

# ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ И ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ



Подготовили Михальцова Анна и  
Герко Татьяна, 11 «М» класс

# Состав Вселенной



**Тёмная материя** — форма материи, которая не испускает электромагнитного излучения и не взаимодействует с ним. Это свойство данной формы вещества делает невозможным её прямое наблюдение.

Наиболее естественным кажется предположение, что тёмная материя состоит из обычного, барионного вещества, по каким-либо причинам слабо взаимодействующего электромагнитным образом и потому необнаружимого при исследовании, к примеру, линий излучения и поглощения. В состав тёмного вещества могут входить многие уже обнаруженные космические объекты, как то: тёмные галактические гало, коричневые карлики и массивные планеты, компактные объекты на конечных стадиях эволюции: белые карлики, нейтронные звёзды, чёрные дыры. Кроме того, такие гипотетические объекты, как кварковые звёзды, Q-звёзды и преонные звёзды также могут являться частью барионной тёмной материи.

# Классификация тёмной материи

- Ключевое предположение приводимой ниже классификации состоит в том, что частицы ТМ находились в термодинамическом равновесии с частицами космической плазмы на ранних стадиях эволюции Вселенной. В определенный момент времени температура упала настолько, что среднее время пролета частиц ТМ в плазме превысило хаббловское (реакция "заморозилась"), и взаимодействия с барионным веществом прекратились. В зависимости от температуры, при которой это произошло, ТМ делят на "горячую"

# Горячая тёмная материя

- Если в момент выхода из равновесия энергия частиц много превышала их массу, ТМ называют горячей. Такими могли бы быть легкие частицы типа нейтрино, но космологические данные исключают возможность того, что последние составляют значительную долю ТМ.

# Холодная тёмная материя

- Если частицы ТМ отщепились от космической плазмы уже будучи нерелятивистскими, такую ТМ называют «холодной». Она наиболее предпочтительна с точки зрения космологии, так как частицы горячей ТМ при движении с релятивистскими скоростями разглаживали бы неоднородности плотности материи на масштабах порядка хаббловского в ту эпоху и, таким образом, препятствовали бы образованию крупномасштабных структур, что противоречит наблюдательным данным.

