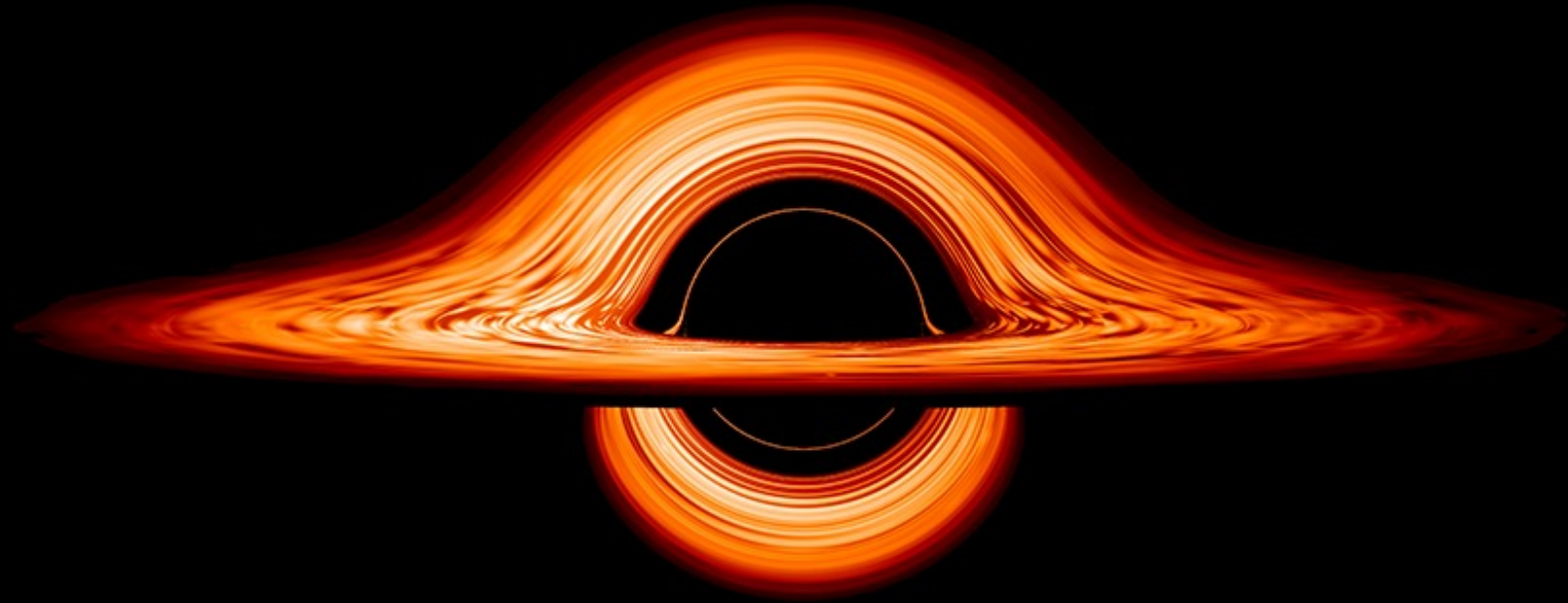


ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ – ЗАГАДКА ВСЕЛЕННОЙ



ИСТОРИЯ. НАЧАЛО.



Джон Мичелл (1724 – 1793)

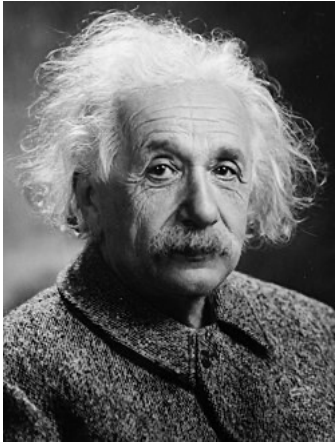
Концепция массивного тела, гравитационное притяжение которого настолько велико, что скорость, необходимая для преодоления этого притяжения, равна или превышает скорость света, впервые была высказана в 1784 году Джоном Мичеллом в письме, которое он послал в Королевское общество. Письмо содержало расчёт того, что для тела с радиусом в 500 солнечных радиусов и с плотностью Солнца вторая космическая скорость на его поверхности будет равна скорости света. Таким образом, свет не сможет покинуть это тело и оно будет невидимым.



Пьер Лаплас (1749 – 1827)

Через 13 лет французский математик и астроном П.С. Лаплас высказал аналогичную гипотезу о существовании подобных экзотических объектов. Лаплас нашел радиус шара для заданной его плотности, на поверхности которого параболическая скорость равна скорости света. По мнению Лапласа, корпускулы света, будучи тяготеющими частицами, должны задерживаться испускающими свет массивными звездами, которые имеют плотность, равную плотности Земли, а радиус больше солнечного в 250 раз.

ИСТОРИЯ. РАЗВИТИЕ.



