

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение

«Средняя общеобразовательная школа №3»

(МБОУ «Школа №3»)

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ

ПО ФИЗИКЕ

**ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ КАК ОСНОВА К ПОНИМАНИЮ
ЗАКОНОВ ВСЕЛЕННОЙ**

Разработчик проекта: Семенькова
Дарья Андреевна, Ученица 10 класса

Руководитель проекта: Бурлуцкая
Ольга Викторовна, учитель
биологии, химии

Прокопьевск - 2026

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	3
2. Природа черных дыр	5
Что такое черная дыра? Образование черных дыр (коллапс звезд, сверхмассивные черные дыры). Структура чёрных дыр (горизонт событий, сингулярность, аккреционный диск).	
3. Физические свойства черных дыр	9
Гравитационное поле и его влияние на пространство и время, масса, заряд и вращение черной дыры (теорема “три параметра”), эффекты гравитационного искривления в пространстве.	
4. Исследование черных дыр. Теории, связанные с черными дырами и практическое значение и применение знаний	13
Роль черных дыр в современной физике и астрономии. Гипотезы о квантовой природе черных дыр. Возможности изучения фундаментальных законов природы и потенциальные технологии и исследования в будущем.	
5. Заключение	19
Краткий итог и значимость поминания черных дыр. Перспективы дальнейших исследований.	
6. Список использованной литературы и источников	
7. Приложение	23

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования: Черные дыры — одни из самых интересующих объектов для ученых в нашей Вселенной. Существует немало догадок и обсуждений вокруг теорий о природе образования черных дыр. Изучение их структуры и законов помогает раскрыть фундаментальные законы физики, в частности теорию гравитации, теорию всего и квантовую механику. Все теории напрямую связаны с нашим миром и чем-то намного масштабнее. Тем, до чего мы можем и не можем добраться, но попытаемся изучить путем физики. Черные дыры обладают огромной разрушительной силой, но они также находятся слишком далеко от нашей планеты, чтобы нам волноваться. Но изучения даже таких далеких тел позволяет нам узнать больше о нашей собственной Земле, из этого и следует вопрос о важности и роли черных дыр в космосе. В данном проекте будут рассматриваться современные методы изучения космических объектов, анализ достижений и открытий в прошлых веках, также будут затронуты возможные варианты уже предполагаемых теорий и мысли современников. Могут ли они разрушить образовавшиеся скопления космической пыли, планет или более тяжелых объектов? Являются ли они такой ужасающей угрозой и стоит ли обратить большее внимания на их изучение?

Проблема: как изучение Черных дыр может стать мостом между классических законов и новых теорий, раскрывая фундаментальные законы Вселенной.

Гипотеза: если учащиеся изготовят модели Черных дыр, то это стимулирует их к познанию изучению вопросов астрофизики.

Цель работы: Моделирование Черных дыр как основа к пониманию законов Вселенной.

Задачи:

1. Изучение и рассмотрение основных понятий в науке о Черных дырах
2. Рассмотреть процессы начала существования Черных дыр, как они появляются в космосе, когда стало известно о них и первые предположения
3. Проанализировать методику обнаружения Черных дыр, роль в пространстве, их излучения: рентгеновское излучение, эффект линзирования, гравитационные волны по теме проекта
4. Разработать практическую работу по созданию модели Черной дыры во Вселенной и апробировать на учащихся седьмого класса.

Практическая значимость: познакомиться с современными исследованиями и сравнить количество знаний в области астрофизики в прошлом и настоящем времени.

Объект исследования: Моделирование Черных дыр

Предмет исследования: Черные дыры

Методы исследования: Наблюдение, измерение, анализ и синтез, и моделирование

ПРИРОДА ЧЕРНЫХ ДЫР

Космос можно назвать самым интересным и самым удивительным объектом. Трудно даже представить какие загадки кроются в глубине мироздания в недрах космического пространства.

Прежде чем мы начнем углубляться в изучение космоса и тел, которые в нем находятся, стоит для начала ввести вас в ознакомление с основными понятиями и убедиться, что все будет ясно для каждого.

Черная дыра — это область пространства-времени, массивные объекты, имеющие огромную плотность и массу, скопленную в малой точке, которую называют сингулярностью. Черные дыры не имеют единого трактования понятия, поэтому существуют разные формулировки их природы существования. Если спросить разных людей, которые занимаются вопросом о вселенной, то они дадут разные ответы о характеристике черных дыр. Долгое время Черные дыры оставались лишь теорией и следствием из математических вычислений. Относительно недавно нам удалось получить низкокачественную фотографии существующей черной дыры в нашей вселенной, что произвело большое влияние на следующие исследования. Природа ЧД имеет сильное гравитационное поле, что не позволяет частицам выбраться из этой определенной зоны. Даже сам свет не способен вырваться из области черной дыры, в том числе и кванты света.

Эта область носит название “горизонта событий” — последней точкой, где все шансы выбраться обратно становятся безуспешны — обусловленная граница черной дыры. Также горизонт событий описывается как граница в астрофизике, за которой события не могут повлиять на наблюдателя (об этом позже). В этом и кроется причина такого “ободка” из света вокруг черной дыры, он (свет) не может выбраться, оставаясь на краю горизонта событий и создавая такую иллюзию сферы. Также пространство вокруг чд имеет для наблюдателя искаженный вид, все также по причине сильного изменения в гравитации.

