрепляют определения и дают конкретные ответы, но единственно верной формулировки не существует.

Профессор РАН Сергей Попов определяет черные дыры как максимально компактный объект, который не демонстрирует свойств поверхности.

Чёрной дырой принято считать место в космосе, где объекты, движущиеся со скоростью света, не могут оказывать сопротивление гравитации. Это относится и к самим частицам света. Гравитационное притяжение такой силы возникает из-за сжатия материи в крошечное пространство. Черные дыры – это погаснувшие звезды, в силу своих физических особенностей, обладающие высокой плотностью и мощной гравитацией.

Черные дыры – это «дыры» в пространстве и времени, возникающие из-за очень сильного искривления пространства и изменения характера течения времени в стремительно взрастающем гравитационном поле.

Большое количество космических феноменов могут влиять на существование жизни, но одни из них важнее других. Черные дыры принадлежат именно к более важным, благодаря своей уникальной природе.

Нет других объектов во Вселенной, так же эффективно превращающих материю в энергию. Ничто во Вселенной не действует как гигантская вращающаяся электрическая батарея, способная выталкивать вещество со скоростью, близкой к световой, на десятки тысяч световых лет.

Черные дыры интересны в первую очередь как экстремальные объекты. Засасывающая тяга, которую создают черные дыры, безвозвратно поглощает все, что попадает под ее действие. Такое представление и знание о том, что на самом деле во вселенной существует множество разных черных дыр, обязательно вызовут вопрос: а может ли и Земля в какой-то момент тоже пострадать от такой напасти?

Ненасытное чудовище, сидящее в центре нашей Галактики, способно повлиять не только на пригодность Земли для жизни людей, но даже и на само существование нашей планеты.

Ближайшая черная дыра удалена от Земли на 3000 световых лет. Она называется V616 Monocerotis, или V616 Mon. Ее вес достигает 9-13 масс Солнца. Бинарный партнер этой дыры – звезда в полмассы Солнца. Еще одна относительно близкая к Земле воронка - Cygnus X-1. Она располагается от Земли в 6 тысячах световых лет и весит в 15 раз больше Солнца. Эта черная космическая дыра тоже имеет своего бинарного партнера, движение которого и помогает отследить влияние Cygnus X-1.

Актуальность работы заключается в том, что изучение природы черных дыр позволяет существенно расширить наше знание о фундаментальных свойствах пространства и времени.

Тема черных дыр является одной из актуальнейших тем современной астрономии, астрофизики и космологии, так как эти объекты помогают лучше понять устройство нашей вселенной, с момента большого взрыва по настоящий день, а также позволят понять, что будет с нашей вселенной.

Однако подлинная роль черных дыр, их "предназначение" для Вселенной, находится далеко за рамками астрономии и физики элементарных частиц.

Целью данной работы является изучение понятия черных дыр и их свойств, а также изучение связи процессов звездообразования с формированием галактик и черных дыр.

Задачи:

1. Изучить природу чёрных дыр, возможных механизмов их образования и эволюции.

2. Изучить связи процессов звездообразования с формированием галактик и черных дыр.

3. Провести обзор литературы касающихся современных исследований черных дыр.

Объект исследования: черные дыры.

На основе современных теорий и концепций в данной работе рассматриваются модели черных дыр, их классификация, свойства, теории происхождения, открытия современных ученных.

1 ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ – ТАИНСТВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ НАШЕЙ ВСЕЛЕННОЙ

Еще до появления теории относительности астрономами была высказана теория о существовании черных воронок. После публикации теории Эйнштейна был пересмотрен вопрос гравитации и в проблеме черных дыр появились новые предположения.

В настоящее время, существуют два понятия феномена «черная дыра». С точки зрения физики Эйнштейна черная дыра – это область экстремального искривления пространства и времени, обусловленного огромной массой расположенного в ней космического тела, обеспечивающего настолько сильное гравитационное притяжение, что покинуть эту область не могут даже кванты света, которые на данный момент являются самыми быстрыми частицами известными человечеству [1]. В то же время черную дыру можно определить, как колоссальную массу и плотность, сжатую до очень малых размеров (рис. 1).

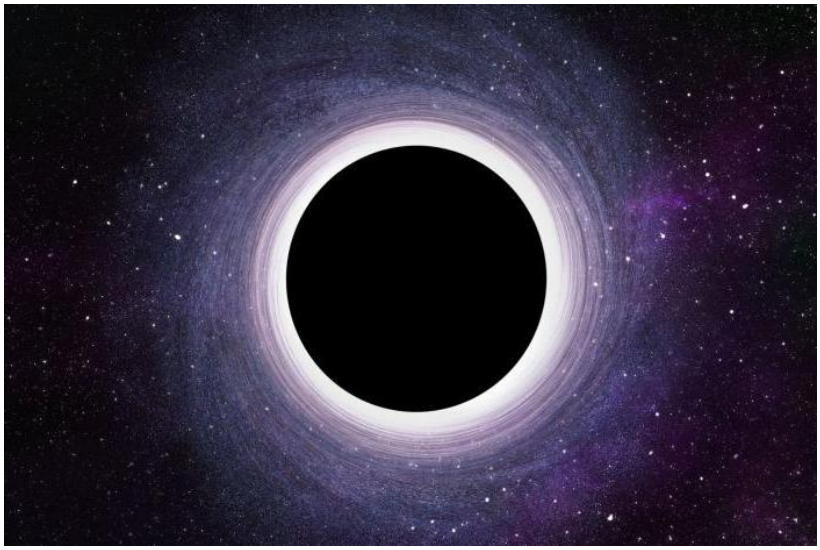

Рисунок 1 – Модель «черной дыры»

Информация, касающаяся черных дыр, по большей части носит гипотетический характер. Ученые изучают их по их воздействию на пространство и излучению.

Интересный факт: черная дыра на самом деле не черная, а бесцветная и прозрачная, т.е. она невидимая, ее можно разглядеть только по гравитационному радиусу, который как бы искривляет пространство и время вокруг. Представления и рисунки черной дыры – всего лишь вымышленные наглядные модели.