Альберт Эйнштейн (1879 – 1955)

Существование «черных дыр» вытекало из общей теории относительности Эйнштейна, которую часто можно выразить словами: «материя диктует пространству-времени, как изгибаться, а искривленное пространство-время говорит материи, как двигаться.

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = \left(\frac{8\pi G}{c^4}\right)T_{\mu\nu},$$



Джон Уилер (1911 – 2008)

Изобретатель термина достоверно неизвестен, но само обозначение было популяризовано Джоном Арчибальдом Уилером и впервые публично употреблено в популярной лекции «Наша Вселенная: известное и неизвестное» (англ. Our Universe: the Known and Unknown) 29 декабря 1967 года.

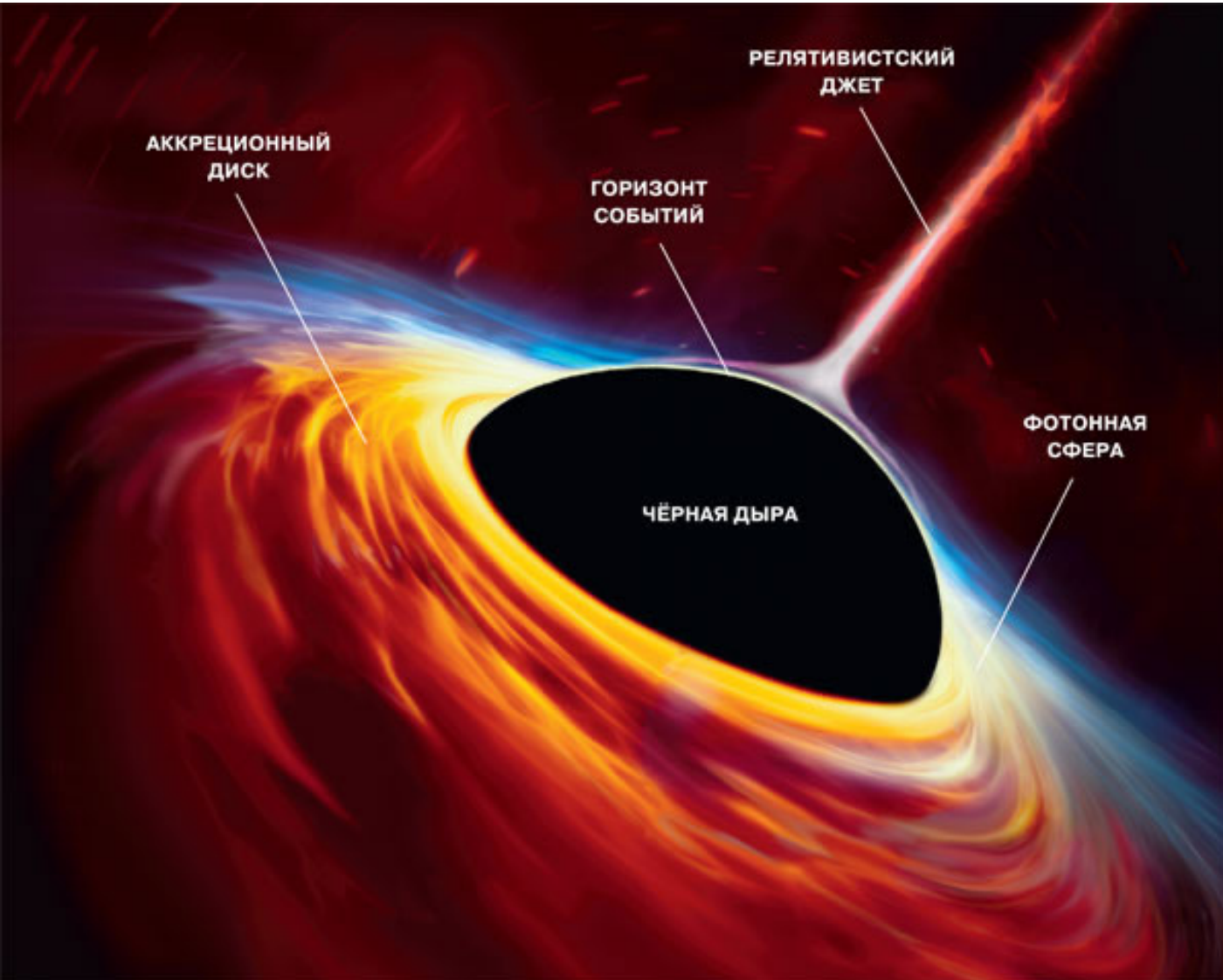
КАК ОБРАЗУЮТСЯ ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ.



