



Исследовательская работа

ЗАГАДКА КОСМОСА

-ЧЕРНАЯ ДЫРА

Подготовил учение 11 Д класса МОУ «Гимназия №14»

Калибатов Замир

Научный руководитель: Малкандуева Л.М.

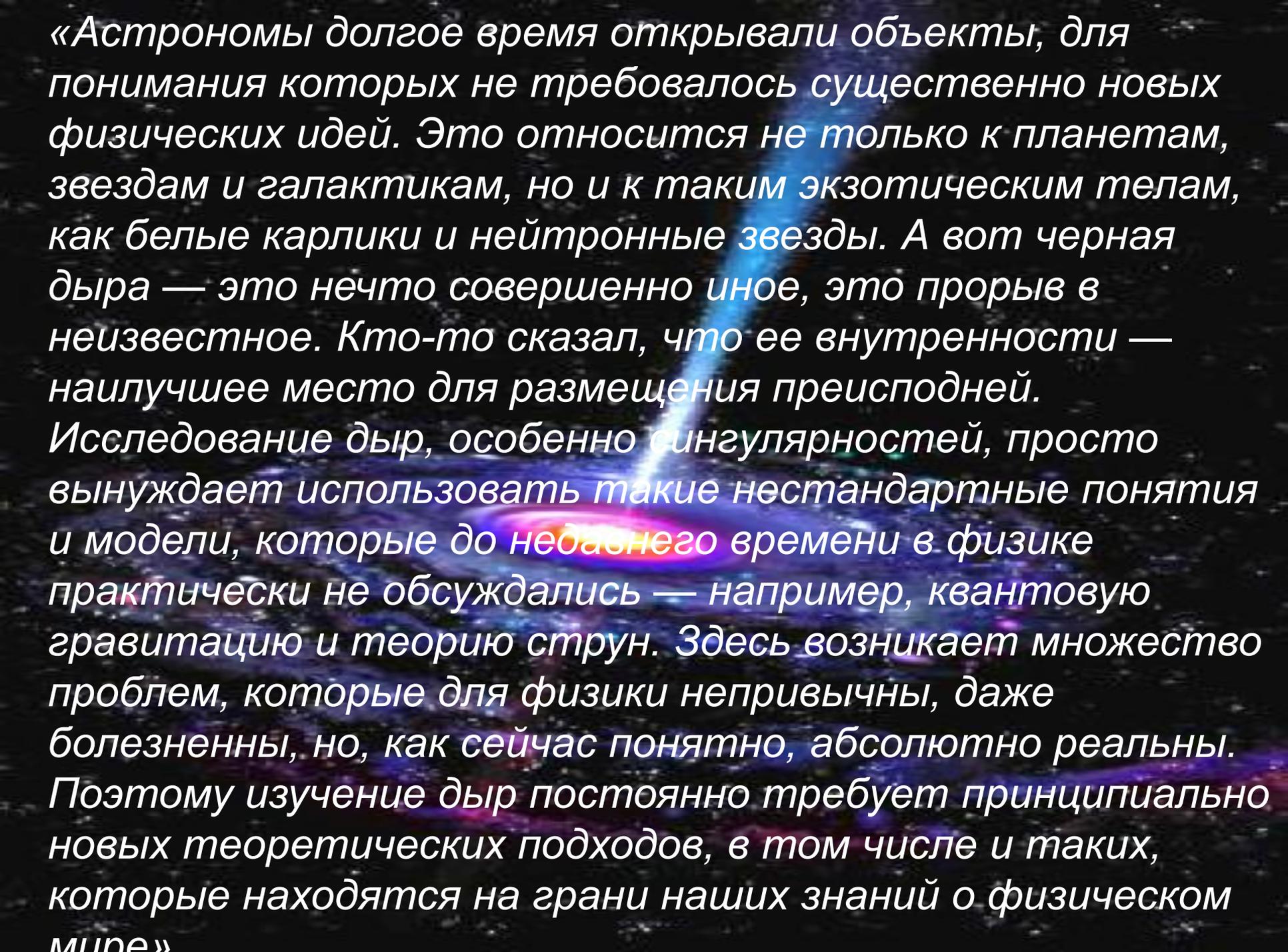
# Содержание работы

1. Введение.
2. Что из себя представляет черная дыра.
3. Как появляется черная дыра.  
Виды черных дыр.
4. Как можно использовать такие космические объекты как черные дыры.