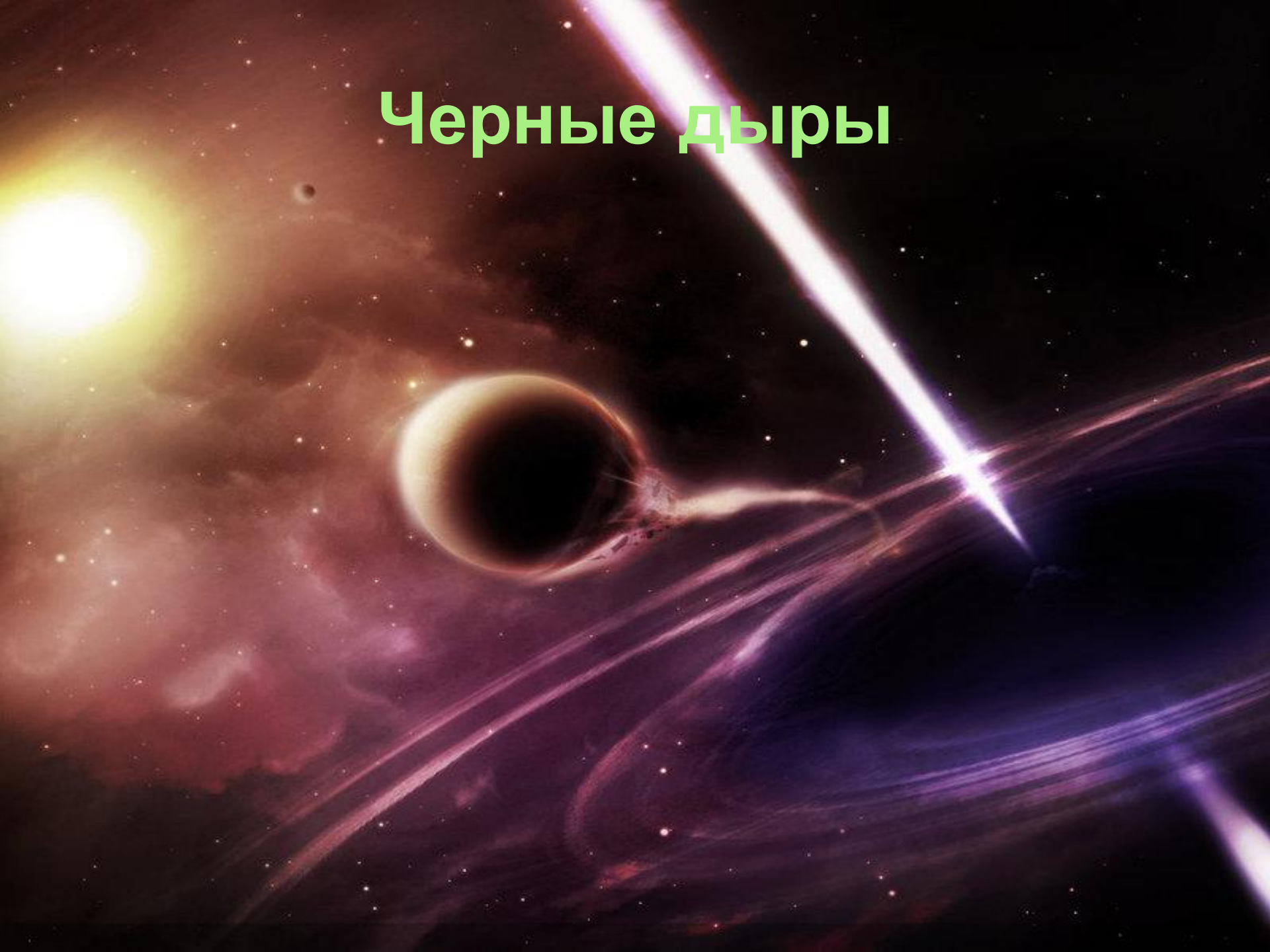
# Теплая тёмная материя

- Теплой называют ТМ, составленную из частиц массой больше или порядка 1 эВ. Естественно, они были релятивистскими в момент выхода из равновесия. В отдельный вид ТМ эти частицы выделяют потому, что горячая ТМ является релятивистской на момент перехода от радиационно-доминированной к пылевидной стадии расширения Вселенной (который случился при температурах порядка 1 эВ), а теплая уже не является. Это важно, поскольку рост возмущений плотности происходит существенно по-разному на этих стадиях, и этот рост существенно зависит от того, является ли ТМ релятивистской или нет на пылевидной стадии.

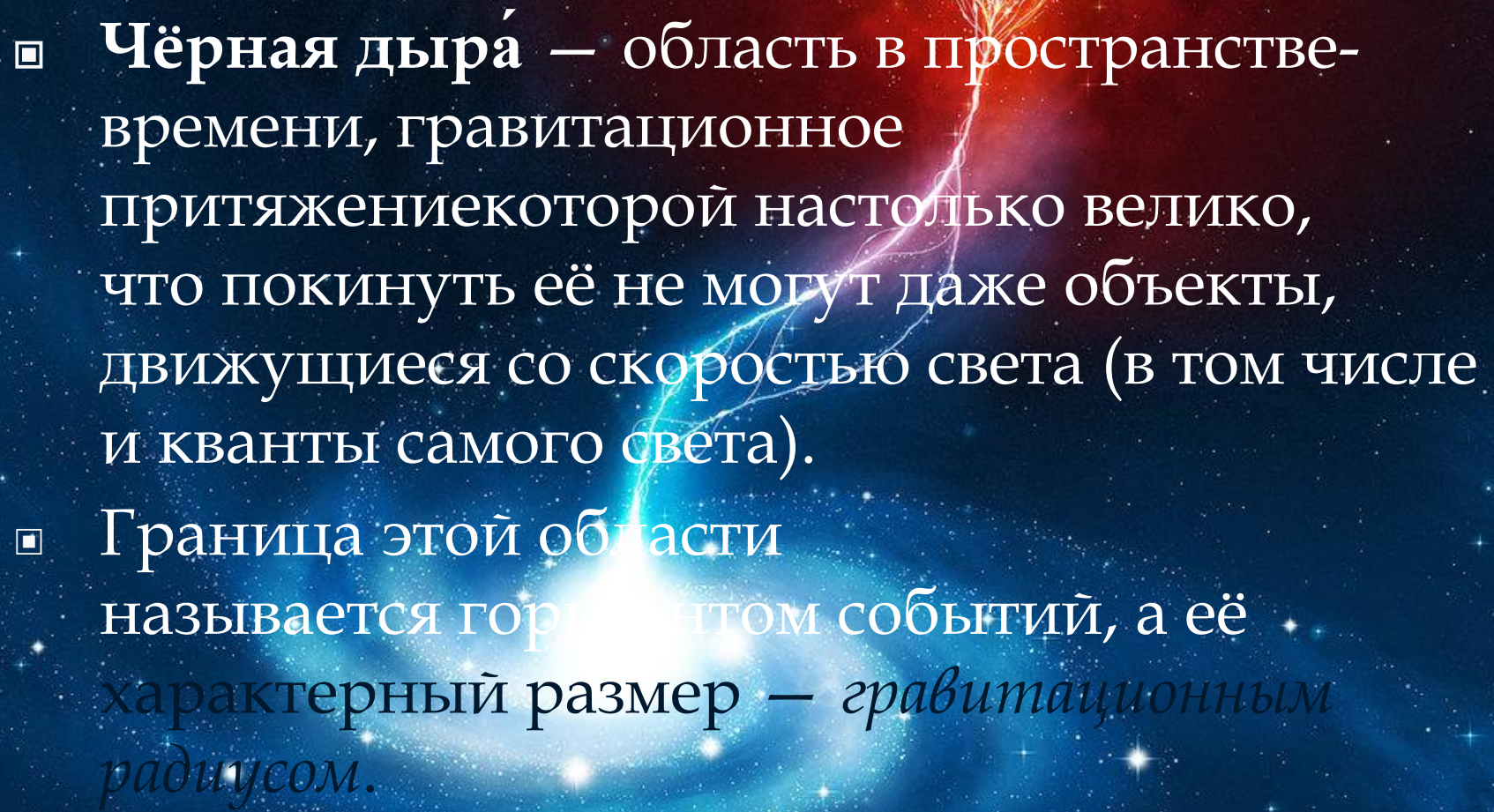
- Основная трудность при поиске частиц тёмной материи заключается в том, что все они электрически нейтральны. Имеются два варианта поиска: прямое и косвенное. При прямом поиске изучаются следствия взаимодействия этих частиц с электронами или атомными ядрами с помощью наземной аппаратуры. Косвенные методы основаны на попытках обнаружения потоков вторичных частиц, которые возникают, например, благодаря аннигиляции солнечной или галактической тёмной материи.