Черная дыра – конечный этап эволюции тяжелых (с массой больше 8-10 солнечных масс) звезд. В таких звездах термоядерные реакции в недрах проходят до образования тяжелых элементов (углерода, кислорода, железа). Массивная звезда превращается в «Красный сверхгигант» (типичные представители – Антарес, Бетельгейзе). На стадии красного гиганта жизнь звезды длится всего 1000 лет, после чего происходит взрыв «сверхновой»

Взрыв сверхновой на основе коллапса ядра — это этап жизненного цикла звёзд с массой, превышающей массу Солнца в восемь раз и более. На этом этапе структура звезды слоистая. Снаружи — оболочка из лёгких ядер водорода, которые в термоядерных реакциях превращаются в ядра гелия. Средний слой — более тяжёлые элементы, такие как углерод и кислород. Ядро звезды представляет собой разогретый до миллиардов градусов и сжатый до больших плотностей газ из ядер железа. Если давление вещества ядра звезды не может компенсировать гравитацию и возникает «черная дыра»

СТРОЕНИЕ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ.



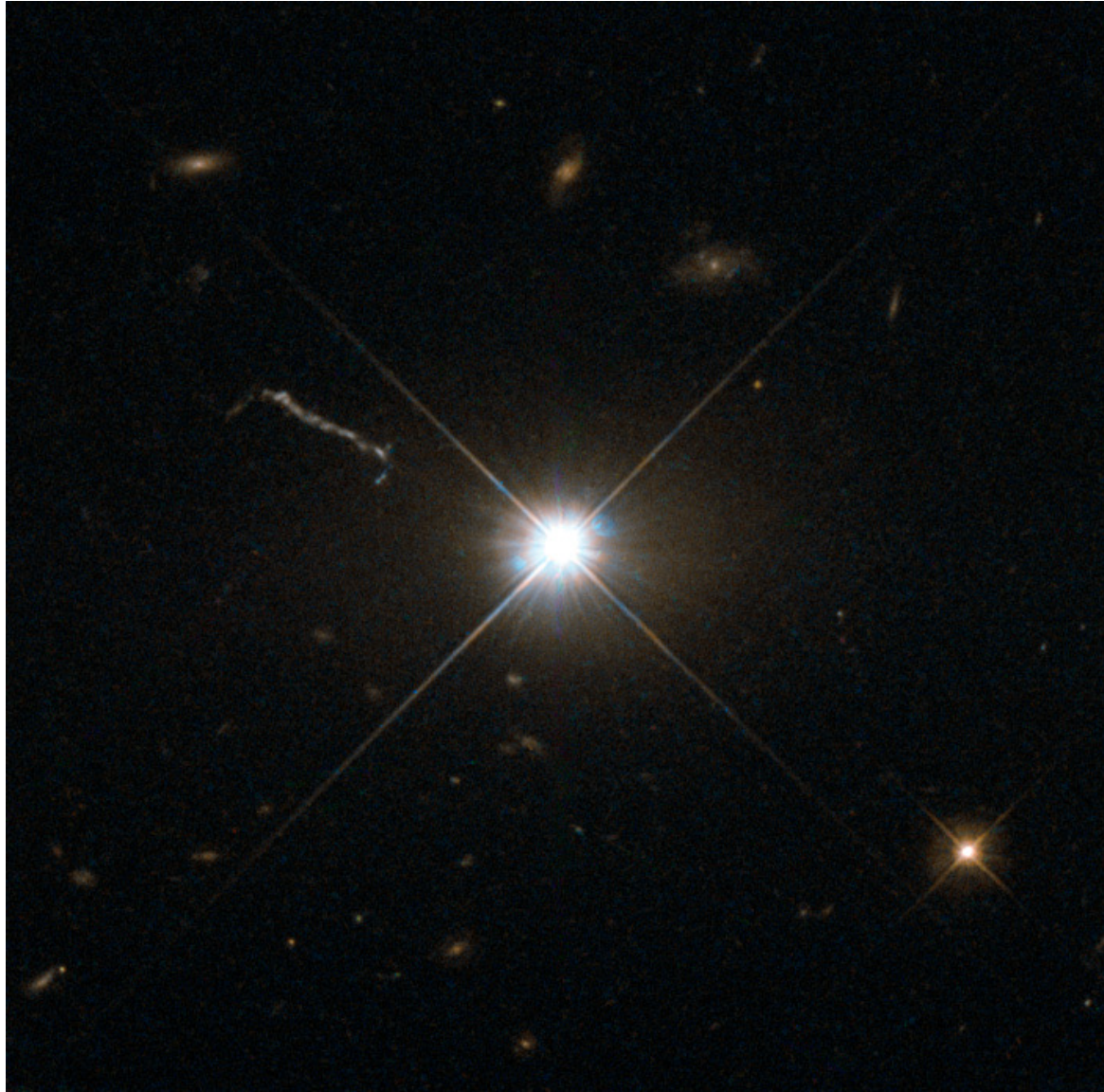
«Голую» чёрную дыру увидеть нельзя. Сама она практически не излучает, а падающий свет полностью поглощает, так что даже отражённым светом, подобно Луне, не светит.

