

**КОНЦЕПЦИИ      СОВРЕМЕННОГО  
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ (КСЕ)  
лекция № 5 (часть 1)**

***Общие представления  
о Вселенной***

**Лектор: доцент кафедры методики обучения безопасности  
жизнедеятельности  
Силакова Оксана Владимировна**

**Вселенная** – окружающий нас мир, бесконечный в пространстве, во времени и по многообразию форм заполняющего его вещества и его превращений.  
Вселенную изучает астрономия.

**Астрономия** (от греч. *astron* – звезда, *nomos* - наука) – наука о движении, строении, возникновении, развитии небесных тел, их систем и Вселенной в целом

. Основной метод получения астрономических знаний – наблюдение, поскольку за редким исключением эксперимент при изучении Вселенной невозможен.

**Космология** (от греч. *kosmos* - мир и *logos* – учение) – область науки, в которой изучается Вселенная как единое целое и космические системы как ее части.

Учитывая древнегреческое значение термина «космос» - «порядок», «гармония» – важно отметить, что космология открывает упорядоченность нашего мира и нацелена на поиск законов его функционирования. Открытие этих законов и представляет собой цель изучения Вселенной как единого упорядоченного целого.

Космология близко соприкасается с **космогонией** (от греч. *kosmos* – мир, *gonos* – рождение) как разделом астрономии, изучающим происхождение космических объектов и систем.

Вместе с тем подход космологии и космогонии к изучаемым явлениям различен – космология изучает закономерности всей Вселенной, а космогония рассматривает конкретные космические тела и системы.

**Звезды** – гигантские раскаленные  
самосветящиеся небесные тела.

**Планеты**- холодные небесные тела, которые  
обращаются вокруг звезды и светят светом,  
отраженным от звезды.

**Спутники** (планет) – холодные небесные тела,  
которые обращаются вокруг планет и светят  
отраженным от звезд светом.

Так, **Солнечная система** (или планетная  
система) – совокупность небесных тел – планет,  
их спутников, астероидов, комет,  
обращающихся вокруг Солнца под действием  
силы его тяготения. В Солнечную систему  
входят 9 планет, их спутники, свыше 100 тысяч  
астероидов, множество комет.

***Астероиды*** (или малые планеты) – небольшие холодные небесные тела, входящие в состав Солнечной системы. Имеют диаметр от 800 км до 1 км и менее, обращаются вокруг Солнца по тем же законам, по которым движутся и большие планеты.

***Кометы*** – небесные тела, входящие в состав Солнечной системы. Имеют вид туманных пятнышек с ярким сгустком в центре – ядром. Ядра комет имеют маленькие размеры - несколько километров.

**Галактика** – гигантская звездная система, насчитывающая более 100 млрд. звезд, обращающихся вокруг ее центра.

**Звездные скопления** – группы звезд, разделенные между собой меньшим расстоянием, чем обычные межзвездные расстояния. Звезды в такой группе связаны общим движением в пространстве и имеют общее происхождение.

***Метагалактика*** – грандиозная совокупность отдельных галактик и скоплений галактик.

В современной трактовке понятия «Метагалактика» и «Вселенная» чаще отождествляют.

Но иногда Метагалактика толкуется лишь как видимая часть Вселенной, при этом Вселенная сводится к бесконечности.

При изучении объектов Вселенной имеют дело со сверхбольшими расстояниями.

Для удобства при измерении таких сверхбольших расстояний в космологии используют *специальные единицы*:

- *астрономическая единица (а.е.)* соответствует расстоянию от Земли до Солнца – 150 млн.км.

Эта единица, как правило, применяется для определения космических расстояний в пределах Солнечной системы. Например, расстояние от Солнца до самой удаленной от него планеты – Плутона – 40 а.е.;

- *световой год* – расстояние, которое световой луч, движущийся со скоростью 300000 км/с, проходит за один год. Это  $\sim 10^{13}$  км.

1 а.е. равна 8,3 световым минутам. В световых годах определяют расстояние до звезд и других космических объектов, находящихся за пределами Солнечной системы;

- *парсек (пк)* - (русское обозначение: **пк**<sup>[1]</sup>; международное: **pc**) — распространённая в астрономии внесистемная единица измерения расстояний, равная расстоянию до объекта, годовой тригонометрический параллакс которого равен одной угловой секунде<sup>[2]</sup>. Название образовано из сокращений слов «параллакс» и «секунда». Используют для измерения расстояний внутри звездных систем и между ними. 30,8568 трлн км (петаметров) = 3,2616 светового года.

## Некоторые расстояния

1 [астрономическая единица](#) (а. е.) составляет приблизительно  $4,848 \cdot 10^{-6}$  парсека;

по состоянию на [13 февраля 2015 года](#), космический аппарат «[Вояджер-1](#)» находился на расстоянии 0,000630 пк (19,4 млрд км, или 130 [а. е.](#)) от Солнца, удаляясь по 17,5 микропарсек за год (3,6 а. е./год);

диаметр [облака Оорта](#)  $\approx 0,62$  пк;

расстояние от [Солнца](#) до ближайшей звезды ([Проксима Центавра](#)) составляет 1,3 парсека;

расстояние в 10 пк свет проходит за 32 года 7 месяцев и 6 дней;

расстояние от Солнца до ближайшего [шарового скопления](#), [М 4](#), составляет 2,2 кпк;

расстояние от Солнца до центра [нашей Галактики](#) — около 8 кпк;  
диаметр нашей Галактики около 30 кпк;

расстояние до [туманности Андромеды](#) — 0,77 Мпк;

ближайшее крупное скопление галактик, [скопление Девы](#), находится на расстоянии 18 Мпк;

в масштабах порядка 300 Мпк [Вселенная практически однородна](#)<sup>[6]</sup>;

расстояние до первого открытого, самого яркого и одного из ближайших [квазаров](#), [3С 273](#), составляет 734 Мпк;

до горизонта [наблюдаемой Вселенной](#) — около 4 Гпк (если измерять расстояние, пройденное регистрируемым на Земле светом), или, если оценивать современное расстояние — с учётом расширения Вселенной (то есть до удалившихся объектов, это излучение когда-то испустивших)  $\approx 14$  Гпк<sup>[7]</sup>;

Задачами современной астрономии являются не только объяснение данных астрономических наблюдений, но и *изучение эволюции Вселенной* (от лат. *evolutio*-развертывание, развитие).

Эти вопросы рассматривает космология – наиболее интенсивно развивающаяся область астрономии.

