

Галактики

Галактика Млечный Путь

© Гиенко Е.Г.,
кафедра астрономии и гравиметрии СГГА



Солнце – одна из звезд галактики **Млечный Путь.**

Состав Галактики:

1. **Звезды** (~ 100 млрд.).

Одиночные звезды, **кратные** звезды,

звездные скопления -

гравитационно связанные системы звезд

(рассеянные и шаровые).

2. Межзвездный газ и пыль – **туманности**

Диффузные (неправильной формы)

Планетарные (правильной)

3. **Космические лучи**

Рассеянные скопления

Не имеют правильной формы.

Встречаются в диске (рукавах) Галактики.

Тысячи звезд.

Звезды молодые, голубого цвета - горячие.

Шаровые скопления

Звезды собраны в сферической или эллиптической форме.

Расположены в сферической подсистеме, концентрируются к центру Галактики.

Сотни тысяч звезд.

Звезды старые, желтые, холодные, гиганты и сверхгиганты.

**Примеры рассеянных
скоплений:**



Рассеянное скопление Плеяды
в созвездии Тельца.
Расстояние 400 световых лет



Двойное рассеянное скопление χ и κ в созвездии Персея
Расстояние 6200 световых лет



Рассеянное скопление
в созвездии Рака.
Расстояние 2500 световых лет

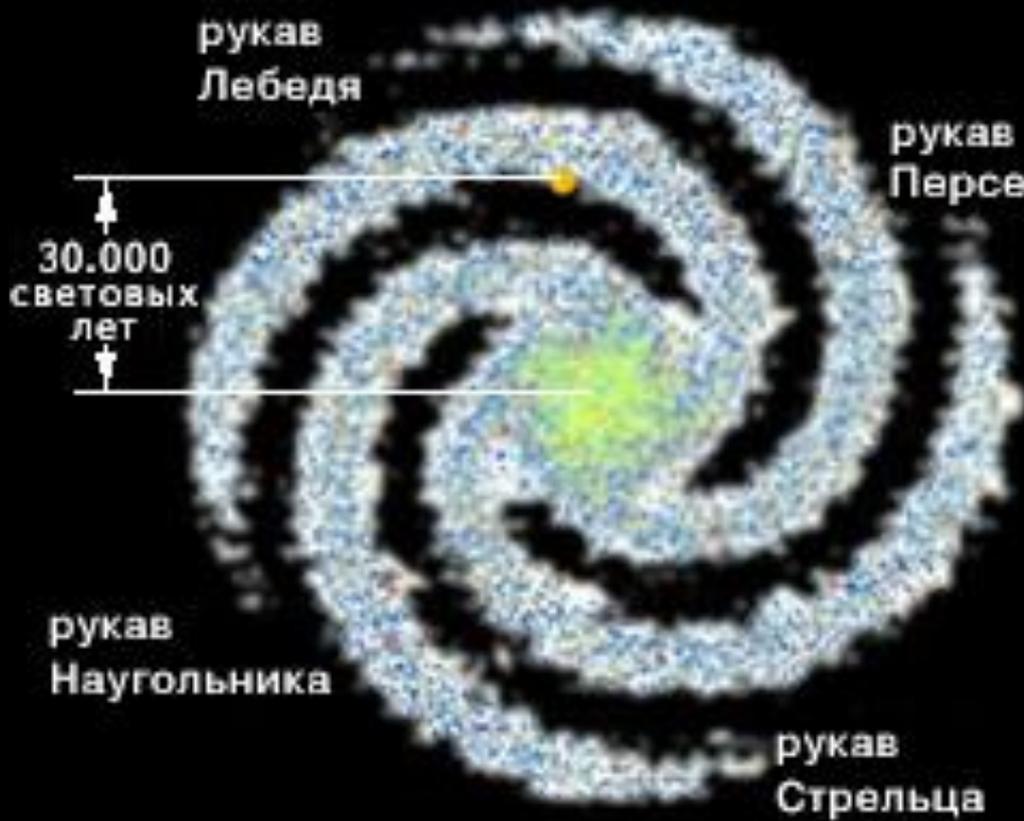


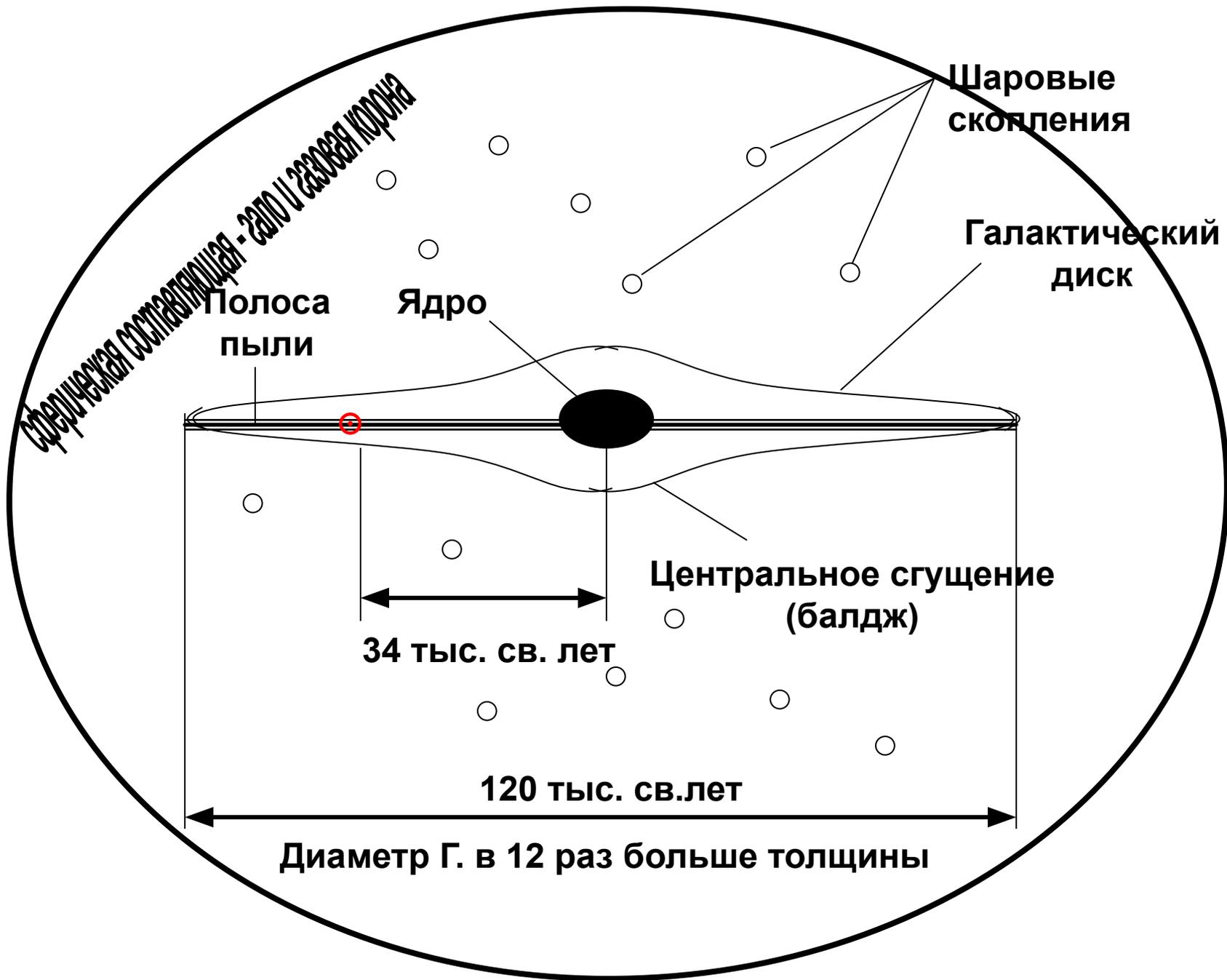
Рассеянное скопление “Шкатулка драгоценностей”
в созвездии Южного Креста.
Расстояние 7800 лет



Шаровое звездное скопление
в созвездии Геркулеса.
Диаметр 200 св. лет.
Расстояние 28 000 св. лет

Галактика Млечный Путь





Вращение Галактики:

определено по измерению скоростей движения звезд (эффект Доплера).

**Солнце движется
вокруг центра Галактики
со скоростью **250 км/сек.****

**1 оборот Солнце совершает
за галактический год –
200 млн. лет**

Другие галактики

2 половина 18 в.:

У.Гершель, Англия,
изучение туманностей в телескоп.

Ш.Мессье, Франция,
каталог туманных объектов Мессье,
для наблюдателей комет.

Туманные объекты:

Звездные скопления

Газовые туманности (в нашей галактике)

Внегалактические объекты - ?

Существуют ли другие галактики?

1924 – 1926 гг, Эдвин Пауэлл

2,5 м телескоп обсерватории М

Фото Туманности Анд

спиральные ветви, множество

Звездная система – г

Расстояние до Туманности Анд

р наблюдения

млн. световых

стической астр

раз (!) увеличился

мого человеком мира.





Туманность Андромеды – ближайшая к нам в северном полушарии галактика.

Расстояние – 2 млн. св. лет

Классификация галактик по Хабблу

Э.П.Хаббл:

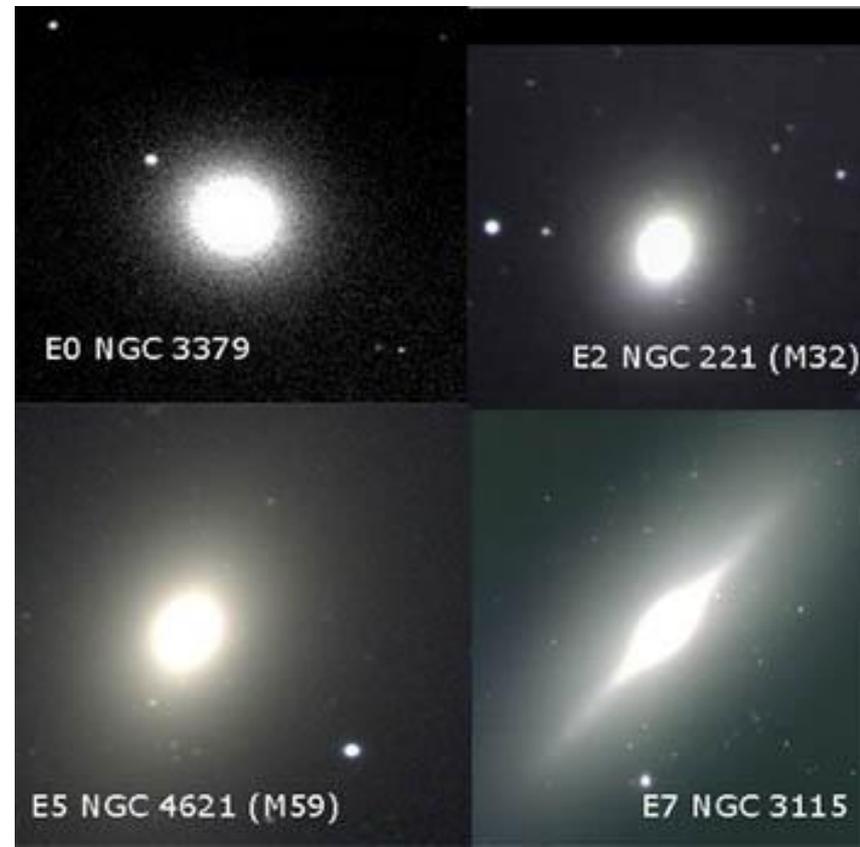
классификация галактик по внешнему виду:

