

# Происхождение и эволюция Вселенной

*Юлия Фиэрро, Сюзана Дестуа, Беатрис Гарсия*

*Международный астрономический союз*

*Национальный Автономный Университет Мексики, Мексика*

*Научный Институт Космических Телескопов, Америка*

*ITeDA и Национальный технологический университет, Аргентина*



# Вселенная – это всегда:

Звезды

Материя

Энергия

Время



Это все непрерывно эволюционирует.

Каждый объект во Вселенной

изменяется, а также наши представления

о них.

Прошло менее одного столетия с тех пор, как у нас было достаточно наблюдений, чтобы количественно оценить Вселенную и использовать для этого науку.

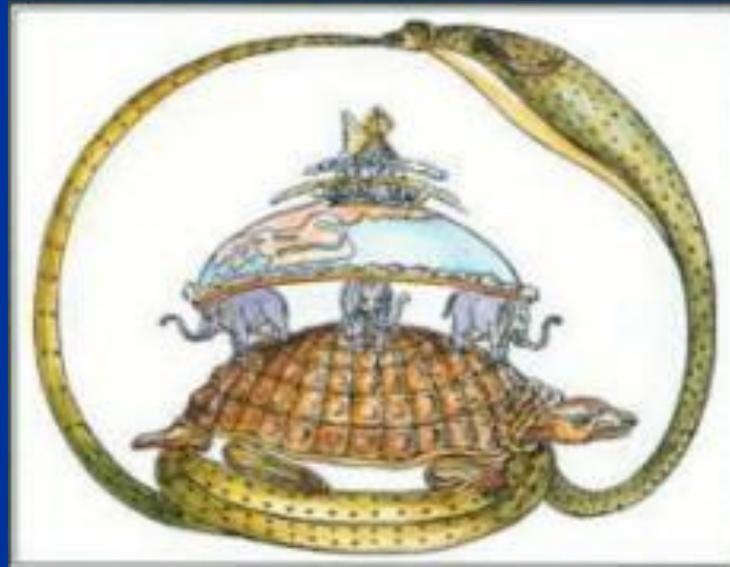


Последние несколько десятилетий мы располагаем информацией о Вселенной и можем изучать ее. Раньше были одни домыслы.



Наша интуитивная оценка Вселенной не является стандартной моделью Большого Взрыва.

Исторически, культуры пытаются объяснить строение Вселенной. Например, вавилоняне думали, что Земля плоская, определенной высоты и поддерживается слонами, которые в свою очередь стоят на черепахе, окруженные одной змеей. Они объясняли землетрясения перестановками слонов.



# Проверка модели

Тень слона и черепахи  
никогда не выглядит как тень  
Земли на Луне.

Только одна сфера всегда имеет  
круговую тень. Демонстрация  
лунного затмения



# Достижения науки

- Рефлексия
- Думать над вопросами, которые задает нам природа
- Эксперимент
- Думать о результатах
- Распространение новых знаний через статьи
- Когда другие мыслители благосклонно комментируют наши идеи, знание консолидируется. Мы учимся на своих ошибках.



# Стандартная модель Большого Взрыва

■ Это самая простая модель, которая объясняет наблюдения :

- Расширение Вселенной
- Космическое фоновое излучение
- Химический состав Вселенной
- Изотропия Вселенной
- **Есть и другие модели**



□ Наука не претендует на обладание истиной - она недостижима.



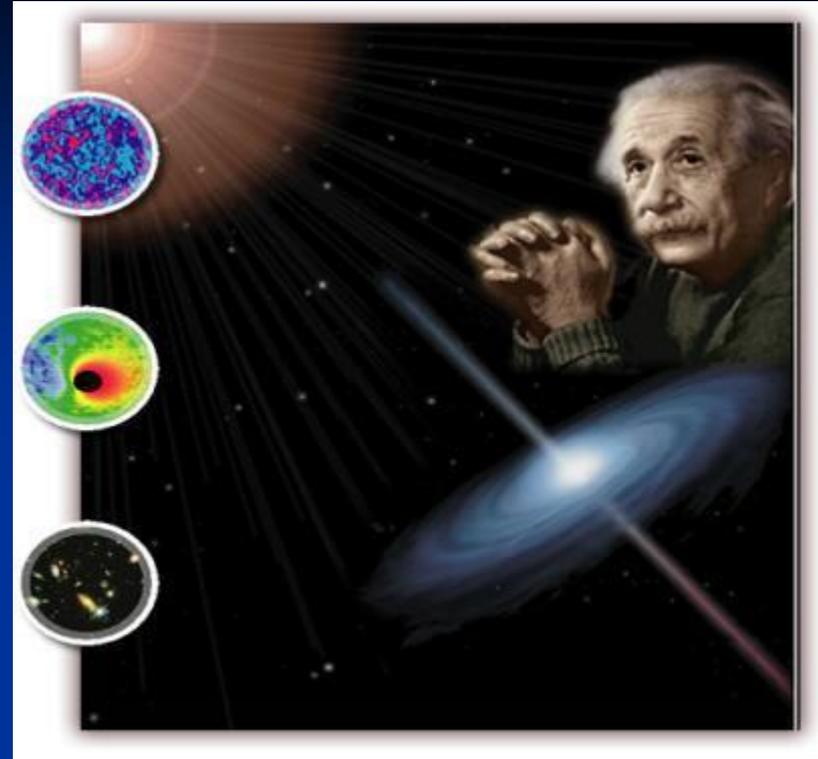
# Расширение Вселенной

- ❑ Вселенная образовалась примерно 14 миллиардов лет назад.
- ❑ Все началось, когда энергия была выпущена из вакуума
- ❑ Происходило расширение и охлаждение
- ❑ В результате, эта энергия была преобразована в материю



Физика, изученная на Земле и применимая к остальной Вселенной - это и есть астрофизика

Альберт Эйнштейн обнаружил, что энергия может быть преобразована в материю и наоборот. В начале вселенной энергия вакуума превращается в материю. Внутри звезд энергия превращается в материю, поэтому они сияют.



Взаимосвязь между веществом и энергией

$$E = mc^2$$

кварки , лептоны

$p^+$   $n$   $e^-$



# В начале вся материя была ионизирована

Позже произошла рекомбинация с образованием нейтральных атомов. Атомы образовали облака, а внутри - первые галактики с первыми звездами.



Позже были сформированы каменные планеты (такие как Земля), и появилась первая жизнь.



# Химическая эволюция

Протоны, нейтроны и электроны образуются в первую минуту эволюции Вселенной. Они образовали самые простые атомы, H и He.

$$E = mc^2$$

Ядро водород H представляет собой  $p^+$

4 H образуют He +  $2\nu$  +  $2e^+$  +  $2\gamma$

- Остальные элементы образовались внутри звезд в результате термоядерных реакций.
- Самые тяжелые атомы, такие как уран, возникают, когда звезды взрываются и выбрасывают частицы, которые сталкиваются, образуя новые элементы.
- Миллиарды лет прошли после Большого взрыва, когда другие элементы, кроме водорода и гелия, образовались в результате звездной эволюции.



# Физика и Астрономия

Мы можем объяснить повседневную жизнь материи наличием кварков (составных частей протонов и нейтронов) и лептонов (одним из самых известных из них является электрон) и их взаимодействиями, такими как электромагнетизм.

