

# Космология

**Джульета Фиерро, Биатрис Гарсия, Сюзана Деустуа**

Международный астрономический союз, Национальный автономный университет Мексики (México DF, Мексика), Национальный технологический университет (Мендоса, Аргентина), Научный институт космического телескопа (Балтимор, США)

## Аннотация

Хотя каждый отдельный небесный объект имеет свои особенности, понимание эволюции Вселенной само по себе является увлекательной темой. Несмотря на то, что мы привязаны к Земле, понимание того, что мы так много знаем о Вселенной, захватывает.

Астрономия в 19 веке была сосредоточена на каталогизации свойств отдельных небесных объектов: планет, звезд, туманностей и галактик. К концу XX века акцент сместился на понимание свойств категорий объектов: звездных скоплений, образования галактик и структуры Вселенной. Теперь мы знаем возраст и историю Вселенной, и что ее расширение ускоряется, но мы еще не знаем природу темной материи. И мы продолжаем делать новые открытия.

Сначала мы опишем некоторые свойства галактик, которые являются частью крупномасштабной структуры Вселенной. Позже мы рассмотрим так называемую стандартную модель Большого взрыва и доказательства, подтверждающие эту модель.

## Цели

- Узнать как Вселенная развивалась с момента Большого взрыва до наших дней.
- Выяснить как устроены материя и энергия во Вселенной.
- Проанализировать как астрономы узнают историю Вселенной.

## Галактики

Галактики состоят из звезд, газа, пыли и темной материи, и они могут быть очень большими, более 300 000 световых лет в диаметре. Галактика, которой принадлежит Солнце, имеет сто миллиардов (100 000 000 000) звезд. Во Вселенной миллиарды таких галактик.

Наша галактика - большая спиральная галактика, похожая на галактику Андромеды (рис. 1a). Солнцу требуется 200 миллионов лет, чтобы вращаться вокруг своего центра со скоростью 250 километров в секунду. Поскольку наша Солнечная система погружена в диск галактики, мы не можем видеть всю галактику, это очень похоже на попытку

изобразить лес, когда вы находитесь в его центре. Наша галактика называется Млечный Путь. Невооруженным глазом с Земли мы можем увидеть множество одиночных звезд и широкий пояс, состоящий из огромного количества звезд и межзвездных облаков газа и пыли. Структура нашей галактики была открыта в результате наблюдений с помощью оптических и радиотелескопов, а также других галактик. (Если бы не было зеркал, мы могли бы представить себе, каково наше собственное лицо, глядя на другие лица.) Мы используем радиоволны, поскольку они могут проходить сквозь облака, непрозрачные для видимого света, подобно тому, как мы принимаем звонки на мобильный телефон, находящиеся внутри здания.



Рис. 1а: Галактика Андромеды. Спиральная галактика очень похожа на наш Млечный Путь. Солнце находится на внешнем крае одного рукава нашей галактики. (Фото: Билл Шенинг, Ванесса Харви / Программа REU / NOAO / AURA / NSF)

Рис. 1б: Большое Магелланово Облако. Неправильная спутниковая галактика Млечного Пути, которую можно увидеть невооруженным глазом из южного полушария. (Фото: ESA и Экхард Славик)

Мы классифицируем галактики на три типа. Неправильные галактики меньше и более многочисленны, они обычно богаты газом и образуют новые звезды. Многие из этих галактик являются спутниками других галактик. У Млечного Пути 30 галактик-спутников, и первыми из них были обнаружены Магеллановы облака, которые видны из южного полушария.

Спиральные галактики, как и наша, обычно имеют два рукава, сильно или слабо закрученных по спирали, исходящих из центральной части, называемой балджем. Ядра галактик, подобных нашей, как правило, содержат черные дыры, в миллионы раз превышающие массу Солнца. Новые звезды рождаются в основном в рукавах из-за большей плотности межзвездного вещества, сжатие которого дает начало звездам.

Когда черные дыры в ядрах галактик притягивают облака газа или звезд, материя нагревается и, прежде чем упасть в черную дыру, часть ее выходит в струях раскаленного газа, которые движутся в космосе и нагревают межгалактическую среду. Они известны как активные галактические ядра, и они есть у большого числа спиральных галактик.