*Изучение эволюции Вселенной основано на следующем:*

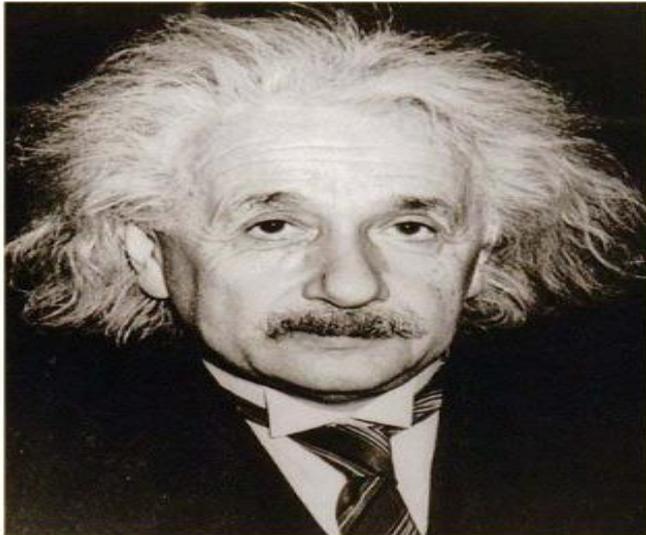
- *универсальные физические законы считаются действующими во всей Вселенной;*
- *выводы из результатов астрономических наблюдений признаются распространяемыми на всю Вселенную;*
- *истинными признаются только те выводы, которые не противоречат возможности существования самого наблюдателя, т.е. человека (антропный принцип).*

**Модель** (от лат. *modulus* – образец, норма) – это схема определенного фрагмента природной или социальной реальности (оригинала), возможный вариант его объяснения.

В основе современной космологии лежит эволюционный подход к вопросам возникновения и развития Вселенной, в соответствии с которым разработана **модель расширяющейся Вселенной**.

Ключевой предпосылкой создания модели эволюционирующей расширяющейся Вселенной послужила общая теория относительности А.Эйнштейна (немецкий физик, 1916г.).

## **Работы Эйнштейна.**



1905 г. – специальная теория относительности

1907 г.- квантовая теория теплоёмкости

1949 г. - Броуновское движение

1915—1916 г. – Общая теория относительности



Согласно этой модели Вселенная обладает следующими свойствами:

- **однородностью**, т.е. имеет одинаковые свойства во всех точках;
- **изотропностью**, т.е. имеет одинаковые свойства по всем направлениям;
- **нестационарностью**

Впервые вывод о нестационарности Вселенной сделал А.А.Фридман, российский физик и математик, в 1922г.

Впервые вывод о нестационарности Вселенной сделал А.А.Фридман, российский физик и математик, в 1922г.

В 1929 году американский астроном *Эдвин Хаббл* открыл так называемое «красное смещение». *Красное смещение* – это понижение частот электромагнитного излучения: в видимой части спектра линии смещаются к его красному концу.

На основе результатов проведенных исследований Э.Хаббл сформулировал важный для космологии закон (*закон Хаббла*): *Чем дальше галактики отстоят друг от друга, тем с большей скоростью они удаляются друг от друга.* Это означает, что Вселенная нестационарна: она находится в состоянии постоянного расширения.

## Модель расширяющейся Вселенной (Вселенная Фридмана, нестационарная Вселенная)



В 1922 г. советский ученый А. А. Фридман разработал первую нестационарную модель Вселенной. Эта теория не находится в противоречии с общей теорией относительности, но если Вселенная расширяется, то должно было произойти некое событие, приведшее к разбеганию звезд и галактик. Это явление очень напоминало взрыв, поэтому ученые и назвали его «Большим взрывом».



В 1929 Хаббл Э. открыл «красное смещение» в спектрах далеких галактик.



В 1965 году американские астрофизики Арно Алан Пензиас и Уильямс открыли разнородность фонового излучения.

PENZIAS, Arno Allan  
Nobel Laureate PHYSICS 1978  
© Sverdrup



Уильямс открыл реликтовые частицы, возникшие в момент большого взрыва.



В 1929 году американский астроном *Эдвин Хаббл* открыл так называемое «красное смещение». *Красное смещение* – это понижение частот электромагнитного излучения: в видимой части спектра линии смещаются к его красному концу.

На основе результатов проведенных исследований Э.Хаббл сформулировал важный для космологии закон (*закон Хаббла*): *Чем дальше галактики отстоят друг от друга, тем с большей скоростью они удаляются друг от друга.* Это означает, что Вселенная нестационарна: она находится в состоянии постоянного расширения.

