



**Образовательный Центр "Лучшее Решение"**  
[www.лучшеерешение.рф](http://www.лучшеерешение.рф) [www.lureshenie.ru](http://www.lureshenie.ru) [www.высшийуровень.рф](http://www.высшийуровень.рф)  
[www.лучшийпедагог.рф](http://www.лучшийпедагог.рф) [www.publ-online.ru](http://www.publ-online.ru) [www.t-obr.ru](http://www.t-obr.ru) [www.1-sept.ru](http://www.1-sept.ru)

## **Реферат по учебной дисциплине "Астрономия"** **"Черные дыры Вселенной"**

**Автор: Шалауров Максим**  
**обучающийся I курса гр. 127/126**  
**ГАПОУ АО "СТСИ",**  
**г. Северодвинск**

**Руководитель: Масько Т.И.**

## Введение

Одним из самых удивительных объектов, находящихся в космосе, являются так называемые "черные дыры", или коллапсары - тела с очень большой плотностью. Сущность данного парадокса заключается в том, что напряжение гравитационных взаимодействий тел определяется их массой, все же другие известные виды их взаимодействия от массы не зависят. Это означает, что если количество частиц вещества в некоторой области пространства превысит определенное критическое значение, то гравитационные силы будут превосходить над всеми другими, а вследствие того, что гравитационные силы являются всегда силами притяжения, данное тело будет сжиматься.

В науке интерес к черным дырам то затихнет (когда уже все тайны разгаданы), то снова разгадываются (когда в очередной раз оказывается, что это далеко не так). В нынешнее время к черным дырам проявляется повышенный интерес не только в числе астрономов, но и среди непрофессионалов.

Актуальность исследования теории черных дыр является одной из наиболее загадочных тем в современной астрономии, астрофизике и космологии.

Целью исследования является ознакомление с сущностью природы чёрных дыр, выявление причин их появления и изучение их видами.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- изучить и проанализировать научную литературу о черных дырах в космосе;
- просмотреть научные фильмы о чёрных дырах;
- выяснить причины появления черных дыр;
- ознакомиться с разновидностями черных дыр, обнаруженных на сегодняшний день.

## Понятие черной дыры

Черная дыра – это область, в которой гравитационное притяжение настолько сильно, что ни вещества, ни излучения не могут эту область покинуть. Для находящихся там тел вторая космическая скорость (скорость убегания) известная из курса физики как наименьшая скорость, которую необходимо придать объекту, масса которого пренебрежимо мала по сравнению с массой небесного тела, для преодоления гравитационного притяжения, чтоб удалиться на бесконечно большое расстояние должна превышать скорость света.

$$v_2 = \sqrt{2\frac{GM_3}{R+h}}$$

Вторая космическая скорость определяется радиусом и массой небесного тела, поэтому она своя для каждого тела (для каждой планеты) и является его характеристикой. При скорости более второго космического тело движется по гиперболической траектории.

Но такую скорость достичь невозможно, поскольку ни вещество, ни излучение не могут двигаться быстрее света. Поэтому из черной дыры ничто не может вылететь. Границу области, за которую не выходит свет, называют "горизонтом событий", или просто "горизонтом" черной дыры.

## Открытие черной дыры

Первым ученым, придумавшим объект, напоминающий черную дыру, был английский священник и филолог, один из основателей научной сейсмологии Джон Митчелл. В 1783 году он изложил свои соображения в докладе Лондонскому Королевскому обществу.

Идея Митчелла была очень простой: он предположил, что в природе могут существовать тела, для которых вторая космическая скорость превышает скорость света. Поэтому эти тела будут невидимыми для наблюдателя, хотя и могут показывать себя гравитационным воздействием на другие объекты.

По словам другого астронома, внесшего вклад в космогонию П. Лапласа, "звезда, равная по плотности Земли, и диаметром в 250 раз больше диаметра Солнца не дает лучу достичь нас благодаря своему тяготению, а потому не исключено, что самые светлые тела во Вселенной по этой причине невидимы".

Математически соображения двух ученых сводятся к нахождению радиуса  $R$  звезды массы  $M$ , для которой вторая космическая скорость равна скорости света  $c$ . Путем несложных изменений, получаемых:

$$R_g = 2GM/c^2,$$

где  $R_g$  - так называемый гравитационный радиус тела.

К сожалению их рассуждения, были неправильными. При скоростях, близких к скорости света, формула для кинетической энергии сильно отличается от классического случая.