Раннее подобные объекты назывались “коллапсировавшие звезды” или “коллапсары”, также “застывшие” звезды (англ. “Collapsed stars” и “Frozen stars”)

Вопрос о существовании черных дыр был связан с тем, насколько верна теория гравитации, которая и способствовала предположением о их

реальности. Тем не менее, теория данных областей следует из нескольких точных уравнений Эйнштейна, первое из которых было получено Карлом Шварцшильдом в 1915 году. В современной физике лучшим экспериментальным доказательством существования чд является общая теория относительности, поэтому многие данные интерпретируются в рамках ОТО.

Кроме того, чёрными дырами часто называют объекты, не строго соответствующие данному выше определению, а приближающиеся по своим свойствам к такой чёрной дыре — к примеру, это могут быть коллапсирующие звёзды на поздних стадиях коллапса. В современной астрофизике этому различию не придаётся большого значения, так как проявление такой замороженной звезды и черной дыры одинаковы.

Причиной появления же черной дыры могут стать несколько факторов:

1. Жизненный цикл массивной звезды

Если звезда достаточно массивна (как правило более 20–25 солнечных масс), в конце своей жизни она сжигает все доступное топливо (водород, гелий и другие вещества) через термоядерные реакции, что и приводит в преобразование черной дыры

2. Супернова

Затем, когда ядерное топливо заканчивается, внутренняя поддержка гравитационного давления ослабевает. Звезда с силой взрывается в сверхновой — мощном взрыве, при котором внешние слои сбрасываются в космос, вытесняя огромное количество энергии. Но такое преобразование может случиться при массе свыше 40 солнечных масс. В ином случае взорвавшаяся звезда становится нейтронной.

3. Гравитационный коллапс ядра

После взрыва сверхновой остаётся плотное ядро. Если его масса превышает предел Толмена–Оппенгеймера–Волкова (около 2–3 солнечных масс), тогда никакие известные силы уже не могут остановить дальнейшее сжатие, что и приводит к образованию чд. Ядро продолжает сжиматься до малых размеров, при которых создаётся горизонт событий, о нем мы узнали ранее. Так и возникает черная дыра.

Коллапс двух массивных звёзд; конец жизненного цикла звезды, когда она не способна поддерживать равновесие количества водорода (и других

веществ) и гравитационное сжатие больше не может быть восстановлено в обратное состояние.

Черные дыры способны сливаться в единое большое звездное тело, создавая сверхмассивную черную дыру. Они находятся в центрах галактик, природа их формирования до конца не ясна, возможно, они образовались из коллапса гигантских газовых облаков или слияния множества черных дыр.

Стоит повториться, что формирование черных дыр происходит, если масса звезды после коллапса превышает предел Толмена-Оппенгеймера, который характеризуется массой двух-трех солнечных масс. Это основа, которая должна учитываться при взрыве или коллапсе звёзд.

Следует упомянуть, что после создания Теории Относительности, многие ученые предавались сомнениям и выражали свое негодование, так как на тот момент существование таких космических объектов было не доказано. Но шло время и теперь мы стоим на пути к пониманию вселенной. На этот счет высказался Артур Миллер: “Сейчас многие ученые полагают, что изучение черных дыр является ключом к пониманию эволюции Вселенной.” (3). И как ни странно, но сейчас именно на исследование черных дыр обращают большее внимание и стараются выяснить теорию, которая способна воссоединить все ныне существующие теории, понятия и знания о нашем мире.

Не заходя далеко в тему теорий и предположений о Черных дырах, нужно разобрать составляющие этих массивных объектов. Ранее уже упоминалось про горизонт событий, но не нужно забывать о сингулярности и эргосферы, аккреционных дисках и прочему.

¹ (3) Империя звезд. Белые карлики и черные дыры — Артур Миллер — издательство КоЛибри, 2012. (перевод на русский язык). — 6 с.

Сингулярность по структуре своей является точкой, в которой материя сжата до бесконечно малого объема, а плотность и кривизна пространства-времени становятся бесконечными. Для нашего времени сингулярность продолжает быть самой загадочной частью черной дыры, поскольку в ней не работают прежние законы физики, а поведение

¹ (3) Империя звезд. Белые карлики и черные дыры — Артур Миллер — издательство КоЛибри, 2012. (перевод на русский язык). — 6 с.

материи и времени становится непредсказуемыми. Именно вследствие сильного давления и гравитации, скапливающегося в сингулярности, мы можем видеть известное “черное пространство” на месте сколлапсировавшей звезды.

Эргосфера же представляет себя, как область, окружающая черную дыру, если она имеет вращение и располагается между горизонтом событий и пределом статичности. Любой объект, который попал в эту зону, необратимо начинает вращаться вместе с черной дырой за счет эффекта Лензе-Тирринга. Также нужно упомянуть аккреционные диски черной дыры. Это структура, возникающая в результате падения диффузного материала, обладающего вращательным моментом на массивное тело. Оно возникает вокруг звезд в тесных двойных системах. По-другому это явление можно описать, как уплотненный поток материи, который движется по орбитам с высокой скоростью, излучая энергию.

Любой вид на черную дыру завораживает своим необычным явлением, будь то искривление пространства или выбросы мощных излучений. Если бы путешествия близ этих космических объектов были реальны, думаю многие люди желали бы “коснуться рукой” такого объекта. К сожалению, мы пока не можем позволить себе такое увлечение и найти способа, чтобы водить “туристов” по таким экзотическим местам.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНЫХ ДЫР

Для большинства людей не является таким секретом, что черные дыры поглощают весь свет и не возвращают его. Также известно, что гравитация рядом с этим космическим телом немного иная. Но так ли на самом деле и почему же это происходит?