А значит увидеть этот космический объект нереально, ведь он поглощает весь свет, попадающий в его пространство. Ученые доказывают наличие черных дыр, опираясь на анализ движения межзвездного газа и траектории передвижений звезд (рис. 2).

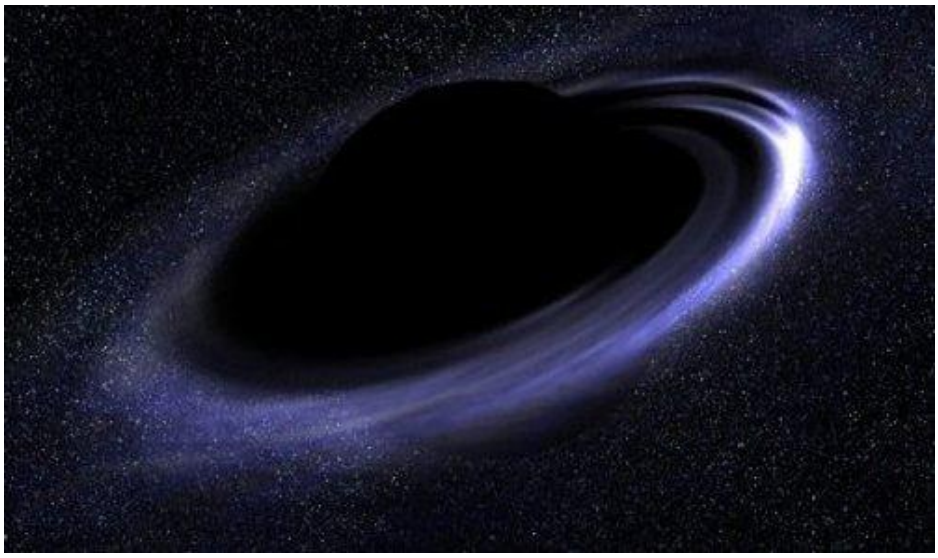

Рисунок 2 – Наглядное представление черной дыры

При этом черная дыра ведет себя, как кровожадный хищник: затягивая жертву, заставляет ее разлететься на клочья. Эти очень «прожорливые» космические объекты способны с нескрываемым аппетитом поглотить и космические корабли, и лучи света, и звездную пыль, да и не очень крупные звезды, типа нашего, если они окажутся неподалеку. А в последней стадии исчезающий объект начинает излучать прощальный свет, прежде чем стать невидимым. Причем, эти прощальные лучи – рентгеновские, что и дало возможность ученым увидеть удивительный процесс. Со специальных

спутников было сделано рентгеновское изображение черных объектов, на котором виден яркий центр, являющийся источником излучения лучей (рис. 3).

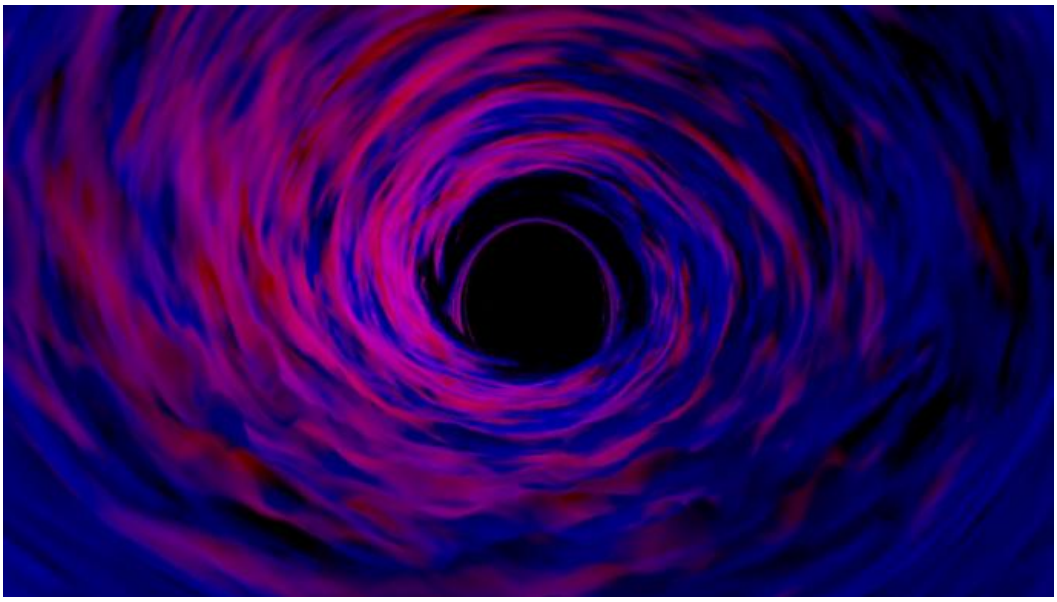

Рисунок 3 – Компьютерная модель черной дыры. Иллюстрация: NASA [2]

Образование черных дыр ведет к изменению вокруг них пространственно-временных характеристик. Время будто сжимается под влиянием огромной гравитации и замедляется. Звезды, оказавшиеся на пути черной воронки, могут уклоняться от своего маршрута и даже менять направление движения. Черные дыры поглощают энергию своей звезды-двойника, чем также проявляют себя.

Когда звезда умирает, с ней происходят удивительные превращения. Из-за дефицита водорода, постепенно выгорающего, стареющая звезда прибавляет в размерах, что впоследствии приводит к её взрыву (рис. 4). После того, как это происходит, остывшая звезда подвергается мощному воздействию гравитации и становится небольшим, по меркам космоса, телом, но с мощнейшим гравитационным полем, втягивающим в себя все, что окажется в зоне доступности.

Рисунок 4 – Модель взрыва стареющей звезды

В 1963 году учеными были обнаружены квазары - космические объекты, являющиеся гигантскими источниками радиоизлучения [3]. Многочисленные исследования доказывают, что квазар – это огромный, бесконечно движущийся котел смертоносного газа. Мощнейший источник энергии объекта находится внутри, в самом сердце квазара. Это огромная черная дыра. Квазар весит столько же, сколько весят миллиарды солнц (рис. 5).