1) **Эллиптические** E (Elliptical):

E0 – E1 – ... E7

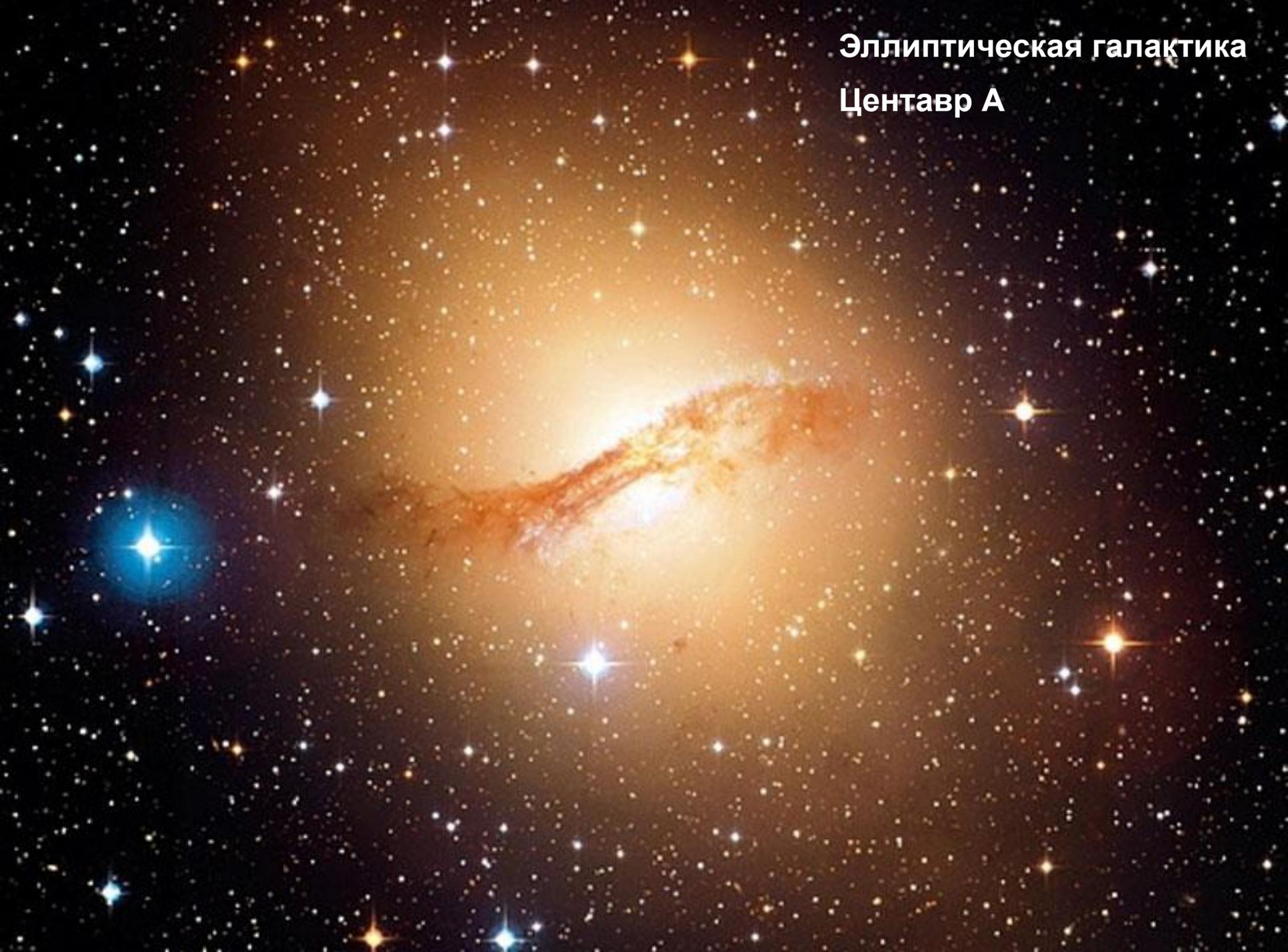
Шар - ... - **эллипсоид**

-сплюснутость возрастает
(из-за вращения)



Эллиптическая
галактика M87

Эллиптическая галактика
Центавр А



2) Спиральные S (spiral)

Sa – Sb – Sc

Количество рукавов:

Sa: ветви развиты слабо, в некоторых случаях только намечаются; ядра – всегда большие, около половины наблюдаемого размера самой галактики

Sb: спиральные ветви заметно развиты, но не имеют богатых ответвлений. Ядра меньше, чем у Sa. (*Туманность Андромеды*)

Sc: спиральные ветви сильно развиты, с ответвлениями, малые ядра.

Млечный Путь: *тип Sb или Sc*



Спиральная галактика M81, **Sb**



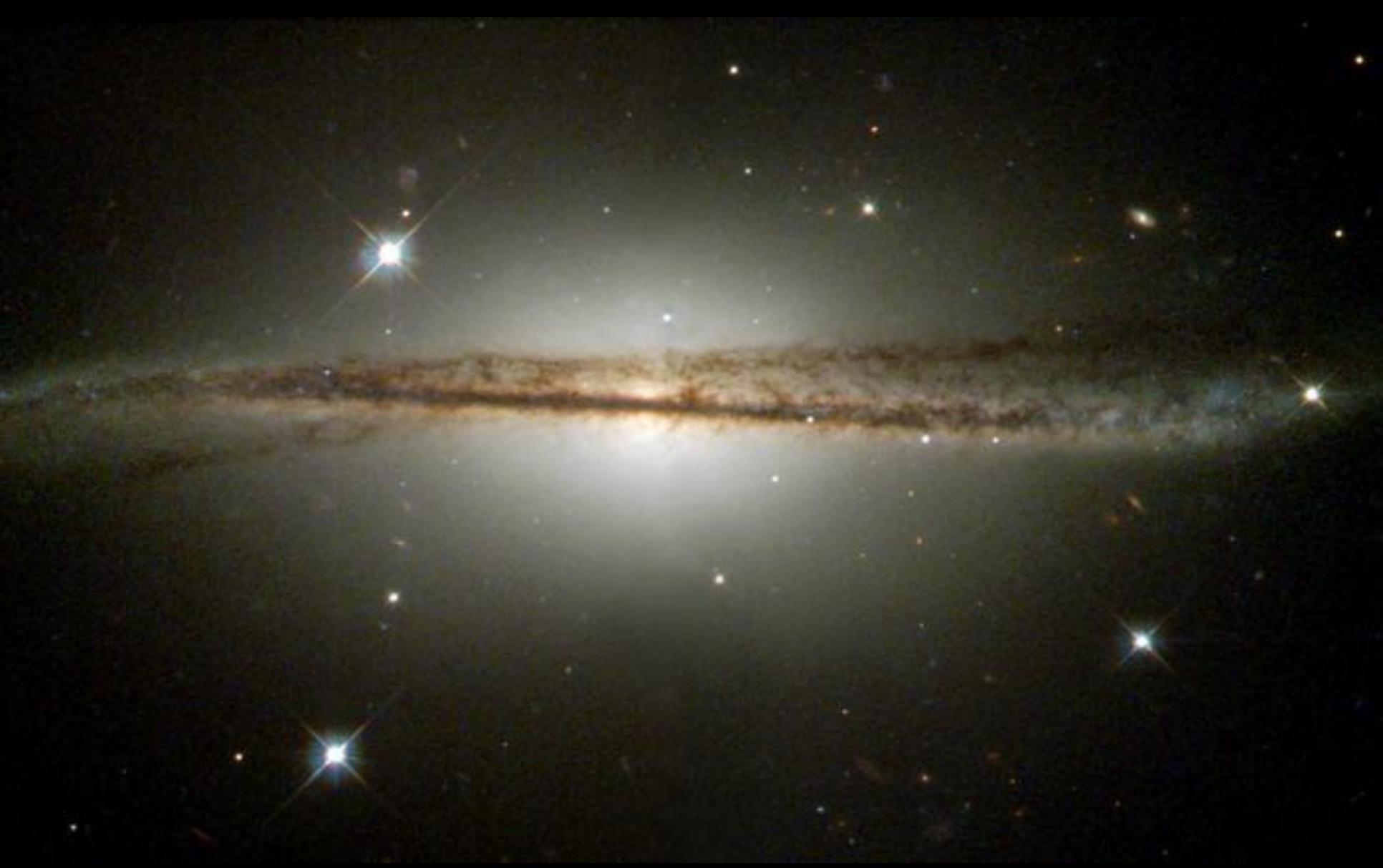
Спиральная галактика M51, **Sc**



Спиральная галактика NGC 2997



Спиральная галактика NGC 3628 в созвездии Льва



Спиральная галактика ESO 510-13

Расстояние до галактики – 150 млн. св. лет



Спиральная галактика NGC 3370
Расстояние до галактики – 100 млн.св. лет



Спиральная галактика NGC 1232



Спиральная галактика NGC 4622



**Спиральная галактика М64 – Подбитый глаз,
Созвездие Волосы Вероники, расстояние 17 млн.св. лет**



**Галактика М104 – Сомbrero,
расстояние – 50 млн. св. лет**

3) Спиральные галактики с перемычкой (баром)

SB

Ядро – в середине прямой перемычки;

Спиральные ветви – у концов этой перемычки.



Галактика NGC 2442 в созвездии Летучей Рыбы. Расстояние – 50 млн. св. лет



NGC 1300 в созвездии Эридан. Расстояние 70 млн. св. лет



М 83 в созвездии Гидры – Южная вертушка. Галактика тысячи рубинов



Barred Spiral Galaxy NGC 1365

HST • WFPC2 • NICMOS

NASA and M. Carollo (Columbia University) • STScI-PRC99-34a

4) Неправильные галактики

I

Не имеют определенной формы.

2 возможных причины:

- галактика не успела принять правильную форму из-за малой плотности в ней материи или из-за молодого возраста
- искажение формы произошло в результате взаимодействия с другой галактикой



Малое Магелланово Облако (ММО)
Расстояние 210 тыс. св. лет

Большое Магелланово Облако (БМО)
Расстояние 200 тыс. св. лет





NGC 55. Расстояние 6 млн. св. лет

Местная система галактик:

Около **17 членов** местной системы,
в том числе:

Наша Галактика (**Млечный путь**),

Большое и Малое Магеллановы облака
(БМО, ММО),

NGC 224 (**Туманность Андромеды**)
(видны невооруженным глазом)

Их спутники – карликовые галактики.