Классическая механика утверждает, что энергия свободного тела обусловлена только его движением, это так называемая кинетическая энергия. Если тело с массой  $m_0$  движется со скоростью  $v$ , то его кинетическая энергия  $E$  выражается в классической физике формулой:  
 $E = m_0 v^2 / 2$

индексом нуль при  $m$  указывается, что масса не зависит от скорости движения тела.

Формула для энергии в теории относительности будет совпадать с формулой (6); при больших скоростях будут наблюдаться отличия. Однако эти ожидания в действительности не

оправдываются.

Если масса покоя тела  $m_0$  и скорость  $v$ , то энергия его в теории относительности выражается формулой:

$$E_r = m_0 c^2 / \sqrt{1 - v^2/c^2} = \gamma m_0 c^2$$

(индексом  $r$  у  $E$  показывается релятивистское выражение для энергии в теории относительности).

Скорость света является величиной постоянной и не может стремиться к нулю (пусть и на бесконечности).

Решение для черных дыр, было получено в 1916 году немецким астрономом Карлом Шварцшильдом на основе анализа уравнений общей теории относительности, незадолго до этого выведенных Альбертом Эйнштейном. Довольно неожиданно, но в этом точном решении появляется величина размерности расстояний. Работы Шварцшильда по теории относительности содержали первые точные решения полевых уравнений общей теории относительности со сферической симметрией — так называемое внутреннее решение Шварцшильда для не вращающегося шарообразного тела из однородной жидкости и внешнее решение Шварцшильда для статического пустого пространства вокруг сферически симметричного тела:

Решение Шварцшильда было первым точным решением уравнений Эйнштейна с классической черной дырой, поэтому несколько терминов из физики чёрных дыр получили его имя, например, радиус Шварцшильда,

Гравитационный радиус (или радиус Шварцшильда) представляет собой характерный радиус, определённый для любого физического тела, обладающего массой: это радиус сферы, на которой находился бы горизонт событий, создаваемый этой массой, если бы она была распределена сферически-симметрично, была бы неподвижной (в частности, не вращалась, но радиальные движения допустимы) и целиком лежала бы внутри этих сфер.

## Обнаружение чёрных дыр

«Черные дыры» нельзя увидеть только наблюдениями - их существование выявляется по мощному влиянию, которое они производят на другие объекты или по мощному рентгеновскому излучению.

Наблюдения так называемых систем двойных звезд, когда в телескоп видна лишь одна звезда, дают основание считать, что невидимый партнер - черной дыры. Звезды этой пары расположены так близко друг к другу, что невидимая масса "высасывает" вещество видимой звезды и поглощает его. В некоторых случаях удается определить время оборота звезды вокруг ее невидимого партнера и расстояние, что позволяет посчитать скрытую от наблюдения массу.

Два итальянских астронома, Луиджи Стелла и Марио Вертри, на основе данных, полученных со спутника RXTE, открыли искривление пространства около нейтронной звезды, правда, очень слабое. Уже начался создается спутник, названный "Gravity Probe B", специально для исследования эффектов теории относительности.

На снимке, сделанном с помощью нового космического спектрографа Хаббла (Hubble's new Space Telescope Imaging Spectrograph), запечатлен "автограф" огромной черной дыры, расположенной в центре галактики M84.

## Образование черных дыр

Черные дыры образуются в результате гигантских нейтронных звезд массой более 3 масс Солнца. При сжатии их гравитационное поле уплотняется все сильнее и сильнее. Наконец звезда сжимается до такой степени, что даже свет не может преодолеть это притяжение. Радиус, до которого должна сжаться звезда, чтобы превратиться в черную дыру, называется гравитационным радиусом. Для больших звезд он составляет несколько десятков километров. Поскольку черные дыры не светят, то единственный путь думать о них - это наблюдать воздействие их гравитационного поля на другие тела. Имеются косвенные доказательства существования черных дыр более чем в 10 тесных двойных рентгеновских звездах. Один из наиболее вероятных кандидатов в черные дыры - это ярчайший источник рентгеновских лучей в созвездии Лебедя - Лебедь X-1.

По современным представлениям, есть несколько сценариев появления чёрных дыр:

- Гравитационный коллапс (катастрофическое сжатие) достаточно большой звезды (более чем 3,6 масс Солнца) на конечном этапе её эволюции.
- Коллапс центральной части галактики или паралактического газа. Современные представления помещают огромную чёрную дыру в центр многих, если не всех, спиральных и эллиптических галактик. Например, в нашей галактике находится чёрная дыра Стрелец A\* массой  $4,31 \times 10^6 M$ , вокруг которой находится меньшая чёрная дыра.
- Формирование чёрных дыр в момент Большого Взрыва в результате колебаний гравитационного поля и материи. Такие чёрные дыры называются первичными.