**закон Хаббла:** *скорость удаления галактики  $V$  прямо пропорциональна расстоянию  $g$  до нее, т.е.*

$$V=Hr,$$

*где  $H= 75$  км/ сМпк— постоянная Хаббла.*



1. Смещения нет –  
галактика стоит на месте



2. Красное смещение –  
галактика удаляется от Земли

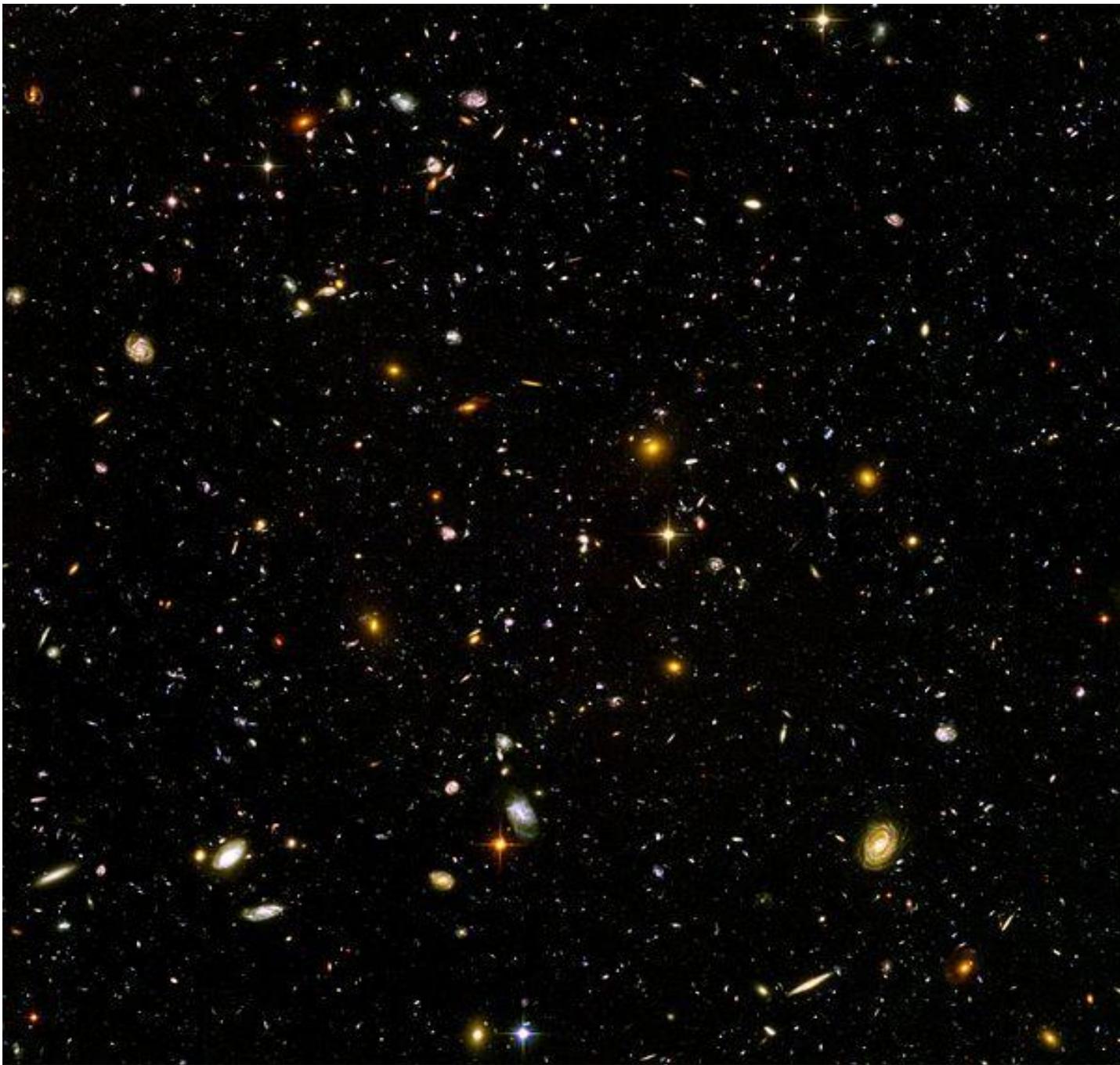


3. Синее смещение –  
галактика приближается к Земле



Космический  
телескоп  
«Хаббл»

**Автоматическая обсерватория на орбите вокруг Земли, названная в честь Эдвина Хаббла. Телескоп «Хаббл» — совместный проект НАСА и Европейского космического агентства; он входит в число Больших обсерваторий НАСА.**



На изображении, полученном по программе Hubble Ultra Deep Field, видны сотни галактик, самые красные и тусклые образовались всего через 800 млн лет после Большого взрыва.

# Реликтовое излучение

В 1964 году американские физики А. Пензиас и Р. Уилсон обнаружили предсказанный Г. Гамовым эмпирический факт: Вселенная наполнена электромагнитным излучением в микроволновом диапазоне частот. Последовавшие измерения показали, что это характерное классическое излучение черного тела, свойственное объектам с температурой около  $-270^{\circ}\text{C}$  (3 К), т. е. всего на три градуса выше абсолютного нуля.

Простая аналогия поможет нам интерпретировать этот результат. Представьте, что вы сидите у камина и смотрите на угли. Пока огонь горит ярко, угли кажутся желтыми. По мере затухания пламени угли тускнеют до оранжевого цвета, затем до темно-красного. Когда огонь почти затух, угли перестают испускать видимое излучение, однако, поднеся к ним руку, вы почувствуете жар, что означает, что угли продолжают излучать энергию, но уже в инфракрасном диапазоне частот. Чем холоднее объект, тем ниже излучаемые им частоты и больше длина волн. По сути, Пензиас и Уилсон определили температуру «космических углей» Вселенной после того, как она остывала на протяжении 13,7 миллиардов лет: ее фоновое излучение оказалось в диапазоне микроволновых радиочастот.

Исторически это открытие и предопределило выбор в пользу космологической теории Большого взрыва.

Открытие реликтового излучения, удостоенное в 1978 г. Нобелевской премии по физике, является важным достижением современной науки. Оно подтверждает правильность теории «горячей» расширяющейся Вселенной, описывающей эволюцию Вселенной в течение десятков миллиардов лет.

Из этой теории следует, что на ранней стадии эволюции Вселенная существенно отличалась от современной и представляла собой сгусток сверхплотной плазмы и излучения с очень высокой температурой, рожденных в момент Большого взрыва.

# ***моделью горячей Вселенной***

***Из этой модели следуют два вывода:***

- 1). вещество, из которого зарождались первые звезды, состояло в основном из водорода (75 %) и гелия (25 %);**
- 2). в сегодняшней Вселенной должно наблюдаться слабое электромагнитное излучение, сохранившее память о начальном этапе развития Вселенной и поэтому названное реликтовым**

Открытие **реликтового излучения** в 1965г. явилось наблюдательным обоснованием концепции горячей Вселенной.