Располагаются они очень далеко от нашей галактики - их удаленность составляет миллиарды световых лет от Земли. Чтобы объяснить чрезвычайно высокую активность квазаров, ученые ввели гипотезу о том, что внутри них располагаются черные дыры. Эта точка зрения сейчас является общепринятой в научных кругах. Исследования, которые проводились в течение последних 50 лет, не только подтвердили данную гипотезу, но и привели ученых к выводу о том, что черные дыры есть в центре каждой галактики. В центре нашей галактики также есть такой объект, его масса составляет 4 миллиона солнечных масс. Эта черная дыра носит название «Стрелец А», и поскольку она расположена ближе всего к нам, ее больше всего исследуют астрономы.

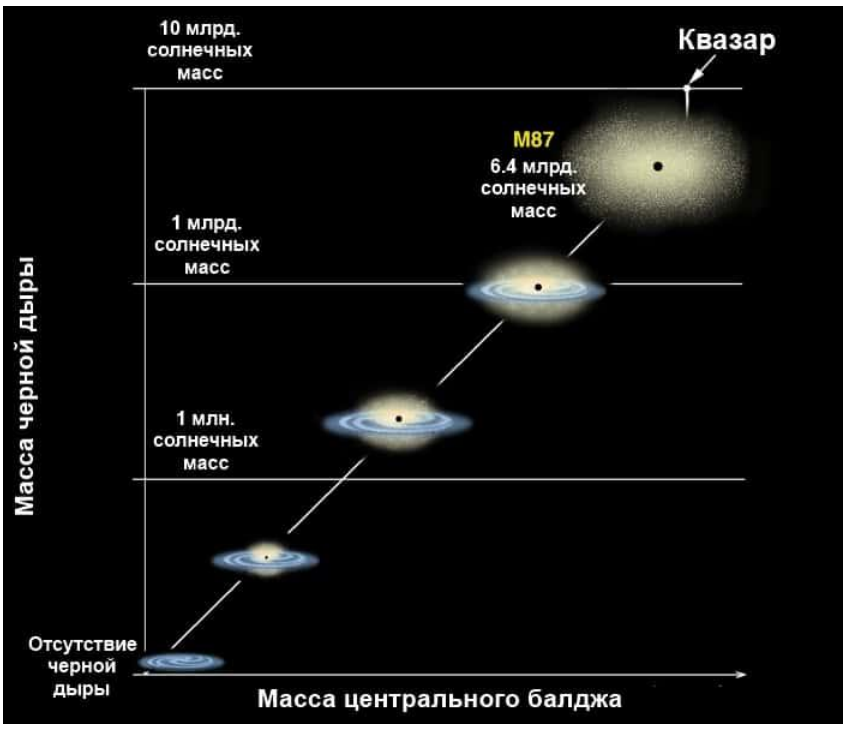

Рисунок 5 –Массы черных дыр

2 ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ ТЕМНОЙ МАТЕРИИ И ИЗУЧЕНИЕ ЧЕРНЫХ ДЫР

Впервые теоретическое существование черных дыр, еще задолго до их фактического открытия предположил некто Д. Мичел (английский священник из графства Йоркшир, на досуге увлекающийся астрономией) в далеком 1783 году [4]. По его расчетам, если наше Солнце взять и сжать до радиуса в 3 км, образуется настолько большая (просто огромная) сила гравитации, что даже свет не сможет ее покинуть.

Идея о «черной дыре» возникла в 1916 году, когда физик Шварцшильд (рис. 6) решал уравнения Эйнштейна. Математика привела к выводу о существовании компактных объектов, вокруг которых возникает горизонт событий с интересными свойствами. 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, послать последние потоки от

пропадающего вещества, но только в течение небольшого промежутка времени, пока падающее вещество не попадет в так называемую зону сингулярности.

Рисунок 6 – Карл Шварцшильд, немецкий астроном, один из основоположников теоретической астрофизики

Позже, в 1918 году о вопросе черных дыр в контексте теории относительности писал великий ученый Альберт Эйнштейн. Известно, что сила тяготения, которая создается на поверхности любой планеты, обратно пропорциональна квадрату ее радиуса и прямо пропорциональна ее массе. Для этого небесного тела можно определить понятие второй космической скорости, которая необходима, чтобы преодолеть эту силу тяготения. Для Земли она равна 11 км/сек. Если же масса небесного тела будет увеличиваться, а диаметр - наоборот, уменьшаться, то вторая космическая скорость со временем может превысить скорость света. И поскольку, согласно теории относительности, никакой объект не может двигаться быстрее скорости света, то образуется объект, не дающий ничему вырваться за его пределы.

В 1939 г. черные дыры, предсказанные общей теорией относительности, были математически обоснованы Р. Оппенгеймером и Х. Снайдером. К. Шварцшильд – основоположником теоретической астрофизики, внесший значительный вклад в теорию звездных атмосфер и общую теорию относительности, также пришел к аналогичным решениям.

Несмотря на то, что основные концепции существования темной материи были разработаны еще в прошлом столетии, само понятие «черной дыры» было введено в 1967 году Дж. Уиллером (рис. 7). Все, что внутри черной дыры – это астероиды, свет, поглощенные ею кометы, когда-то приблизилось слишком близко к границам этого загадочного объекта и не сумело их покинуть.

Рисунок 7 - Джон Уилер, американский физик

Как бы там ни было, и Д. Мичел, и Альберт Эйнштейн, и Джон Уиллер в своих работах предполагали только теоретическое существование этих загадочных небесных объектов в космическом пространстве.

В 1970-х годах американский спутник "Ухуру" (на одном из африканских диалектов - "Свобода") зафиксировал специфическое рентгеновское излучение. С тех пор "черная дыра" существует не только в расчетах, так как обнаружить "черную дыру" можно по специфическому рентгеновскому излучению, которое образуется, когда она засасывает в себя вещество.

Именно за эти исследования Нобелевскую премию 2002 года получил Риккардо Джаккони (рис. 8). Риккардо Джаккони, американский физик итальянского происхождения, лауреат Нобелевской премии по физике в 2002 г. «за создание рентгеновской астрономии и изобретение рентгеновского телескопа» [4].

Рисунок 8 - Риккардо Джакони, американский физик итальянского происхождения лауреат Нобелевской премии по физике в 2002 г.