Family			Interaction
Лептон	электрон	нейтрино	Электромагнитное взаимодействие
кварк	верхний	нижний	Сильное взаимодействие
барион	протон	нейтрон	Слабое и сильное взаимодействие

Эта простота модели помогает понять, как возникла ранняя Вселенная, где энергия превращалась в материю, а материя в энергию.



# Благодаря наблюдениям мы узнаем о

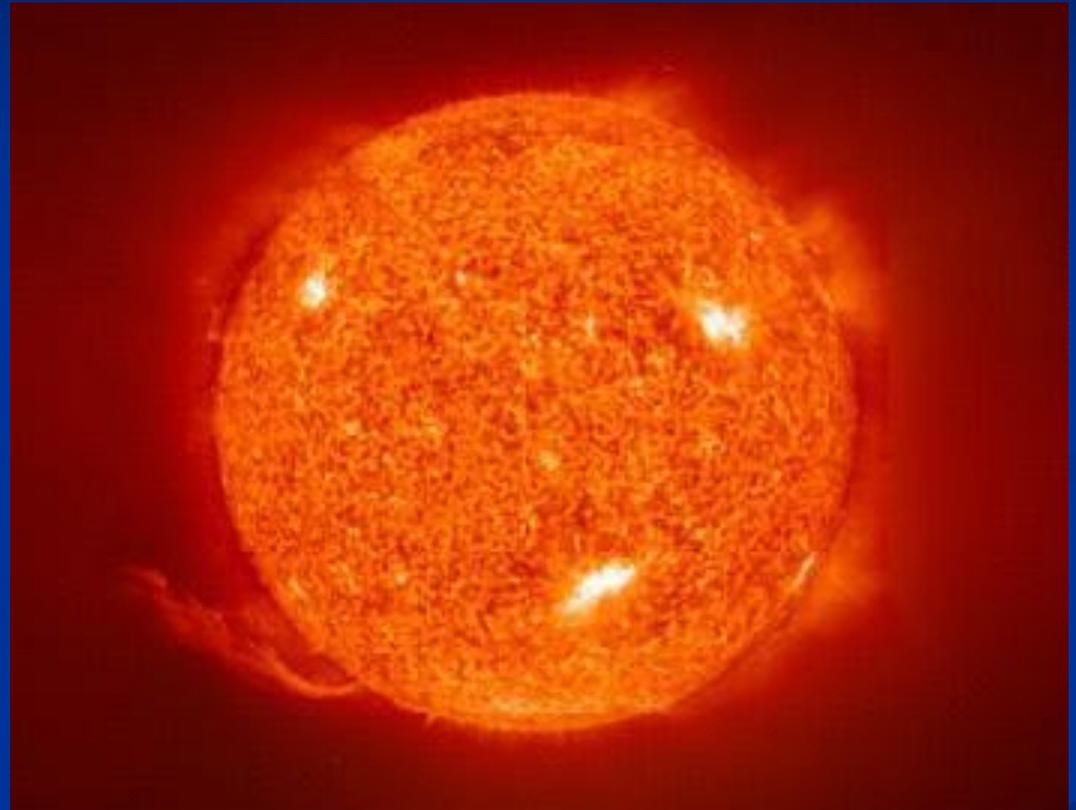
- Физических свойствах небесных объектов
- Размерах и расстояниях
- Времени и возрасте
- Скорости расширения Вселенной
- Температуре фонового излучения
- Химическом состав
- Структуре Вселенной
- Почему ночью темно
- Существовании темной материи и темной энергии



# Солнце

Самые  
изучаемые  
объекты - самые  
яркие - проще  
всего это сделать.

Солнце и  
остальные звезды  
- самые  
известные  
объекты.



# Экзопланеты



Помимо звезд, в последние несколько лет вокруг других звезд были обнаружены сотни планет не потому, что они излучают свет, а потому, что они нарушают звездные орбиты и кривые блеска



# ЖИЗНЬ



Еще одно свойство Вселенной - это жизнь. Мы еще не обнаружили жизнь за пределами Земли. Мы считаем, что для этого требуется вода, поскольку она способствует обмену веществ и образованию СЛОЖНЫХ молекул.



# Межзвездное вещество

Пространство между звездами не пустое, оно заполнено межзвездной материей. Это материал, из которого формируются новые звезды.

Звезды рождаются внутри облаков газа и пыли. Облака сжимаются, образуя новые звезды. Они проводят большую часть своей жизни, превращая в своем ядре водород в гелий и энергию.

Затем образуются углерод, азот и кислород - элементы, из которых мы сделаны.



# Жизненный цикл Солнцеобразной звезды



Когда звезды истощают свое топливо, они выбрасывают в окружающее пространство частицы, созданные внутри них. После каждого звездного поколения межзвездная среда - где рождаются новые звезды - становится все более обогащена этими элементами.