# Черные дыры



- Из всех гипотетических объектов Вселенной, предсказываемых научными теориями, черные дыры производят самое жуткое впечатление. И, хотя предположения об их существовании начали высказываться почти за полтора столетия до публикации Эйнштейном общей теории относительности, убедительные свидетельства реальности их существования получены совсем недавно.

- 
- ▣ Чёрная дыра́ — 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).
  - ▣ Граница этой области называется горизонтом событий, а её характерный размер — гравитационным радиусом.

- Вопрос о реальном существовании чёрных дыр тесно связан с тем, насколько верна теория гравитации, из которой следует их существование. В современной физике стандартной теорией гравитации, лучше всего подтверждённой экспериментально, является общая теория относительности (ОТО), уверенно предсказывающая возможность образования чёрных дыр.

- Кроме того, чёрными дырами часто называют объекты, не строго соответствующие данному выше определению, а лишь приближающиеся по своим свойствам к такой чёрной дыре — например, это могут быть коллапсирующие звёзды на поздних стадиях коллапса. В современной астрофизике этому различию не придаётся большого значения, так как наблюдательные проявления «почти сколлапсировавшей» («замороженной») звезды и «настоящей» («извечной») чёрной дыры практически одинаковы.

# История представлений о чёрных дырах

- В истории представлений о чёрных дырах условно можно выделить три периода:
- Начало первого периода связано с опубликованной в 1784 году работой Джона Мичелла, в которой был изложен расчёт массы для недоступного наблюдению объекта.
- Второй период связан с развитием общей теории относительности, стационарное решение уравнений которой было получено Карлом Шварцшильдом в 1915 году.
- Публикация в 1975 году работы Стивена Хокинга, в которой он предложил идею об излучении чёрных дыр, начинает третий период. Граница между вторым и третьим периодами довольно условна, поскольку не сразу стали ясны все следствия открытия Хокинга, изучение которых продолжается до сих пор.



@andihsand

# Обнаружение чёрных дыр

■ На данный момент учёными обнаружено около тысячи объектов во Вселенной, которые причисляются к чёрным дырам. Всего же, предполагают учёные, существует 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, который задаётся формулой

$$R_g = \frac{2GM}{c^2}$$

■ где  $G$  — гравитационная постоянная,  $M$  — масса объекта,  $c$  — скорость света.