Всемирно известный ученый, английский физик-теоретик и популяризатор науки Стивен Хокинг (рис. 9) разрабатывал теорию возникновения мира в результате Большого взрыва, а также теорию черных

дыр. Он высказал гипотезу о том, что черные дыры малой массы теряют энергию, испуская излучение (названное его именем) по горизонту событий черной дыры, и, в конце концов, «умирают».

Этот тип излучения значительно усложняет жизнь современным ученым - ведь из-за этого открытия в теории черных дыр появилось немало трудностей. В классической физике существует понятие вакуума. Этим словом обозначается полная пустота и отсутствие материи. Однако с развитием квантовой физики понятие вакуума было видоизменено. Ученые выяснили, что он заполнен так называемыми виртуальными частицами - под воздействием сильного поля они могут превратиться в реальные. В 1974 году С. Хокинг выявил, что подобные превращения могут происходить в сильном гравитационном поле черной дыры - возле ее внешней границы, горизонта событий. Такое рождение является парным - появляется частица и античастица. Как правило, античастица обречена на падение в черную дыру, а частица улетает. В результате ученые наблюдают некоторое излучение вокруг этих космических объектов. Оно и получило название излучения Хокинга.

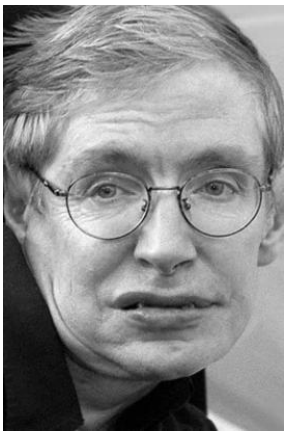

Рисунок 9 – Стивен Хокинг, английский физик-теоретик и популяризатор науки

В ходе этого излучения то вещество, что внутри черной дыры, медленно испаряется. Дыра теряет массу, при этом интенсивность излучения обратно пропорциональна величине квадрата ее массы. Интенсивность излучения Хокинга ничтожно мала по космическим меркам. Если предположить, что существует дыра массой в 10 солнц, и на нее не попадает ни свет, ни какие-либо материальные объекты, то даже в этом случае время ее распада будет

чудовищно велико. Жизнь такой дыры будет превосходить все время существования нашей Вселенной на 65 порядков.

Одной из основных проблем, которая появилась после открытия излучения Хокинга, является проблема потери информации. Связана она с вопросом, кажущимся на первый взгляд очень простым: что произойдет, когда черная дыра испарится полностью? Обе теории - как квантовая физика, так и классическая - имеют дело с описанием состояния системы. Обладая информацией о начальном состоянии системы, при помощи теории можно описать, каким образом она будет меняться.

При этом в процессе эволюции информация о начальном состоянии не теряется - действует своего рода закон о сохранении информации. Но если черная дыра испарится полностью, то наблюдатель теряет информацию о той части физического мира, который когда-то попал в дыру. Стивен Хокинг считал, что информация о начальном состоянии системы каким-то образом восстанавливается после того, как черная дыра испарилась полностью. Но трудность состоит в том, что по определению из черной дыры передача информации невозможна - ничто не может покинуть горизонт событий.

В ходе последних исследований британских и австралийских ученых было выявлено, что многие черные дыры имеют тенденции к быстрому увеличению, постепенно превосходя массу Солнца в миллиарды раз. Увеличиваются эти космические области, благодаря всасыванию ими газов, после чего происходит образование вокруг спирали и отверстия диска (рис. 10, 11).

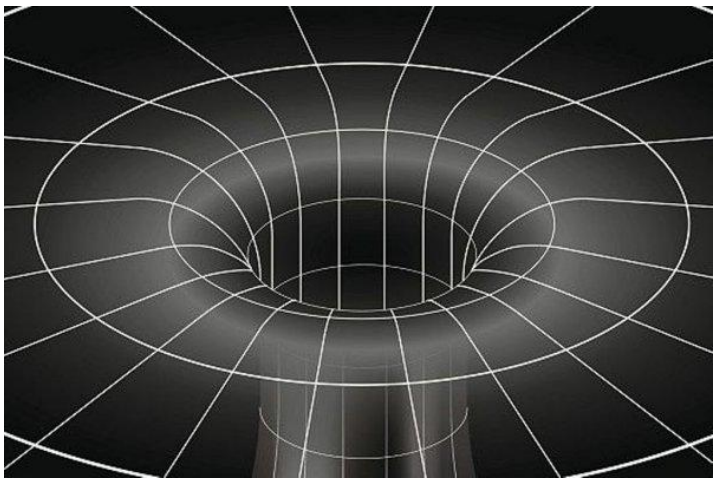

Рисунок 10 – Модель строения черной дыры

Рисунок 11 – Наглядное представление космической области, где происходит образование спирали и отверстия диска

3 ТЕОРИИ ОБРАЗОВАНИЯ ЧЕРНЫХ ДЫР

Чтобы понять, как возникает черная дыра, надо вспомнить о том, каков жизненный цикл звезды [5].

Звезда образуется, когда большое количество газа (в основном водорода) начинает сжиматься силами собственного гравитационного притяжения. В процессе сжатия атомы газа все чаще и чаще сталкиваются друг с другом, двигаясь со все большими и большими скоростями. В результате газ разогревается и в конце концов становится таким горячим, что атомы водорода, вместо того чтобы отскакивать друг от друга, будут сливаться, образуя гелий. Тепло, выделяющееся в этой реакции, которая напоминает управляемый взрыв водородной бомбы, и вызывает свечение звезды. Из-за дополнительного тепла давление газа возрастает до тех пор, пока не уравновесит гравитационное

притяжение, после чего газ перестает сжиматься. Это немного напоминает надутый резиновый шарик, в котором устанавливается равновесие между давлением воздуха внутри, заставляющим шарик раздуваться, и натяжением резины, под действием которого шарик сжимается. Подобно шарику, звезды будут долго оставаться в стабильном состоянии, в котором выделяющимся в ядерных реакциях теплом уравновешивается гравитационное притяжение. Но, в конце концов, у звезды кончится водород и другие виды ядерного топлива. Как ни парадоксально, но чем больше начальный запас топлива у звезды, тем быстрее оно истощается, потому что для компенсации гравитационного притяжения звезде надо тем сильнее разогреться, чем больше ее масса. А чем горячее звезда, тем быстрее расходуется ее топливо. Запаса топлива на Солнце хватит примерно на пять тысяч миллионов лет, но более тяжелые звезды израсходуют свое топливо всего за сто миллионов лет, т. е. за время, гораздо меньшее возраста Вселенной. Израсходовав топливо, звезда начинает охлаждаться и сжиматься, а вот что с ней происходит потом, стало понятно только в конце 20-х годов нашего века.