# Скопления

Многие звезды собраны в звездные скопления, содержащие от 100 до 1000000 звезд



Jewel Box,  
рассеянное  
скопление



Omega Centauri,  
шаровое скопление



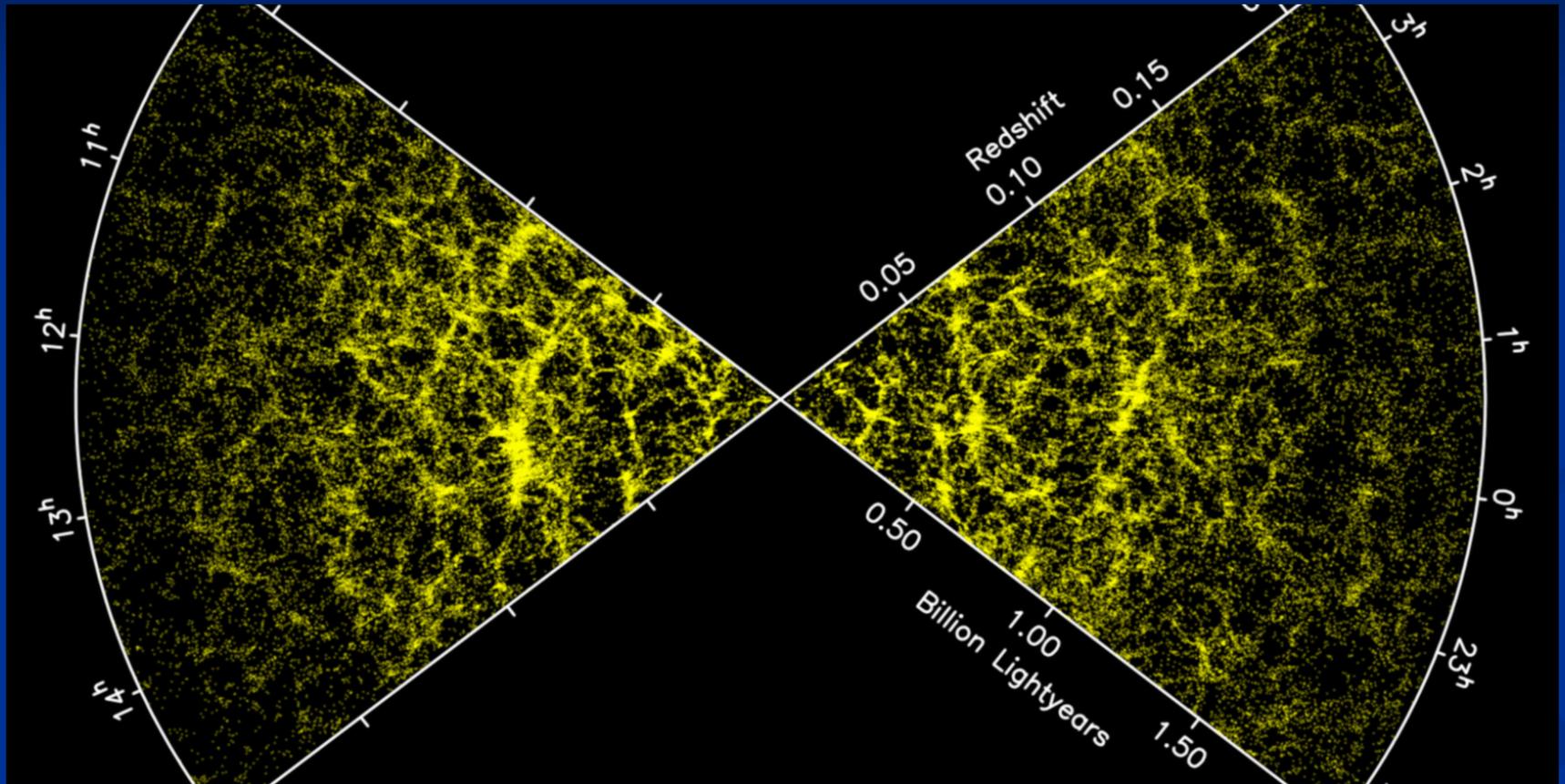


Whirlpool Spiral Galaxy  
Source: Hubble Space Telescope

**Галактики**  
**Крупнейшими**  
**звездными системами**  
**являются галактики -**  
**спиральные, подобные**  
**нашей, с более 100**  
**миллиардами звезд,**  
**каждая со своими**  
**планетами, спутниками и**  
**кометами, газом, пылью**  
**и большей частью так**  
**называемой темной**  
**материи.**



# Крупномасштабная структура Вселенной



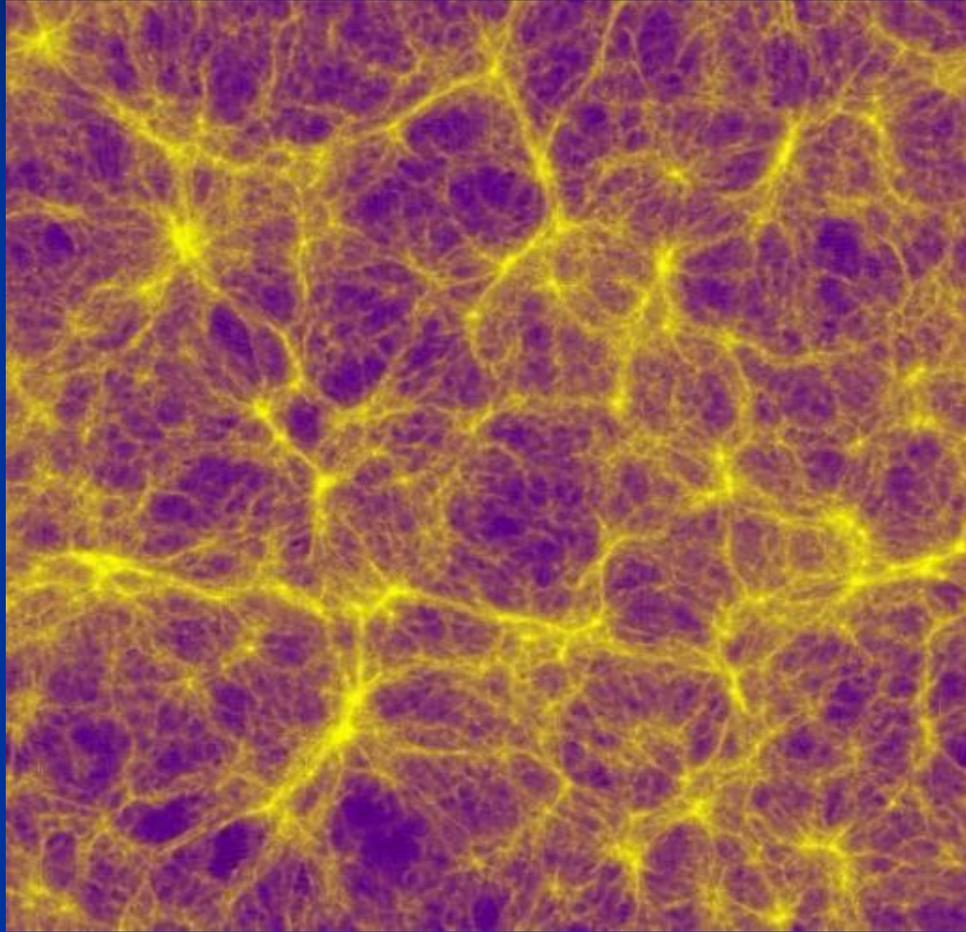
Группы галактик образуют во  
Вселенной галактические нити

Как будто Вселенная – это ванна с пузырьками, где материя окружает пространство, в котором отсутствуют галактики, и с течением времени объем увеличивается



По мере расширения Вселенной пространство между скоплениями галактик увеличивается, и Вселенная становится все больше и больше

# Крупномасштабная структура Вселенной



Скопления и  
сверхскопления  
галактик  
образуют  
галактические  
нити.

Модель  
совпадает с  
наблюдениями

Источник: Проект тысячелетия Институт Макса  
Планка.



# Структура Вселенной: образование

- Звезды в скоплениях.
- Звездные скопления находятся внутри галактик.
- Галактики образуют скопления, состоящие из нескольких галактик или из тысяч галактик.
- Самые большие структуры во Вселенной - это галактические нити, образованные скоплениями и сверхскоплениями галактик.



# Размеры Космоса

Мы можем оценить размер одного метра, похожий на размер ребенка, а также в тысячу раз больше, один километр ...



... Расстояние, в тысячи раз больше, тысяча километров, можно пересечь самолетом за пару часов.

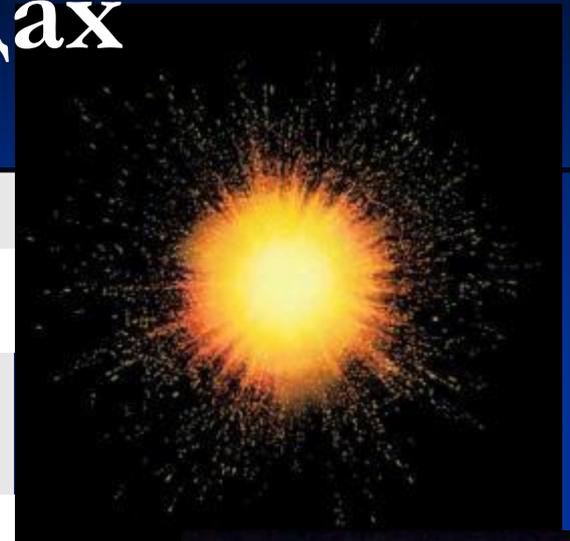
Чтобы добраться до Луны, нам нужно три дня, а чтобы преодолеть расстояние между Солнцем и Юпитером - несколько лет.