В соответствии с моделью, разработанной на основе теории относительности,

***расширяющаяся Вселенная:***

*-однородная*

*- изотропная*

*-нестационарная*

*- горячая*

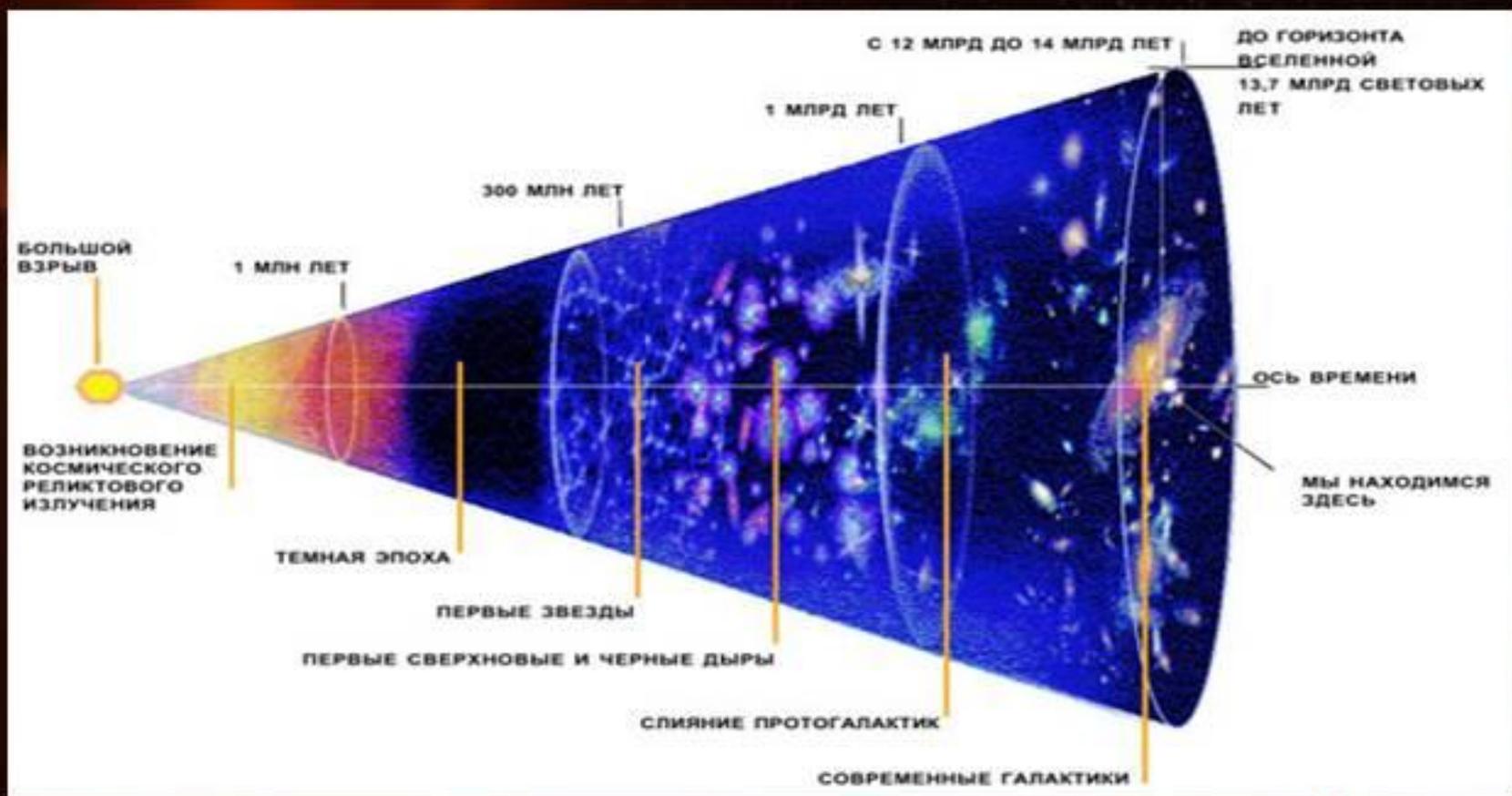
Убедительными аргументами, подтверждающими обоснованность космологической модели расширяющейся Вселенной, являются установленные факты.

К числу таких фактов относятся следующие:

- *расширение Вселенной в соответствии с законом Хаббла;*
- *однородность светящейся материи на расстояниях порядка 100 мегапарсек;*
- *существование реликтового фона излучения с тепловым спектром, соответствующим температуре 2,7K (-270.45 C)*

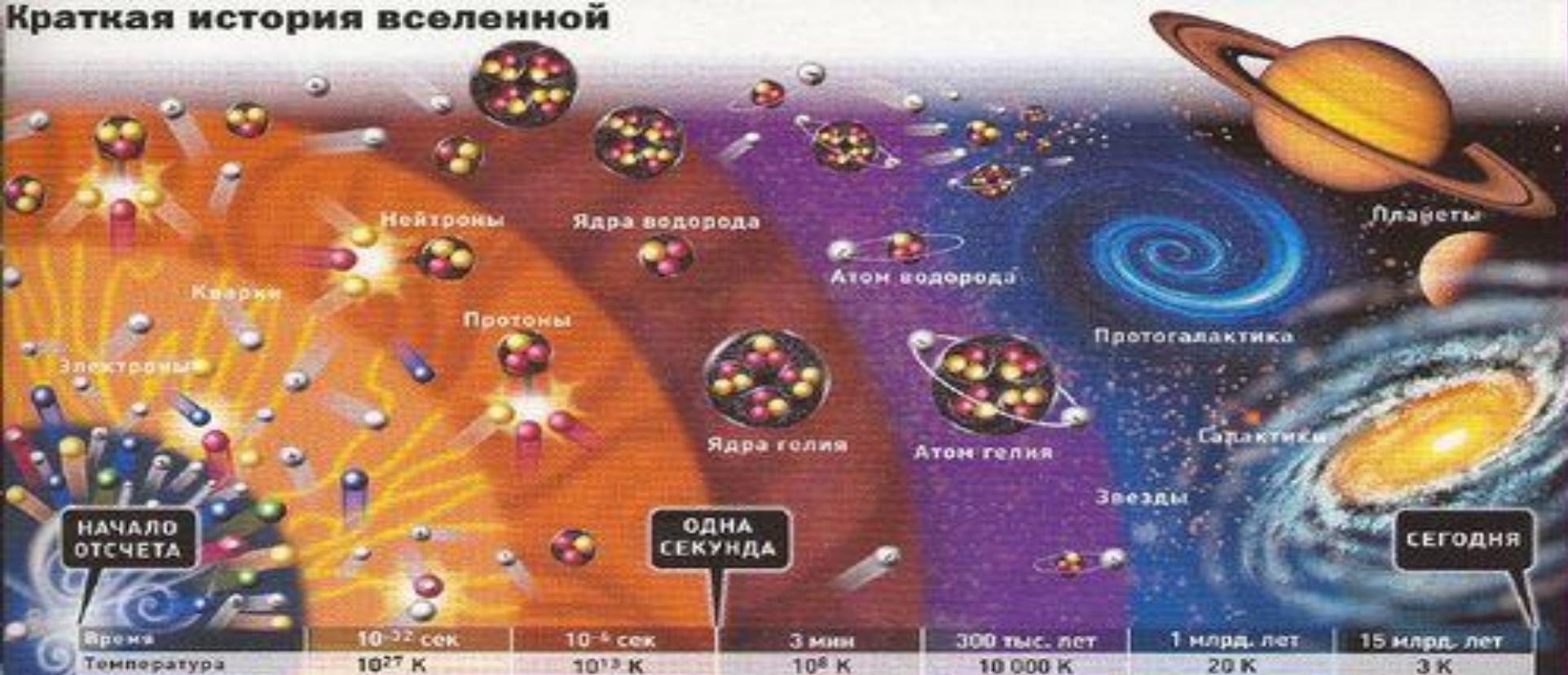
# Теория Большого взрыва

- В основе этой теории лежит предположение, что физическая Вселенная образовалась в результате гигантского взрыва примерно 15 – 20 млн. лет назад, когда всё вещество и энергия современной Вселенной были сконцентрированы в водном сгустке. Модель Большого Взрыва (БВ) была предложена в 1948 году Г.А. Гамовым.