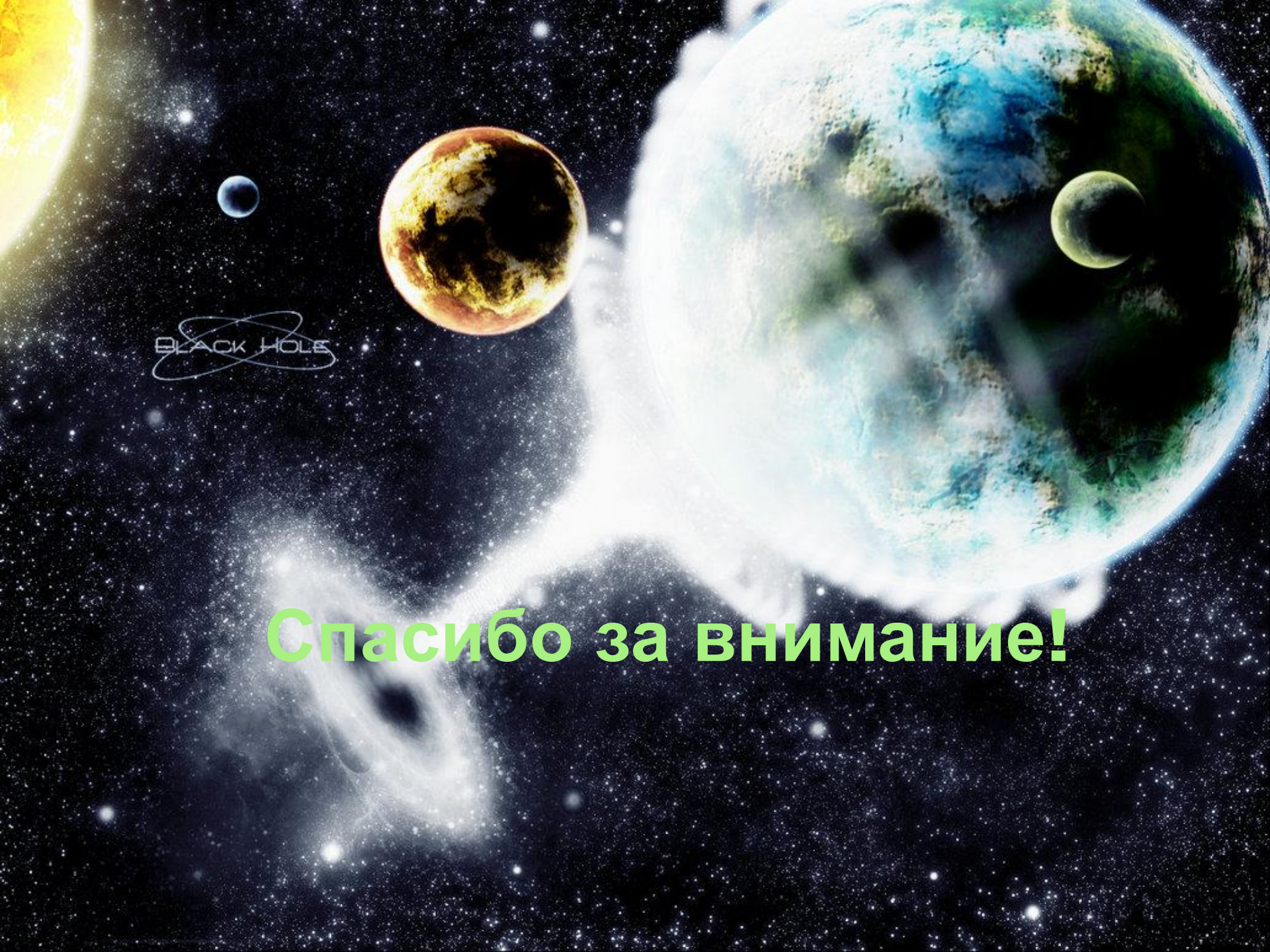
# Сверхмассивные черные дыры



- В центре нашего Млечного Пути и других галактик располагается невероятно массивная черная дыра в миллионы раз тяжелее Солнца. Эти *сверхмассивные черные дыры* (такое название они получили) были обнаружены по наблюдениям за характером движения межзвездного газа вблизи центров галактик.



- ▣ Еще в 2011 году ученые предположили, что примитивные черные дыры являются источником темной материи
- ▣ Исследователи Шраван Ханазоге и Михаэль Кесден в ходе своих научных экспериментов предположили, что примитивные черные дыры, то есть те, которые появились сразу после Большого Взрыва, могли быть источником темной материи в нашей вселенной.



BLACK HOLE

**Спасибо за внимание!**