Расстояние до ближайших звезд в тысячу раз больше



# Время в космосе в годах

Большой взрыв	14 000 000 000
Формирование галактик	13 000 000 000
Формирование Солнечной системы	4 600 000 000
Появление жизни на Земле	3 800 000 000
Появление сложной жизни	500 000 000
Появление динозавров	350 000 000
Вымирание в конце мелового периода	65 000 000
Появление человека современного вида	120 000



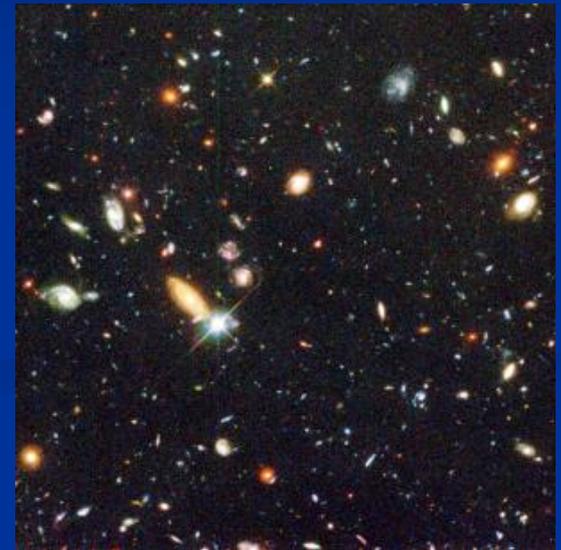
**Появление человека произошло совсем недавно**

# Наблюдения за Вселенной

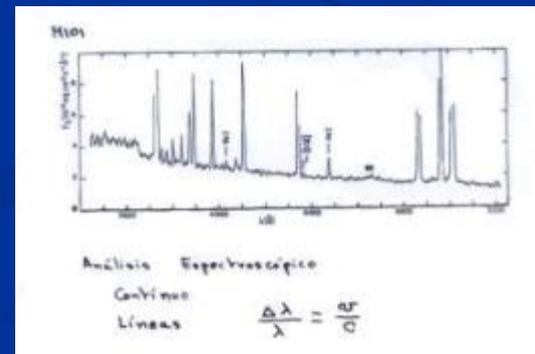
Вы можете сделать снимок, чтобы определить положение или внешний вид звезды или количество испускаемого света.

По спектрам можно определить скорость движения звезд. Это известно как эффект Доплера.

Анализируя излучение, которое излучают, отражают или поглощают звезды и галактики, мы узнаем об их природе.



(Эффект Доплера)



# ОСНОВЫ СТАНДАРТНОЙ МОДЕЛИ

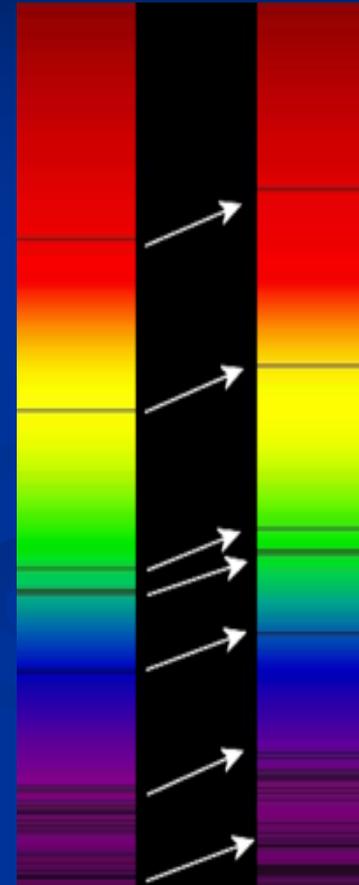
## Расширение Вселенной

Доплеровский сдвиг в красную область спектра демонстрирует расширение (если звезды находятся близко к наблюдателю, свет становится более голубым, а чем дальше, тем он краснее).

Группы галактик удаляются друг от друга, и если они находятся дальше, они удаляются с большей скоростью

## Химический состав Вселенной

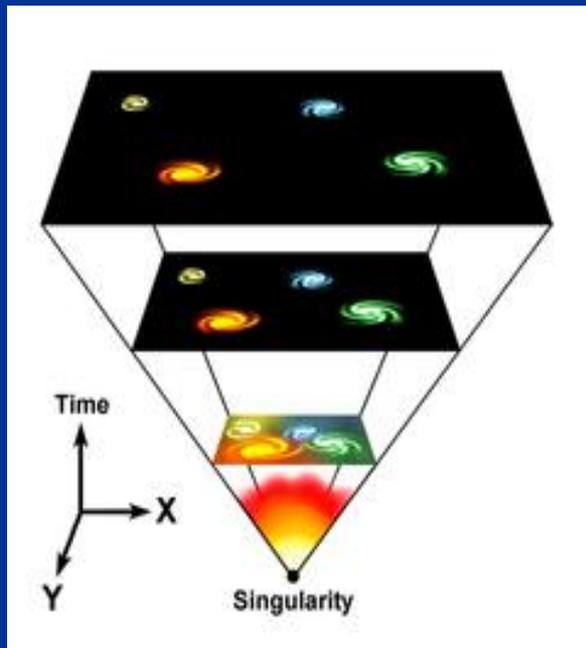
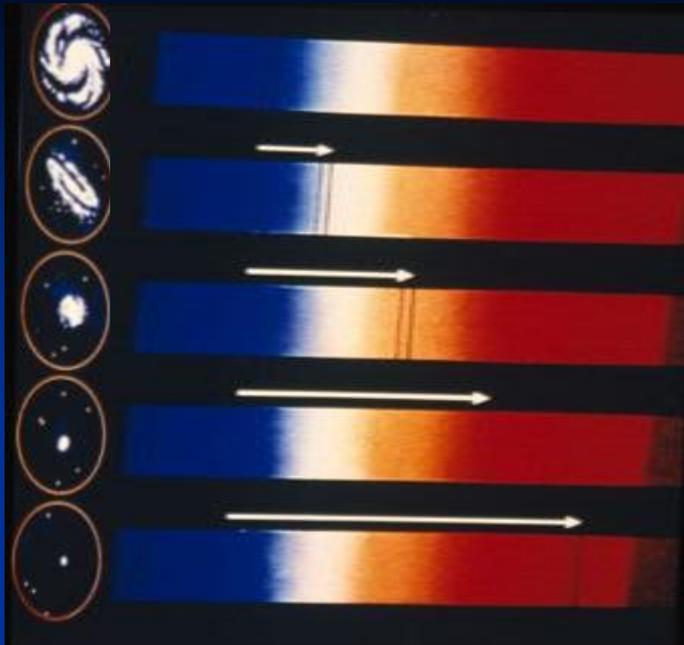
В первые минуты после Большого взрыва образовались только Н и He; расширение остановило производство: излучение потеряло энергию, и уже не было возможности превращаться в протоны и нейтроны. С, N и O были созданы внутри звезд и смешивались с межзвездной средой, когда звезды умирали.