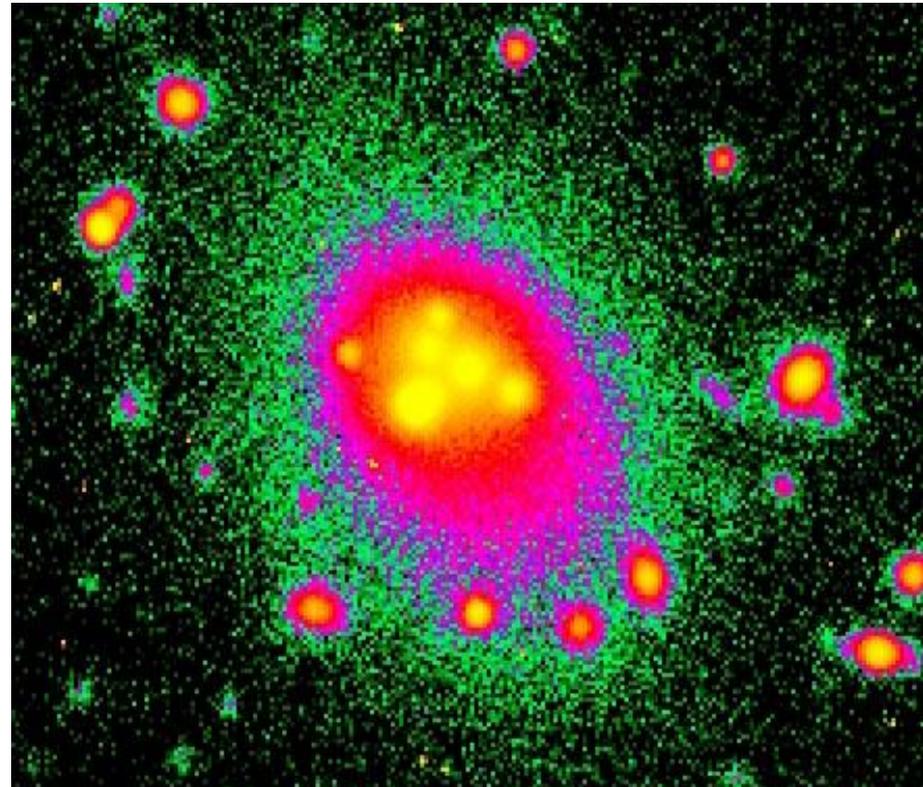
Взаимодействующие галактики

Близко расположенные друг к другу галактики взаимодействуют между собой.

Движение друг относительно друга,

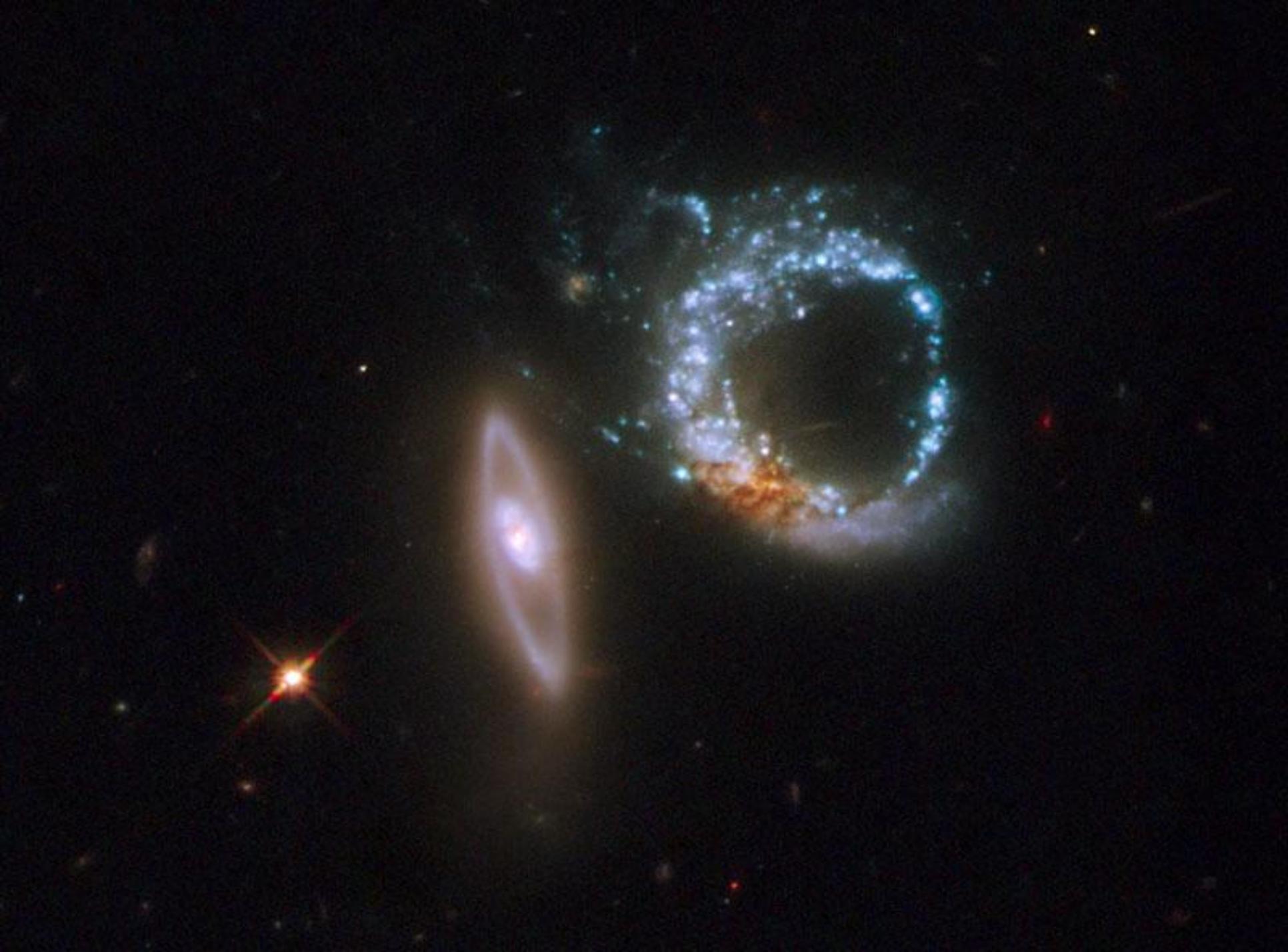
Обмен веществом.

“Вампиризм”