На данный момент признанными считаются четыре сценария образования черных дыр [1].

1. Гравитационный коллапс (катастрофически быстрое сжатие под действием гравитационных сил) достаточно массивной звезды на конечном этапе ее жизни. Самый распространенный сценарий.

2. Коллапс центральной части галактики или протогалактического газа. Черные дыры являются результатом коллапсов, происходящих в космосе. Это может быть столкновение крупных космических тел или взрыв сверхновых звезд.

3. Формирование черных дыр сразу после Большого взрыва. Черные дыры, сформированные по такому сценарию, принято называть первичными.

4. Возникновение в ходе ядерных реакциях высоких энергий.

4 СТРУКТУРА ЧЕРНОЙ ДЫРЫ

Выделяют 4 границы черных дыр.

Первая из границ черной дыры называется ***пределом статичности***. Это граница области, попадая в которую посторонний объект уже не может находиться в состоянии покоя и начинает вращаться относительно черной дыры, чтобы удержаться от падения в нее.

Второй границей называемой ***горизонтом событий*** принято считать «точкой невозврата» вокруг черной дыры (рис. 12). Он не является физической поверхностью, а только отмечает границу сферической области, скорость покидания которой равна скорости света. Чем большую массу имеет чёрная дыра (чем больше в неё провалилось вещества), тем сильнее её гравитация, тем больше размеры этой сферы (горизонта событий). Горизонт событий – граница черной дыры Радиус этой области и принято называть тем самым *радиусом Шварцшильда* - расстояние между этой границей и бесконечно плотным ядром (рис. 12) [1]. Это то место, где начинается искривление пространства и времени. Он определяет размер черной дыры в космическом пространстве. Например, радиус Шварцшильда для сверхмассивной черной дыры в центре нашей Галактики равен примерно 16 млн км.

Рисунок 12 - Структура черной дыры [6]

По сравнению со звездными объектами черные дыры крошечные, потому что их масса сжимается в очень малые объемы под действием непреодолимого гравитационного давления. Например, радиус черной дыры массой с планету Земля составляет всего несколько миллиметров. Самые большие чёрные дыры имеют массу миллионов Солнц и размеры, сравнимые с размером орбиты Земли вокруг Солнца (такая чёрная дыра находится в центре нашей галактики). Маленькие чёрные дыры могут иметь массу 3-5 Солнц и размер в несколько десятков километров. Это в 1010 раз меньше настоящего радиуса Земли. Одно из самых непонятных и необъяснимых свойств черной дыры – ее ***сингулярность***, т.е. все вещество черной дыры, собранное в бесконечно малую точку бесконечной плотности в самом центре черной дыры (рис. 12). Как только вещество оказывается внутри области, ограниченной горизонтом событий, оно начинает «падать» к центру черной дыры. Сильнейшая гравитация сжимает вещество в точку, которая ничтожно мала и обладает бесконечной плотностью. Существует предположение, что известные людям законы физики могут не работать в этой точке.

Здесь не работают законы физики, и в прямом смысле имеет место полный хаос. Сингулярность нельзя наблюдать извне. И существует ли она на самом деле – загадка, которую пытаются решить астрофизики.

Фотонная сфера – образованная светом сфера вокруг черной дыры, в которой фотоны вращаются по круговым орбитам [7].

Узнать на практике, что внутри черной дыры, невозможно, потому что уровень гравитации космической воронки не позволяет никакому объекту вырваться из зоны ее влияния. По мнению ученых, внутри черной дыры полная темнота, ведь кванты света исчезают в ней безвозвратно. Предполагается, что внутри черной воронки искажается пространство и время, законы физики и геометрии в этом месте не действуют. Такие особенности черных дыр предположительно могут приводить к образованию антивеществ, которые на данный момент не знакомы ученым.

5 ВИДЫ ЧЕРНЫХ ДЫР

Выделяют пять типов черных дыр во Вселенной [8]: первичные, сверхмассивные, черные дыры промежуточных масс, черные дыры звездных масс и квантовые черные дыры.

Черные воронки делятся по видам, исходя из способа их образования:

1. **Черные объекты звездных масс** зарождаются в конце жизни некоторых звезд. После полного выгорания термоядерного топлива и прекращения реакции звезда теоретически должна начать остывать, что приведет к уменьшению внутреннего давления и сжатию звезды под действием гравитации. Полное сгорание звезды и окончание термоядерных реакций приводит к сжатию звезды. Сжатие может остановиться на определенном этапе, а может перейти в стремительный гравитационный коллапс, благодаря которому и образуется черная дыра.

2. **Сверхмассивные черные воронки**. Ученые утверждают, что сердцевиной любой галактики является сверхмассивная воронка, образование которой является началом появления новой галактики. Сверхмассивные черные дыры – это объекты, имеющие массу от 105 до 1010 миллиардов масс Солнца (масса нашей звезды – 1,9885·1030 кг). Сверхмассивные черные дыры обнаружены во множестве галактик, включая Млечный путь. Образуются такие дыры преимущественно постепенным наращиванием массы за счет процесса приращения массы небесного тела путем аккреции – гравитационного притяжения материи из окружающего пространства. Как ни странно, такие дыры могут иметь плотность даже меньшую, чем у воздуха. Сингулярность в них расположена очень далеко от горизонта событий. Самая тяжелая сверхмассивная черная дыра массой 21 млрд масс Солнца находится за пределами нашей Галактики в галактике NGC 4889 в созвездии Волосы Вероники. Черная дыра промежуточных (средних) масс – черная дыра, масса которой значительно больше массы черной дыры звездной массы, но гораздо меньше массы сверхмассивной черной дыры. Масса такой черной дыры составляет от 100 до 10000 масс Солнца. Черных дыр средних масс

насчитывает довольно мало во Вселенной, и механизм их образования неизвестен.