# Космическое Расширение

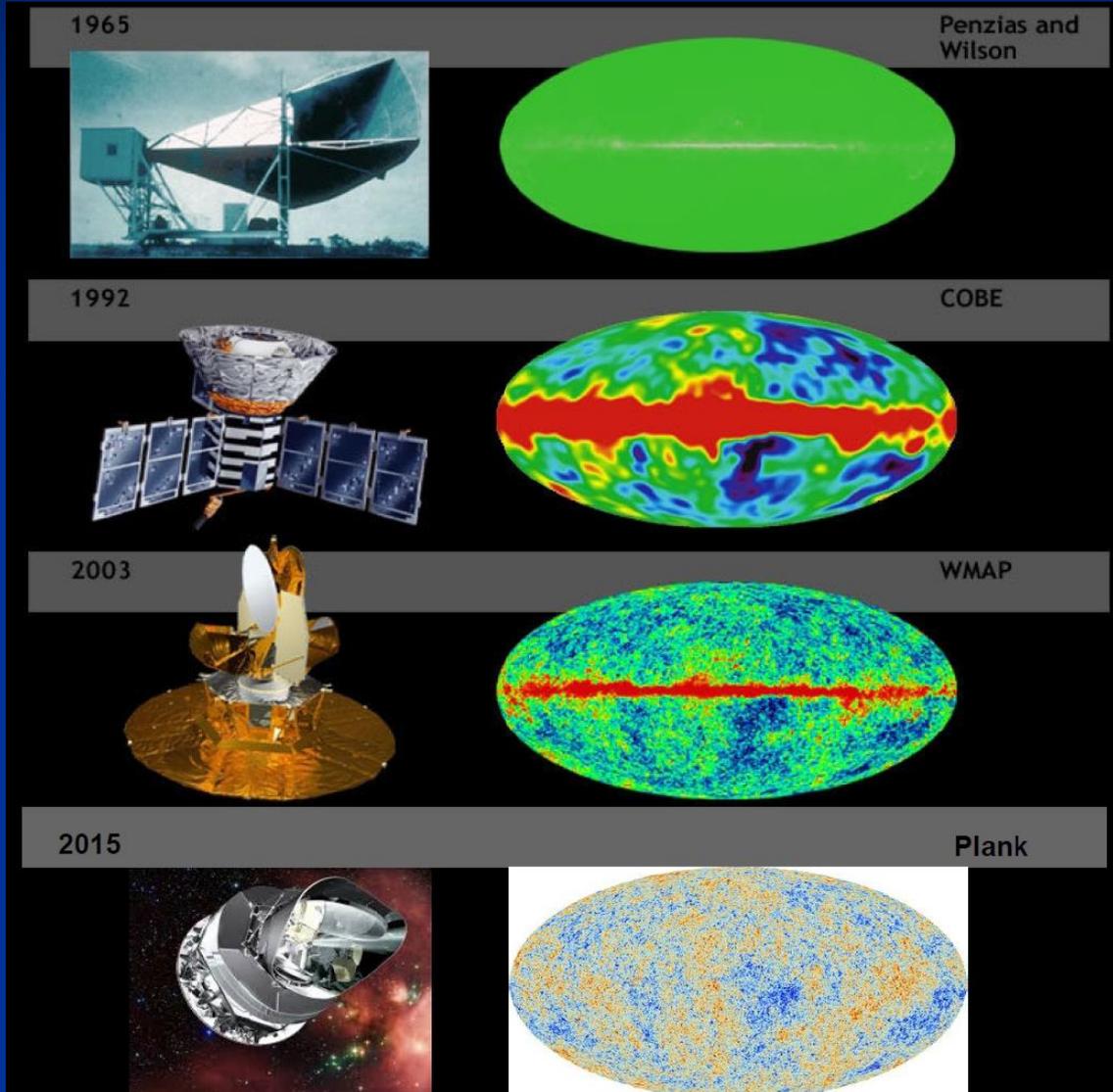
Пространство расширяется, а фотоны излучения растягиваются. Что в прошлом было коротковолновое гамма-излучением, сегодня мы наблюдаем его как радиоволны.

Измеряя космическое расширение, мы можем рассчитать возраст Вселенной - 14 миллиардов лет. Эта оценка выше, чем возраст, измеренный для самых старых звезд



# Космическое микроволновое фоновое (СМВ) излучение

- Миссии COBE, WMAP и PLANCK составили карту неба в микроволновом излучении. Каждый раз с более подробной информацией, обнаруживая небольшие флуктуации: отпечатки сгустков вещества, из которых начали образовываться галактики



# Есть ли край вселенной?



Необходимым условием стабильности вселенной является то, что она постоянно расширяется. В противном случае она прекратила бы существовать в том виде, как мы видим это сейчас.

Расширение Вселенной является одним из столпов стандартной модели Большого Взрыва

но ... нет центра расширения



# Гравитация доминирует во Вселенной?



Вселенная содержит массу, поэтому она обладает огромной гравитационной силой. Гравитация доминирует.

Расширение в результате Большого взрыва компенсирует гравитацию

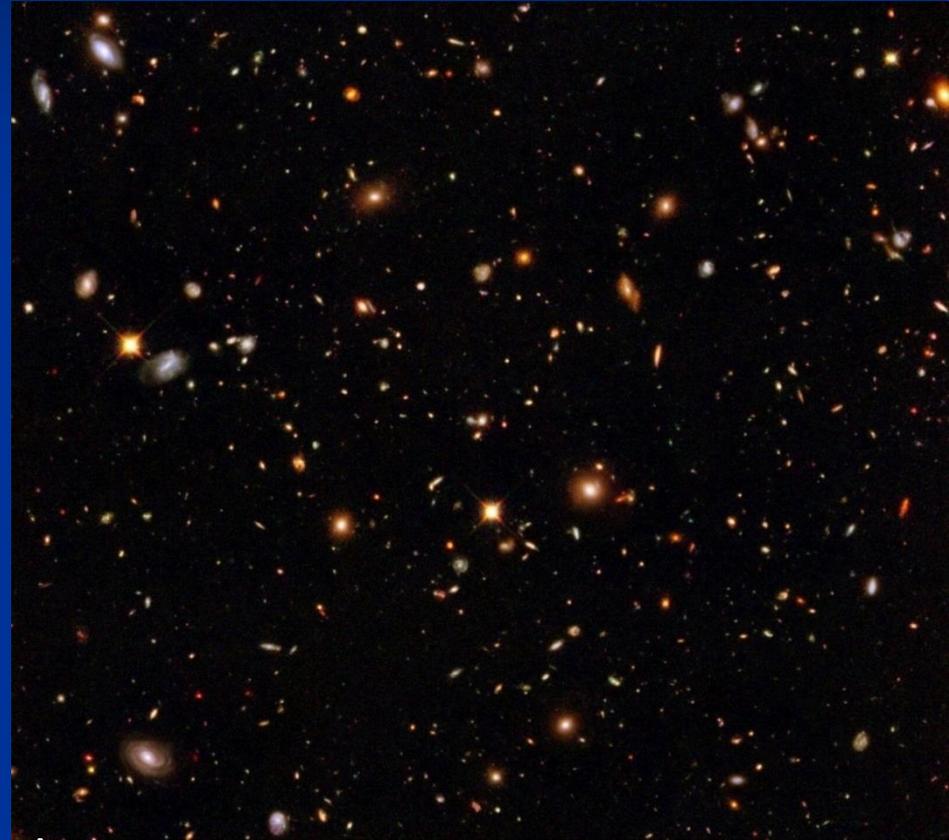
Расширение Вселенной ускоряется, и источник ответственный за это ускорение, неизвестен.



