Чёрная дыра — область в пространстве-времени, гравитационное притяжение которой настолько велико, что покинуть её не могут даже объекты, движущиеся со скоростью света (в том числе и кванты самого света). Все характеристики черной дыры определяются тремя параметрами: массой, зарядом и спином. Однако, к настоящему времени черных дыр, обладающих спином, обнаружено не было.

Типы черных дыр:

1. Черные дыры, образовавшиеся в результате гравитационного коллапса звезд. Для этого необходимо, чтобы масса звезды превышала 3 солнечных (1,99×1030 кг).
2. Активные ядра галактик – черные дыры массой от 106 до 1010 масс Солнца. Характеризуются низкой плотностью вещества. Образуются либо из черных дыр первого типа, либо из газа, сколлапсировавшего в нейтронную звезду
3. Черные дыры средней массы – с массой от десятка до миллионов масс солнца.
4. Квантовые черные дыры – минимальная масса порядка 10−5 г, радиус — 10−35 м. Для описания используется теория квантовой гравитации.
5. Первичные черные дыры - о них речь пойдет ниже.

Первичные черные дыры образовывались во времена 10-23—10-5 с после Большого Взрыва и в настоящее время носят статус гипотезы. Условие их образования – достаточной величины отклонения от однородности гравитационного поля и плотности материи.

Если в некоторой области возмущение метрики пространства изначально порядка единицы. Это означает, что расширение этой области отличается от темпа расширения остальной Вселенной. В достаточно малые времена она не является причинно связанной. Через время tг область оказывается внутри горизонта. Если возмущение метрики порядка единицы, то через время tг расширение сменяется сжатием. Плотность вещества во вселенной $ρ(t)∝\left(Gt^{2}\right)^{-1}$, плотность самозамыкания $ ρ\left(M\right)\~{M}/{r\_{g}^{3}}$. Масса вещества в нашей области $M=ρ(t\_{г})(сt\_{г})^{3}=с^{3}t\_{г}/G$. Тогда гравитационный радиус в рассматриваемой области $r\_{g}\~GM/c^{2}\~ct\_{г}$ и $ρ(t\_{г})\~/r\_{g}^{3}$. Т.о. градиенты давления не могут остановить сжатие.

Масса первичных черных дыр не ограничена снизу. Однако, от их массы зависит их время жизни: чёрные дыры с массой от 1015 до 1033 г могли бы доживать до настоящего времени и оказаться “живыми свидетелями” процессов, происходивших в те времена.

Зависимость от массы связана с испарением, т.н. излучением Хокинга. Несмотря на то, что в классической физике ничто не может выйти из-под горизонта событий черной дыры, квантовая физика допускает такую возможность: снаружи вблизи горизонта постоянно рождаются пары виртуальных частиц. Если энергия частицы будет положительной, а энергия античастицы будет отрицательной, то при падении в черную дыру последняя уменьшит ее энергию на соответствующую величину. Частица же оказывается способной улететь. Процессы испарения становятся центральными для первичных и квантовых черных дыр, для звездных же данными процессами можно пренебречь. От массы зависит спектр излучения:

$$T\_{BH}=\frac{ℏc^{3}}{8πkGM }$$

и интенсивность испарения, которая растет с уменьшением массы черной дыры:

$$L=\frac{ℏc^{6}}{15360πG^{2}M^{2} }$$

 Первичные чёрные дыры с массой меньшей 1015, должны были уже распасться к настоящему времени, взорвавшись на последней стадии – интенсивность на последней стадии нарастает лавинообразно. Время жизни описывается следующей формулой:

$$τ=\frac{5120πG^{2}M^{3}}{ℏc^{4}}$$

Вспышки при квантовом взрыве таких чёрных дыр давали бы потоки у-квантов с энергией порядка 200 МэВ. Наблюдения на гамма-телескопах не дают указаний на подобные вспышки с нужными свойствами. С другой стороны, вероятность этого мала: можно определить возможную верхнюю границу плотности распределения первичных черных дыр. Если считать, что весь рентгеновский фон Вселенной является результатом взрывов черных мини-дыр, то из расчетов, проделанных Д. Н. Пэйджем, а также С. Хокингом и Г. Ф. Шаплэном, следует, что плотность дыр— при условии, что они сосредоточены в галактиках — не может превышать 300 млн. единиц на 1 (св. год)3. Если же первичные черные дыры распределены во Вселенной равномерно, то соответствующая цифра уменьшается до 300 единиц— это и есть верхняя граница плотности первичных дыр. Существующие или строящиеся сейчас новые детекторы гамма-излучения способны зафиксировать отдельный взрыв на расстоянии не более 1 св. года.

Другая возможность обнаружения мини-дыр состоит в том, чтобы в качестве детектора гамма-излучения использовать атмосферу Земли. Высокоэнергетическое гамма- излучение, попадая в атмосферу, вызывает вторичное излучение, которое в принципе может наблюдаться с поверхности Земли в виде вспышек света. Результаты экспериментов Н. А. Портера и Т. К. Викеса (Дублинский университет) говорят о том, что в нашей части Галактики в течение столетия в объеме 1 (св. год)3 может происходить не более 2 взрывов первичных черных дыр. Д. Фегон и С. Данахер (также из Дублинского университета) предложили использовать 5500 зеркал самой большой в мире солнечной энергетической установки фирмы “Сандиа лабораторис” (шт. Нью-Мексико) для ночного поиска атмосферных вспышек, вызванных излучением взрывающихся первичных черных дыр.

Более перспективным кажется метод, предложенный в 1977 г. Рисом. Он показал, что частицы, высвобожденные в процессе взрыва мини-дыры, должны взаимодействовать с магнитным полем Галактики, формируя импульсы линейно поляризованного радиоизлучения, которые на сегодня зарегистрировать гораздо легче, чем импульсы гамма-излучения космического происхождения. При оптимальных условиях современные радиотелескопы свободно могли бы обнаружить такие взрывы на расстояниях вплоть до центра Галактики, а гигантский радиотелескоп в Аресибо (Пуэрто-Рико) в принципе способен детектировать одиночные взрывы мини-дыр даже в туманности Андромеды! Конечно, этот вывод основывается на многих допущениях, однако данный путь исследования пока представляется самым многообещающим. Из предварительного анализа результатов обзора неба в радиодиапазоне, проведенного в 1977 г. У. П. С. Мейклом, следует, что в 1 (св. год)3 за 3 млн. лет может случиться максимум один взрыв первичной черной дыры. Этот предел в сотни тысяч раз выше предела чувствительности современных детекторов гамма-излучения.

Наконец, существует исчезающе малая вероятность непосредственной встречи черной дыры.

Обнаружение первичных чёрных дыр представляет особенный интерес в связи с тем, что так как число и спектр масс первичных чёрных дыр тесно связаны со спектром начальных неоднородностей и уравнением состояния на ранних этапах, то появляется привлекательная возможность получения весьма ценной информации о состоянии вещества при сверхвысоких температурах и давлениях и о строении Вселенной в крайне отдалённом прошлом (фотонное излучение позволяет непосредственно судить о свойствах Вселенной в момент отрыва излучения от вещества (во времена ~10-12 с). Также это может дать информацию для изучения явления испарения чёрных дыр.