На нашей планете гравитация является неотъемлемой частью нашей жизни. Без крепкого удержания нас на земле мы бы летали выше птиц, но, к сожалению, безвольно и без возможности направить свой полет куда нужно, да и ходить своими ногами гораздо приятнее, чем проверять наличие атмосферы на километры ввысь.

В отличие от Земли (или похожих планет, но с иными значениями силы притяжения), черные дыры из-за своей массы, как упоминалось ранее, искажает параметры гравитационных сил, и они начинают приобретать очень мощный и поглощающий вид. То, что мы называем искривлением пространства вокруг черных дыр и есть так называемое следствие сильного искривления пространства-времени и гравитационного поля.

Время, которое попадает под влияние сильного искривления пространства, начинает идти медленнее. Этот эффект описал Эйнштейн еще задолго до экспериментального подтверждения в своей общей теории относительности. Можно построить теория на основе этого, что при сильном желании и попадании в сингулярность, что находится в центре черных дыр, останется шанс повернуть время вспять и увидеть прошлое. Но это лишь мечты и мнимые эксперименты, которые не могут быть воплощены в жизнь по разным причинам. Такой исход нарушает второй закон термодинамики, но если предположить, что и он не работает в сингулярности, то может найтись какой-то смельчак, кто проверит на себе действия ЧД. К сожалению, большинство наших возможных предположений строятся только на базе основных вычислений ученых, лишь из ряда причин, что наши тела не способны выносит такие нагрузки и побывать в районе сильных гравитационных полей, чтобы позже пересказать, что там находится и, следовательно, как все ощущается.

Черные дыры изменяют геометрию пространства-времени так, что объекты движутся по искривленным траекториям (геодезическим линиям). Вокруг черных дыр формируется аккреционный диск.

Особым видом искривления пространства является гравитационное линзирование. Это случай, когда лучи, проходящие вблизи черной дыры, создают для наблюдателя эффект, будто изгибаясь под сильной гравитацией, кругловатых орбит (иногда называют поясом фотонов), прежде чем попасть в черную дыру. Вследствие чего, для удалённого наблюдателя черная дыра проявляется как область, где света нет, но

окружена искаженным светом фоновых объектов. Этот фактор помогает астрономам косвенно выявлять присутствие черных дыр

Очередным не менее интересным явлением, появляющемся у черных дыр — красное смещение. Это явление проявляется непосредственно связано с прошлыми факторами: светом и гравитацией. Уже упоминалось, что рядом с Черными дырами время начинает течь медленнее, то самое гравитационное замедление. Но не упоминалось то, что при этом замедлении, свет, испускаемый объектом, наблюдается с красным смещением. Длина волны электромагнитного излучения, состоящая из фотонов, увеличивается относительно для наблюдателя, что и приводит к снижению частоты. И чем ближе к горизонту, тем сильнее будет видно это красное смещение. Эффекты были экспериментально подтверждены и широко используются в моделях точного движения материи возле черных дыр. Обратное явление, характеризующееся как синие смещение, имеет похожую природу, но иную структуру (более быстрые и высокочастотные волны).

Теорема «трех параметров» — фундаментальный принцип, для характеристики черных дыр, определяющий их свойства исключительно тремя величинами: массой, электрическим зарядом и собственным угловым моментом (вращением). Чтобы объяснить почему Черная Дыра вращается в космосе рассмотрим эту теорему.

Сперва начнем с массы звезды, которая существовала до появления или же образования черной дыры. Этот базовый параметр, отражает количество материи и энергии, сжимаемой в сингулярность. Ее физический смысл сходен с массой любого астрономического объекта. Как мы знаем, она образовалась из солнечной туманности, вращаясь за счет усреднения импульса всех отдельных частиц в облаке. Поскольку взаимная гравитация притягивала звезду, благодаря сохранению момента импульса, она вращалась всё быстрее. Когда звезда становится Черной Дырой, она все еще содержит эту массу, она просто не может пропасть, поэтому она теперь сжата в бесконечно малое пространство. Чтобы сохранить этот угловой момент, скорость вращения Черной Дыры увеличивается. Все объекты, когда-либо поглощенного черной дырой, сводятся к одному числу - скорости её вращения.

Если бы черная дыра могла сжаться до бесконечно малых размеров, логика человека подсказывает, что скорость ее вращения возросла бы до бесконечности. Но здесь кроется одна интересная особенность. У черных дыр есть ограничение скорости. Это установлено тем фактом, что чем быстрее вращается черная дыра, тем меньше ее горизонт событий. И теперь важную роль играет ранее упомянутая эргосфера. Повторим, что эргосфера — это область за пределами горизонта событий, где гравитационные силы