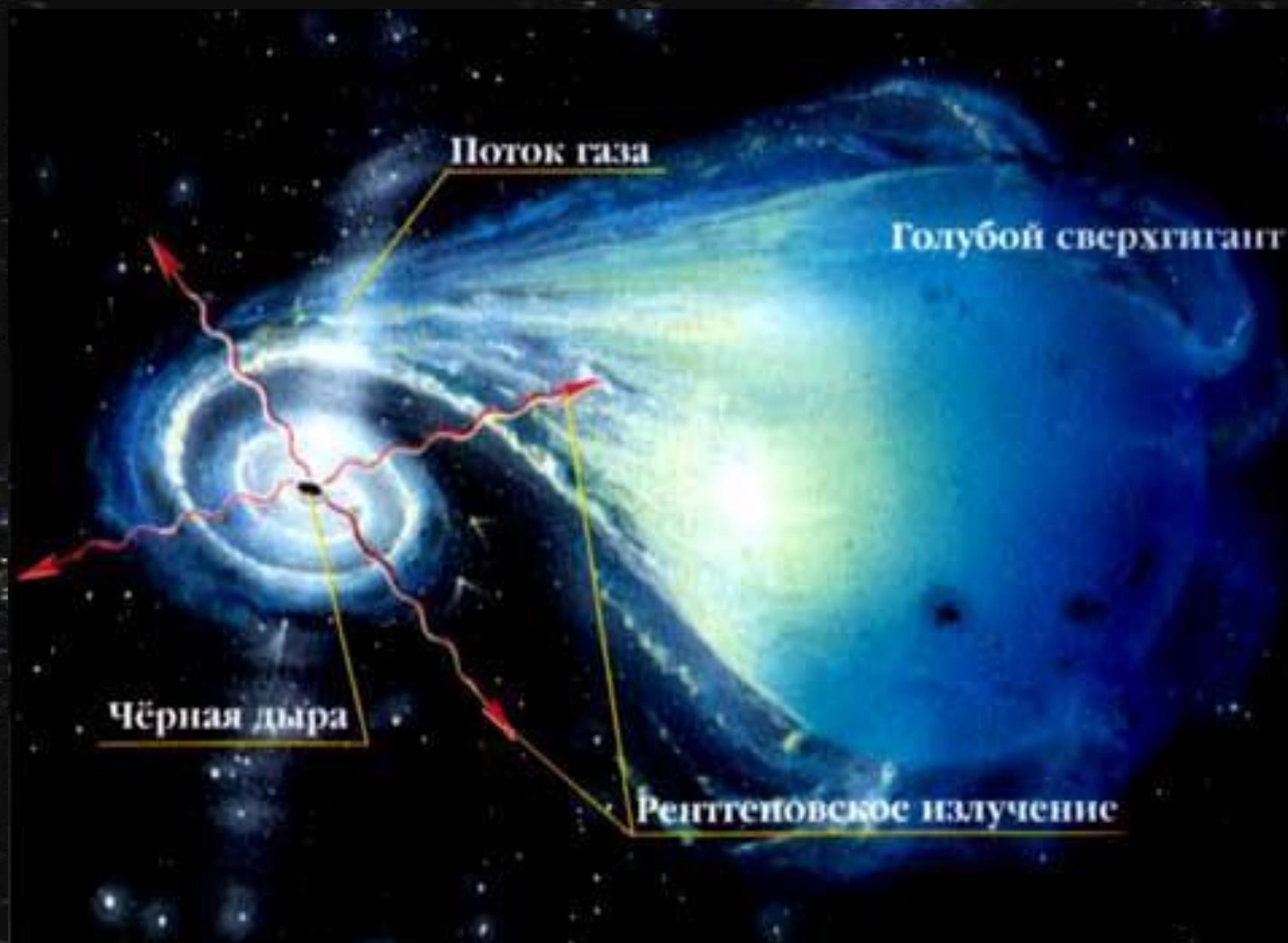


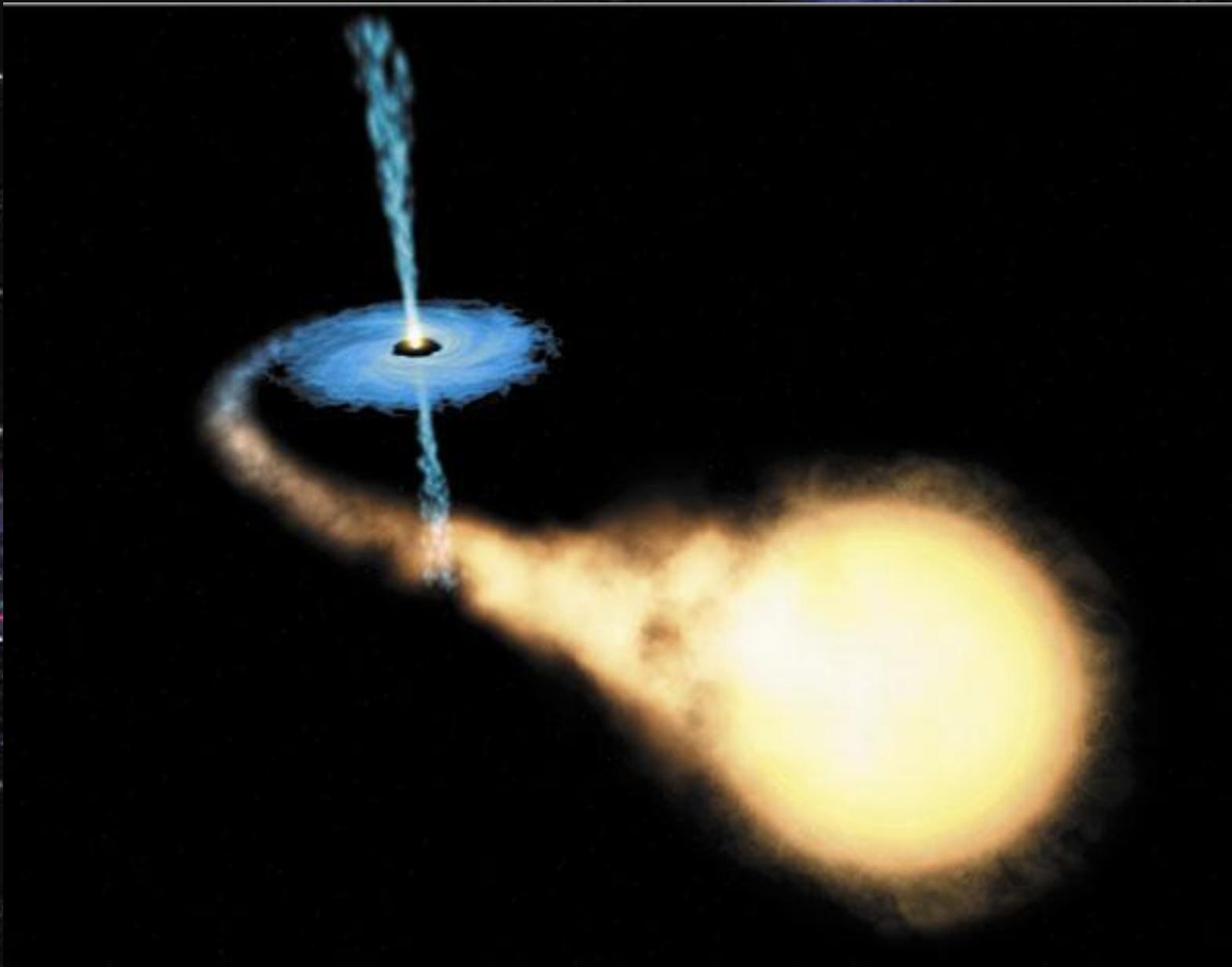
«Из всех творений человеческого разума: от мифологических единорогов и драконов до водородной бомбы, пожалуй, наиболее фантастическое — это черная дыра.»





«Астрономы долгое время открывали объекты, для понимания которых не требовалось существенно новых физических идей. Это относится не только к планетам, звездам и галактикам, но и к таким экзотическим телам, как белые карлики и нейтронные звезды. А вот черная дыра — это нечто совершенно иное, это прорыв в неизвестное. Кто-то сказал, что ее внутренности — наилучшее место для размещения преисподней. Исследование дыр, особенно сингулярностей, просто вынуждает использовать такие нестандартные понятия и модели, которые до недавнего времени в физике практически не обсуждались — например, квантовую гравитацию и теорию струн. Здесь возникает множество проблем, которые для физики непривычны, даже болезненны, но, как сейчас понятно, абсолютно реальны. Поэтому изучение дыр постоянно требует принципиально новых теоретических подходов, в том числе и таких, которые находятся на грани наших знаний о физическом мире»