Модель Большого взрыва

# Краткая история вселенной



## ВРЕМЯ

$10^{-45}$  –  $10^{-37}$  сек  
 $10^{-6}$  сек  
 $10^{-5}$  сек  
 $10^{-4}$  сек – 3 мин  
 400 тыс. лет  
 15 млн. лет  
 1 млрд. лет  
 3 млрд. лет  
 10 – 15 млрд. лет  
 $10^{14}$  лет  
 $10^{37}$  лет  
 $10^{40}$  лет  
 $10^{100}$  лет

## ТЕМПЕРАТУРА

Более  $10^{26}$  К  
 Более  $10^{13}$  К  
 $10^{12}$  К  
 $10^{11}$ – $10^9$  К  
 4 000 К  
 300 К  
 20 К  
 10 К  
 3 К  
 $10^{-2}$  К  
 $10^{-18}$  К  
 $10^{-20}$  К  
 $10^{-60}$ – $10^{-40}$  К

## СОСТОЯНИЕ

Инфляционное расширение  
 Возникновение кварков и электронов  
 Образование протонов и нейтронов  
 Возникновение ядер дейтерия, гелия и лития  
 Образование атомов  
 Продолжение расширения газового облака  
 Зарождение первых звезд и галактик  
 Образование тяжелых ядер при взрывах звезд  
 Появление планет и разумной жизни  
 Прекращение процесса рождения звезд  
 Истощение энергии всех звезд  
 Испарение черных дыр и рождение элементарных частиц  
 Завершение испарения всех черных дыр

# Хронология эволюции Вселенной

- 15 млрд лет назад – Большой Взрыв
- 3 минуты спустя – образование вещественной основы Вселенной
- через несколько сотен тысяч лет – появление атомов (H, He)
- 14-13 млрд лет назад – образование разномасштабных структур (галактик)
- 10 млрд лет назад – появление звезд первого поколения, образование атомов тяжелых элементов
- 5 млрд лет назад – рождение Солнца
- 4.6 млрд лет назад – образование Земли
- 3.6 млрд лет назад – зарождение жизни
- 450 млн лет назад – выход жизни на сушу
- 150 млн лет назад – появление млекопитающих
- 4 млн лет назад – начало антропогенеза



**Фриц Цвикки** (нем. Fritz Zwicky; 14 февраля 1898, Варна, Болгария — 8 февраля 1974, Пасадена, США) — американский астроном швейцарского происхождения.

**В 1932 году Ф. Цвикки выдвигает идею о существовании тёмной материи — вещества, не проявляющего себя электромагнитным излучением, но участвующего в гравитационном взаимодействии.**



**Георгий Антонович Га́мов,**  
**также известен как Джордж**  
**Гамов** (20 февраля (4 марта)  
1904, Одесса — 19 августа  
1968, Боулдер) — советский и  
американский физик-  
теоретик, астрофизик и  
популяризатор науки.

**В 1946—1949 годах Г. Гамов,** пытаюсь объяснить происхождение химических элементов, применяет законы ядерной физики к началу расширения Вселенной. Так возникает теория «горячей Вселенной» — теория Большого Взрыва, а вместе с ней и гипотеза об изотропном реликтовом излучении с температурой в несколько Кельвин.

**Квazarы** - мощные источники космического радиоизлучения, которые, как предполагают, являются самыми яркими и далекими из известных сейчас небесных объектов.

**Нейтронные звезды** – предполагаемые звезды, состоящие из нейтронов, образующиеся, вероятно, в результате вспышек сверхновых звезд.

**Черные дыры** (или «застывшие звезды», «гравитационные могилы») – объекты, в которые, как предполагают, превращаются звезды на заключительной стадии своего существования. Пространство черной дыры как бы вырвано из пространства Метагалактики: вещество и излучение проваливаются в нее и не могут выйти обратно.



**Стивен Уильям Хокинг** (англ. Stephen William Hawking, род. 8 января 1942, Оксфорд, Великобритания) — один из наиболее влиятельных и известных широкой общественности физиков-теоретиков нашего времени.