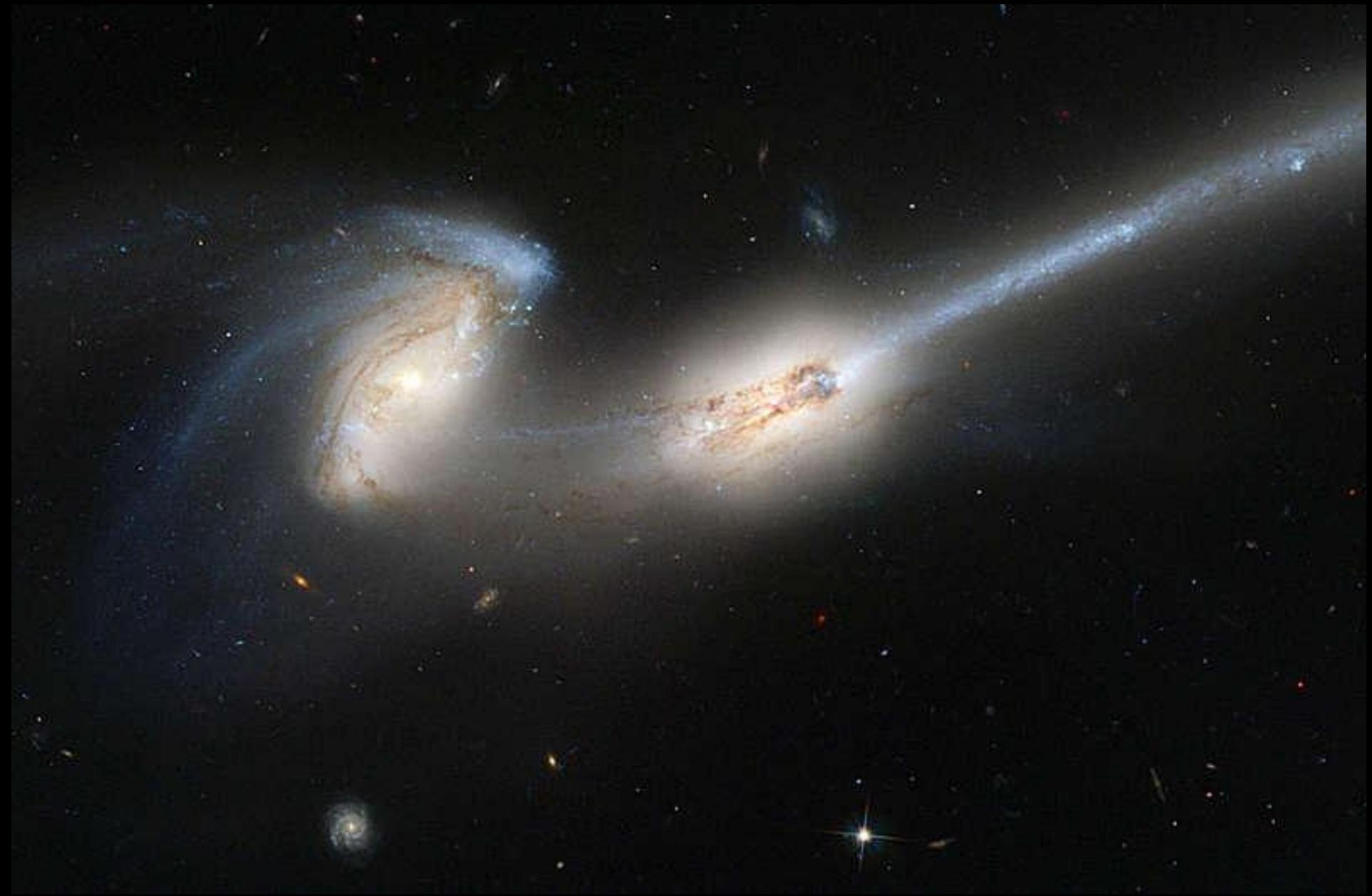








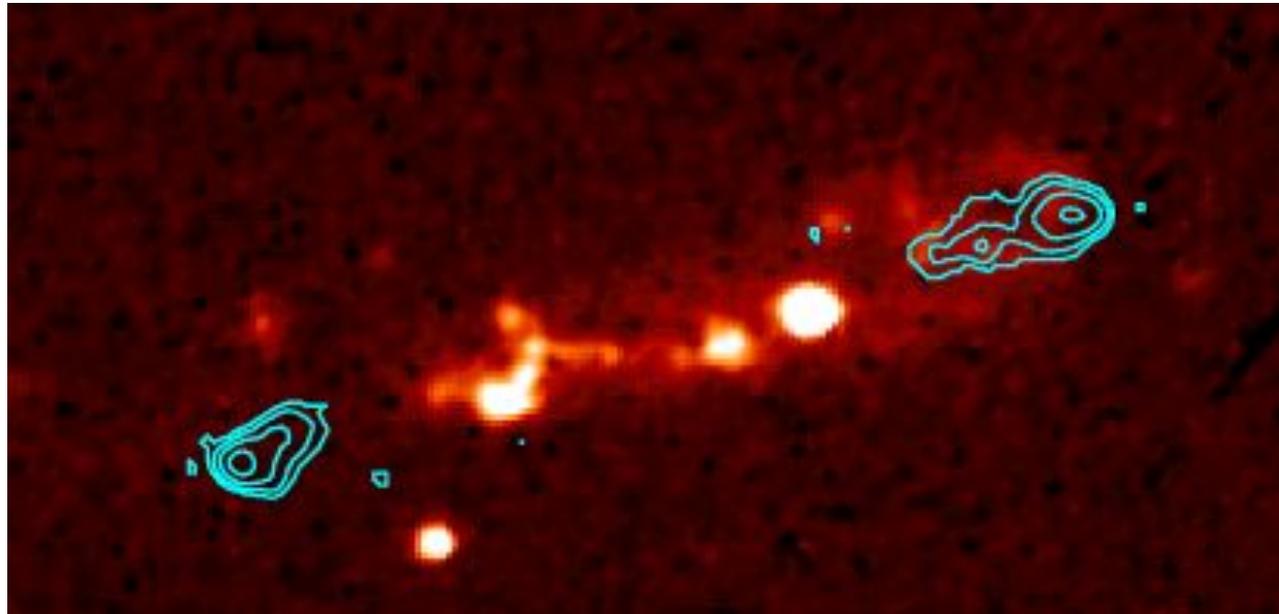




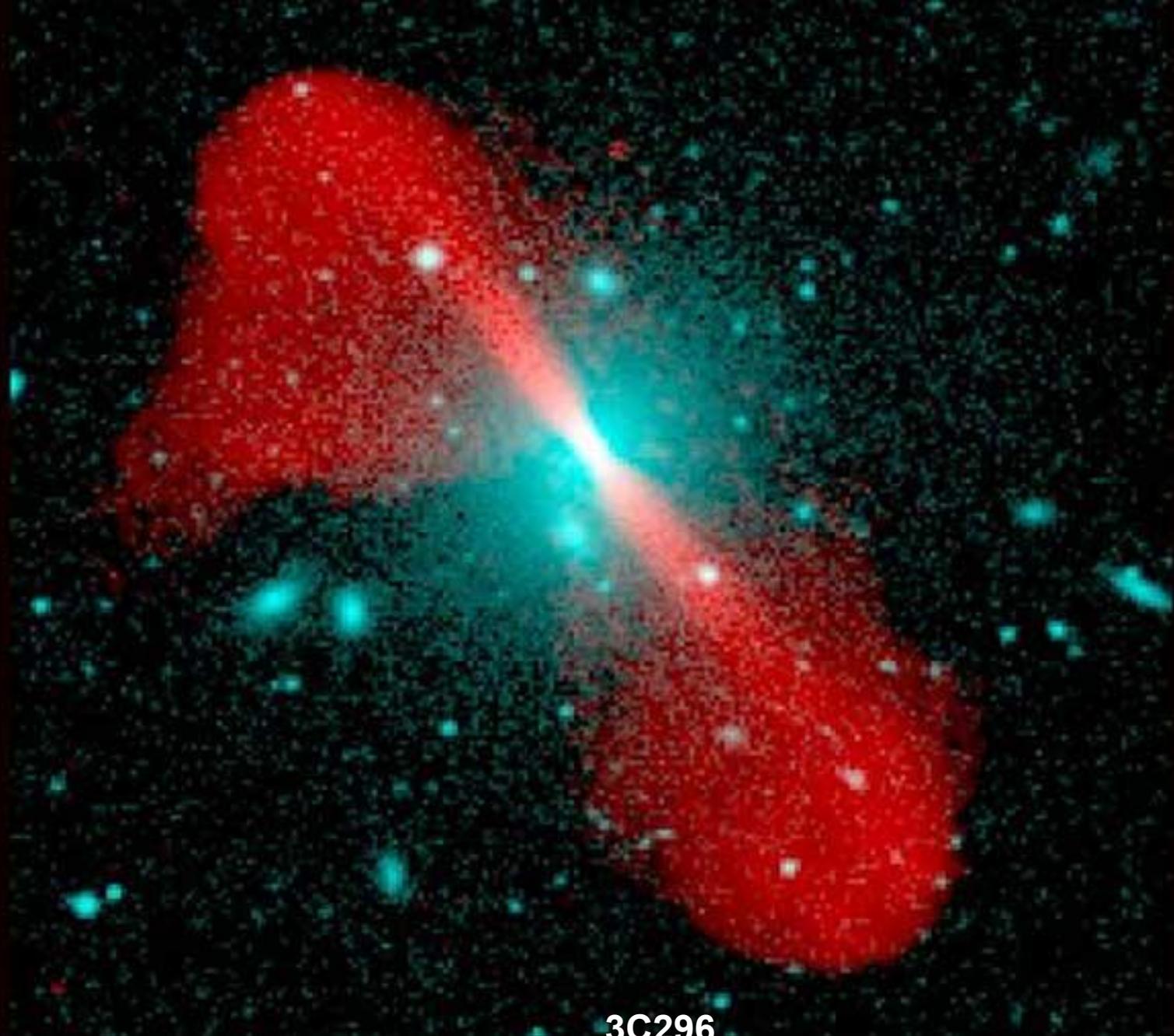


Радиогалактики

- галактики с резко повышенной светимостью в радиодиапазоне.
Наблюдаются в радиотелескопы



Радиогалактика 3C368. Белый, красный цвет – видимый диапазон, Голубые линии - радиоизлучение



3C296

Видимый свет – голубым цветом, радиоизлучение - красным

Квazarы

Квazarы – звездоподобные объекты. Компактные размеры, мощный поток радиоизлучения, большая светимость – как у галактик.

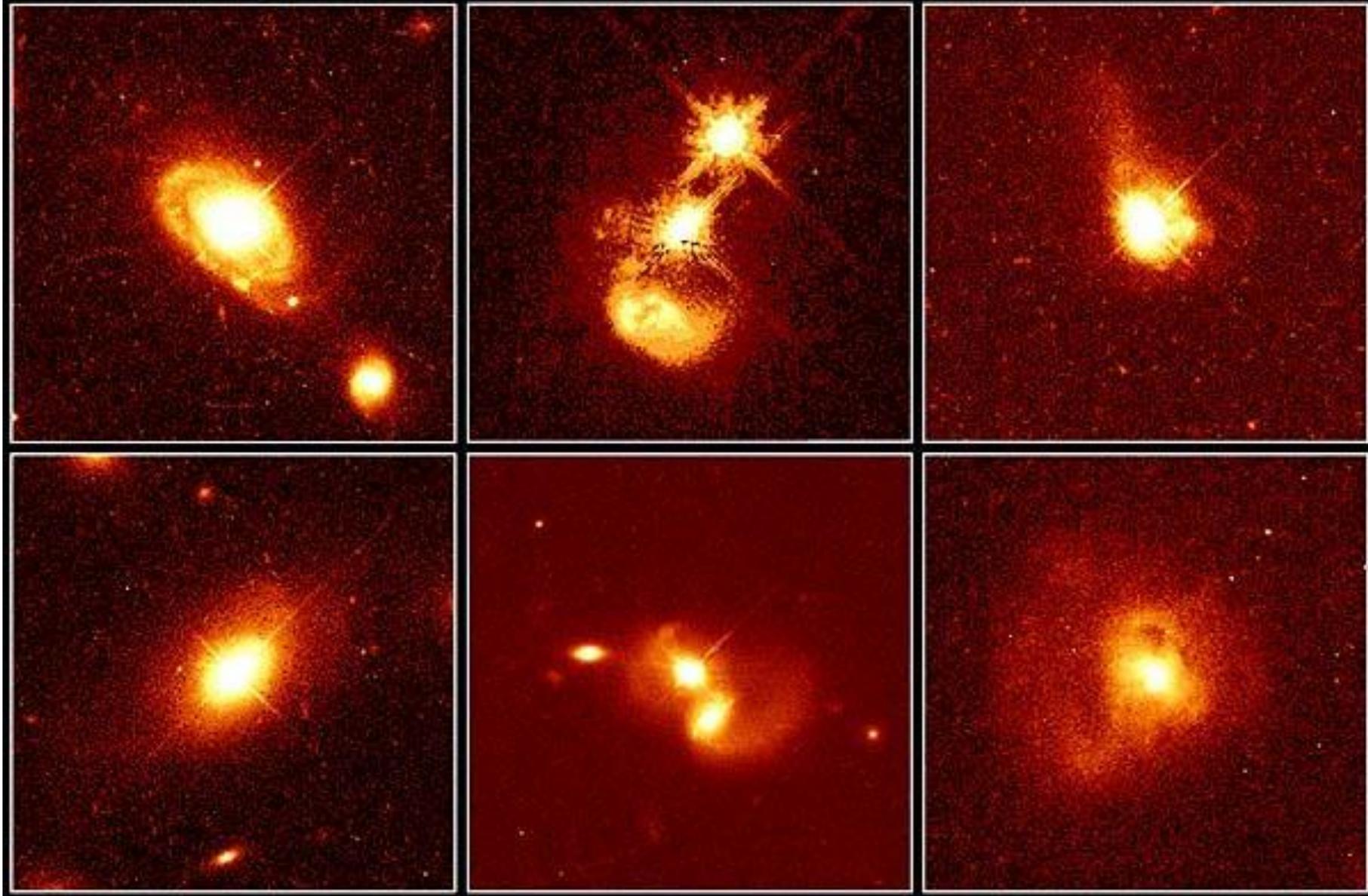
Находятся очень далеко – в млрд. св. лет.
Открыты в 1963 г.



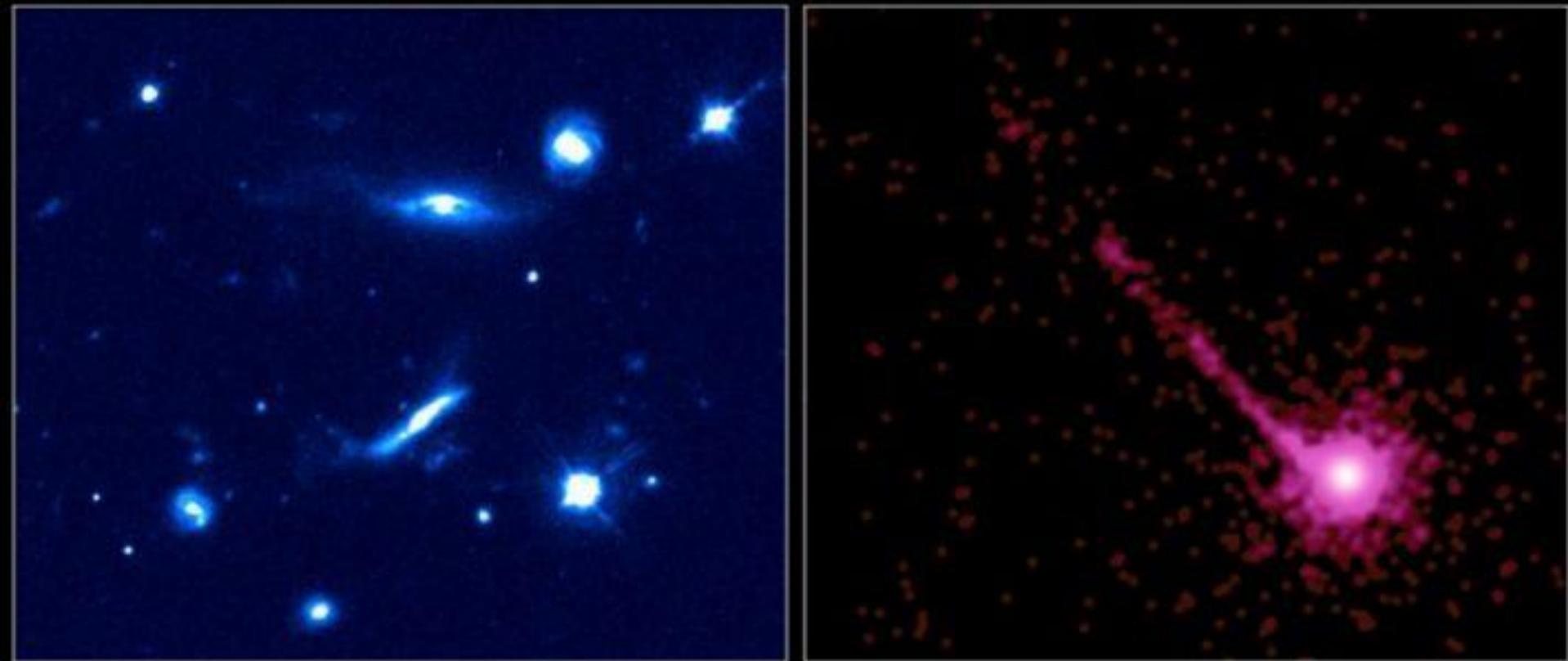
Нормальная спиральная галактика

Галактика с активным ядром

Квazar



Портретная галерея квазаров 9.03.2002



PKS 1127 145: вид на квазар

Метагалактика

- Обозреваемая часть Вселенной с помощью всех существующих средств наблюдения.