Падающее на чёрную дыру вещество разгоняется до околосветовых скоростей и закручивается вокруг неё, образуя аккреционный диск. Температура плазмы в нём из-за трения достигает миллионов градусов. Поэтому аккреционный диск испускает тепловое излучение. Часто у таких чёрных дыр возникают выбрасываемые струи плазмы — джеты, тоже движущиеся с огромной скоростью.

Фотонная сфера образуется светом, оказавшимся на круговой орбите вокруг черной дыры. Положение попавших сюда частиц неустойчиво, и, совершив один или несколько оборотов, они неизбежно падают в недра дыры или уходят по спирали в космическое пространство.

Горизонт событий - граница области пространства-времени, в которой сигналы, распространяющиеся со скоростью света, полностью удерживаются тяготением и не могут уйти на бесконечность во внешнее пространство. Горизонт событий является границей чёрной дыры.

КВАЗАРЫ – ЗДЕСЬ ЖИВУТ ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ



По современным представлениям, квазары представляют собой активные ядра галактик на начальном этапе развития, в которых сверхмассивная чёрная дыра поглощает окружающее вещество, формируя аккреционный диск. Он и является источником излучения, исключительно мощного (иногда в десятки и сотни раз превышающего суммарную мощность всех звёзд таких галактик, как наша)

Сверхмассивная черная дыра 3C 273, найденная в ходе изучения космических источников радиоволн в 1959 году, является квазаром — потому что свет, излучаемый этими гигантами, достаточно яркий, чтобы его можно было принять за свет звезд.

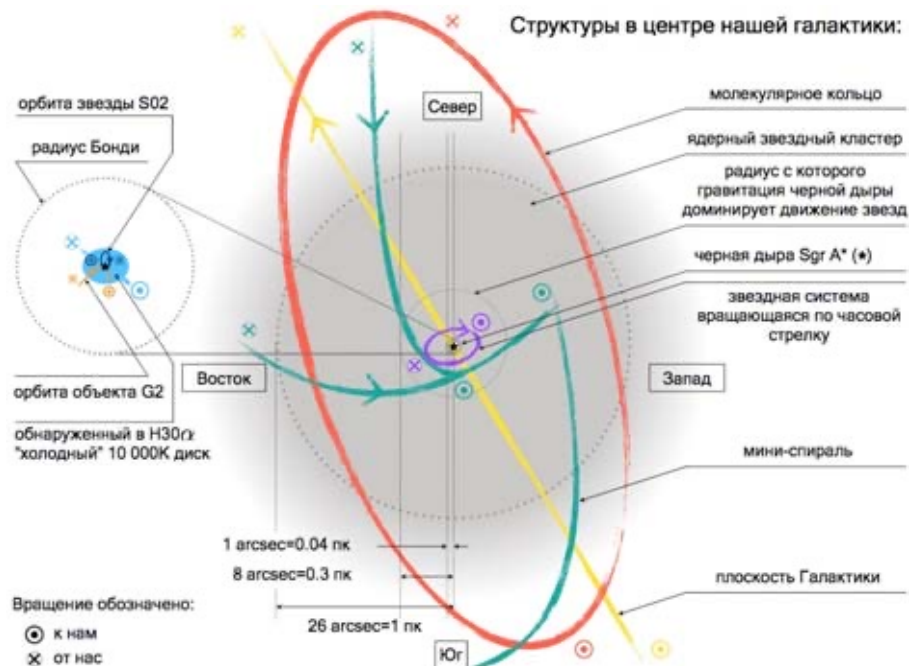
Хотя сами черные дыры не излучают свет, самые большие из них окружены гигантскими вихрями газа, называемыми аккреционными дисками; когда газ падает в черную дыру с околосветовой скоростью, трение нагревает диск и заставляет его вспыхивать излучением, обычно обнаруживаемым в виде радиоволн.

Квазар 3C 273 — первый идентифицированный квазар. Он также является самым ярким, сияя более чем в 4 триллиона раз ярче земного Солнца, находясь при этом на расстоянии более 2,4 миллиарда световых лет от нас.

ПЕРВОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ

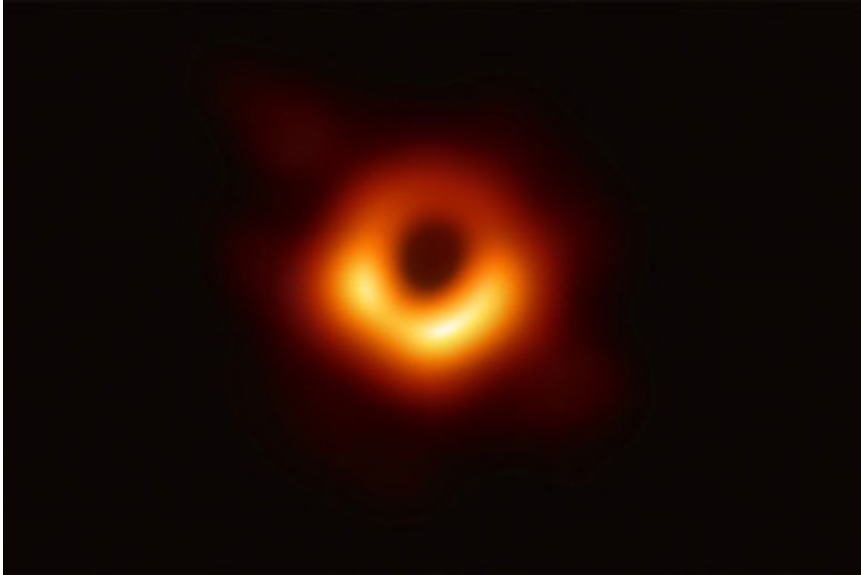


Лауреатами Нобелевской премии по физике 2020 года стали Роджер Пенроуз (Roger Penrose) за открытие того, что образование черных дыр является строгим следствием общей теории относительности, а также Райнхард Генцель (Reinhard Genzel) и Андреа Гэз (Andrea Ghez) — за открытие сверхмассивного компактного объекта в центре Галактики.

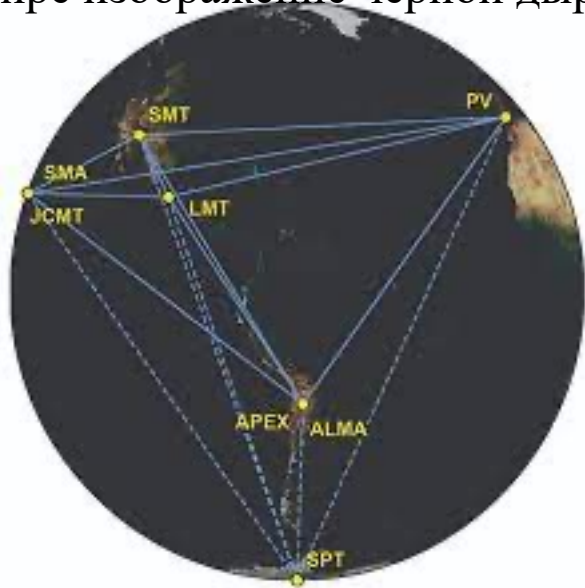


Поведение и геометрия орбиты звезды S02 играет ключевую роль в доказательстве того, что Sgr A* — черная дыра. Темная масса, под действием гравитации которой вращается на своей 16-летней орбите звезда S02, настолько велика и находится в таком маленьком объеме пространства, что источником этой гравитации не может быть ничто кроме черной дыры. Четыре млн солнечных масс заключены внутри радиуса перигелия S02, который составляет всего 120 астрономических единиц.

ПЕРВАЯ ФОТОГРАФИЯ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ



Первое в мире изображение черной дыры M87



Карта расположения телескопов, составляющих сеть ЕНТ

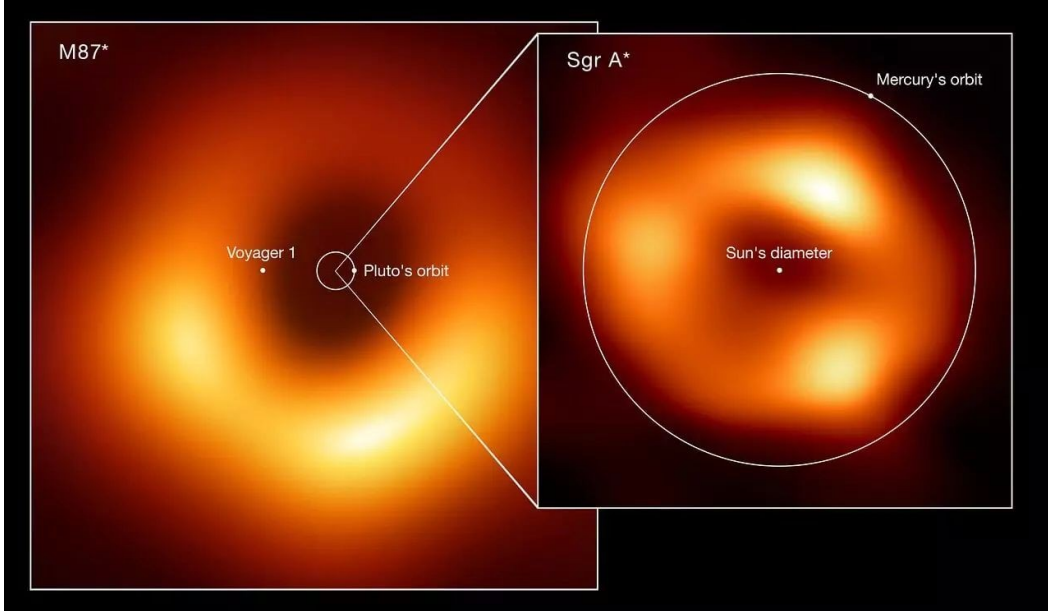
Первое изображение черной дыры было получено Телескопом Горизонта Событий (Event Horizon Telescope, ЕНТ) в 2019 году. Это была сверхмассивная черная дыра в центре галактики Мессье 87. ЕНТ смог разрешить этот объект благодаря системе синхронизации нескольких телескопов, разбросанных по всей поверхности Земли. В частности, астрономы использовали Very-Long-Baseline-Interferometry (VLBI) - метод, который объединяет наблюдательную мощность и данные телескопов по всему миру для создания гигантского виртуального радиотелескопа.