# РОЖДЕНИЕ И СМЕРТЬ КВАНТОВОЙ ЧЁРНОЙ ДЫРЫ

Рождение



Масса 10 ТэВ

фаза облысения



Масса 10-8 ТэВ

фаза замедления вращения



Масса 8-6 ТэВ

фаза (стадия) Шварцшильда фаза (стадия) Планка



Масса 6-2 ТэВ



Масса 2-0 ТэВ



Время 0

От 0 до  $1 \cdot 10^{-27}$  с

От 1 до  $3 \cdot 10^{-27}$  с

От 3 до  $20 \cdot 10^{-27}$  с

От 20 до  $22 \cdot 10^{-27}$  с

Если выполнены определенные условия, две частицы (показанные на рисунке как волновые пакеты) при соударении могут породить чёрную дыру. Новорождённая дыра асимметрична. Она может вращаться, колебаться и нести электрический заряд. (Время и масса указаны приблизительно. Энергия 1 ТэВ эквивалентна массе  $10^{-24}$  кг.)

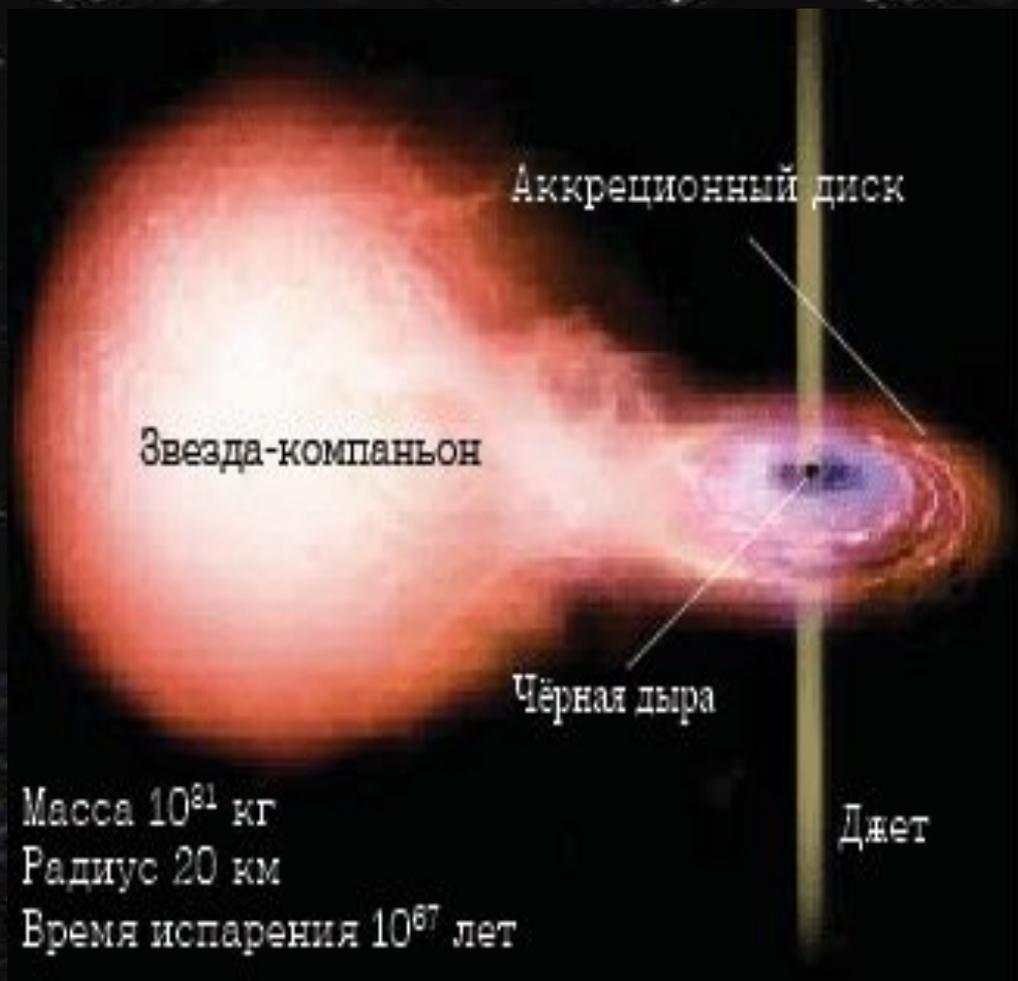
Приходя в равновесие, чёрная дыра испускает гравитационные и электромагнитные волны. По образному выражению Дж. Уилера, «дыра теряет свои волосы», — она становится объектом, у которого почти не остаётся свойств, и характеризуется только зарядом, спином (моментом импульса) и массой. Даже заряд быстро исчезает при захвате дырой заряженных частиц