Скопления галактик: сотни, тысячи, десятки тысяч галактик (*в созвездиях Девы, Геркулеса, Волосах Вероники и т.д.*)

Пространство между галактиками:

разреженный межгалактический газ, космические лучи, гравитационные и электромагнитные поля, невидимые массы вещества.

Распределение галактик:

Вдоль стен гигантских ячеек –

Ячеистая структура Вселенной.

Возможная причина такой структуры – взаимодействие электромагнитных полей.



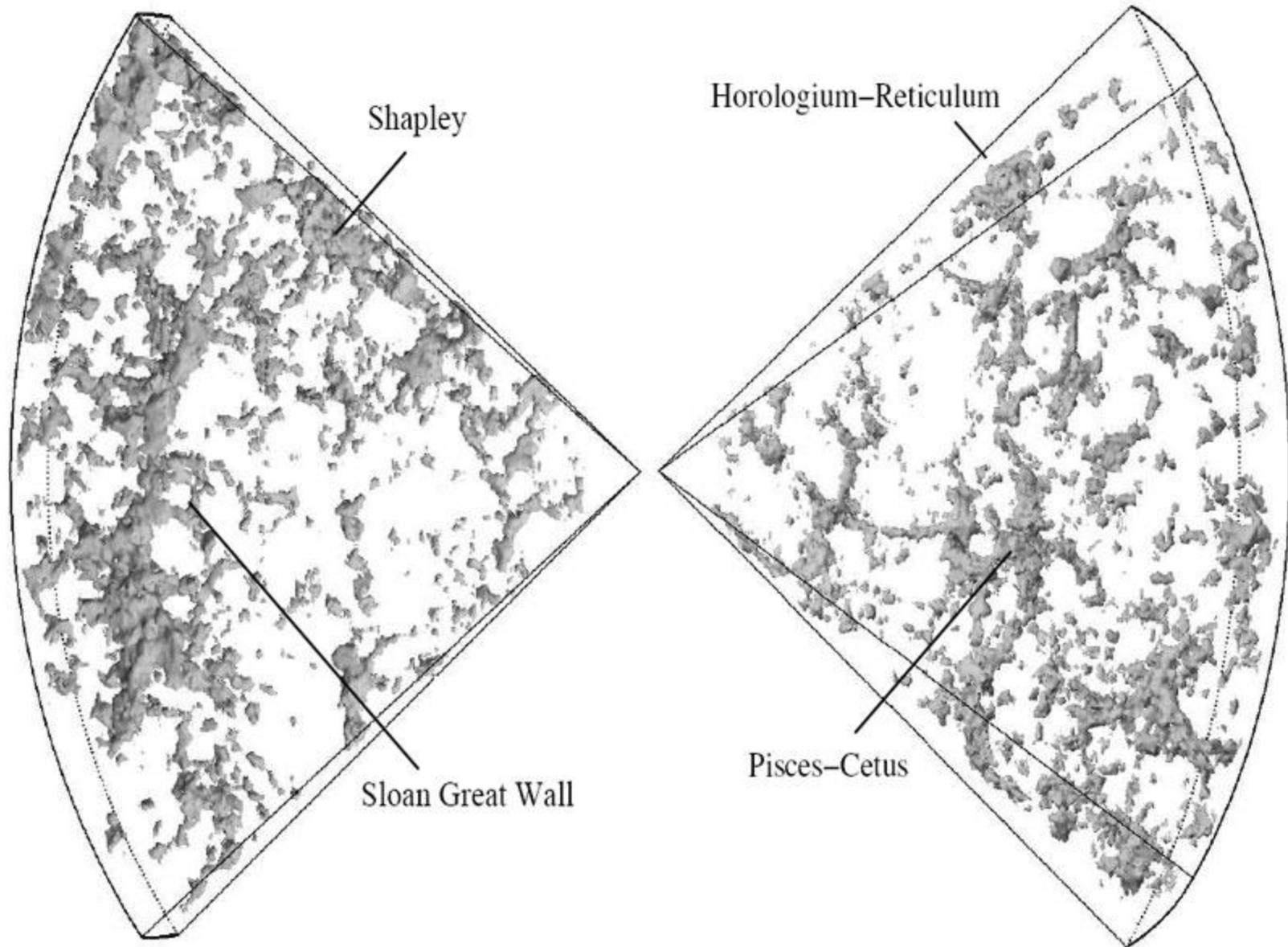
Скопление галактик в Геркулесе

Скопление галактик в созвездии Волосы Вероники





Сверхскопления галактик – Ячеистая структура Метагалактики



КОСМОЛОГИЯ

Космология – наука, изучающая наиболее общие свойства Вселенной.

Космология опирается на астрокосмические наблюдения и законы физики.

Космологические принципы:

- 1. Вселенная однородна** – одинаковость плотности всех видов материи в пространстве в достаточно больших объемах.
- 2. Вселенная изотропна** – отсутствие какого-либо преимущественного направления (*разбегание галактик во всех направлениях, одинаковость интенсивности реликтового излучения*).
- 3. Законы физики одинаковы** для всей Вселенной

Модели Вселенной

~~1. Стационарная.~~

~~Неизменна в пространстве и времени.~~

2. Открытая.

Расширение продолжается неограниченно,
Звезды остывают, температура выравнивается

3. Закрытая.

Расширение сменяется сжатием.
После сжатия – взрыв – вновь расширение.

**Выбор модели зависит от
средней плотности вещества во Вселенной.**

Стационарная:

$$\rho = \rho_0$$

Открытая:

$$\rho < \rho_0$$

Закрытая:

$$\rho > \rho_0$$

Подсчет светящейся массы (звезд, галактик):

$$\rho < \rho_0$$

**Проблема скрытой массы во Вселенной:
поиск невидимых массивных объектов**

Источники скрытой массы:

- Черные дыры
- Погасшие звезды, карлики
- Нейтрино, имеющие массу покоя
- Сверхмассивные элементарные частицы
- И др.

История космологии складывается из **трех крупнейших событий**:

- 1929 г., обнаружение **разбегания** (**Э.Хаббл**);
- 1965 г., регистрация **реликтового излучения** (**А.Пензиас, Р.Вильсон**);
- 1998-99 гг., открытие космического вакуума (2 группы астрономов из Австралии) .



Разбегание галактик

1929 г, Э.Хаббл:

линии в спектрах большинства галактик смещены к красному концу, причем смещение тем больше, чем дальше от нас находится галактика –

КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ

Вывод:

расстояние между нашей и другими галактиками непрерывно увеличивается.

**Метагалактика:
не стационарна
расширяется
эволюционирует**

Закон Хаббла: красное смещение возрастает пропорционально расстоянию от галактик

$$V = Hr,$$

V – лучевая скорость галактики,

r – расстояние до нее,

H – **постоянная Хаббла** (Hubble).

$$50 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк}) < H < 100 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$$

2007г:

$$H = 71 \pm 4 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк});$$

**Расширение Метагалактики началось с
Большого Взрыва**

РЕЛИКТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

- фоновое электромагнитное излучение ($T=2,7\text{K}$),
равномерно пронизывающее **все пространство**

свидетельство, что в прошлом

(13,7 млрд.лет назад)-

вещество Метагалактики было

очень плотным и горячим

За время своего существования

Метагалактика остыла

Дж.Гамов (1904-1968) – предсказал

существование реликтового излучения

1965 г., А.Пензиас, Р.Вильсон (радиоинженеры,

США): обнаружили Р.И. в космосе

Три крупнейшие наблюдательные открытия были **заранее предтеоретиками**:

- А.А.Фридман, 1922 г:

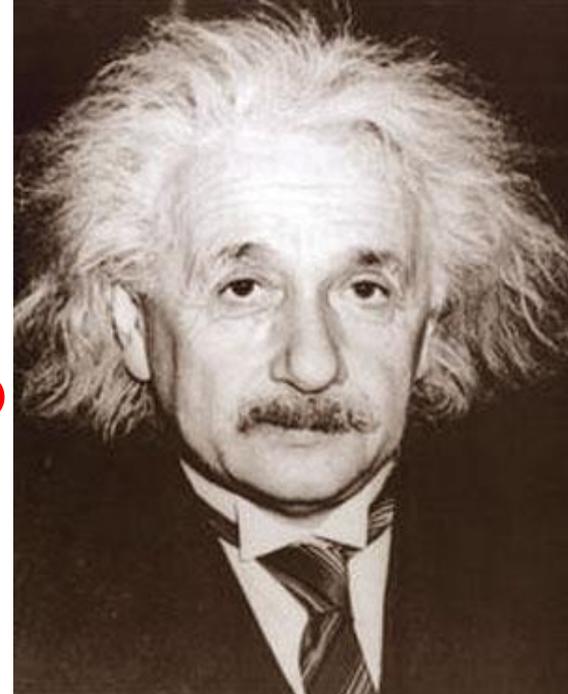
Расширение Вселенной

- Г.А.Гамов, 1940-50-е гг:

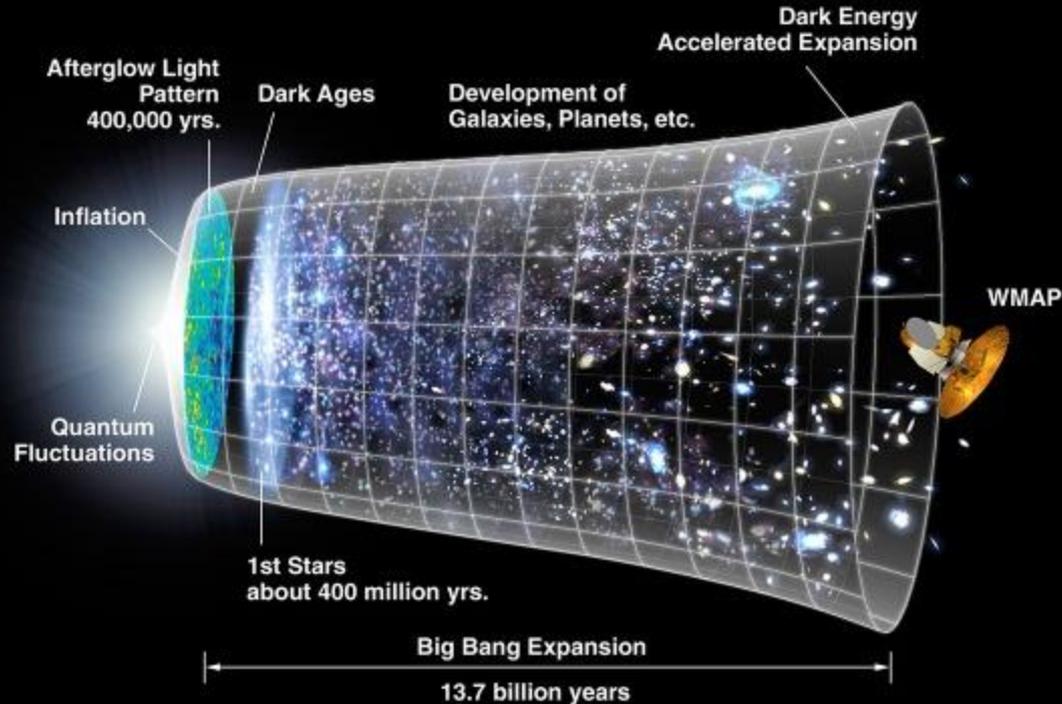
Реликтовое излучение

- А.Эйнштейн, 1917 г:

Существование космического вакуума



Большой Взрыв – начало Вселенной: взрыв вещества с огромной температурой и плотностью. Образование элементарных частиц, звезд, галактик



По современным данным, Большой взрыв произошел
13,7 млрд. лет назад

Современные наблюдательные данные для космологии:

**1. Исследование распределения
реликтового излучения**

(спутники COBE, WMAP)

**2. Изучение далеких вспышек
сверхновых**

Спутник NASA **WMAP**

(Wilkinson Microwave Anisotropy Probe)

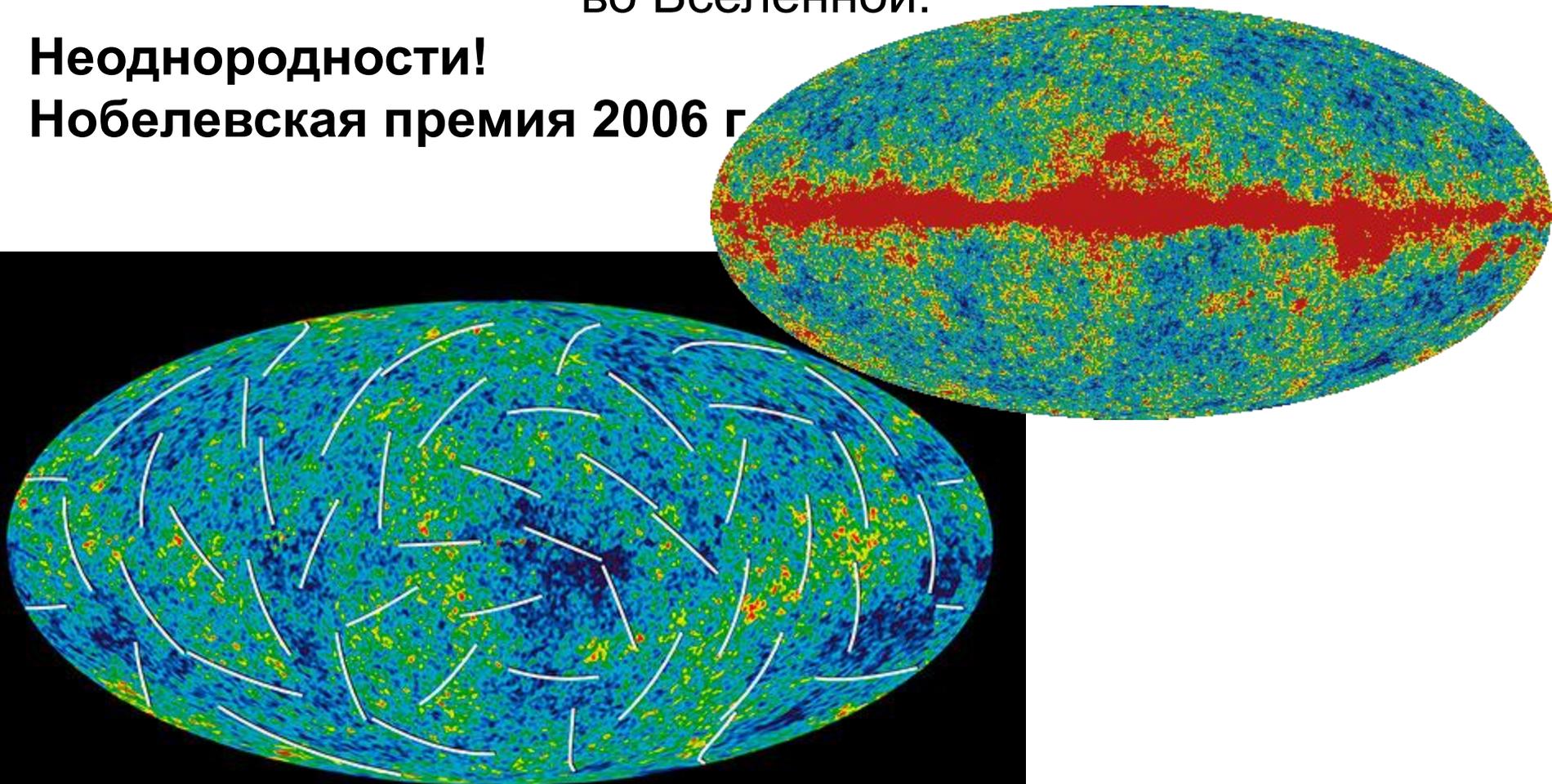
изучает микроволновое реликтовое излучение Вселенной

Распределение реликтового излучения

во Вселенной:

Неоднородности!

Нобелевская премия 2006 г



Открытие космического вакуума и всемирного антитяготения

1998-99гг:

2 группы астрономов (США и Австралия),
изучение далеких вспышек сверхновых звезд
с помощью космического телескопа им.
Хаббла.

Измерялись:

блеск и красное смещение звезд.

Вывод:

Вселенная расширяется с ускорением.

Результат:

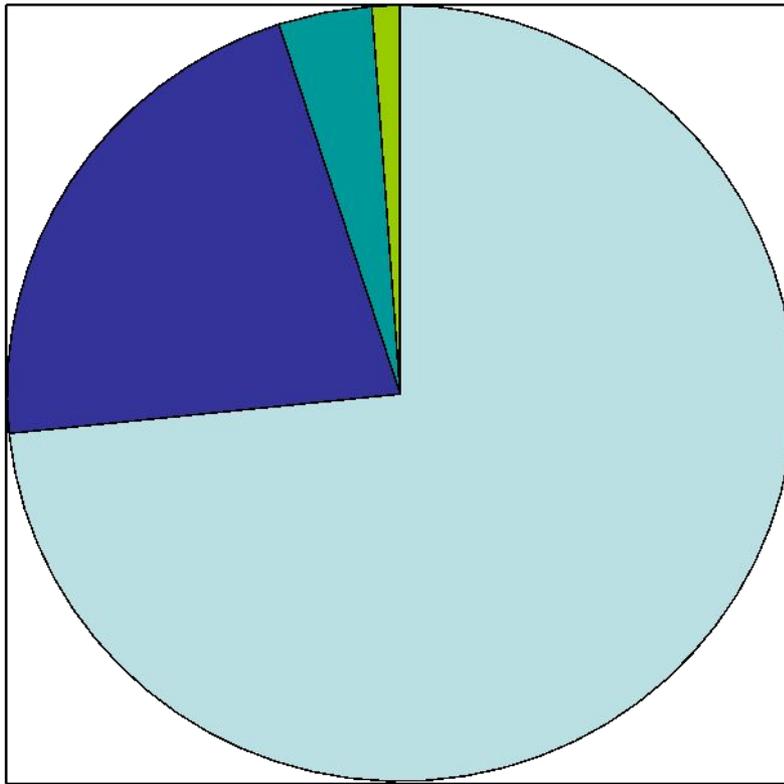
открытие всемирного антитяготения
и космического вакуума.

**Программа поиска сверхновых на больших
красных смещениях
Космический телескоп им. Хаббла, НАСА**



Сверхновая, вспыхнувшая в 1994 г.
на окраинах спиральной галактики

Вклад в энергию (массу) Вселенной:



- Темная энергия (74%)
- Темная материя (22%)
- Горячий газ (4%)
- Звезды (менее 1%)

Космологическая постоянная Эйнштейна обретает вторую жизнь

- Универсальная фундаментальная постоянная природы;
- Дополненные космологической постоянной, уравнения общей теории относительности уже допускают статическое устройство Вселенной;
- Исходная идея статической Вселенной обрела в наши дни новую жизнь и находится в согласии с космологическим расширением.

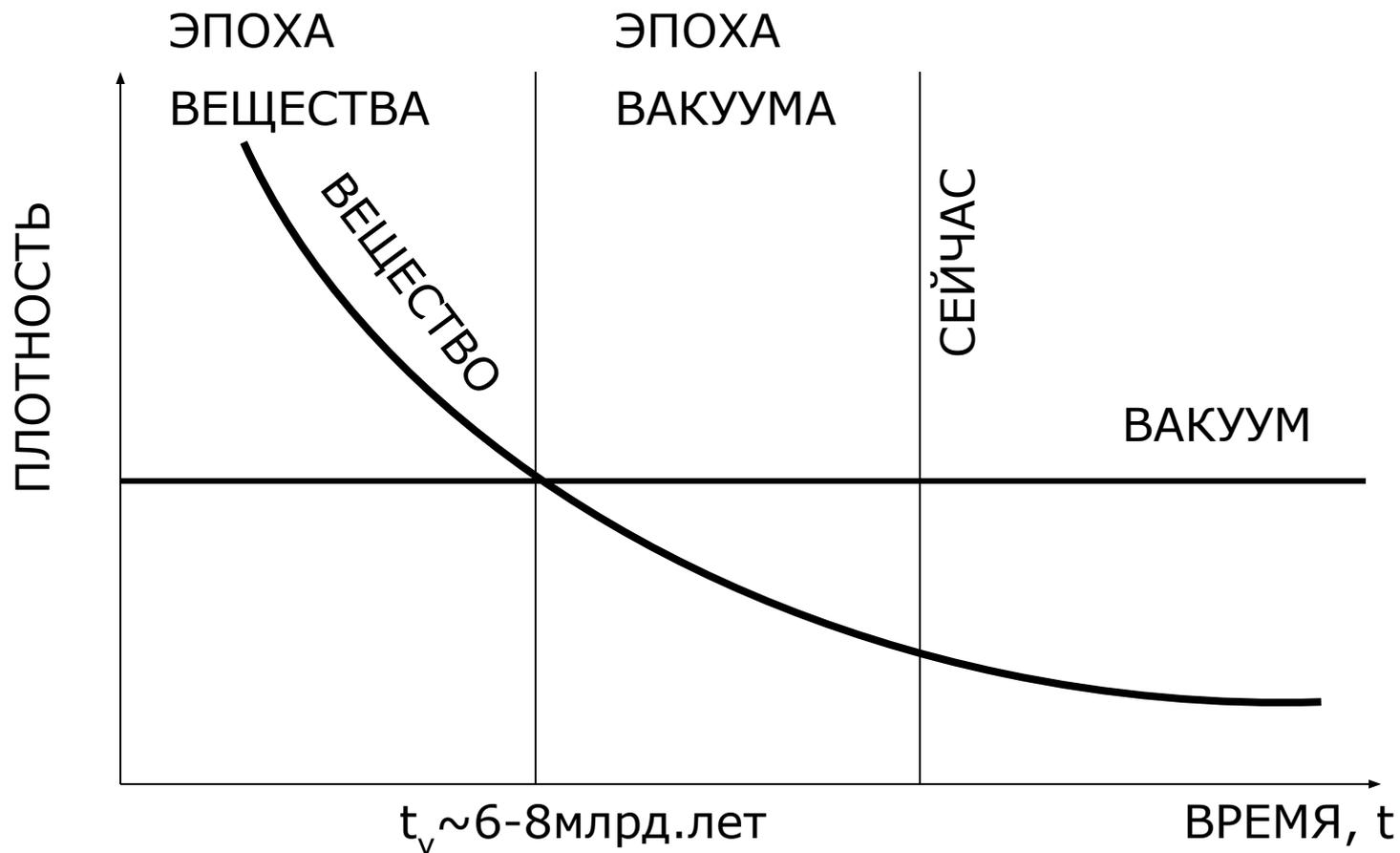
Космический вакуум (темная энергия)

- Космологическая постоянная Эйнштейна описывает вакуум.
- Вакуум Эйнштейна – не пустота, у него есть энергия и давление.
- Свет распространяется в таком не пустом вакууме совсем не обязательно со скоростью c .
- Плотность вакуума одинакова во всем мире.