начинают влиять на движение объектов и они (объекты) уже не могут оставаться неподвижными. В зависимости от расстояния между объектом и горизонтом событий влияние может быть чрезвычайно сильным или очень слабым. Общая теория относительности предсказывает, что любая вращающаяся масса увлекает за собой окружающее пространство-время. Это делает эргосферу не просто характеристикой черных дыр, но она присутствует во всех обычных космических объектах массы, включая Землю, планеты или Солнце. Эргосфера заслуживает обсуждения, поскольку именно там могут происходить разнообразные интересные эффекты. Можно попытаться представить себе горизонт событий как сферу в космосе. А вокруг этой черной дыры находится эргосфера. Чем быстрее вращается черная дыра, тем больше эргосфера расплывается. Предел скорости устанавливается тем фактом, что горизонт событий в итоге становится все меньше и меньше при достаточно высокой скорости вращения и достигает сингулярности. И вы не можете иметь голую сингулярность, находящуюся в свободном пространстве, открытую остальному космосу. Это означало бы, что сингулярность сама по себе могла излучать энергию или свет, и кто-то извне мог бы ее увидеть. И мы, конечно, знаем, что этого не может произойти. Заряд же влияет на структуру горизонтов черной дыры, потенциал и электромагнитное поле вокруг, но не изменяет ее массу напрямую. Большие заряды в теории способны привести к экстремальным состояниям. Это предел того, как быстро может вращаться черная дыра. Законы физики не позволят ей вращаться быстрее. При этом астрономы действительно обнаружили сверхмассивные черные дыры, вращающиеся на предельных скоростях, предсказанных этими теориями. Одна черная дыра в центре галактики NGC 1365 вращается со скоростью 84% от скорости света. Она достигла предела космической скорости и не может вращаться быстрее, не раскрыв свою сингулярность в обычное состояние.

В итоге, почему же всё-таки вращается чёрная дыра? Потому, что ее предшественник вращался, или потому, что она поглощает вращающееся вещество. Момент импульса, который присутствовал до образования черной дыры, должен быть сохранен. Сжатие вещества в очень маленькую область пространства приводит к значительному увеличению скорости вращения. Это закон сохранения движения. Теорема «трех параметров» делает описание черных дыр простым, но мощным: несмотря на сложность физики вблизи горизонта событий, внешне черные дыры — объекты с минимальным набором характеристик. Это упрощает моделирование и понимание их природы и взаимодействий.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧЕРНЫХ ДЫР. ТЕОРИИ, СВЯЗАННЫЕ С ЧЕРНЫМИ ДЫРАМИ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ЗНАНИЙ

Одной из главных причин, по которой черные дыры представляют такой большой интерес для ученых, является то, что они влияют на окружающее пространство, изменяют форму и структуру Вселенной, а также могут быть ключом к пониманию законов природы. Гравитационные силы черных дыр также могут служить инструментом для изучения гравитационных волн, которые впервые были обнаружены в 2015 году и представляют собой не только фундаментальное, но и практическое значение для различных областей науки.

Исчезновение информации в чёрной дыре представляет серьёзнейшую проблему, стоящую перед квантовой гравитацией, поскольку оно несовместимо с общими принципами квантовой механики.

В рамках классической теории гравитации чёрная дыра — объект неуничтожимый. Она может только расти, но не может ни уменьшиться, ни исчезнуть совсем. Это значит, что в принципе возможна ситуация, что попавшая в чёрную дыру информация на самом деле не исчезла, а продолжает находиться внутри нее, но просто не наблюдаема снаружи.

Однако, если учитывать квантовые явления, гипотетический результат будет содержать противоречия. Главный результат применения квантовой теории к чёрной дыре состоит в том, что она постепенно испаряется благодаря излучению Хокинга. Это значит, что настанет такой момент, когда масса чёрной дыры снова уменьшится до первоначального значения (перед бросанием в неё тела). Таким образом, в результате становится очевидно, что чёрная дыра превратила исходное тело в поток разнообразных излучений, но сама при этом не изменилась (поскольку она вернулась к исходной массе). Испущенное излучение при этом совершенно не зависит от природы попавшего в неё тела. То если чёрная дыра уничтожила попавшую в неё информацию, то это математически выражается как не унитарность эволюции квантового состояния дыры и окружающих её полей.

В этой ситуации становится очевидным следующий парадокс. Если мы рассмотрим то же самое для падения и последующего испарения квантовой системы, находящейся в каком-либо чистом состоянии, то — поскольку

чёрная дыра сама не изменилась — получим преобразование исходного чистого состояния в «тепловое» (смешанное) состояние. Такое преобразование, как уже было сказано, неунитарно, а вся квантовая механика строится на унитарных преобразованиях. Таким образом, эта ситуация противоречит исходным постулатам квантовой механики.

На данный момент учёными обнаружено около тысячи объектов во Вселенной, которые причисляются к чёрным дырам. Всего же, предполагают учёные, существуют десятки миллионов таких объектов. В настоящее время единственный достоверный способ отличить чёрную дыру от объекта другого типа состоит в том, чтобы измерить массу и размеры объекта и сравнить его радиус с гравитационным радиусом

Нахождение сверхмассивных звезд

Наиболее надёжными считаются свидетельства о существовании сверхмассивных чёрных дыр в центральных областях галактик. Сегодня разрешающая способность телескопов недостаточна для того, чтобы различать области пространства размером порядка гравитационного радиуса чёрной дыры, поэтому в идентификации центральных объектов галактик как чёрных дыр есть определённая степень допущения (кроме центра нашей Галактики). Считается, что установленный верхний предел размеров этих объектов недостаточен, чтобы рассматривать их как скопления белых или коричневых карликов, нейтронных звёзд или даже чёрных дыр обычной массы. Существует множество способов определить массу и ориентировочные размеры сверхмассивного тела, однако большинство из них основано на измерении характеристик орбит вращающихся вокруг них объектов (такие как: звёзды, радиоисточники, газовые диски). В простейшем и достаточно часто встречающемся случае обращение происходит по кеплеровским орбитам.