Самые большие галактики - эллиптические (хотя есть и маленькие эллиптические). Считается, что они, как и гигантские спирали, образуются при слиянии меньших галактик. Некоторое свидетельство этому исходит из разнообразия возраста и химического состава различных групп звезд в объединенной галактике.

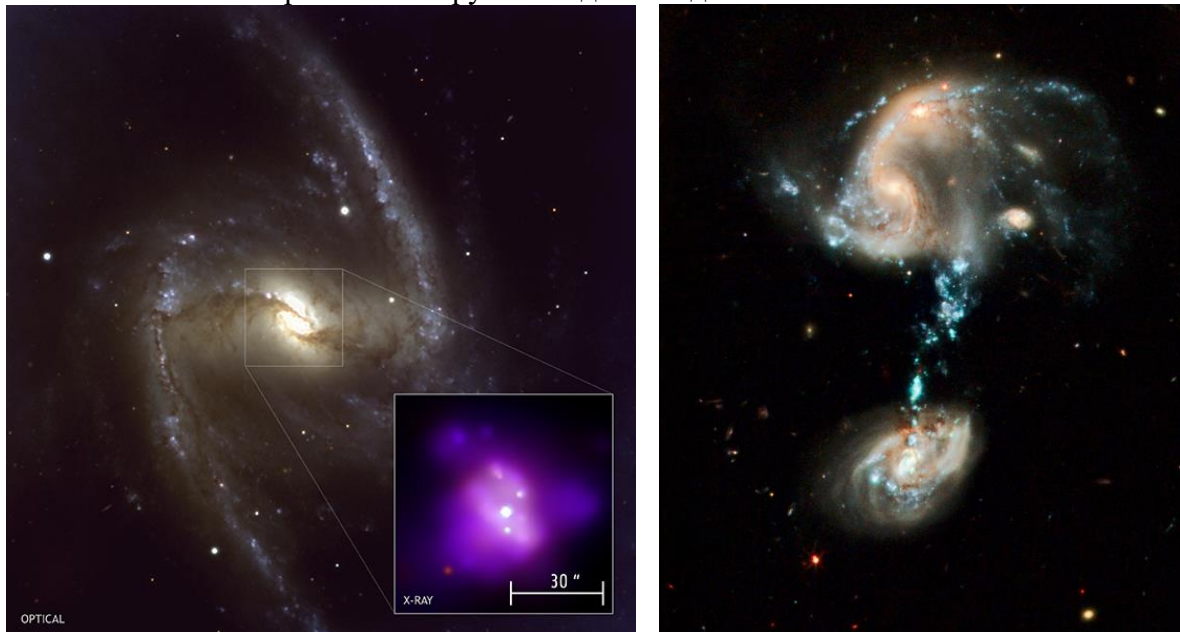


Рис. 2а: Оптическое изображение галактики NGC 1365, полученное с помощью ESO VLT, и изображение рентгеновского материала Chandra вблизи центральной черной дыры. (Фото: NASA, ЕКА, Наследие Хаббла (STScI / AURA) -ESA / Hubble Collaboration и А. Эванс).

Рис. 2b: Arp 194 - система двух галактик взаимодействует в очень впечатляющем процессе. Ядра объединяются, и выпускается синий хвост (предоставлено NASE, ESA и команда Hubble Heritage Team (STScI))

Галактики образуют скопления галактик с тысячами компонентов. Гигантские эллипсы обычно находятся в центрах скоплений, а некоторые из них имеют два ядра в результате недавнего слияния двух галактик.