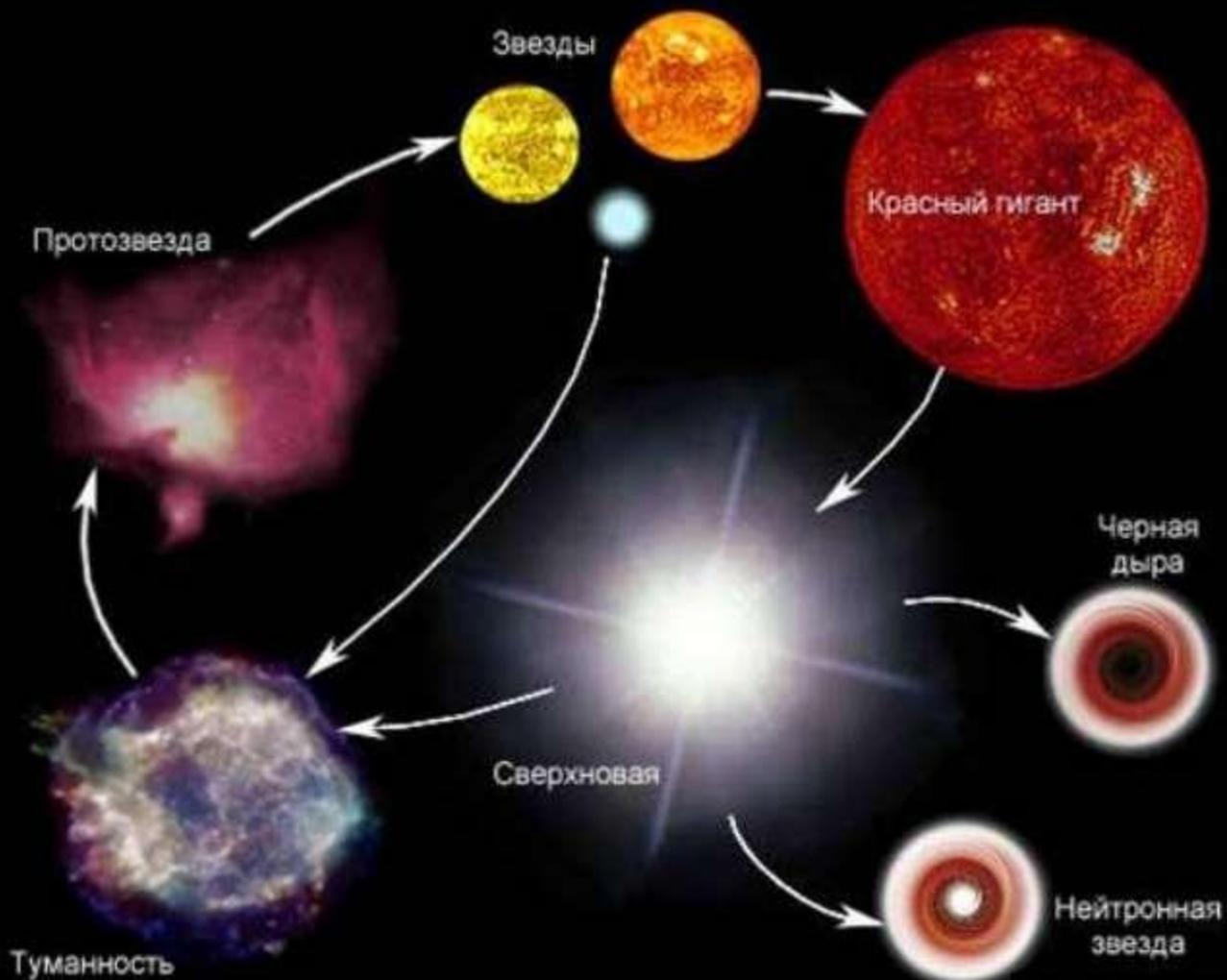
Основная область исследований Хокинга — космология и квантовая гравитация.

## главные исследования Хокинга:

- применение термодинамики к описанию чёрных дыр;
- разработка в 1975 г. теории о том, что чёрные дыры «испаряются» за счёт явления, получившего название излучение Хокинга;
- 21 июля 2004 года Хокинг представил доклад, в котором он изложил свою точку зрения на разрешение парадокса исчезновения информации в чёрной дыре.

## ГИПОТЕЗА О ЧЕРНЫХ ДЫРАХ

Если некоторая масса вещества оказывается в сравнительно небольшом объеме, критическом для нее, то под действием сил собственного тяготения такое вещество начинает неудержимо сжиматься. Наступает своеобразная гравитационная катастрофа — **гравитационный коллапс.**



По современным представлениям, массивные звезды, с массой в несколько раз больше массы Солнца, заканчивая свою эволюцию, могут в конце концов сжаться (сколлапсировать) и превратиться в Нейтронную звезду или в Черную дыру.

Чёрные дыры были предсказаны в 1916 году Карлом Шварцшильдом, а сам термин "черная дыра" появился совсем недавно. Его ввел в обиход в 1969 г. американский ученый Джон Уилер.



До этого их называли "коллапсар" или "застывшая звезда".



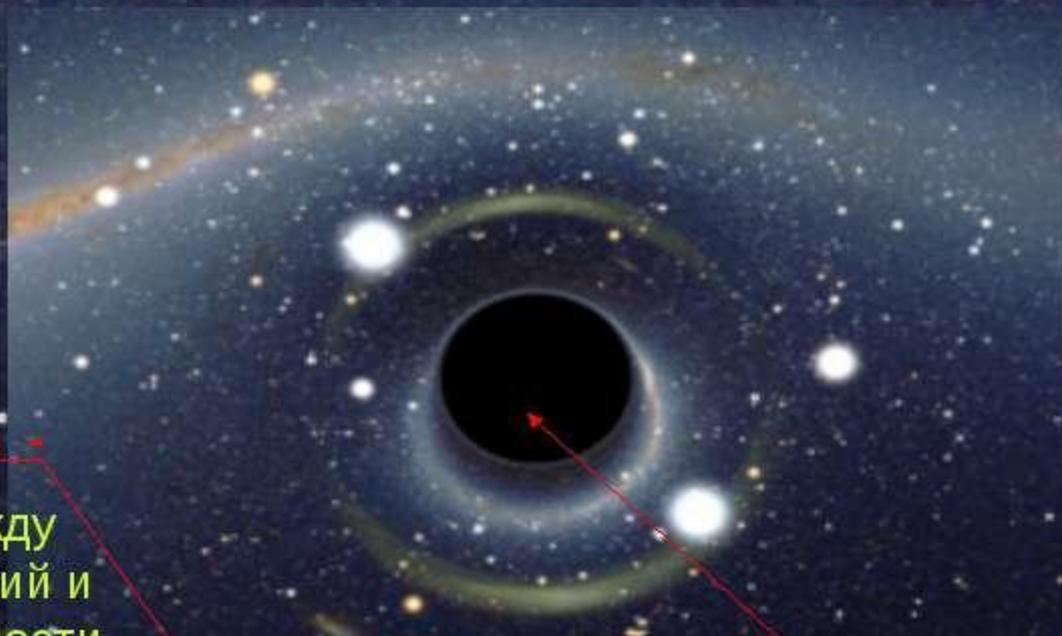
### Черной дырой

называется область пространства-времени, в которой гравитационное поле столь сильно, что ни один объект (даже свет) не может вырваться из нее.

### Горизонт событий

это граница области за которую не выходит свет.

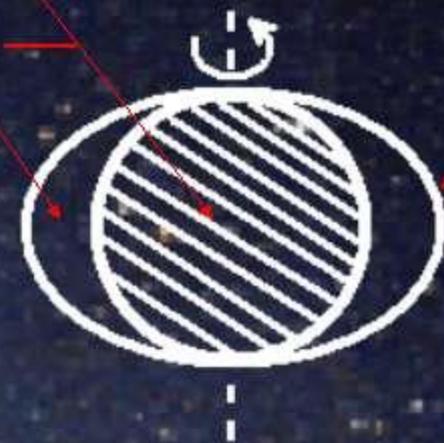
Скорость тел на горизонте событий имеют одну и ту же скорость.



Эргосфера -

пространство между горизонтом событий и пределом статичности.