Ученые имеют веские доказательства существования двух различных классов черных дыр: первые - это черные дыры со звездными массами примерно в 10 раз больше Солнца, вторые - сверхмассивные черные дыры, которые располагаются в центре галактик и имеют массу от сотен тысяч до миллиардов масс Солнца. К сожалению, на сегодня ничего не известно об образовании черных дырах с промежуточными массами в диапазоне между 100 и 10 000 масс Солнца.

До сих пор не было обнаружено больше чем одной такой черной дыры в одной галактике. Но группа исследователей нашла в результате изучения рентгеновских данных две средние по массе черные дыры в галактике М82, которая находится на расстоянии около 12 миллионов световых лет от Земли.

По особенностям излучения, испускаемого черными дырами в М82, исследователи заключили, что масса одной из черных дыр колеблется в пределах от 12 до 43 тысяч солнечных масс, а масса второй - от 200 до 800 масс Солнца. Первый объект находится на расстоянии 290 световых лет от центра галактики М82. Второй объект, расположен на расстоянии 600 световых лет в проекции от центра галактики.

### **Разновидности черных дыр**

Чёрные дыры звёздных масс образуются как конечный этап жизни звезды, после полного выгорания термоядерного топлива и прекращения реакции звезда должна остывать, что приведёт к уменьшению внутреннего давления и сжатию звезды под действием гравитации. Сжатие может остановиться на определённом этапе, а может перейти в скорый гравитационный коллапс. В зависимости от массы звезды и вращательного момента возможны следующие конечные состояния:

Погасшая очень плотная звезда, состоящая в основном, в зависимости от массы, из гелия, углерода, кислорода, неона, магния, кремния или железа (основные элементы перечислены в порядке возрастания массы остатка звезды). Такие остатки называют белыми карликами.

По мере увеличения массы остатка звезды происходит движение равновесной конфигурации вниз по изложенной последовательности. Вращательный момент увеличивает предельные массы на каждой ступени, но не качественно, а количественно (максимум в 2—3 раза).

Условия (главным образом, масса), при которых конечным состоянием эволюции звезды является чёрная дыра, изучены недостаточно хорошо, так как для этого надо знать поведение и состояния вещества при чрезвычайно высоких плотностях, недоступных экспериментальному изучению. Дополнительные сложности представляет моделирование звёзд на поздних этапах их эволюции из-за сложности возникающего химического состава и резкого уменьшения характерного времени протекания процессов. Различные модели дают низкую оценку массы чёрной дыры, получающейся в результате гравитационного коллапса, от 2,5 до 5,6 масс Солнца. Радиус чёрной дыры при этом очень мал — несколько десятков километров.

Впоследствии чёрная дыра может вырасти за счёт поглощения вещества — как правило, это газ соседней звезды в двойных звёздных системах (столкновение чёрной дыры с любым другим астрономическим объектом очень маловероятно из-за её малого диаметра). Процесс падения газа на любой небольшой астрофизический объект, в том числе и на чёрную дыру, называется экскрецией. При этом из-за вращения газа формируется аккреционный диск, в котором вещество разгоняется до релятивистских скоростей, нагревается и в результате сильно излучает, в том числе и в рентгеновском диапазоне, что даёт принципиальную возможность обнаруживать такие аккреционные диски (и, следовательно, чёрные дыры) при помощи ультрафиолетовых и рентгеновских телескопов. Основной проблемой является малая величина и трудность регистрации отличий аккреционных дисков нейтронных звёзд и чёрных дырах, что приводит к неуверенности в идентификации астрономических объектов с чёрными дырами. Основное отличие состоит в том, что газ, падающий на все объекты, рано или поздно встречает твёрдую поверхность, что приводит к интенсивному излучению при торможении, но облако газа, падающее на чёрную дыру, из-за неограниченно растущего гравитационного замедления времени (красного смещения) просто быстро меркнет при приближении к горизонту событий, что наблюдалось телескопом Хаббла в случае источника Лебедь X-1.

Столкновение чёрных дыр с другими звёздами, а также столкновение нейтронных звёзд, вызывающее образование чёрной дыры, приводит к мощнейшему гравитационному излучению, которое, как ожидается, можно будет обнаруживать в ближайшие годы при помощи гравитационных телескопов. В настоящее время есть сообщения о наблюдении столкновений в рентгеновском диапазоне. 25 августа 2011 года появилось сообщение о том, что впервые в истории науки группа японских и американских специалистов смогла в марте 2011 года зафиксировать момент смерти звезды, которую поглощает чёрная дыра.