3. **Первичные черные дыры**. Сюда могут относиться дыры различной массы, включая микродыры, образовавшиеся из-за расхождений в плотности материи и силе гравитации. Однако распространены дыры относительно небольшой массы и размера. Такие дыры – это воронки, образовавшиеся в начале зарождения Вселенной. Первичные черные дыры сформировались сразу после Большого взрыва, в момент начального расширения Вселенной. Заметить их можно по излучению Хокинга, либо наблюдая за поверхностью соседних звезд.

4. **Волосатая черная дыра** относится к волосатым черным дырам. Отличаются эти дыры наличием лучей, похожих на волоски. Предполагается, что эти фотоны и гравитоны сохраняют часть информации, попадающей в черную дыру.

5. **Квантовые черные дыры [9]**. Появляются как результат ядерных реакций и живут непродолжительное время. Квантовые воронки представляют наибольший интерес, так как их изучение может помочь ответить на вопросы по проблеме черных космических объектов.

Согласно теории черных дыр в центре почти всех галактик находятся огромные черные дыры с массами от нескольких миллионов до нескольких миллиардом солнечных масс. И сравнительно недавно учеными были открыты две самые большие черные дыры, известные на сегодняшний момент, они находятся в двух близлежащих галактиках: NGC 3842 и NGC 4849.

NGC 3842 – самая яркая галактика в созвездии Льва, от нас находится на расстоянии 320 миллионов световых лет. В центре нее иметься огромная черная дыра массой в 9,7 миллиарда солнечных масс.

NGC 4849 – галактика в скопление Кома, на расстоянии 335 миллионов световых лет от нас может похвалится не менее внушительной черной дырой.

Зоны действия гравитационного поля этих *гигантских черных дыр*, или говоря академическим языком, их горизонт событий, примерно в 5 раз больше дистанции от Солнца до Плутона!

Но есть в обширном семействе черных дыр и совсем маленькие представители. Так самая *карликовая черная дыра*, открытая учеными на настоящий момент по своей массе всего лишь в 3 раза превосходит массу нашего Солнца. По сути это теоретический минимум, необходимый для образования черной дыры, будь та звезда чуть меньше, дыра бы не образовалась.

Черные дыры являются своего рода «галактическими пылесосами», поглощающими все вокруг себя, и в том числе и другие черные дыры. Недавно астрономами было обнаружено поедание черной дыры из одной галактике еще большой черной обжорой из другой галактики. Такие дыры называют *канибалами* (рис. 13).

Рисунок 13 – Черные дыры - канибалы

6 СОВРЕМЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕРНЫХ ДЫР

Черные дыры способны захватывать в ловушку вещество, находящееся рядом, как никакой другой объект; они — своего рода «вселенские едоки».

Вещество падает в черную дыру постепенно [10]. Оно движется с огромными скоростями, приближаясь к горизонту событий, закручиваясь спиралью в гиперскоростные петли, если черная дыра вращается.

Когда астрономы говорят о том, что вещество поглощается черной дырой, они подразумевают некоторые эпизодические события, «рабочий цикл», подобный вращению белья в стиральной машине. Черная дыра как бы пульсирует, она то поглощает вещество, то остается в покое. Так, черная дыра, расположенная в центре нашей Галактики, сейчас находится в спокойном состоянии, но она, подобно всем черным дырам, может «включаться» время от времени.

Интересно понять взаимосвязь этих циклов с общим потоком вещества в нашей Галактике, а также влияние этой черной дыры на способность Солнечной системы поддерживать условия, пригодные для жизни людей.

Аналитический обзор [11, 12, 13, 14] статей показал, что рабочий цикл черной дыры связан с движением звезд в галактике, в центральной области которой эта черная дыра расположена. Те же процессы, что отправляют вещество в черную дыру, таким образом, запуская ее рабочий цикл, влияют и на звезды. Энергия, которая исходит от сияющей черной дыры в пике ее рабочего цикла, обогащает галактику и способствует новому звездообразованию (рис. 14). Такая взаимосвязь очень важна для понимания природы галактики.

Звезды в галактике могут быть красноватыми, желтоватыми и голубоватыми. Голубые звезды обычно более массивны. Время их жизни невелико, их внутреннее топливо сгорает за несколько миллионов лет. Это означает, что если вы обнаруживаете голубую звезду на ночном небе, то вы видите молодую звездную систему и указания на скорое рождение и гибель звезды.

Астрономы заключили, что если оценить количество всего испущенного какой-нибудь галактикой света, то ее цвет окажется промежуточным между красноватым и голубоватым. Если галактика красная (находящаяся в «красной последовательности» на эволюционной диаграмме), то она скорее всего

эллиптическая, а голубая (находящаяся в «голубом облаке» на эволюционной диаграмме) — спиральная.