Космический вакуум (темная энергия)

- Покой и движение относительно вакуума неразличимы, т.к. вакуум всюду и везде, в любой системе отсчета один и тот же
- У вакуума есть отличная от нуля (и притом отрицательная) активная гравитационная масса, а его пассивная гравитационная масса и инерциальная масса – обе равны нулю.

Вещество и вакуум в расширяющемся мире



Данные о сверхновых в далеких галактиках и **параметры пространственных флуктуаций реликтового излучения** приводят к таким внутренне согласованным данным о нашей Вселенной:

- Возраст Вселенной – $13,7 \pm 0,3$ млрд.лет;
- Постоянная Хаббла $H = 71 \pm 4$ км/(с · Мпк);
- Отделение вещества от излучения (“просветление”) произошло при возрасте Вселенной 375 ± 15 тыс.лет;
- Вселенная плоская, т.е. эвклидова: сумма углов в треугольнике на всех масштабах равна 2π . Средняя плотность Вселенной равна критической, и она будет расширяться вечно.

Мультивселенная (Мультиверс)

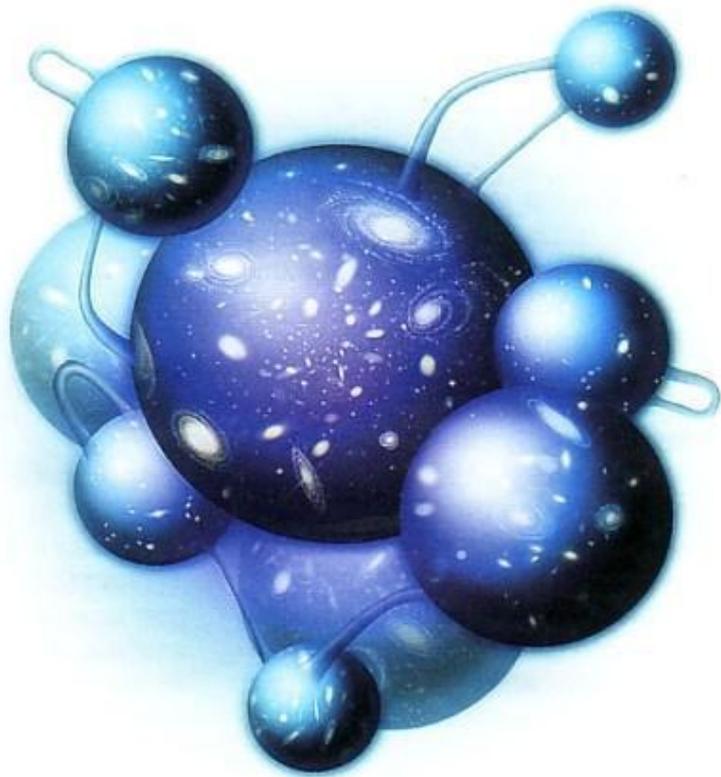
Новиков И.Д.:

В извечном океане первичного вакуума возникают хаотические флуктуации плотности, очень быстро раздувающиеся во вселенные.

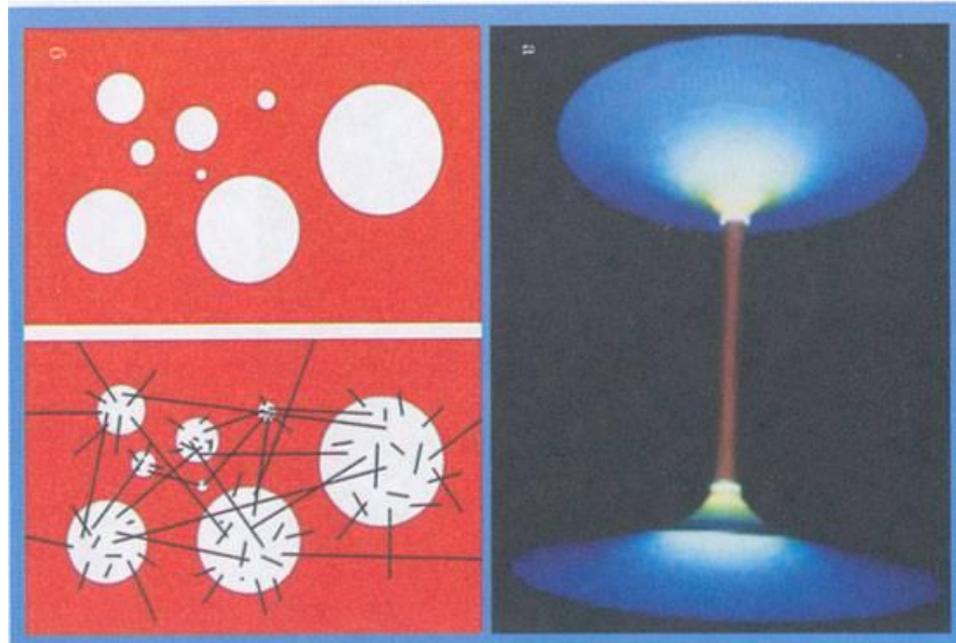


Физические законы в них, и даже математика могут быть совсем другими, чем в нашей Вселенной

Множественность вселенных



Связь между вселенными может быть через пространственно-временные туннели – **“кротовые норы”**



Кротовые норы



Кардашев Н.С.

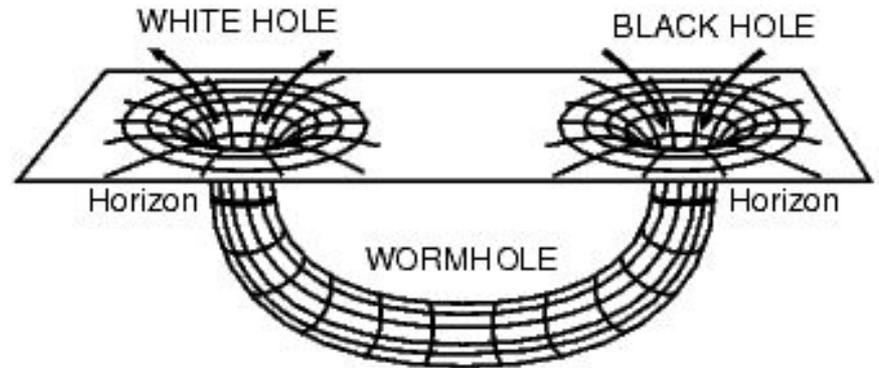
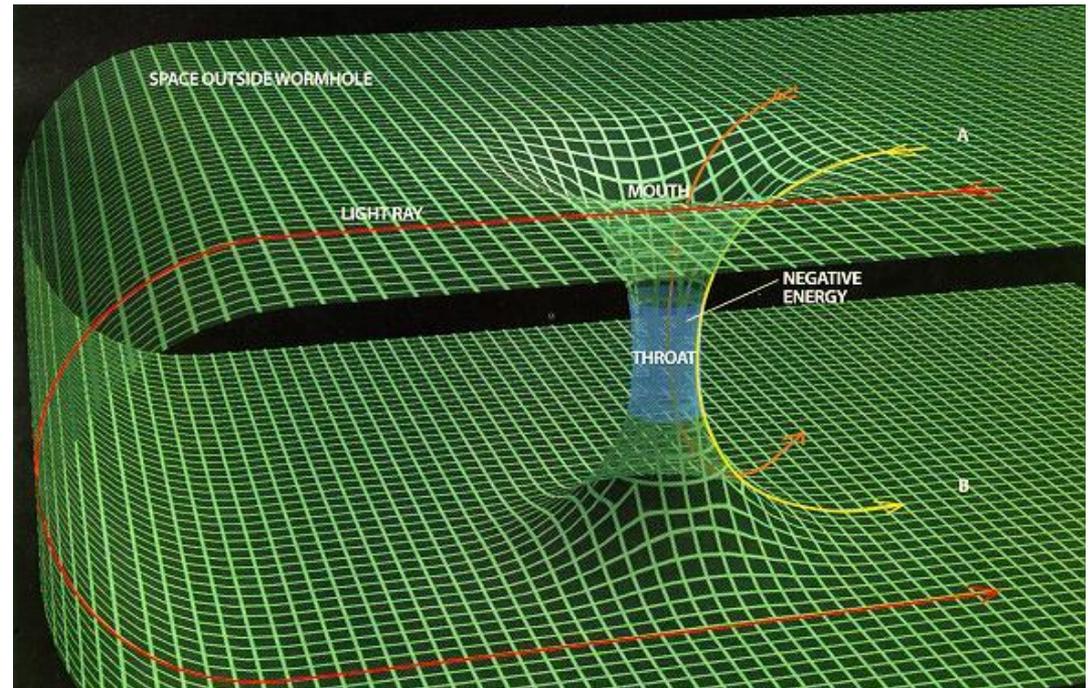