Сверхмассивные чёрные дыры. Разросшиеся очень массивные чёрные дыры, по современным представлениям, образуют ядра большинства галактик. В их число входит и массивная чёрная дыра в ядре нашей галактики — Стрелец А.

В настоящее время существование чёрных дыр звёздных и галактических масштабов считается большинством ученых надёжно доказанным астрономическими наблюдениями.

Американские астрономы установили, что массы сверхмассивных чёрных дыр могут быть значительно недооценены. Исследователи установили, что для того, чтобы звёзды двигались в галактике M87 (которая расположена на расстоянии 50 миллионов световых лет от Земли) так, как это наблюдается сейчас, масса центральной чёрной дыры должна быть как минимум 6,4 миллиарда солнечных масс, то есть в два раза больше нынешних оценок ядра M87, которые составляют 3 млрд. солнечных масс.

Для чёрной дыры в ядре галактики гравитационный радиус равен  $3 \cdot 10^{15}$  см = 200 а. е., что в пять раз больше расстояния от Солнца до Плутона. Критическая плотность при этом равна  $0,2 \cdot 10^{-3}$  г/см<sup>3</sup>, что в несколько раз меньше плотности воздуха.

Первичные чёрные дыры в настоящее время носят статус гипотезы. Если в начальные моменты жизни Вселенной существовали достаточной величины отклонения от однородности гравитационного поля и плотности материи, то из них путём коллапса могли образовываться чёрные дыры. При этом их масса не ограничена снизу, как при звёздном коллапсе — их масса, вероятно, могла бы быть достаточно малой. Обнаружение первичных чёрных дыр представляет особенный интерес в связи с возможностями изучения явления испарения чёрных дыр.

Квантовые чёрные дыры. Предполагается, что в результате ядерных реакций могут возникать устойчивые микроскопические чёрные дыры, так называемые квантовые чёрные дыры. Для математического описания таких объектов нужна квантовая теория гравитации. Однако из общих соображений весьма вероятно, что спектр масс чёрных дыр дискретен и существует минимальная чёрная дыра — панковская чёрная дыра. Её масса — порядка  $10^{-5}$  г, радиус —  $10^{-35}$  м. Комптоновская длина волны панковской чёрной дыры по порядку величины равна её гравитационному радиусу.

Даже если квантовые чёрные дыры существуют, время их существования крайне мало, что делает их непосредственное обнаружение очень проблемным.

В последнее время предложены эксперименты с целью обнаружения свидетельств появления чёрных дыр в ядерных реакциях. Однако для непосредственного синтеза чёрной дыры в ускорителе необходима недостижимая на сегодня энергия  $10^{26}$  эВ. По-видимому, в реакциях сверхвысоких энергий могут возникать виртуальные промежуточные чёрные дыры.

Эксперименты по протон-протонным столкновениям с полной энергией 7 ТэВ на Большой адрон коллайдера показали, что этой энергии недостаточно для образования микроскопических чёрных дыр. На основании этих данных делается вывод, что микроскопические чёрные дыры должны быть тяжелее 3,5–4,5 ТэВ в зависимости от конкретной реализации.

## Заключение

Одним из возможных механизмов для формирования сверхмассивных черных дыр является цепная реакция столкновения звезд и компактных звездных скоплений, что приводит к накоплению очень массивных объектов, которые затем формируются в черные дыры промежуточной массы. Далее промежуточные черные дыры притягиваются к центру галактики и сливаются со сверхмассивной черной дырой в центре галактики.

До сих пор астрономы точно не знали, могут ли присутствовать в одной галактике сразу две черные дыры средней массы. Возможно, открытие прольет свет на процессы образования и эволюции сверхмассивных черных дыр в галактиках.

В заключении следует отметить, что ни одно из предположенных учеными умозаключений на сегодняшний день не доказано. Многие считают, что материя, попавшая в черную дыру, исчезнет из нашей Вселенной и где-то в другой Вселенной снова «появится». Как знать, может в будущем, все сегодняшние загадки Вселенной окажутся разгаданными и будут казаться банальными.

### **Список используемой литературы:**

1. Новиков И. Д. Черные дыры и Вселенная. М., Наука, 1985.
2. Новиков И. Д., Фролов В. П. Физика черных дыр. М., Наука, 1986.
3. Хокинг С. От Большого взрыва до черных дыр. М., Мир, 1990.
4. Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум. М., 1987.