Наличие нескольких телескопов на разных широтах Земли в сочетании с вращением Земли приводит к созданию телескопа размером с Землю. Каждый из этих телескопов оснащен антенной с чрезвычайно точными атомными часами для регистрации времени, в которое регистрируются радиосигналы от целевого объекта.

ФОТОГРАФИЯ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ СТРЕЛЕЦ А*



Изображение черной дыры «Стрелец А*»



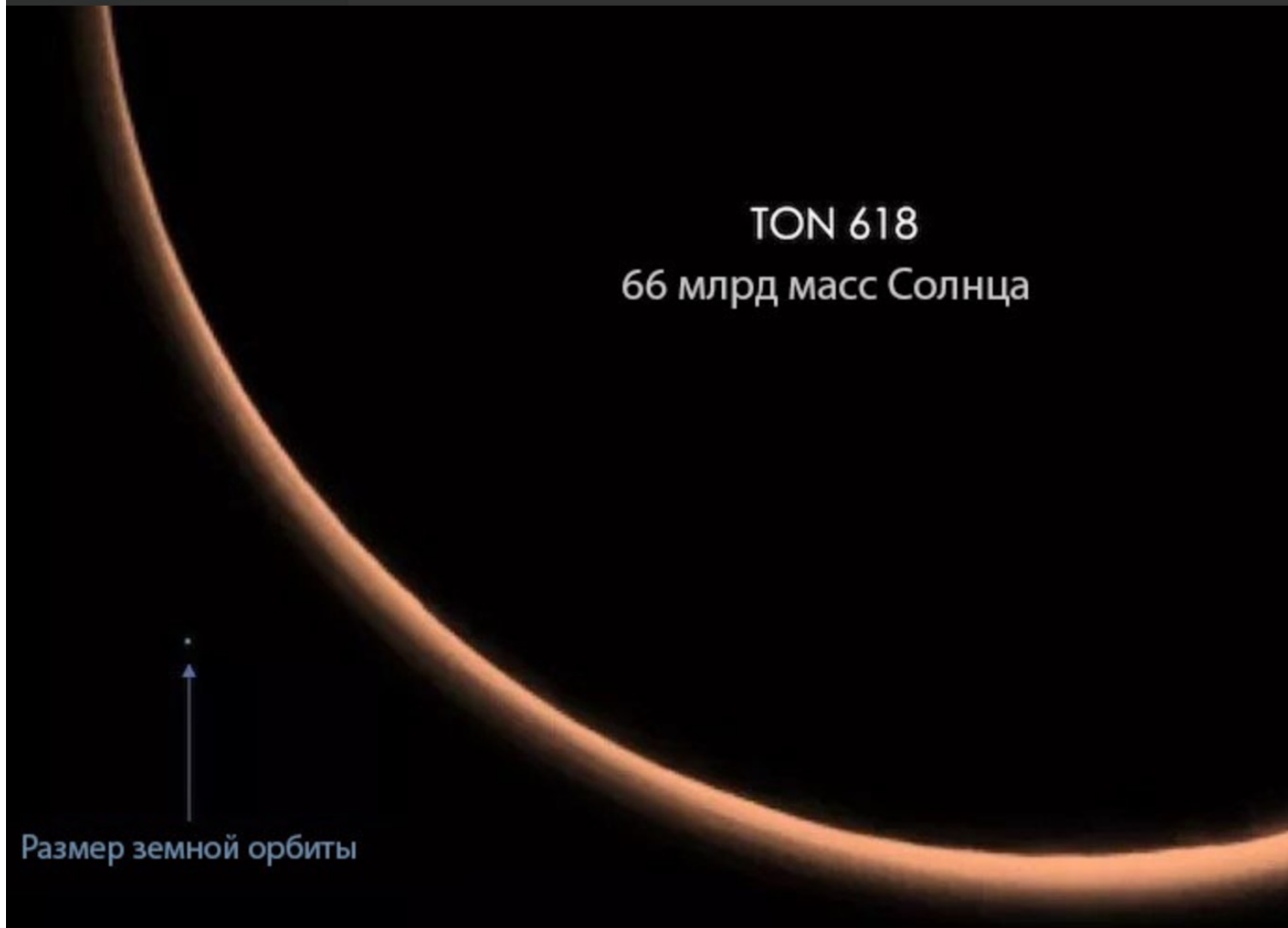
Сравнение фотографии M87 и Стрелец А*, по сравнению с размерами Солнечной системы