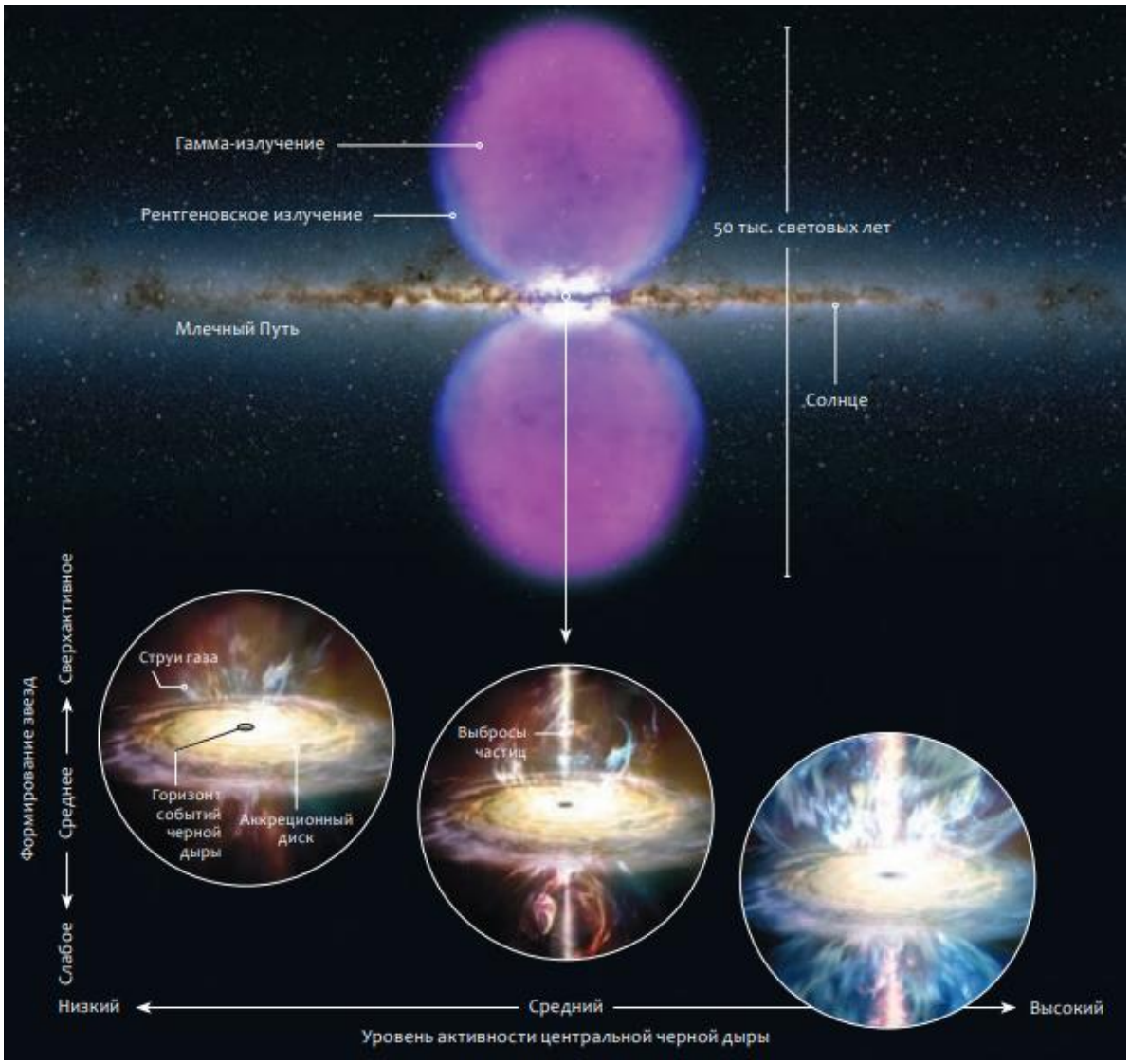

Рисунок 14 – Эффекты черной дыры

Изучая другие ближайшие к нам спиральные галактики, ученые не нашли в них следов того, что черные дыры откачивают большую часть энергии, которая влияла на эти системы на расстояниях в тысячи световых лет. В некоторых случаях мощное ультрафиолетовое и рентгеновское излучение от вещества, падающего на черную дыру, может создавать области активного истечения нагретого газа из системы (рис. 15). Эти потоки движутся через зоны звездообразования галактики подобно тому, как движется теплый атмосферный

фронт над поверхностью Земли. Точный механизм того, как эти потоки влияют на звездообразование, неизвестен, но известно, что они обладают большой энергией.

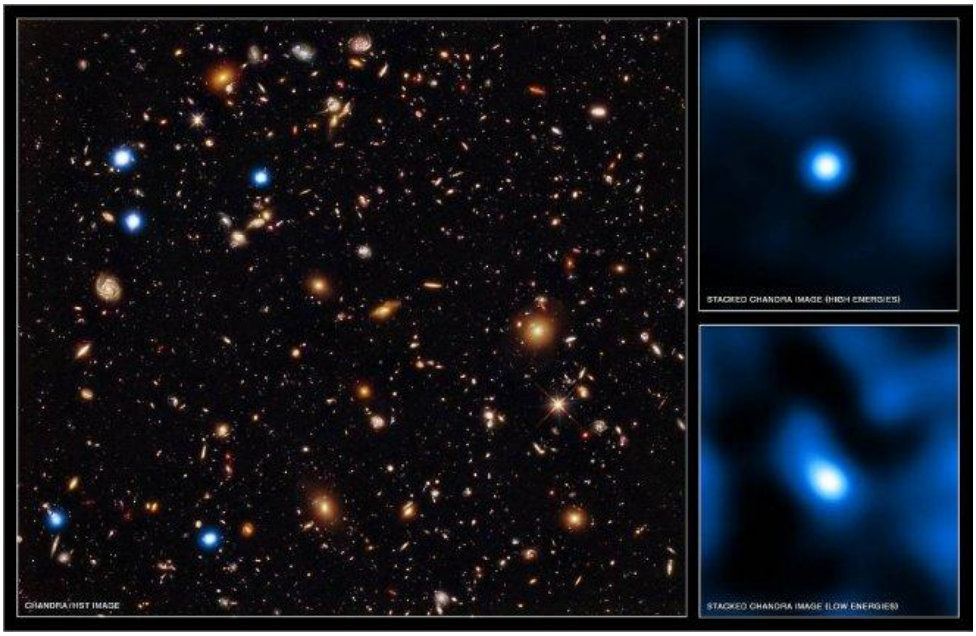

Рисунок 15 – Голубые области в скоплении галактик Пуля указывают на темную материю

Важно отметить, что недавно астрономы обнаружили, что наша Галактика как раз находится на эволюционной стадии «зеленой долины» [10]. Этот факт означает, что сверхмассивная черная дыра, расположенная в центре нашей Галактики, может обладать быстрым рабочим циклом, что неожиданно, поскольку она не выглядит активной согласно наблюдениям. Она проявляет себя только по характерным искривлениям орбит звезд в центральной области Галактики. И по этим данным можно оценить ее массу всего в 4 млн солнечных. Согласно нашим предыдущим рассуждениям, эта черная дыра должна быть активной.

Среди всех мест во всех галактиках во всей Вселенной человечество выбрало для своего обитания именно такое место. Однако никто не мог знать заранее, что наша Галактика дала убежище прожорливой черной дыре.