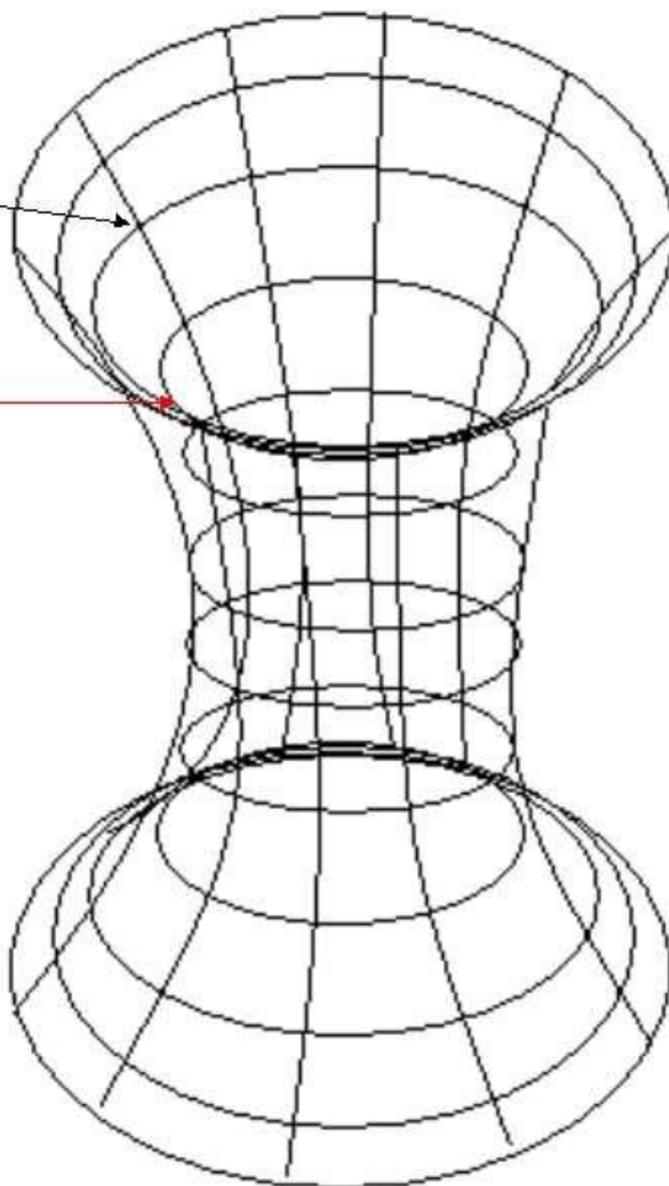
Черная дыра.



Предел статичности -

внешняя граница области в которой все тела и частицы увлекаются в движение вокруг черной дыры.

Силовые линии  
гравитационного поля  
черной дыры



Черная дыра –  
космический объект,  
возникший в  
результате сжатия  
массивной потухшей  
звезды  
гравитационными  
силами до размеров  
меньших ее  
гравитационного  
радиуса.

Горизонт событий



Геометрическое представления черной дыры.

Если тело, образовавшее Черную дыру, вращалось, то вокруг Черной дыры сохраняется «вихревое» гравитационное поле, увлекающее все тела вблизи Черной дыры во вращательное движение вокруг неё.

“”Вихрь”