Но основным методом поиска сверхмассивных чёрных дыр в настоящее время является исследование распределения яркости и скорости движения звёзд в зависимости от расстояния до центра Галактики. Распределение яркости снимается фотометрическими методами при фотографировании галактик с большим разрешением, скорости звёзд — по красному смещению и уширению линий поглощения в спектре звезды. Имея распределение скорости звёзд, можно найти радиальное распределение масс в галактике. Поскольку чёрная дыра имеет большую массу при низкой светимости, одним из признаков наличия в центре галактики

сверхмассивной чёрной дыры может служить высокое отношение массы к светимости для ядра галактики. Плотное скопление обычных звёзд имеет отношение порядка единицы (масса и светимость выражаются в массах и светимостях Солнца), поэтому значения являются признаком наличия сверхмассивной чёрной дыры. Возможны, однако, альтернативные объяснения этого феномена: скопления белых или коричневых карликов, нейтронных звёзд, чёрных дыр обычной массы

Измерение скорости вращения газа

В последнее время благодаря повышению разрешающей способности телескопов стало возможным наблюдать и измерять скорости движения отдельных объектов в непосредственной близости от центра галактик. Так, при помощи спектрографа FOS (Faint Object Spectrograph) космического телескопа «Хаббл» группой под руководством Форда была обнаружена вращающаяся газовая структура в центре галактики M87. Скорость вращения газа на расстоянии около 60 св. лет от центра галактики составила 550 км/с, что соответствует кеплеровской орбите с массой центрального тела порядка $3 \cdot 10^9$ масс солнца.

Измерение скорости микроволновых источников

В 1995 г. группа под руководством Дж. Морана наблюдала точечные микроволновые источники, вращающиеся близко от центра галактики NGC 4258. Наблюдения проводились при помощи радиоинтерферометра, включавшего сеть наземных радиотелескопов, что позволило наблюдать центр галактики. Всего было обнаружено 17 компактных источников, расположенных в дискообразной структуре. Источники вращались в соответствии с кеплеровским законом, откуда масса центрального объекта была оценена как $4 \cdot 10^7$ масс солнца.

С появлением инфракрасных детекторов высокого разрешения стало возможным наблюдать в центральных областях галактики отдельные звёзды. Изучение их спектральных характеристик показало, что большинство из них относятся к молодым звёздам возрастом несколько миллионов лет. Вопреки ранее принятым взглядам, было установлено, что в окрестностях сверхмассивной чёрной дыры активно идёт процесс звездообразования. Полагают, что источником газа для этого процесса являются два плоских аккреционных газовых кольца, обнаруженных в центре Галактики в 1980-х годах. Однако внутренний диаметр этих колец слишком велик, чтобы объяснить процесс звездообразования в

непосредственной близости от чёрной дыры. Звёзды, находящиеся в недалеком радиусе от чёрной дыры (так называемые «S-звёзды»), имеют случайное направление орбитальных моментов, что противоречит аккреционному сценарию их возникновения. Предполагается, что это горячие ядра красных гигантов, которые образовались в отдалённых районах галактики, а затем мигрировали в центральную зону, где их внешние оболочки были сорваны чёрной дыры.

Исследователи сообщили, что удалось доказать, что черные дыры могут непосредственно влиять на нашу жизнь, а именно на состояние различных металлов и веществ на планете. Так, оказалось, что из-за черных дыр на Земле формируется золото, а также возможно они могут оказывать влияние и на формирование других различных веществ, которые есть на нашей планете. Ряд астрономов считает, что образование многих элементов произошло в результате слияния систем двойных нейтронных звездных тел, то есть в составе различных веществ на нашей планете есть частицы веществ из космоса, в том числе, из черных дыр. При этом, ученые говорят, что особое влияние на нашу планету оказывают именно малые черные дыры, которых достаточно много во вселенной. По мнению астрономов, они образовались после Большого взрыва, став его своеобразным побочным продуктом. Сейчас они являются частью “темной материи”. Науке известен процесс, при котором большая часть холодной материи очень плотной нейтронной звезды высвобождается в космическое пространство. Именно эта материя может становится основой формирования других планет и даже жизни на этих планетах. В будущем ученые намерены лучше изучить все эти процессы, чтобы понять, как они протекают.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

На этом этапе работы проведем сравнительное сопоставление известной информации о черных дырах на данный момент и то, чем мы могли хвастаться еще пол века назад. Суммарно можно перечислить многое, чем исследователи могут хвастаться.

1915г. — Первое точное решение уравнения Эйнштейна (метрика Шварцшильда), о описывающее сферически симметрическую черную дыру. Введено понятие радиуса Шварцшильда.

1939г. — Теоретическое предсказание образования Черных дыр при гравитационном коллапсе сферического пылевого облака. Показано, что коллапс может привести к сингулярности.

1965г. — Роджер Пенроуз сформулировал теорию о сингулярностях. Доказано, что внутри объектов с горизонтом событий неизбежно возникают сингулярности.

1970г. — Теория “замороженных звезд”. Гипотеза, что черные дыры ультракомпактные объекты их сверхплотной материи с особыми свойствами.

1974г. — Теоретическое доказательство излучения Хокинга. Черные дыры могут испускать квантовое излучение и испаряться.