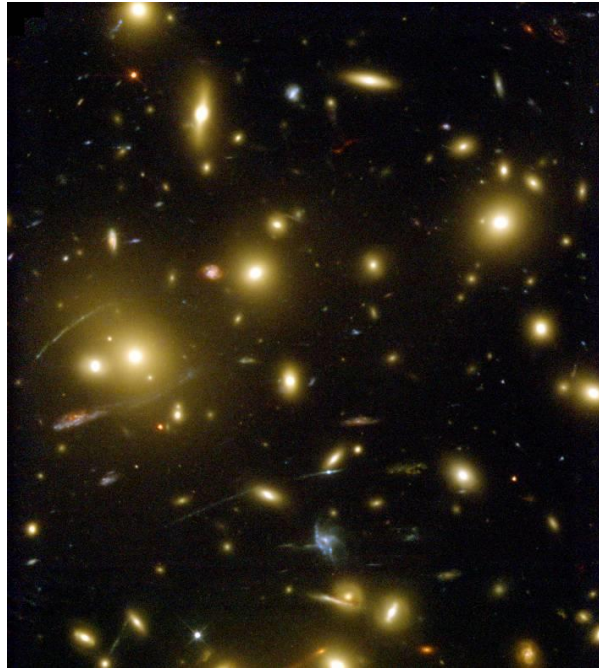


Рис. 3: Скопление галактик Abell 2218. Видны дуги, вызванные эффектом гравитационного линзирования. (Фото: NASA, ЕКА, Ричард Эллис (Калифорнийский технологический институт) и Жан-Поль Кнейб (Обсерватория в Южных Пиренеях, Франция)).

Скопления и сверхскопления галактик распределены во Вселенной в виде нитевидных структур, окружающих огромные области, лишенные галактик. Это как если бы Вселенная в больших масштабах была пузырьковой ванной, где галактики находятся на поверхности пузырьков.

## Космология

Мы опишем некоторые свойства Вселенной, в которой мы живем. Вселенная состоит из материи, энергии и пространства и со временем развивается. Её временные и пространственные размеры намного больше, чем мы используем в нашей повседневной жизни.

Космология пытается ответить на фундаментальные вопросы о Вселенной: откуда мы пришли? Какое будущее у Вселенной? Где мы? Сколько лет Вселенной?

Стоит отметить, что наука развивается. Чем больше мы знаем, тем больше понимаем, как много мы не знаем. Карта полезна, даже если она представляет собой всего лишь изображение участка, точно так же, как наука позволяет нам иметь представление о природе, видеть некоторые ее аспекты и предсказывать события, и все это основано на разумных предположениях, которые обязательно должны быть подтверждены измерениями и данными.

### Размеры Вселенной

Расстояния между звездами огромны. Земля находится в 150 000 000 км от Солнца, Плутон - в 40 раз дальше. Ближайшая звезда находится в 280 000 раз дальше, а ближайшая галактика в 10 миллиардов (10 000 000 000) раз больше. Филаментная структура галактик в десять триллионов (единица с 12 нулями) раз больше, чем расстояние от Земли до Солнца.

### Возраст Вселенной

Наша Вселенная возникла 13,7 миллиарда (13 700 000 000) лет назад. Солнечная система сформировалась намного позже, 4,6 миллиарда (4 600 000 000) лет назад. Жизнь на Земле возникла 3,8 миллиарда (3 800 000 000) лет назад, а динозавры вымерли 65 миллионов лет назад. Современные люди существуют всего около 150 000 лет назад.

Мы полагаем, что наша Вселенная имела начало во времени, потому что мы наблюдаем ее быстрое расширение. Это означает, что все скопления галактик удаляются друг от друга, и чем дальше они находятся, тем быстрее удаляются. Если мы измерим скорость расширения, мы сможем оценить, когда все пространство было едино. По данным расчетам возраст 13,7 миллиарда лет. Этот возраст не противоречит звездной эволюции, поскольку мы не наблюдаем звезд и галактик старше 13,5 миллиардов лет. Событие, начавшее расширение Вселенной, известно как Большой взрыв.

### Измерение скорости

Вы можете измерить скорость звезды или галактики с помощью эффекта Доплера. В повседневной жизни мы испытываем эффект Доплера, когда слышим изменение тона сирены скорой помощи или полицейской сирены, когда она приближается, а затем проходит мимо. Простой эксперимент - поместить звонящий будильник в сумку с длинной ручкой. Если кто-то другой раскручивает сумку за ручку с вытянутой рукой над головой, мы можем обнаружить, что тон меняется, когда часы движутся к нам или от нас. Мы могли бы вычислить тактовую частоту, слушая изменение тона, который тем выше, чем выше скорость.