Впрочем, быть может, между такими объектами и возникновением жизни есть взаимосвязь.

Действительно, оказывается, что ситуация кардинально изменилась совсем недавно. Мы наблюдаем рентгеновское излучение, исходящее от межзвездных облаков газа, которые расположены на расстоянии 300 световых лет от галактического центра. Это означает, что вблизи галактического центра 300 лет назад было выброшено рентгеновское излучение в миллион раз больше, чем сейчас.

В 2010 г. небольшая группа из Гарвардского университета объявила о том, что тусклая, но обширная область, видимая в гамма-излучении, движется из внутренних областей галактики. Она рассредоточена по пространству и имеет вид пары пузырей, каждый размером около 25 тыс. световых лет. Подсвеченные фотонами гамма-излучения, эти пузыри могут быть результатом активности центральной черной дыры, произошедшей 100 тыс. лет назад.

Если Млечный Путь подчиняется тем же законам, что и наблюдаемые нами десятки тысяч галактик, то наша галактика должна содержать регулярную в своей активности черную дыру, пусть даже и не самую большую и прожорливую. И в любой момент мы можем ожидать вспышки ее гравитационной активности.

Несомненно, наша галактика Млечный Путь и сверхмассивная черная дыра в ее центре — особенные, потому что именно в нашей Галактике зародилась разумная жизнь. Сверхмассивная черная дыра в центре нашей галактики Млечный Путь существует, но представляет собой пылинку (хотя и довольно увесистую — в 4 млн солнечных масс) относительно размеров всей Галактики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы живем в удивительном мире. Нам хочется понять то, что мы видим вокруг, и спросить: каково происхождение Вселенной? Какое место в ней занимаем мы, и откуда мы и она – все это взялось? Почему все происходит именно так, а не иначе?

Изучение черных дыр, возможно, поможет человечеству ответить на вопросы, которые ставили и ставят перед собой ученые, философы и просто обычные люди.

Сначала закономерности и законы были обнаружены только в астрономии и еще в считанных случаях. Но по мере развития цивилизации, и особенно за последние триста лет, открывались все новые и новые закономерности и законы. Законы гравитации были несовместимы с еще недавно бытовавшей точкой зрения, что Вселенная не изменяется со временем. Согласно общей теории относительности, в прошлом должно было существовать состояние с бесконечной плотностью – большой взрыв, который и стал началом отсчета времени.

Если мы действительно откроем полную теорию возникновения Вселенной, в частности путем изучения и теории возникновения черных дыр, то со временем ее основные принципы станут доступны пониманию каждого, а не только нескольким специалистам. И тогда все мы, сможем принять участие в дискуссии о том, почему так произошло, что существуем мы и существует Вселенная.

Итак, в рамках своего исследования были предприняты первые шаги, решения поставленной проблемы: мы познакомились с природой черных дыр, с тем, что происходит в их окрестностях и что может происходить внутри самих дыр. Показано, что наша галактика Млечный Путь и сверхмассивная черная дыра в ее центре — особенные, потому что именно в нашей Галактике зародилась разумная жизнь.

Несмотря на весь прогресс, достигнутый в их изучении, природа пространства и времени черных дыр в большой мере еще остается загадочной.

Я буду продолжать свое исследование и следить за событиями относительно черных дыр.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Еремин, А. А. Черные дыры – таинственные объекты Вселенной. / А. А. Еремин. // Ломоносовские чтения – 2017: материалы II Всерос. молодежн. науч.-практ. конф. (с междунар. участием). – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2018. – 161 с.

2. Суперкомпьютер объяснил причину появления "жестких" рентгеновских лучей, исходящих из черных дыр. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kosmos-x.net.ru/news/superkompjuter_razgadal_tajnu_rentgenovskikhluchej_iskhodjashhikh_iz_chernykh_dyr/2013-06-18-2279

3. Квазар - это... Что такое квазар? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://fb.ru/article/181272/kvazar---eto-chto-takoe-kvazar

4. Чайка, П. Черные дыры в космосе: интересные факты. / Научно-популярный журнал Познавайка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.poznavayka.org/astronomiya/chernyie-dyiryi-v-kosmose-interesnyie-faktyi/?sa=X&ved=2ahUKEwiNpuvF77DnAhXCwMQBHUdOB0AQ9QF6BAgLEAI#a1

5. Хокинг, С. Краткая история времени. От большого взрыва до черных дыр книга. / С. Хокинг. – М: Изд-во АСТ, 2020. – 272 с.

6. Радиус Шварцшильда – это особый параметр любого физического тела [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://fb.ru/article/376832/radius-shvartsshilda---eto-osobyiy-parametr-lyubogo-fizicheskogo-tela

7. Вучкович, В. В. Астрофизические тайны черных и белых дыр. / В. В. Вучкович, А. Э. Ионов, М. Н. Шааб и др. // Юный ученый. – 2016. – Т. 5. № 2. – С. 87−93.

8. Черепащук, А. М. Наблюдения звездных и сверхмассивных черных дыр. / А. М. Черепащук // Успехи физических наук. – 2016. – Т. 186. – № 7. – С. 778−789.

9. Тайна черных дыр Земли. Что такое черная дыра? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vidstyle.ru/taina-chernyh-dyr-zemli-chto-takoe-chernaya-dyra.html

10. Калеб, Ш. Иногда черная дыра возвращается. / Шарф Калеб // В мире науки. – 2012. – № 10. – С. 20-26.

11. Новиков, И. Д. Черные дыры во Вселенной. / И. Д. Новиков, В. П. Фролов // Успехи физических наук. – 2001. – Т. 131. – № 3. – С. 307-324.

12. Черепащук, А. М. Вселенная, жизнь, черные дыры. / А. М. Черепащук, А. Д. Чернин // Фрязино: Век-2. – 2003.

13. Ефремов, Ю. Н. Вглубь Вселенной. Звезды, галактики и мироздание. / Ю. Н. Ефремов – М.: Эдиториал УРСС. – 2004.

14. Торн, К. Черные дыры и складки времени. Дерзкое наследие Эйнштейна. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы. – 2009.