Figure 15

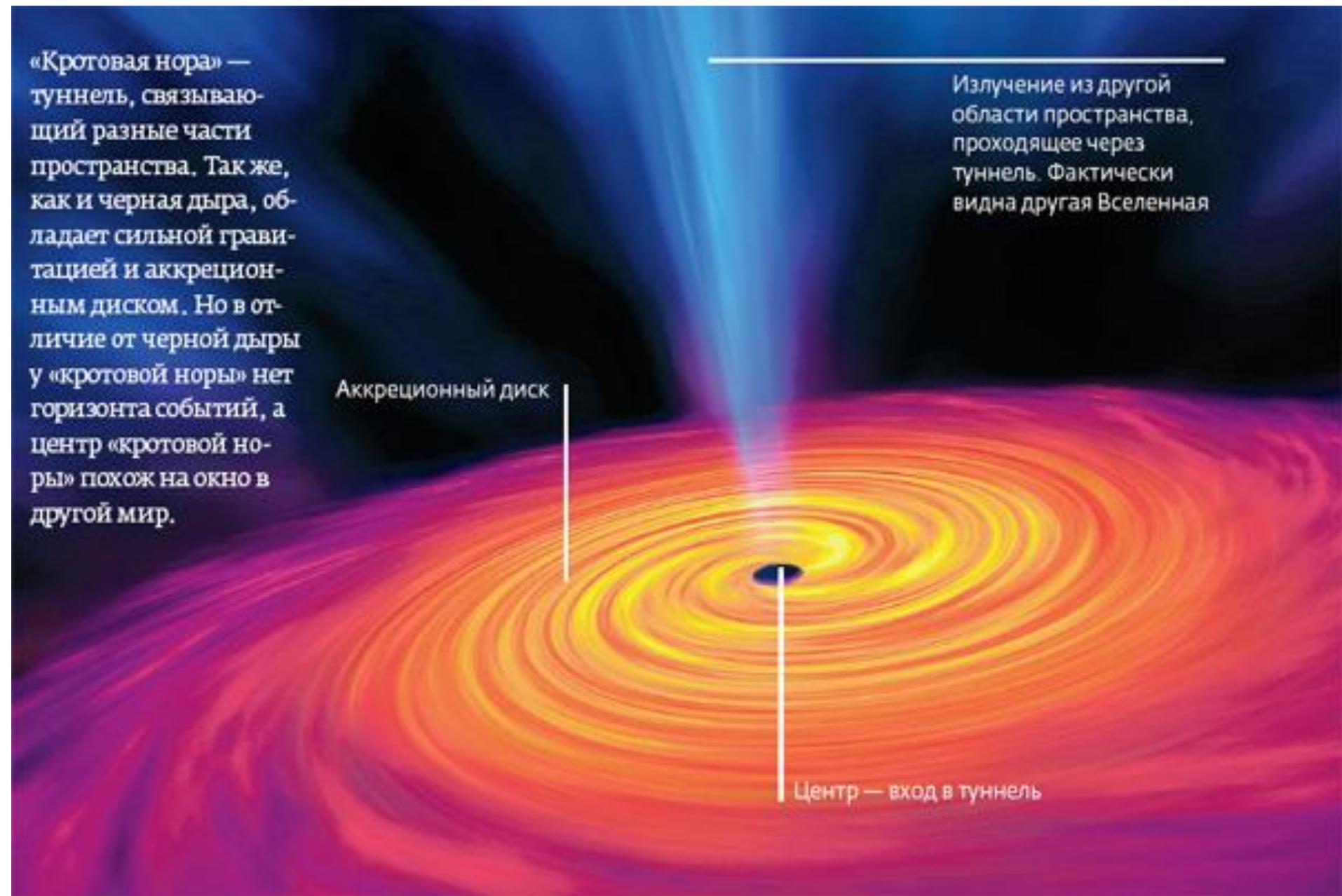


«Кротовая нора» — туннель, связывающий разные части пространства. Так же, как и черная дыра, обладает сильной гравитацией и аккреционным диском. Но в отличие от черной дыры у «кротовой норы» нет горизонта событий, а центр «кротовой норы» похож на окно в другой мир.

Аккреционный диск

Центр — вход в туннель

Излучение из другой области пространства, проходящее через туннель. Фактически видна другая Вселенная



Поиск кротовых нор:

Международный проект “РадиоАстр

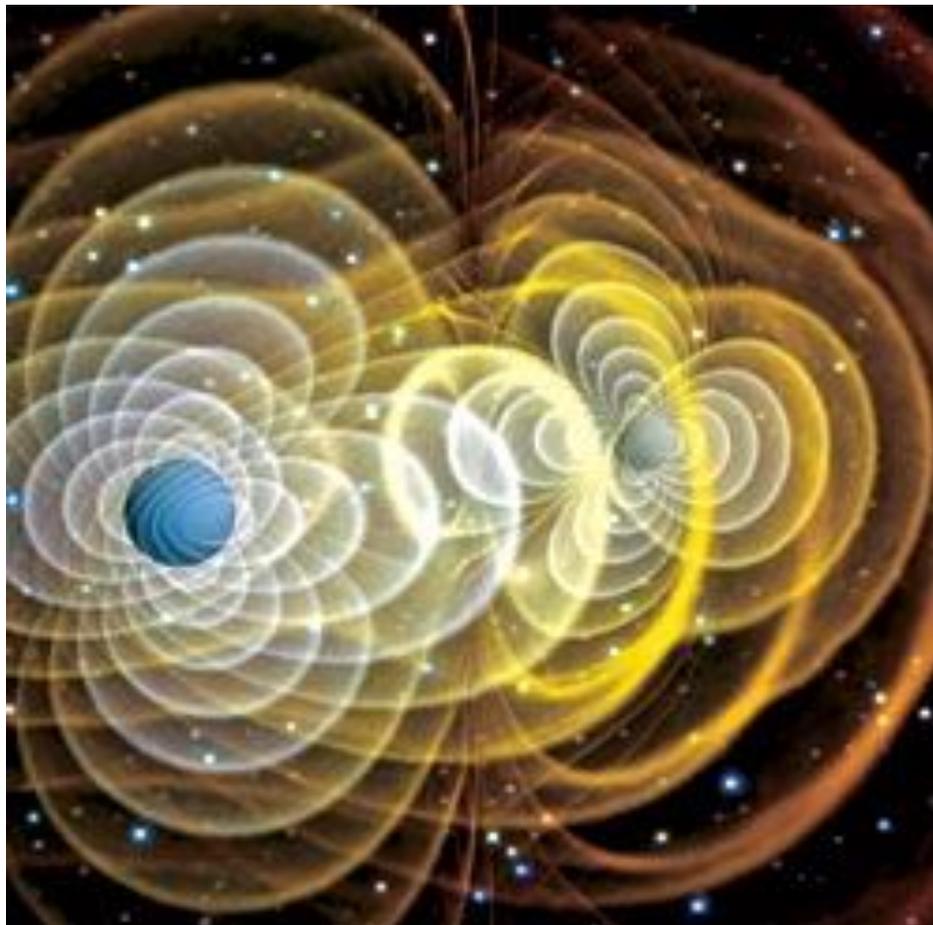
Запуск космического 10-метрового радиотелескопа на высоко апогейную орбиту (радиус апогея до 500 тыс. км).

Цель проекта: создание совместно с глобальной наземной сетью радиотелескопов единой системы наземно-космического интерферометра.

Разрешение телескопа: до 8 мкс дуги для самой короткой длины волны проекта 1,35 см.



Гравитационные волны



*Гравитационные волны при слиянии черных дыр.
Трехмерная модель, рассчитанная на компьютере NASA «Колумбия»
(10 тысяч процессоров)*

Детекторы гравитационных волн

AURIGA	Леньяро близ Падуи, Италия	Резонансный	$M = 2,23 \text{ т}, T = 0,2 \text{ К}$
EXPLORER	ЦЕРН, Женева, Швейцария	Резонансный	$M = 2,27 \text{ т}, T = 2,6 \text{ К}$
NAUTILUS	Фраскати близ Рима, Италия	Резонансный	$M = 2,26 \text{ т}, T = 0,13 \text{ К}$
ALLEGRO	Батон Руж, шт. Луизиана, США	Резонансный	$M = 2,30 \text{ т}, T = 4,2 \text{ К}$
TAMA	Токио, Япония	Лазерный	$L = 300 \text{ м}$
GEO 600	Ганновер, Германия	Лазерный	$L = 600 \text{ м}$
VIRGO	Пиза, Италия	Лазерный	$L = 3 \text{ км}$
LIGO	Хенфорд, шт. Вашингтон, США	Лазерные	$L = 2 \text{ км и } 4 \text{ км}$
	Ливингстон, шт. Луизиана, США	Лазерный	$L = 4 \text{ км}$
miniGRAIL	Лейден, Голландия	Сферический	$D = 65 \text{ см}, M = 1,15 \text{ т}$

Итальянский детектор гравитационных волн VIRGO с плечами длиной 3 км сооружался с 1996-го и введен в строй в 2003 году



$T = 10^{-43}$ с

Вселенная становится прозрачной для гравитационных волн

$T = 10^{-35}$ с

эпоха инфляции

$T = 300$ тыс. лет

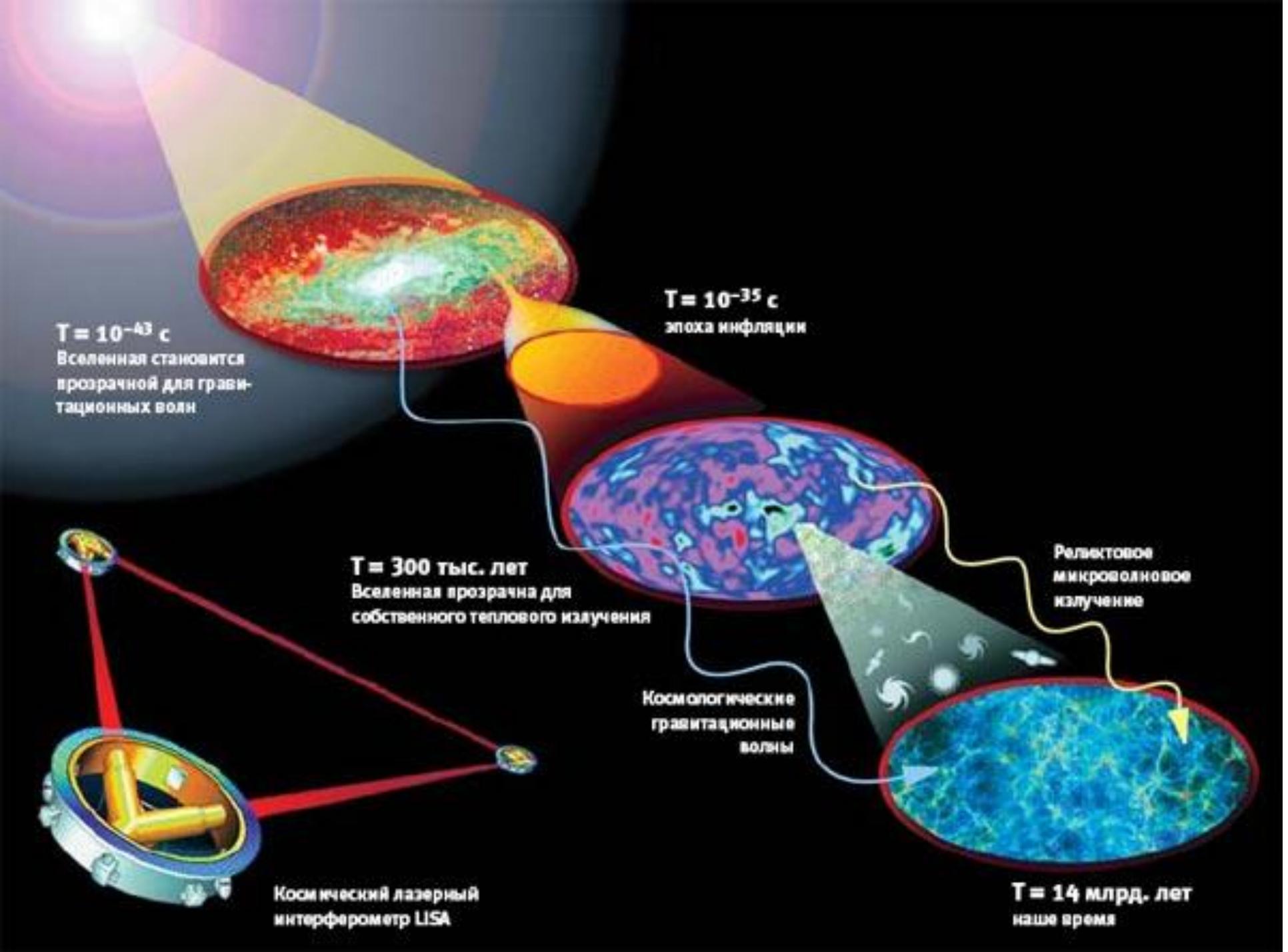
Вселенная прозрачна для собственного теплового излучения

Космологические гравитационные волны

Реликтовое микроволновое излучение

Космический лазерный интерферометр LISA

$T = 14$ млрд. лет
наше время



Спасибо за внимание!

К.Фламарион:

“Астрономия – основа общего образования. Изучение ее не только не представляет никаких трудностей, но, наоборот, доставляет удовольствие, которое все увеличивается, по мере того, как мы ближе знакомимся с чудесами мироздания. Наука о звездах и планетах воочию показывает, что без нее человек никогда не знал бы, какое место он занимает во Вселенной; поэтому изучение ее, даже в элементарном виде, необходимо для каждого, кто хочет считать себя образованным человеком“