Чёрная дыра уже не чёрная. Сначала излучение происходит за счёт уменьшения спина, так что вращение замедляется и дыра приобретает сферическую форму. Излучение испускается только в её экваториальной плоскости

Потеряв свой спин, чёрная дыра становится ещё проще и характеризуется только своей массой. Но и масса постепенно уменьшается — дыра излучает свет и массивные частицы по всем направлениям

Достигнув планковской массы (наименьшей из возможных, по современному представлению), чёрная дыра исчезает, уходит в небытие. В рамках теории струн считается, что она начинает испускать струны — самые фундаментальные структурные элементы материи

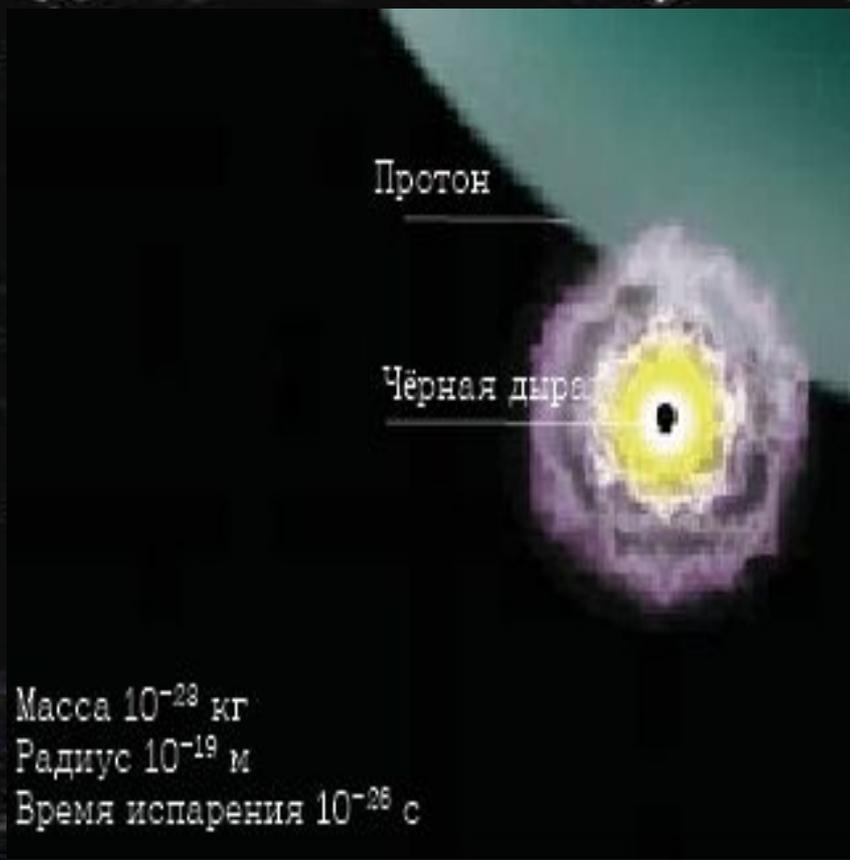
Компьютерная модель распада чёрной мини-дыры (точка в центре) в ускорителе (поперечное сечение трубы, чёрные окружности) с излучением множества массивных частиц, которые могут регистрироваться детектором (светлые окружности)



## Астрофизические чёрные дыры.

Считается, что это остатки массивных звёзд, которые коллапсировали под воздействием собственных сил тяготения. Когда на такую чёрную дыру падает вещество, она начинает работать как космическая гидростанция, высвобождая гравитационную потенциальную энергию – единственный мощный источник, который может отвечать за испускание интенсивных рентгеновских лучей и газовых струй – джетов, – наблюдаемых астрономами в таких системах, как показанный на рисунке двойной

рентгеновский источник



**Микроскопические чёрные дыры (мини-дыры).** Их масса – не больше массы большого астероида. Эти дыры могли бы рождаться при коллапсе материи на ранних стадиях Большого Взрыва. Если пространство имеет дополнительные невидимые измерения, то такие чёрные дыры могут рождаться и в современной Вселенной при соударениях частиц большой энергии. Вместо того чтобы заглатывать материю, эти чёрные дыры должны порождать излучение и быстро испаряться (распадаться, коллапсировать, взрываться)