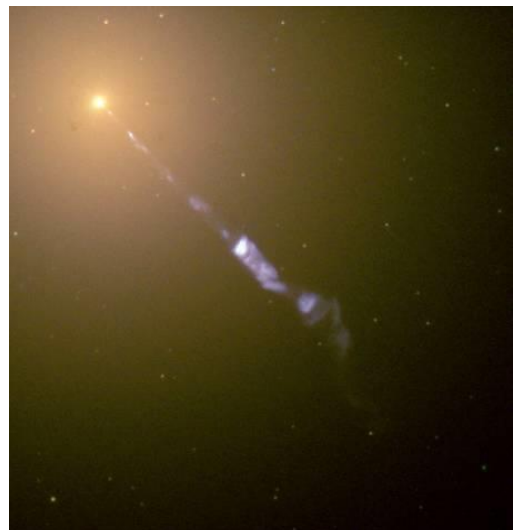
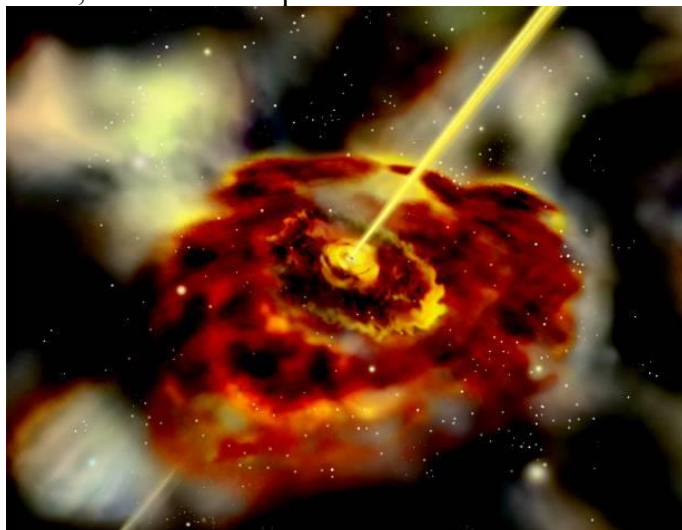


Рис. 4а: Художественная иллюстрация черной дыры в центре галактики. (Фото: NASA Е / РО - Государственный университет Сономы). Рис. 4б: Галактика М87, пример реальной галактики джет. (Фото: NASA и группа «Наследие Хаббла»).

Свет, излучаемый небесными объектами, также претерпевает изменение частоты или цвета, которое можно измерить в зависимости от скорости, с которой они приближаются или удаляются. Длина волны становится длиннее (краснее) при удалении от нас и короче (синей), когда они движутся к нам.

Когда Вселенная была более компактной, звуковые волны, проходя через нее, создавали области большей и меньшей плотности. Сверхскопления галактик образовались там, где плотность вещества была максимальной. По мере расширения Вселенной пространство между областями высокой плотности увеличивалось в размере и объеме. Структура волокон Вселенной является результатом расширения Вселенной.

### Звуковые волны

Звук распространяется через среду, такую как воздух, вода или дерево. Когда мы издаем звук, мы генерируем волну, которая сжимает материал вокруг него. Эта волна сжатия проходит через материал к нашему уху и сжимает барабанную перепонку, которая передает звук нашим чувствительным нервным клеткам. Мы не слышим взрывы от Солнца или штормов Юпитера, потому что пространство между небесными объектами почти пусто и, следовательно, сжатие звука не может распространяться.

Примечательно, что центра расширения Вселенной нет. Используя двумерную аналогию, представьте, что мы находимся в Париже в офисе ЮНЕСКО, и Земля расширяется. Мы бы заметили, что все города будут отдаляться друг от друга и от нас, но у нас не было бы оснований говорить, что мы находимся в центре расширения, потому что все жители других городов наблюдали бы за расширением одинаково.