Наблюдая за далекими галактиками, мы смотрим, какими они были в прошлом. Близкие галактики отличаются от далеких галактик



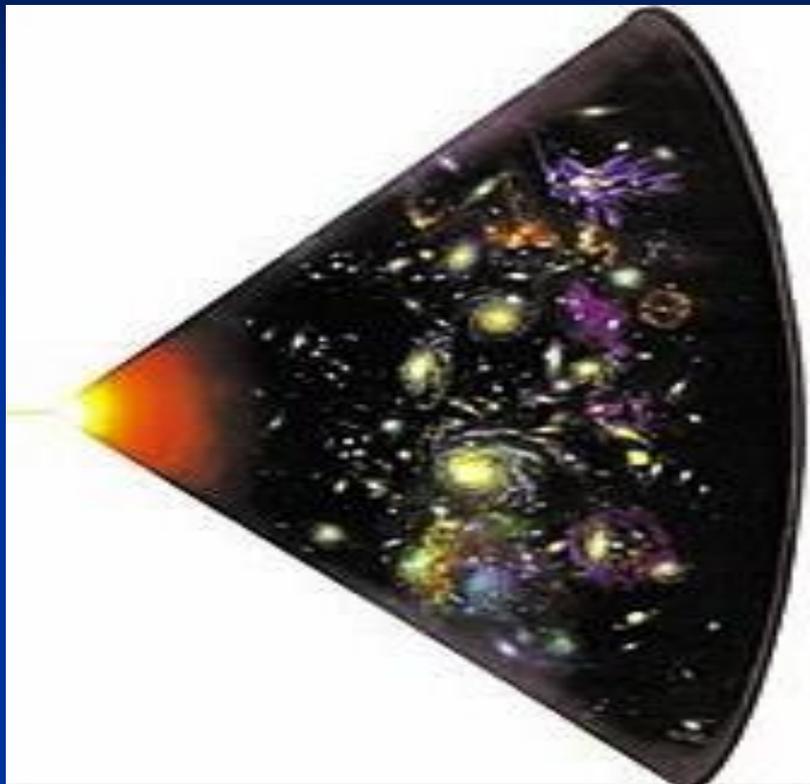
Близкая спиральная  
Галактика



Далекие галактики -  
маленькие и  
аморфные



# ЭВОЛЮЦИЯ



Есть предел, за которым у нас нет информации о Вселенной. Мы не можем наблюдать за звездами, чей свет достигает нас более четырнадцати миллиардов лет.

Если бы наша Вселенная была маленькой, у нас была бы информация только о маленьком участке, а если бы Вселенная была бесконечной, то информация была крошечной.



Невидимая часть Вселенной - это  
95% темной материи и темной  
энергии - обнаруживается  
благодаря ее воздействию на  
видимые объекты.

Мы не знаем тип материи, из  
которой они состоят



# Поверхность моря



Как будто мы морские биологи, но мы можем видеть только поверхность моря

# Морское дно



Если мы посмотрим поближе, мы могли бы обнаружить большое разнообразие

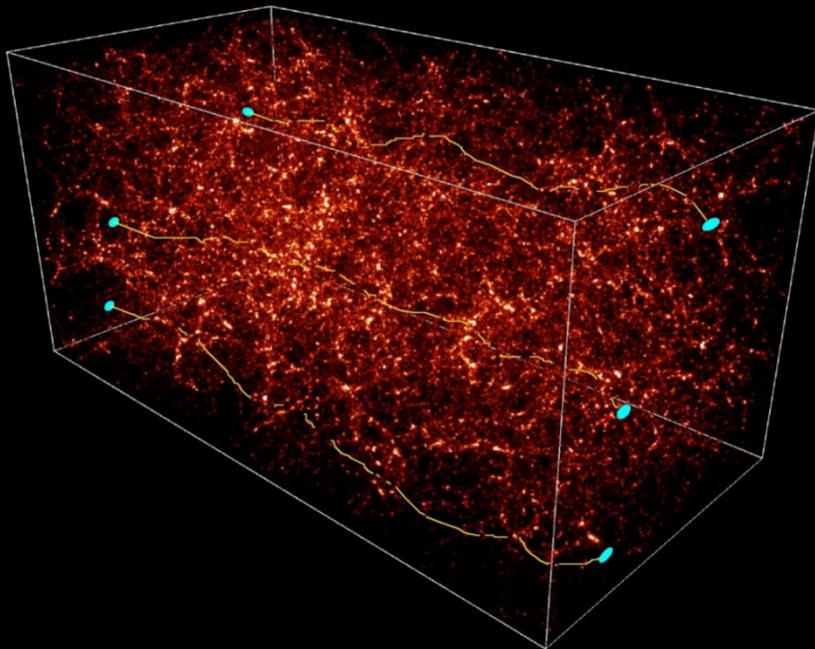


# Темная материя

Мы знаем, что на каждый обнаруженный астрономический объект приходится еще тысяча, о которых у нас нет никакой информации, только масса, содержащаяся в них. Мы не знаем их форму и распределение

Считается, что темная материя распространяется нитевидно. Синие фигуры - это далекие галактики. Желтые линии - это пути света, излучаемого галактиками. Без темной материи они были бы прямыми.

DEFLECTION OF LIGHT RAYS CROSSING THE UNIVERSE, EMITTED BY DISTANT GALAXIES



Звезды движутся вокруг центра галактики, потому что ее масса притягивает их. Скопления галактик остаются ограниченными из-за гравитационной силы.

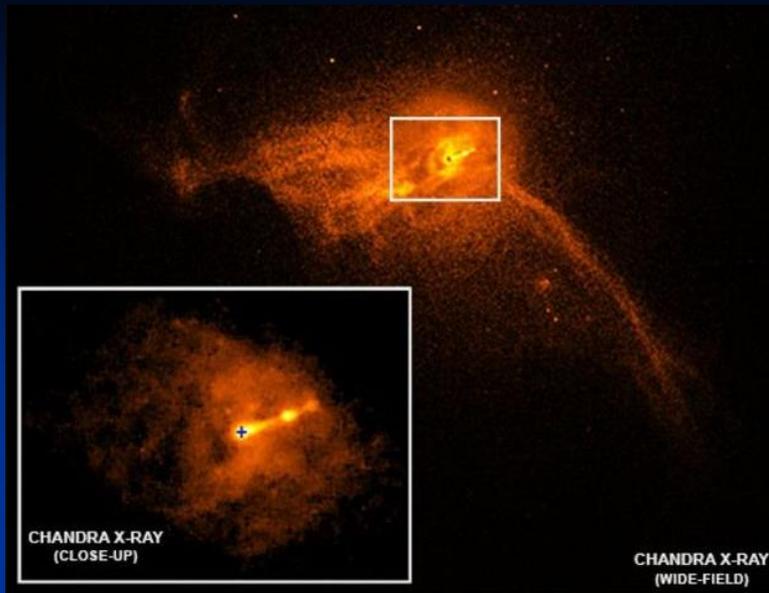


Темная материя не видна, но может быть обнаружена через гравитацию



Есть объекты, которые движутся вокруг других, которых мы не можем видеть. Например, есть звезды и группы звезд, которые движутся вокруг черных дыр в центре галактик

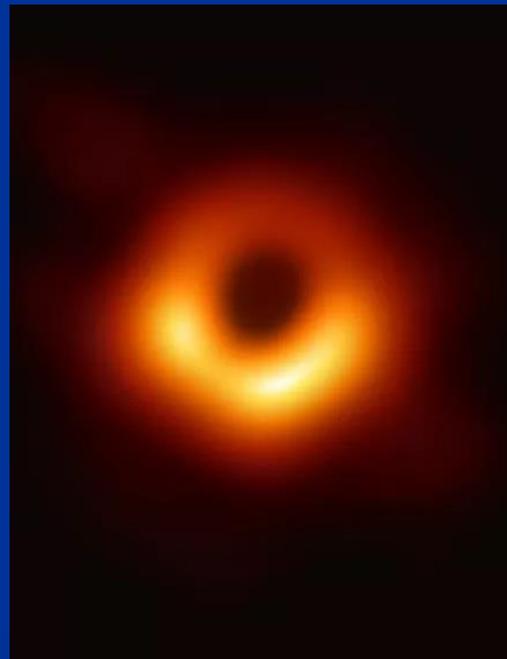




Центр М87, дальний 53,5 млн. св.лет. от Солнца  
(Фото: NASA / СХС / Университет Вилланова / Дж. Нейлсен)

«Тень» и горизонт событий сверхмассивной черной дыры в центре галактики М87, массой в 6,5 миллиардов солнечных масс (кредит: Event Horizon Telescope)

Консорциум из более чем 200 ученых и 60 учреждений в 18 странах на 6 континентах является частью телескопа Event Horizon: 8 радиотелескопов на всей планете



Первое изображение сверхмассивной черной дыры было представлено на пресс-конференции 10 апреля 2019 года.