## Космическое излучение —

это частицы очень большой энергии, рождающиеся в разных небесных источниках и способные в результате соударений с ядрами атомов в земной атмосфере образовывать чёрные дыры. Такие дыры будут коллапсировать со взрывом, порождая ливни вторичных частиц, которые можно регистрировать на

Земле

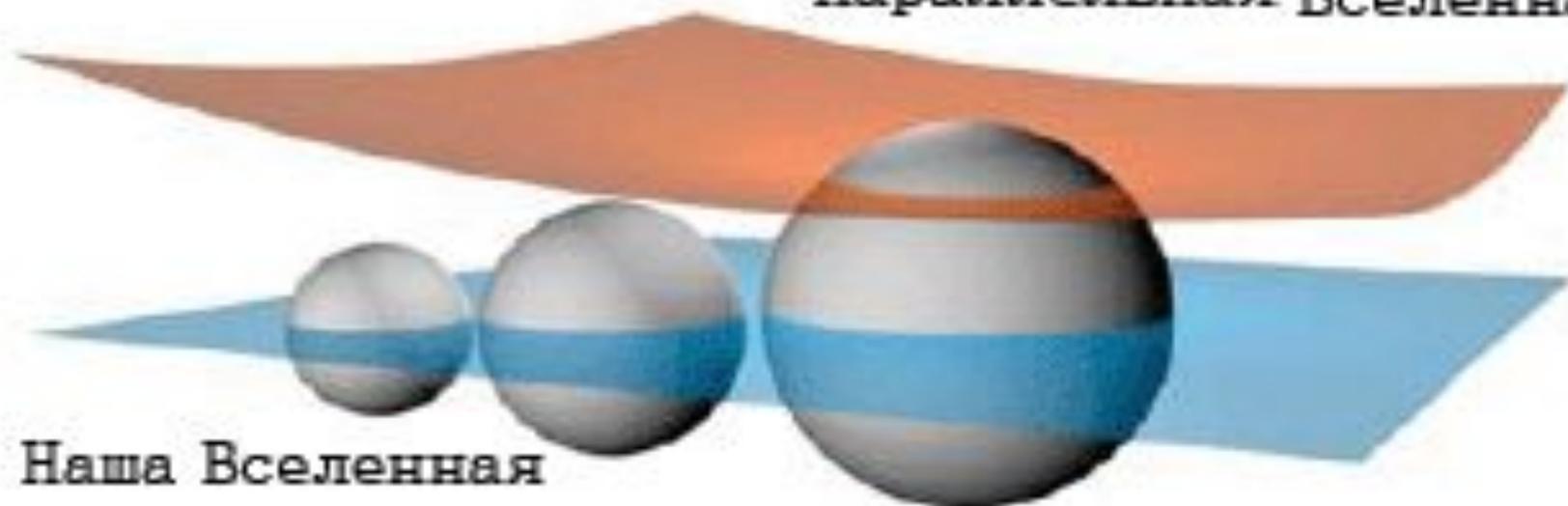




**Ускорители частиц.**  
Чёрные дыры могут  
рождаться при  
соударении двух  
частиц достаточной  
энергии в ускорителях  
типа БАК, а детекторы  
могут регистрировать  
последующий распад

этих дыр

## Параллельная Вселенная



Наша Вселенная

Чёрные дыры разного размера – единственное доступное для нас средство исследования дополнительных измерений. Поскольку гравитация – единственное из взаимодействий, проникающее в эти измерения, туда может проникнуть и чёрная дыра. Физики могут изменять размеры дыр, настраивая ускорители на разные энергии. Если дыра пересечёт параллельную Вселенную, она будет распадаться быстрее и выделять меньше энергии (т.к. часть энергии поглотится другой Вселенной)

# ОБЗОР: ФАБРИКИ ЧЕРНЫХ ДЫР

- Черные дыры могут иметь разнообразные размеры и даже быть меньше субатомных частиц. Крошечные дыры должны разрушаться квантовыми эффектами, а самые мелкие - взрываться сразу после рождения.
- Малые черные дыры могли остаться от ранних стадий Большого взрыва, поэтому астрономы пытаются обнаружить взрывы некоторых из них.
- Теоретики предполагают, что малые черные дыры могут возникать при столкновениях в современной Вселенной и даже на Земле. Правда, для этого потребуются гигантская энергия. Но если пространство имеет дополнительные измерения, то энергетический порог будет намного ниже, и дыры могли бы рождаться в Большом адронном коллайдере в ЦЕРНе и при столкновении космических лучей с атмосферой. Физики могли бы использовать дыры для исследования дополнительных измерений пространства.