В центре Млечного Пути находится очень компактный и яркий источник радиоволн. Он называется Стрелец А* и представляет собой сверхмассивную черную дыру, масса которой примерно в 4 миллиона раз превышает массу Солнца. Это небесное тело, вокруг которого совершают свое вращательное движение все звезды Млечного Пути, включая нашу собственную.

Этот результат дает неопровержимые доказательства того, что объект действительно является черной дырой, и ценные подсказки о том, как она работает. Изображение было создано глобальной исследовательской группой Event Horizon Telescope (ЕНТ) Collaboration. Это изображение - долгожданный взгляд на огромный объект в центре нашей галактики. Хотя мы не можем увидеть саму черную дыру, поскольку она абсолютно темная, светящийся газ вокруг нее оставляет заметные следы.

Темная центральная область, известная как тень, черной дыры окружена яркой кольцевой структурой. На снимке запечатлен свет, искривленный мощной гравитацией черной дыры, которая в четыре миллиона раз массивнее нашего Солнца.

Самая «большая» черная дыра Вселенной



TON 618 находится на расстоянии около 18,2 миллиарда световых лет от Земли. На ночном небе этот объект располагается на границе созвездий Гончих Псов и Волос Вероники. Астрономы впервые обнаружили эту черную дыру в 1957 году в обсерватории Тонанцинтла в Мексике, но не поняли, что это такое. Сначала они подумали, что это тусклая голубая звезда, но наблюдения спустя десятилетие показали интенсивное излучение вещества, падающего в гигантскую черную дыру.

TON 618, весит примерно 66 миллиардов масс Солнца. TON 618 имеет радиус более 1000 астрономических единиц (а.е.)

Самая «маленькая» черная дыра Вселенной



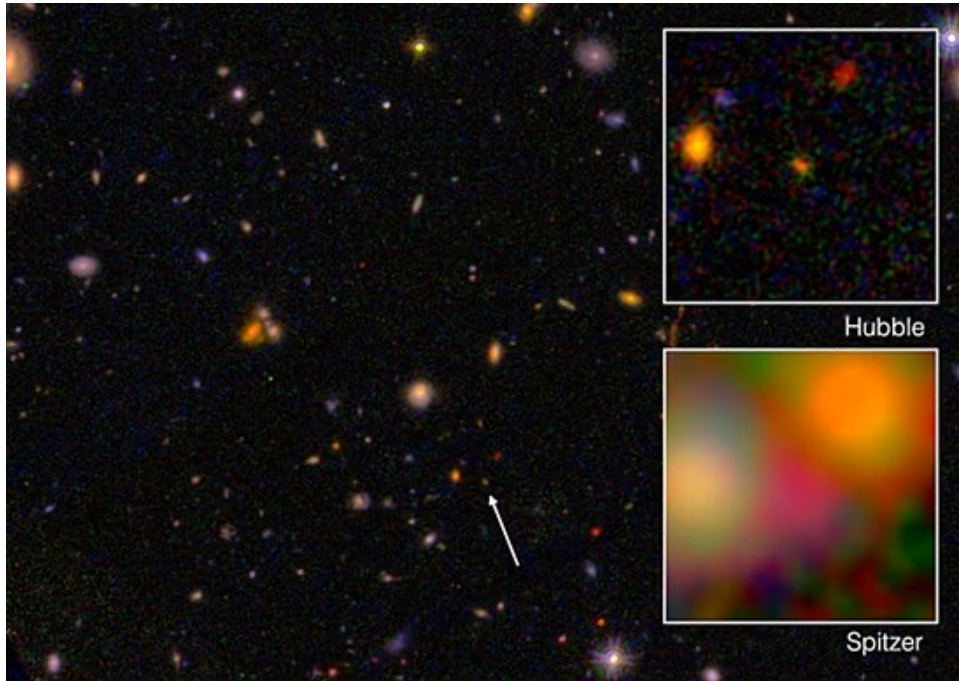
Она находится в созвездии Единорога. Это по левую сторону от Ориона, меж тремя звёздами, образующими знаменитый зимний треугольник: Сирius, Процион, Бетельгейзе.