# Эволюция Вселенной

В долгосрочной перспективе Вселенная будет продолжать расширяться. Скорость расширения увеличивается со временем, она ускоряется. Энергия, ответственная за это ускорение, до сих пор неизвестна. Мы называем это темной энергией.

Через  $\sim$  триллионы лет все межзвездное вещество будет израсходовано, и звездное образование прекратится.

Протоны распадутся, и черные дыры испарятся.

Вселенная будет огромна, населена экзотической материей и низкоэнергетическими радиоволнами.



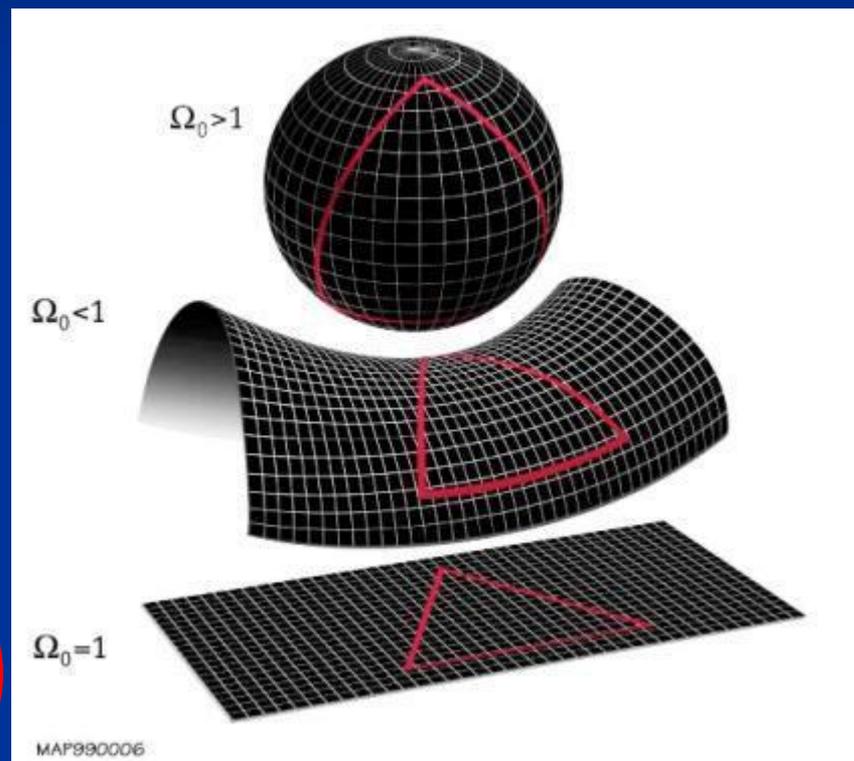
# Геометрия Вселенной в зависимости от космологической постоянной

Закрытая  $\rightarrow \Omega > 1$

Открытая  $\rightarrow \Omega < 1$

Плоская  $\rightarrow \Omega = 1$

(предсказано инфляционной теорией и совпадает с наблюдениями)



# Эволюция зависит от состава Вселенной

Космологическая  
постоянная

$$\Omega_{total} = 1.0$$



Тяжелые элементы  
0.03%



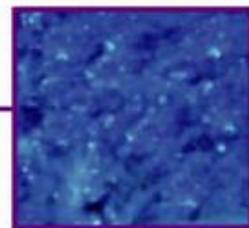
Нейтрино  
0.47%



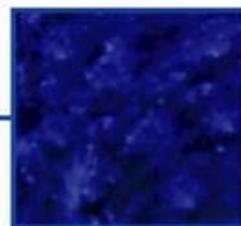
Звезды  
0.5%



Свободный H и He



Темная  
материя



Dark Energy:  
70%

Nothing  
Matter



# Успешная модель: Большой взрыв (прогнозы - проверки)

- **Расширение:**  
обнаружено в начале 20-го века Э. Хабблом.
- **Фоновое космическое излучение :**  
обнаружено в 20 веке А. Пензиасом и Р. Уилсоном.
- **Распространенность химических элементов:**  
проверена в 20-м веке.
- **Крупномасштабная структура Вселенной:**  
обнаружена в конце 20 века



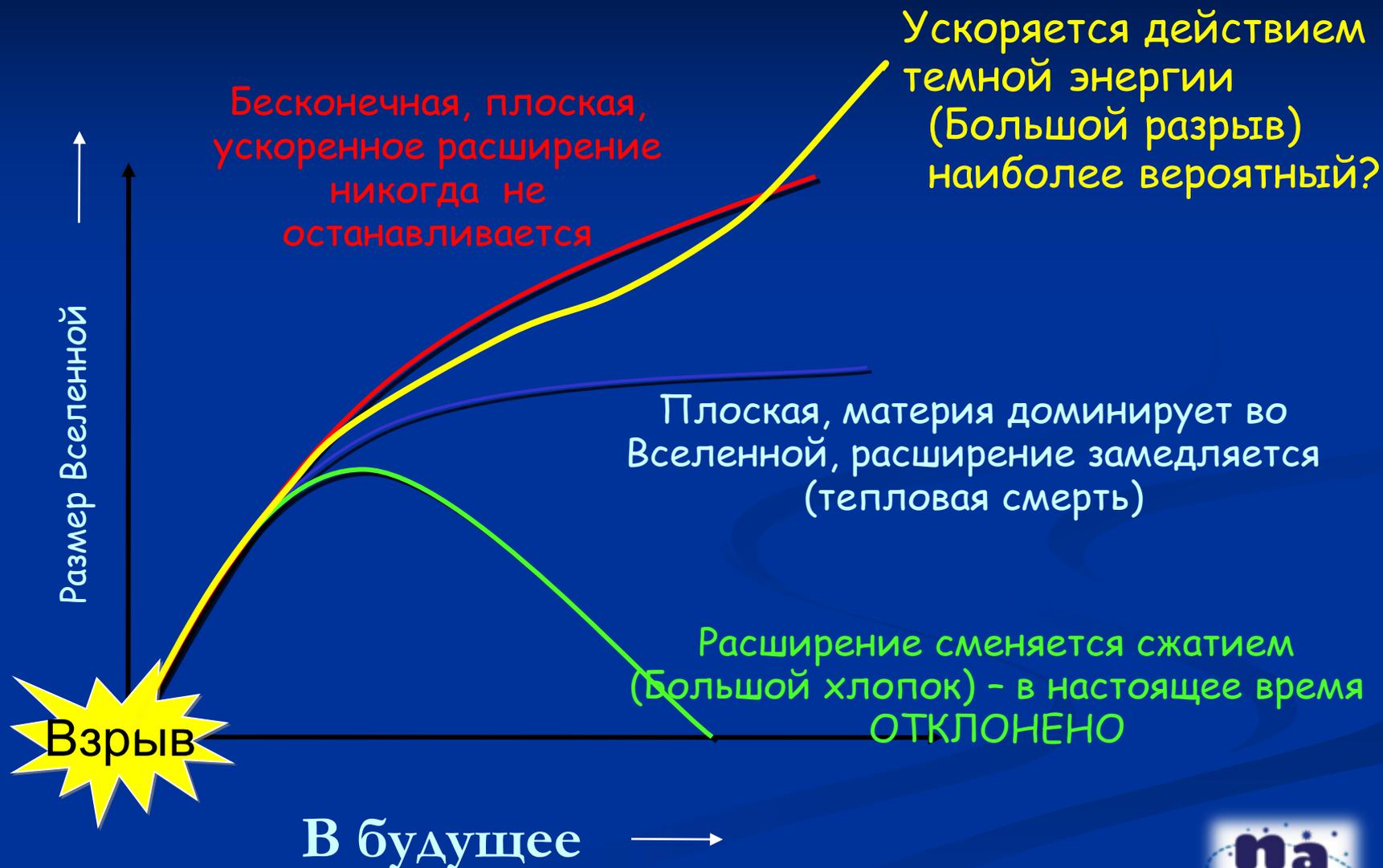
# Окончательная судьба Вселенной (возможные сценарии)