2008г. — Подтверждение существования сверхмассивной черной дыры в центре Млечного Пути (наблюдение и анализ)

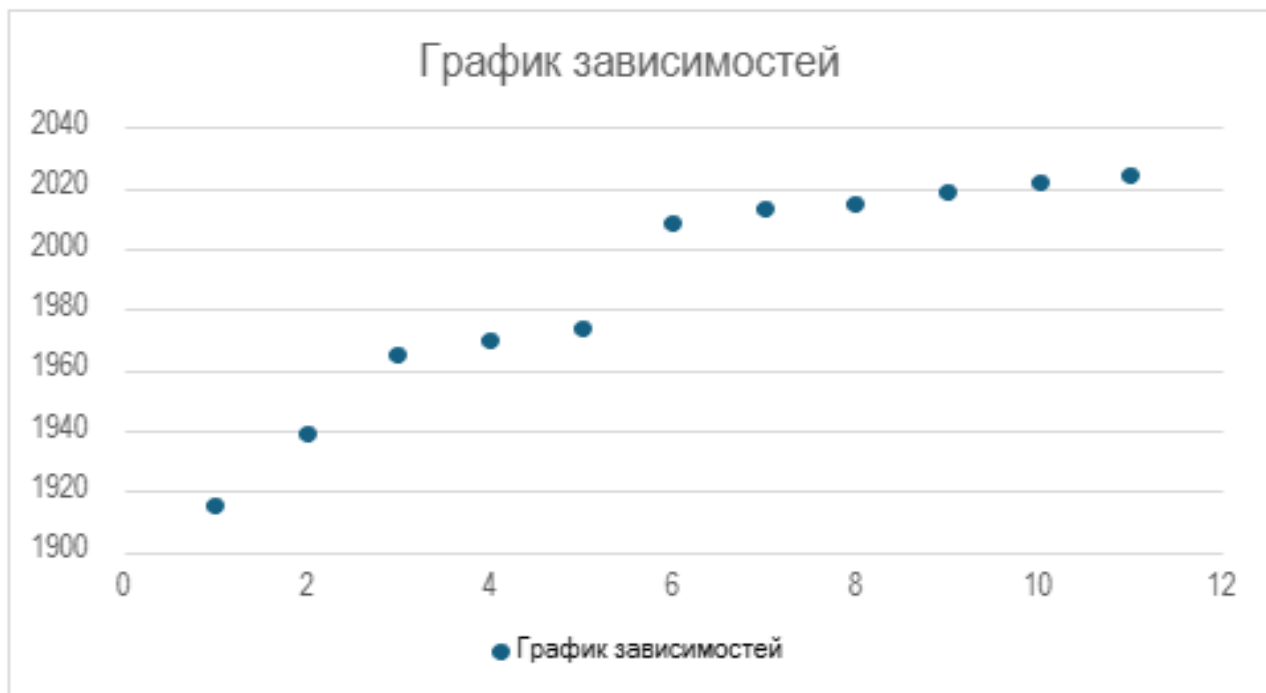
2015г. — Первая регистрация гравитационных волн от слияния Черных дыр (LIGO и VIRGO). Прямое подтверждение реальности Черных дыр.

2019г. — Первое прямое изображение тени сверхмассивной Черной дыры M87* (Проект Event Horizon Telescope, EHT)

2022г. — Изображение тени Чёрной дыры Стрелец A* в центре Млечного Пути (EHT)

В пример были приведены лишь некоторые аспекты, которые стали важными для научной сферы деятельности. Стоит упомянуть, что это далеко, совсем далеко от всей доступной информации о свойствах Черных дыр. За последние столетие был произведен огромный прорыв, который позволяет находить больше интересующих знаний, к которым еще только предстоит прикоснуться.

Год



Вывод: В начале 20 века работа Альберта Эйнштейна считалась одной из самых выдающихся и непосредственно интригующих. На тот момент не существовало такого понятия как “Черная дыра”, не было также известно механизмов образования этих объектов и рассматривалась как математическая абстракция. Существовали только базовые математические предпосылки для концепции черных дыр. После публикации ОТО большинство работ современников брало базу из теории Эйнштейна, отводя его доводы до ответвлённых возможностей, выискивая новые значения и знания. Затем, с течением времени, ученые находили новые и уникальные явления и находили подтверждения существования черных дыр, но уже ближе к нашему столетию.

Практическая работа: «Создание макета чёрной дыры»

Цель работы: Создание наглядной трёхмерной модели чёрной дыры и её окружения для демонстрации ключевых свойств этого астрономического объекта: горизонта событий, аккреционного диска, искривления пространства-времени.

Задачи: разработать схему макета с выделением основных элементов. Подобрать доступные материалы для изготовления модели. Изготовить макет, отражающий ключевые особенности чёрной дыры.

Оборудование:

- Белая бумага (плотная, например, ватман) — для основы колец.
- Краски или фломастеры/маркеры.
- Ножницы.
- Линейка и карандаш.
- Шпатель деревянные (6–8 шт.).
- Клей (ПВА или секундный).
- Пенопластовый шар (основа чёрной дыры, диаметр ~16 см).
- Шило или тонкая отвёртка (для проделывания отверстий).
- Циркуль (для точного рисования кругов).

Оборудование может быть заменено на другие возможные варианты, в зависимости от наличия материалов.

Ход работы:

1. Создать основу для модели Черной дыры.

А) Изготовить стенки для модели.

Взять плотный картон для двух основных деталей, которые станут каркасом для всей модели. Вырезать два квадрата размером 25х25 см. Затем отрежьте 4 полоски плотного картона для стенок:

- две полоски размером 25×4 см;
- две полоски размером (25–2×толщина материала) ×4 см — это нужно, чтобы стенки точно сошлись в углах.

Б) Собрать конструкцию по инструкции

Нанесите клей на торцы основания по периметру. Приклейте стенки вертикально, плотно прижимая их к основанию. Соедините углы стенок — нанесите клей на торцы и прижмите друг к другу. Для прочности можно сделать внутренние уголки из картона и приклеить их в местах соединения стенок. Оставьте сохнуть на 20–30 минут.