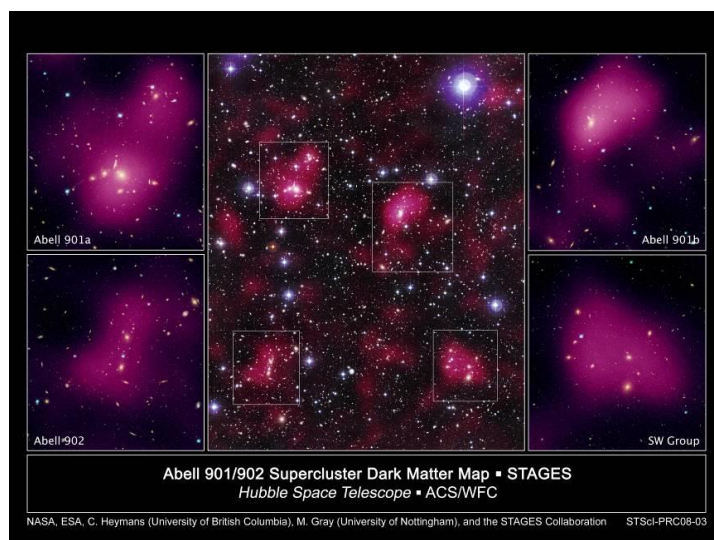


Рис. 5: На сегодняшний день обнаружено более 300 темных и плотных облаков пыли и газа, в которых происходят процессы звездообразования. Суперкластер Abell 90/902. (Фото: космический телескоп Хаббла, NASA, ЕКА, К. Хейманс (Университет Британской Колумбии) и М. Грей (Университет Ноттингема)).

Хотя, с нашей точки зрения, скорость света в 300 000 километров в секунду чрезвычайно велика, но не бесконечно. Звездному свету требуются сотни лет, чтобы достичь Земли, а свету галактик - миллионы лет. Вся информация из космоса поступает очень долго, поэтому мы всегда видим звезды такими, какими они были в прошлом, а не такими, какие они есть сейчас.

Есть объекты настолько далекие, что их свет еще не успел достичь нас, поэтому мы не можем их увидеть. Дело не в том, что их там нет, просто они были сформированы после того как излучение с той области неба было нами зафиксировано.

Конечная скорость света имеет несколько значений для астрономии. Искажения в пространстве влияют на траекторию света, поэтому, если мы видим галактику в определенном месте, ее на самом деле может не быть сейчас, потому что кривизна пространства меняет ее положение. Кроме того, звезды больше нет на том месте, которое вы наблюдаете, потому что звезды движутся. И они не такие, какими мы их видим сейчас. Мы всегда видим небесные объекты такими, какими они были, и чем дальше они находятся, тем дальше в прошлое мы их видим. Таким образом, анализ похожих объектов на разных расстояниях эквивалентен наблюдению одного и того же объекта в разное время в его эволюции. Другими словами, мы можем увидеть историю звезд, если посмотрим на те, которые, по нашему мнению, принадлежат к одному и тому же типу, но находятся на разных расстояниях.

Мы не можем видеть край Вселенной, потому что ее свет не успел достичь Земли. Наша Вселенная бесконечна по размеру, поэтому мы видим только участок радиусом 13,7 миллиарда световых лет, то есть там, где свет успел достичь нас с момента Большого взрыва. Источник излучает свет во всех направлениях, поэтому разные части Вселенной становятся объектами его существования в разное время. Мы видим все небесные объекты такими, какими они были в то время, когда они излучали свет, который мы наблюдаем сейчас, потому что свету требуется определенное время, чтобы достичь нас. Это не означает, что мы занимаем какое-то привилегированное положение во Вселенной, любой наблюдатель в любой другой галактике наблюдал бы что-то эквивалентное тому, что мы обнаруживаем.

Как и во всех других науках, в астрономии и астрофизике, чем больше мы узнаем о нашей Вселенной, тем больше вопросов мы раскрываем. Теперь мы обсудим темную материю и темную энергию, чтобы дать представление о том, сколько мы еще не знаем о Вселенной.