- Большой хлопок (расширения сменяется сжатием)
- Плоская, тепловая смерть (расширение останавливается)
- **Бесконечная, плоская, в постоянном расширении (это сценарий, который теперь принят)**
- Большой разрыв (ускоренное расширение)

Будущее зависит от состава Вселенной, от критической плотности и от существования темной энергии.



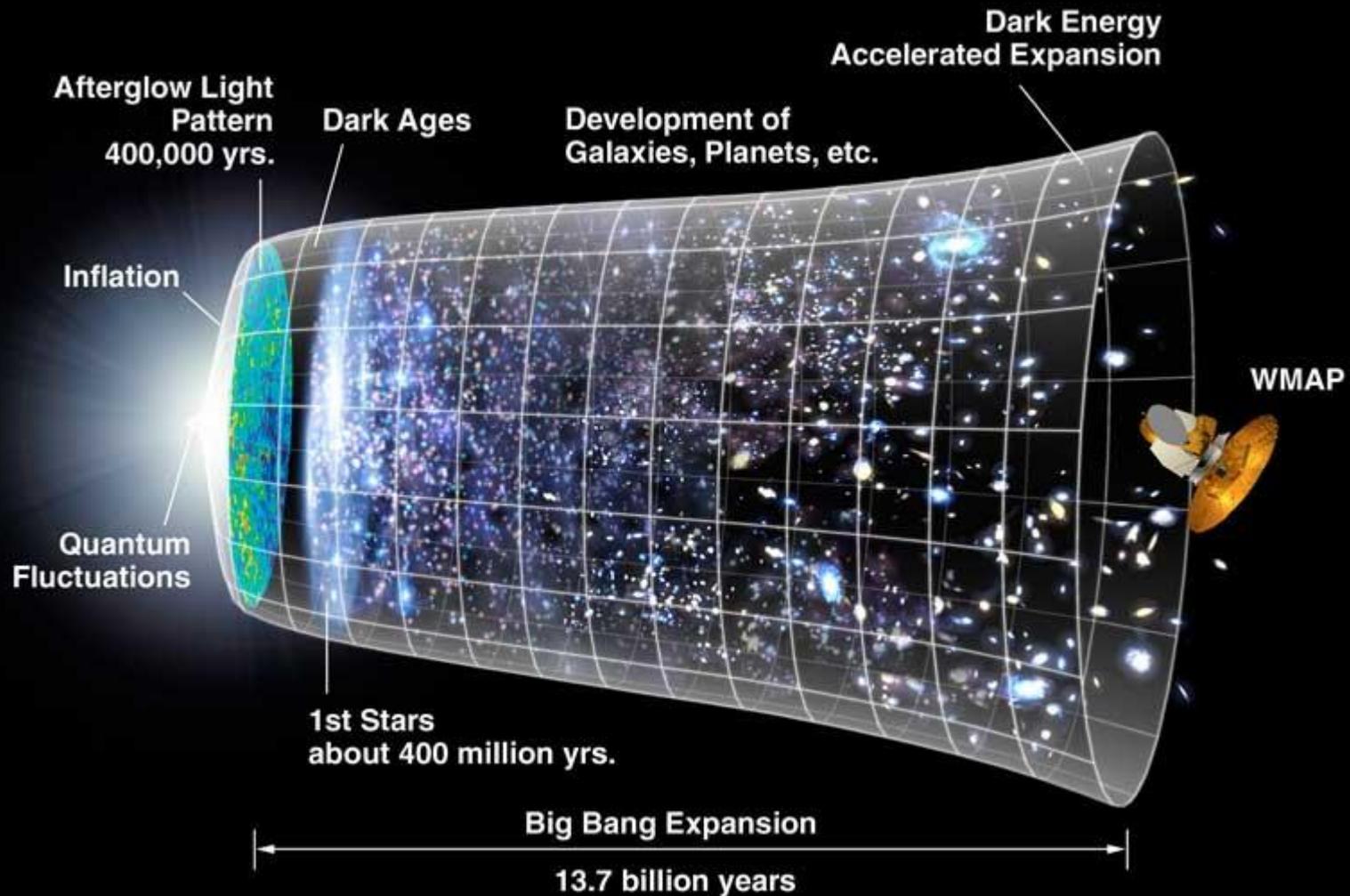
# Форма и судьба Вселенной



Предоставлено: Даниэль Томас -  
Картирование неба

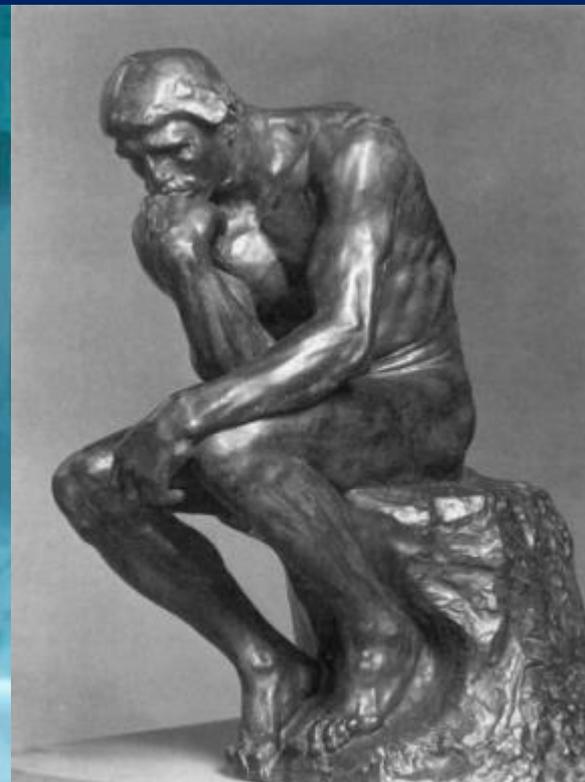


# История Вселенной



# Эпилог

Мы живем в необычайную эпоху, когда мы можем думать о Вселенной, используя физические законы.



Возможно, что со временем наши идеи изменятся, но такова наука

**Спасибо вам  
большое за ваше  
внимание!**