За это время (пока сохнет основа) подготовьте пенопластовый шар диаметром 13–16 см (основа чёрной дыры);

2. Изготовление имитации Черной дыры.

Покрасьте пенопластовый шар в чёрный матовый цвет в 2–3 слоя. Дайте краске полностью высохнуть — поверхность должна быть максимально тёмной.

3. Изготовление аккреционного диска

На бумаге начертите два круга диаметром 18 см. Используйте циркуль для точности. Внутри каждого круга начертите меньший круг — отверстие под шар. Диаметр отверстия должен быть чуть больше диаметра шара (например, на 1–2 см больше). Вырежьте кольца ножницами. Нанесите краску белого цвета по всей площади вырезанных колец. Дайте краске полностью высохнуть. Расположите кольцо вокруг шара, соблюдая расстояние между объектами (шаром и кольцом). Закрепите кольца на шпажке к шару,

4. Окружающее пространство

Схематично разделите стенку на четыре равные части. От каждой стороны квадрата изобразите радиальные линии в овально-изогнутой форме. К центру сужаются линии, напоминая треугольник, имитируя искривление пространства или изобразите «проседание» пространства: ближе к центру сделайте линии более плотными и изогнутыми. Вдали от центра оставьте линии почти прямыми — это покажет ослабление гравитационного влияния.

Структура:

- Радиальные линии — исходят из центра композиции, расходятся в разные стороны, как лучи.
- Дугообразные и овальные линии — соединяют радиальные, формируя ячейки разного размера.
- Пересечения — создают узлы, напоминающие точки крепления паутины.

Расположение:

Узор симметричен относительно центра. Линии распределены по всей поверхности, но плотность переплетения выше в центре и уменьшается к краям.

5. Сборка модели

На черную ткань размером 22х22см нанесите прямые линии в виде сетки белой краской. Дайте высохнуть. При необходимости натяните эластичную ткань за края на деревянные шпажки, в вершинах квадрата (по краям нижней основы) под имитацию Черной дыры для демонстрации искривления гравитации.

А) Отметить центр модели. Закрепите шар с диском на акриловой основе, используя деревянные шпажки на высоте 12см. Если есть видимые стыки или неровности, замаскируйте их чёрной краской или бумагой.

Модель собрана и полностью готова, элементы зафиксированы и внешний вид аккуратен.

Вывод: при создании наглядной трёхмерной модели “чёрной дыры” и её окружения, дети повысят уровень знаний о Черных дырах и сформируют наглядное представление об искривлении пространства-времени, горизонте событий, аккреционном диске. При изготовлении модели повышается уровень мотивации к изучению астрофизики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данный момент в науке не хватает знаний и возможностей, чтобы с уверенностью сказать о том, насколько полезны и важными для последующих исследований станет новая информация, полученная из Черных дыр. Существует ряд проблем с тем, какими методами наука современности сможет найти выход из парадоксов и противоречий математических вычислений. В случае, если исследователям удастся пролить истину на строение, возьмем, к примеру, сингулярности, то эти данные смогут помочь в других сферах. Сингулярности, помимо одного рассмотренного нами объекта, фигурирует и в теории Большого взрыва, где в свою очередь проблема, связанная с сингулярностью, мешает найти разгадку мира “до”, про который мы так мало знаем. Очередной проблемой в изучении Чёрных дыр является и то, что с этими объектами крайне сложно связать классические законы физики и квантовую механику. Обе сферы науки важны и продолжают вводить новые теории и гипотезы, но в одном ритме они не могут кооперативно проявить себя. Горизонт событий, в свою очередь, тоже мешает открыть информацию, спрятанную в глубине пространства с бесконечно большой массой и гравитацией, что приводит к невозможности получения данных. Главным вопросом остается то, как изучать физику, не имея доступа к знаниям? Черные дыры, имея огромную энтропию и мощность способны влиять даже на нашу Землю, пусть и находятся в тысячах световых лет от нас, но напрямую мы никак не можем повлиять ни на структуру, ни на природу Черной дыры. Ученым еще предстоит найти объяснение тому, что нам удастся видеть сейчас, а что остается за пределами наших возможностей.

Я считаю, что поставленная гипотеза подтверждается, но должна реализоваться в апробации учащихся на физике в седьмых классах.

Практическое создание модели Черной дыры стимулирует учащихся 7-х классов к изучению профессий в области физики (астрофизика, космология, инженерия космических технологий STEM-направление) и углубленному познанию феномена Черных дыр. Дети реализуют себя в современных проект Event Horizon Telescope, “Спектр-РГ”, телескопе Джеймса Уэбба. Пускай мы делаем еще совсем малые шаги на пути к разгадке, но в будущем все приведет на нужную тропу и нам удастся узнать все секреты мироздания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ

1. Гипотеза белых дыр. Об устройстве Вселенной, гравитации и теории относительности / Карло Ровелли ; [перевод с итальянского А. К. Дамбиса]. — Москва: Эксмо, 2025. — 208 с.
2. Гравитация. Том 1. (Gravitation, 1973)/Ч. Мизнер, К. Торн, Дж. Уилер. Перевод с английского М.М. Баско под редакцией В. Б. Брагинского и И. Д. Новикова. — (Москва: Издательство «Мир». Редакция литературы по физике, 1977). — 480 с.
3. Империя звезд. Белые карлики и черные дыры/ Артур Миллер/ издательство КоЛибри, 2012. (перевод на русский язык). — 365 с.
4. Космос/ Карл Саган/ Пер. С англ. — М.: Альпина нон-фикшн, 2024г. Электронное издание. ООО «Альпина Диджитал», 2024. — 1763 с.
5. Кратчайшая история времени/ Стивен Хокинг/ Stephen Hawking and Leonard Mlodinow, 2005, — ООО «Издательство АСТ», 2021 (перевод на русский язык). — 426 с.
6. Нелокальность. Феномен, меняющий представления о пространстве и времени, и его значение для черных дыр, Большого взрыва и теорий всего. / Джордж Массер/ Перевод с англ. Книжные проекты Дмитрия Мижина, — Изд. Москва 2018. — 427 с.
7. Одиноки ли мы во Вселенной? Ведущие ученые мира о поисках инопланетной жизни / Аль-Халили Дж./ Под ред. Джима Аль-Халили; Пер. с англ. — М.: Альпина нон-фикшн, 2018. — 680 с.
8. Письма астрофизика/ Нил Тайсон/ Оформление, перевод на русский язык. ООО «Издательство АСТ», 2019. — 220 с.
9. Физика повседневности. От мыльных пузырей до квантовых технологий / Андрей Варламов, Жак Виллен, Аггилио Ригамонти; Пер. с фр. — М.: Альпина нон-фикшн, 2020.
10. Черные дыры и складки времени: Дерзкое наследие Эйнштейна. / Кип Торн / Перевод с англ., под ред. чл.-корр. РАН В. Б. Брагинского. — М.: Издательство физико-математической литературы, 2007. — 616 с.

Приложение 1

Фото 1. Модель Черной дыры.

Приложение 1

Инструкция по технике безопасности при работе с ножницами, красками.

1. Требования безопасности перед началом работы.

1.1. Настоящая инструкция устанавливает требования охраны труда перед началом, во время и по окончании работы для учащихся при работе с ножницами, красками, а также порядок их действий и требования по охране труда в аварийных ситуациях.

1.2. Эти инструменты должны быть исправными, ножницы заточены

1.3. Во время работы нужно быть внимательным, не отвлекаться посторонними делами и разговорами и не отвлекать других.

1.4. О замеченных случаях нарушения требований безопасности при работе с ножницами, красками учащийся должен сообщить учителю и не приступать к работе до устранения неисправностей.

2. Требования безопасности перед началом работы с ножницами.

2.1. Перед началом урока ученики готовят рабочее место, приготавливая инструмент

2.2. Ножницы хранятся в определённом месте (чехол, коробка).

2.3. Убрать со стола все посторонние предметы. Освободить от сумок и рюкзаков проходы.

2.4. Необходимо организовать своё рабочее место так, чтобы освещение было достаточным. Свет должен падать на рабочую поверхность спереди или слева.

2.5. Приступать к работе разрешается после выполнения подготовительных мероприятий и устранения всех недостатков и неисправностей и только с разрешения преподавателя.

3. Требования безопасности во время работы с ножницами.

3.1. Во время работы необходимо строго соблюдать требования настоящей инструкции по охране труда для учащихся при работе с ножницами.

3.2. Во время работы соблюдать тишину, быть внимательными и дисциплинированными на занятии, точно выполнять указания преподавателя. Соблюдать порядок на своем рабочем месте.

3.3. Ножницы кладут на стол сомкнутыми лезвиями остриями от себя.

3.4. Передавайте и переносите ножницы только колечками вперед и с сомкнутыми лезвиями. Следите за тем, чтобы ножницы не оказались под моделью, так как, беря модель, их можно уронить и поранить себя или рядом работающего.

3.5. Не размахивайте ножницами, спицами, крючками.

3.6. При работе с ножницами внимательно следите за направлением резки. Не режьте на ходу.

3.7. Во время работы удерживайте материал левой рукой так, чтобы пальцы были в стороне от лезвия ножниц.

4. Требования безопасности перед началом работы с краской.

4.1. Работу выполнять за столом.

4.2. Подготовить свое рабочее место: аккуратно и удобно расположить необходимые материалы.

4.3. Планировать свою работу.

4.4. Внимательно выслушивать задание воспитателя.

5. Требования безопасности во время работы с краской.

5.1 В процессе работы поддерживать порядок на рабочем месте.

5.2 При работе с красками необходимо быть аккуратным: не пачкать руки, лицо, костюм, не пачкать стол, за которым работаешь.

5.3 Нельзя: брать грязные руки в рот, тереть грязными руками глаза, размахивать кисточкой.

5.4 По окончании работы привести в порядок рабочее место.

5.5 Тщательно вымыть руки с мылом.

5.6 Не использовать для воды стеклянную посуду.

5.7 Используй кисть по назначению: правильно держи кисть между большим и средним пальцами, придерживая сверху указательным – не слишком близко к ворсу. Не сжимай кисть сильно. Аккуратно набирай краску на кисточку. Лишнюю краску с кисти снимай о край баночки, а не руками. Вытирай кисть о тряпочку легким прикосновением.

5.8 По окончании работы промой кисть в воде.

6. Требования безопасности в аварийных ситуациях

6.1. При поломке ножниц работу прекратить и сообщить учителю технологии.

6.2. При получении травмы (укол, порез) немедленно сообщить учителю технологии (обслуживающего труда).

7. Требования безопасности по окончании работы с ножницами, красками.

- 7.1. По окончании урока проверить и пересчитать наличие ножниц и другого используемого инструмента и материала.
- 7.2. Приведите рабочее место в порядок и сдайте учителю технологии.
- 7.3. Приведите себя в порядок, снимите спецодежду, вымойте руки с мылом.