согласно расчётам, эта чёрная дыра весит всего-навсего три Солнца. Неправдоподобно мало для такого объекта: астрономы до недавних пор не верили, что это возможно.

У неё есть звезда-компаньон, притом весьма солидная и потому хорошо наблюдаемая — красный гигант. Это уже очень пожилая звезда, в ней почти закончилось топливо для ядерных реакций, и потому её чрезвычайно раздуло. Так вот, астрономы заметили, что нечто своим притяжением постоянно искажает её свет и даже вытягивает. И это нечто в телескопы не видно. Учёные пришли к выводу, что это и есть чёрная дыра — "единорог".

Эта черная дыра находится на расстоянии полторы тысячи световых лет. Такое расстояние представляется вполне безопасным, хотя по меркам астрономии оно весьма невелико. Ученые заявляют, что "единорог" — ближайшая к Земле из всех ныне известных.

Самая «старая» черная дыра Вселенной



Галактика Egsy8p7 (13.2 св. года от Земли)

Космический телескоп «Джеймс Уэбб» обнаружил черную дыру в галактике Egsy8p7, существовавшей всего через 570 миллионов лет после Большого взрыва. На сегодня это самая далекая черная дыра из известных астрономам. Сам факт ее существования ставит под вопрос современные представления об эволюции Вселенной.

Ее масса лишь в семь миллионов раз превышает солнечную, тогда как масса других черных дыр ранней Вселенной зачастую в миллиард и более раз больше массы нашей звезды.

Совсем недавно у астрономов бытовало представление, что небольшие черные дыры начали формироваться заметно позже. Дело в том, что скорость поглощения ими материи серьезно ограничена: если обычной материи вокруг будет слишком много, трение ее частиц друг о друга разогреет окрестности черной дыры до уровня, при котором излучение будет «выталкивать» материю в стороны от нее.

Самая «молодая» черная дыра Вселенной

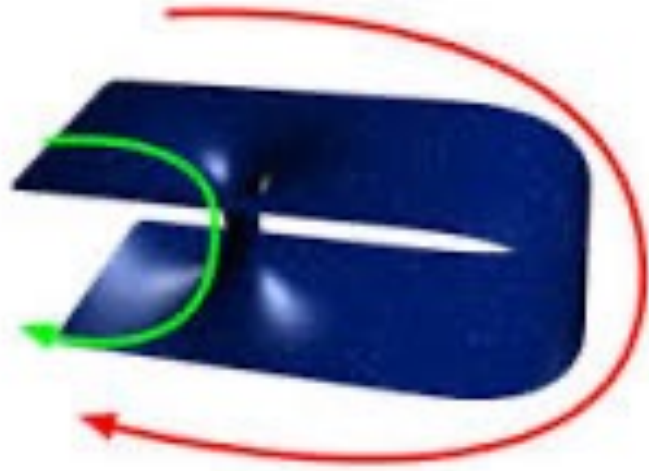


Космическая обсерватория Chandra при помощи рентгеновского телескопа получила изображение остатков сверхновой звезды под названием W49B. Необычная форма объекта позволила предположить, что он скрывает в себе черную дыру. Если эти данные подтвердятся, черная дыра окажется самой молодой из ныне известных науке.

Сверхновая звезда W49B находится в созвездии Орла на расстоянии 26 тыс. световых лет от Земли. На изображении ее возраст достигает 1000 лет. Обычно такие остатки представляют собой шар правильной формы. Но судя по сильной искривленности W49B – в районе ее полюсов выброшено больше вещества, чем у экватора. Подобные биполярные звезды являются редкостью и образуются из гораздо более массивных, нежели Солнце.

Возможно, возраст этой черной дыры равняется всего тысяче лет.

ЭКЗОТИКА ИЗ ЧЕРНЫХ ДЫР



«Кротовые норы» (английский эквивалент названия – *wormholes*, или *червоточины*) – самые интригующие объекты Вселенной, о существовании которых спорят ученые. Это конфигурации пространства-времени в виде своеобразных тоннелей между удаленными областями нашей Вселенной или даже между разными вселенными.

«Кротовые норы родственны чёрным дырам, поскольку представляют собой локализованные объекты с достаточно сильной гравитацией и кривизной пространства. Но, в отличие от чёрных дыр, они не имеют «ловушки» — горизонта событий, потому теоретически допускают не только «вход», но и «выход». То есть, их можно пройти насквозь и вернуться»

Несмотря на то, что кротовые норы не противоречат общей теории относительности и предсказываются некоторыми космологическими теориями, реальные кандидаты на роль таких объектов до сих пор неизвестны.

По мнению учёных, через кротовую нору гипотетически возможно в будущем переслать человечество из умирающей Вселенной в другую, только начинающую жить. Для этого необязательно посылать туда человека физически — можно отправить туда информацию, на основе которой в новой Вселенной наша цивилизация восстановится самостоятельно.