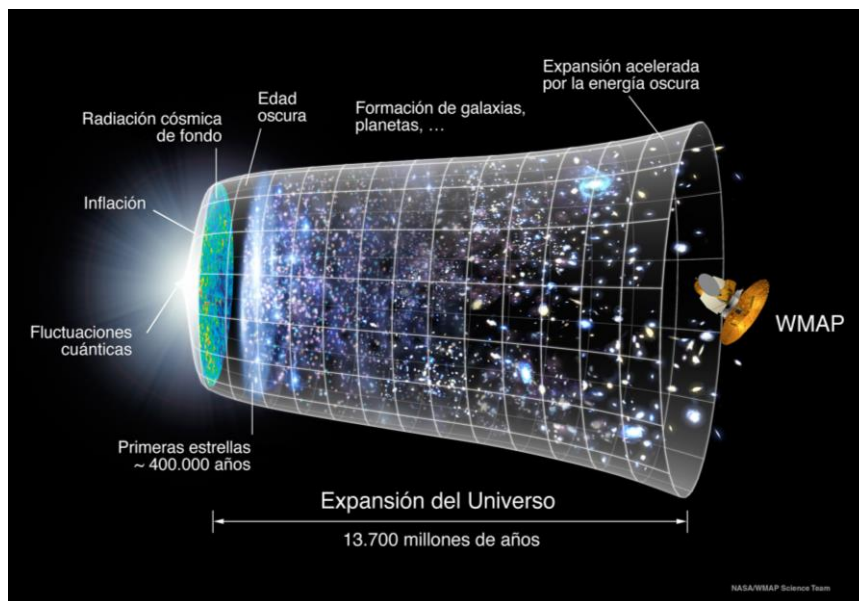


Рис. 6: Расширение Вселенной. (Фото: NASA).

Темная материя не взаимодействует с электромагнитным излучением, поэтому не поглощает и не излучает свет. Обычное вещество, такое как звезда, может излучать или поглощать свет, как и облако межзвездной пыли. Темная материя нечувствительна к любому излучению, имеет массу и, следовательно, гравитационное притяжение. Это было обнаружено благодаря его влиянию на движение видимой материи. Например, если галактика движется по орбите вокруг явно пустого пространства, мы уверены, что что-то ее привлекает. Подобно тому, как солнечная система удерживается вместе гравитационной силой Солнца, которая удерживает планеты на их орбитах, у рассматриваемой галактики есть орбита, потому что что-то ее притягивает. Теперь мы знаем, что темная материя присутствует в отдельных галактиках, она присутствует в скоплениях галактик и, по-видимому, является основой нитевидной структуры Вселенной. Темная материя - самый распространенный тип материи во Вселенной.

Теперь мы также знаем, что расширение Вселенной ускоряется. Это означает, что существует сила, противодействующая действию гравитации. Темная энергия - это название, данное астрономами этому недавно открытому явлению. В отсутствие темной энергии расширение Вселенной замедлилось бы.

Наши текущие знания о содержании материи и энергии во Вселенной таковы, что 74 процента - это темная энергия, 22 процента - темная материя и только 4 процента - это нормальная светящаяся материя (все галактики, звезды, планеты, газ, пыль). природа и свойства 96 процентов Вселенной еще предстоит открыть.

Будущее нашей Вселенной зависит от количества видимой материи, темной материи и темной энергии. До открытия темной материи и темной энергии считалось, что расширение прекратится, и гравитация обратит расширение, что приведет к Большому сжатию, когда все вернется в одну точку. Но как только было установлено существование темной материи, теория была изменена. Теперь расширение достигнет постоянного значения в бесконечное время в будущем. Но теперь, когда мы знаем о



темной энергии, ожидаемое будущее состоит в том, что расширение ускоряется, как и объем Вселенной. Конец Вселенной очень холодный и очень темный в бесконечном времени.

## Список литературы

- Greene, B., *The Fabric of the Cosmos: Space, Time, and the Texture of Reality* (2006)/*El tejido del cosmos* (2010)
- Fierro, J., *La Astronomía de México*, Lectorum, México, 2001.
- Fierro, J, Montoya, L., *La esfera celeste en una pecera*, El Correo del Maestro, México, 2000.
- Fierro J, Domínguez, H, *Albert Einstein: un científico de nuestro tiempo*, Lectorum, México, 2005.
- Fierro J, Domínguez, H, *La luz de las estrellas*, Lectorum, El Correo del Maestro, México, 2006.
- Fierro J, Sánchez Valenzuela, A, *Cartas Astrales, Un romance científico del tercer tipo*, Alfaguara, 2006.
- Thuan, Trinh Xuan, *El destino del universo: Despues del big bang* (Biblioteca ilustrada)(2012) / *The Changing Universe: Big Bang and After* (New Horizons) (1993)
- Weinberg, Steven, *The First Three Minutes: A Modern View of the Origin of the Universe* . Weinberg, Steven y Nestor Miguez, *Los tres primeros minutos del universo* (2009)

## Интернет ресурсы

- The Universe Adventure <http://www.universeadventure.org/> or <http://www.cpepweb.org>
- Ned Wright's Cosmology Tutorial (in English, French and Italian) <http://www.astro.ucla.edu/~wright/cosmolog.htm>