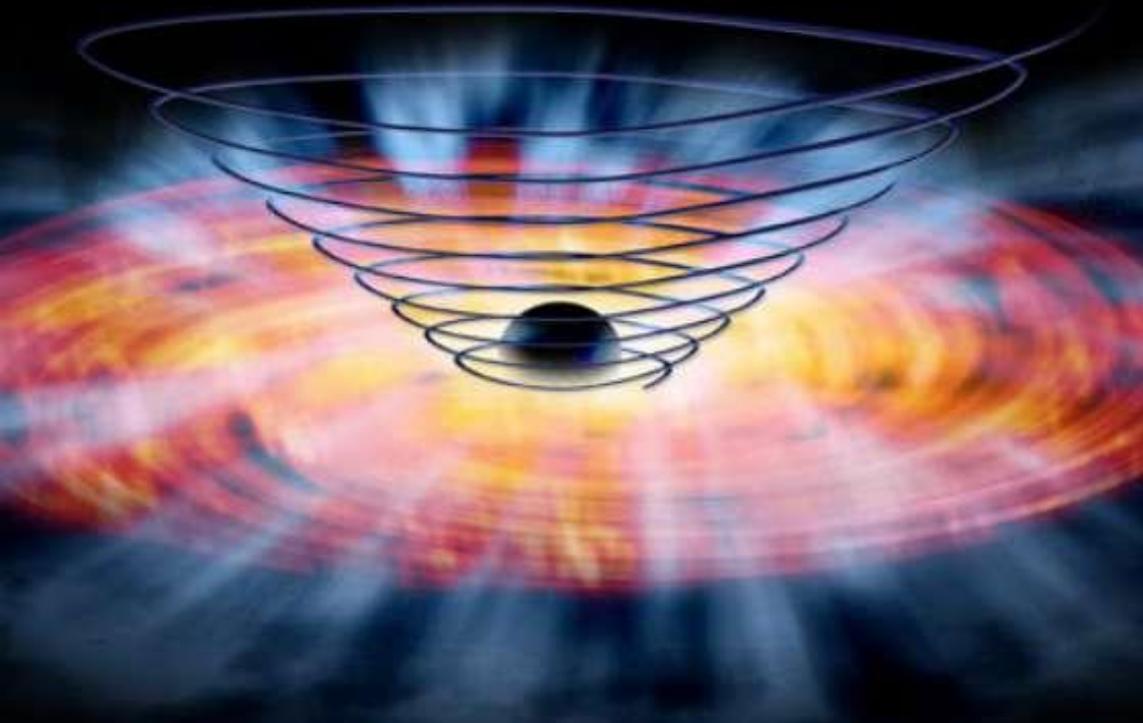


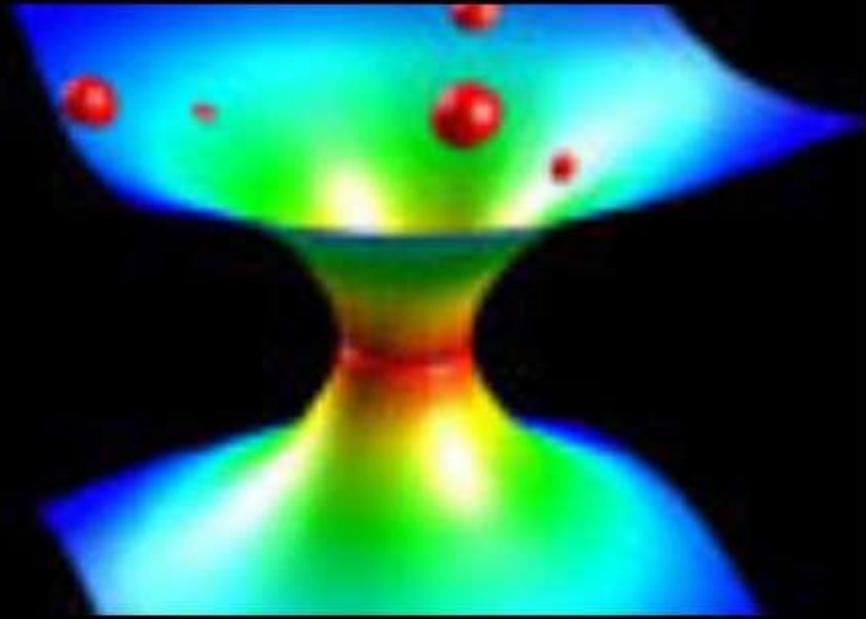
Чем ближе к черной дыре, тем больше скорость кругового движения.

Чёрные дыры характеризуются тремя параметрами:

- массой ( $M$ ),
- моментом вращения ( $L$ ),
- электрическим зарядом ( $Q$ ).

Все они складываются из соответствующих характеристик упавших в неё тел и излучения.

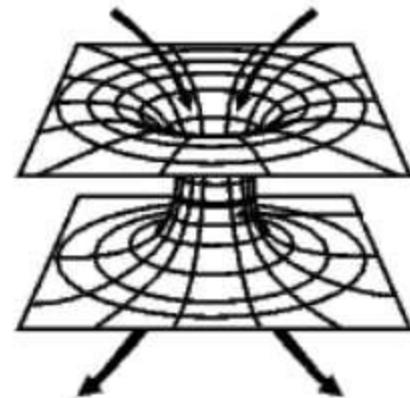




*По ту сторону чёрных дыр, как полагают некоторые астрофизики, расположены объекты не менее загадочные: „белые дыры“. Если чёрные дыры без устали поглощают материю, белые дыры неустанно порождают её. Одни пожирают целые миры, другие порождают новые миры .*

Предположительно Белая дыра имеет такой вид.

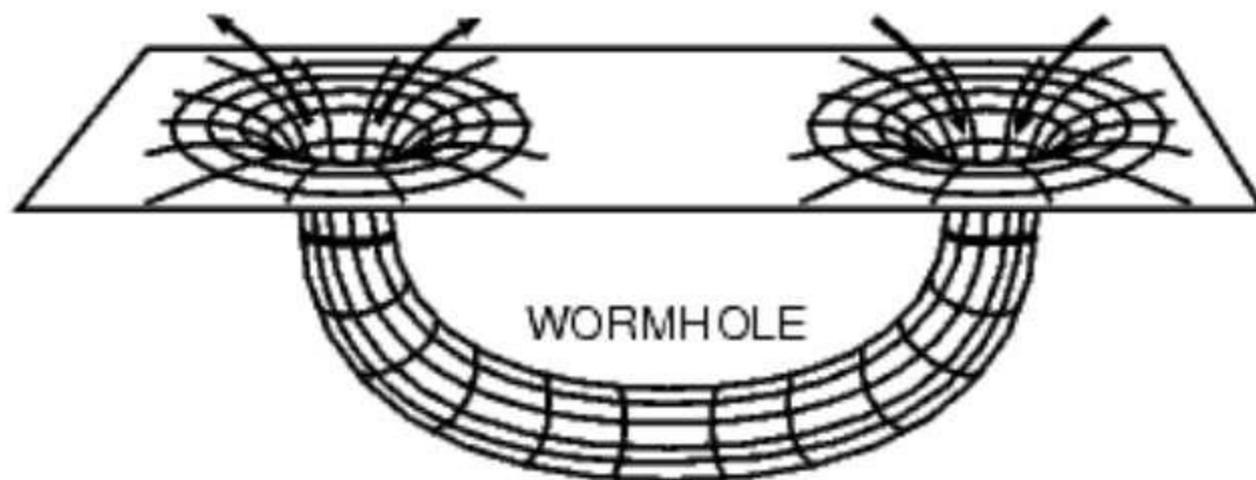
Черная дыра



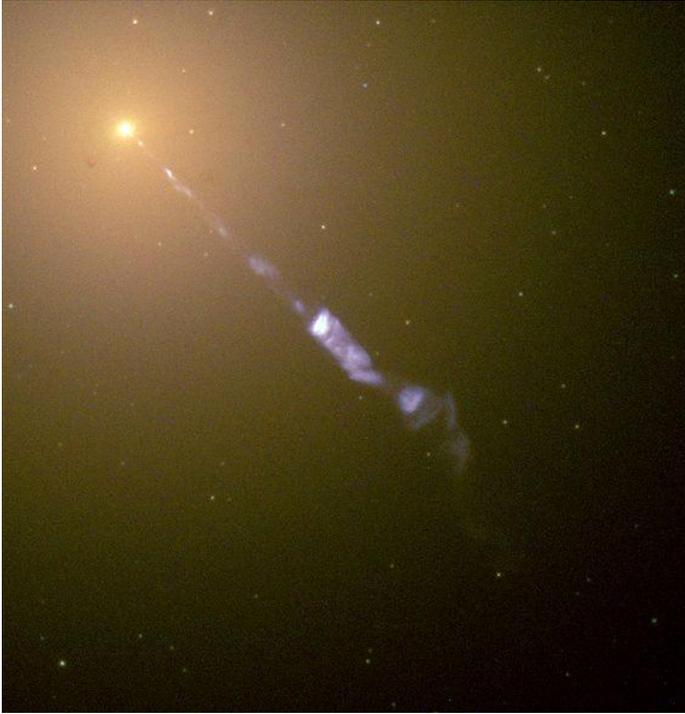
Белая дыра

Белая  
дыра

Черная  
дыра



**Кротовая нора**



Изображение, полученное с помощью телескопа «Хаббл»: Активная галактика M87. В ядре галактики, предположительно, находится чёрная дыра. На снимке видна релятивистская струя длиной около 5 тысяч световых лет