

КОСМОЛОГИЯ – НАУКА О ПРОИСХОЖДЕНИИ И РАЗВИТИИ ВСЕЛЕННОЙ

Александр Санин

Краткий обзор истории и современного состояния космологии – науки о происхождении и развитии Вселенной.

Споры о том, возникла ли Вселенная когда-то и как она возникла, проходят через всю зафиксированную историю человечества. Существовали две основные школы мышления. Многие ранние традиции, а также иудейская, христианская и мусульманская религии утверждали, что Вселенная была создана в сравнительно недалёком прошлом. Одним из аргументов для обоснования этой идеи было признание того, что человечество, очевидно, развивается в культуре и технике. Мы помним, кто первым выполнил такое-то действие или развил такой-то метод. Значит, мы не могли активно развиваться всё время, иначе мы бы уже продвинулись гораздо дальше, чем продвинулись на самом деле. С другой стороны, приверженцы школы греческого философа Аристотеля предпочитали верить, что Вселенная существовала и будет существовать всегда, поскольку существующее вечно более совершенно, чем то, что имело начало. У них был ответ на приведённый выше аргумент о человеческом прогрессе: различные природные катаклизмы периодически отбрасывали человечество назад, к началу. Однако, начиная с XIX века, стали накапливаться свидетельства, что Земля и остальная Вселенная в действительности со временем изменяются.

Геологи поняли, что формации скал и окаменелости насчитывают сотни и тысячи миллионов лет. Дальнейшие свидетельства поступили от известного второго закона термодинамики, сформулированного Больцманом. Этот закон утверждает, что общее количество беспорядка во Вселенной (эту величину называют энтропией) со временем только возрастает и в отдалённом будущем приведёт к «тепловой смерти» Вселенной. Это также предполагает, что Вселенная развивается лишь какое-то конечное время.

Бурное развитие современной космологии началось с первой четверти XX века. На рис. 1 перечислены некоторые (но, конечно, далеко не все) учёные, внесшие существенный вклад в её развитие.



Рис. 1. Выдающиеся учёные-космологи

Надо признать, что идея статической Вселенной имела даже таких сторонников, как Эйнштейн, который специально для её обоснования ввёл космологическую константу в своё основное уравнение Общей Теории Относительности (ОТО).

В 1922 г. петроградский математик Александр Фридман, анализируя возможные следствия ОТО для структуры и эволюции пространства-времени, показал, что искривленное пространство не может быть стационарным: оно должно или сжиматься (если кривизна положительна), или расширяться – при отрицательной кривизне. Фридман написал об этом Эйнштейну, но Эйнштейн решил, что это ошибка.

Открытое в 1929 году американским астрономом Эдвином Хабблом расширение Вселенной полностью изменило характер дискуссии об её происхождении. Хаббл установил, что скопления (и сверхскопления) галактик, разделённые расстояниями, превышающими 100—300 Мегаларсек (Мпк), удаляются от нас и друг от друга. При этом скорость их разбегания линейно растёт с возрастанием расстояния от нас до галактики (D):

$$V = H_0 \times D, \text{ где } H_0 = 71 \pm 3 \text{ (км/с)/Мпк} - \text{ постоянная Хаббла.}$$

Величина $1/H_0$ – время Хаббла – даёт оценку возраста Вселенной: $1/H_0 = 13,7$ млрд. лет.

Если взять современные сведения о разбегании галактик и пустить время вспять, то окажется, что где-то около 14 миллиардов лет назад вся Вселенная была в очень малом, почти нулевом объёме. В то время ни скопления, ни галактики, ни даже отдельные звёзды не могли существовать в их современном виде, а вещество, из которого они состоят, должно было быть равномерно перемешано и составлять единую космическую среду в состоянии чрезвычайно высокой плотности и температуры. Отсюда появилась идея возникновения Вселенной в результате Большого Взрыва. Первым высказал эту идею в 1931 г. бельгийский астроном и священник Джордж Лемэтр. Ещё в 1927 году, самостоятельно, не будучи знаком с работами Фридмана, Лемэтр показал возможность того, что Вселенная расширяется. Узнав об открытии Хаббла и используя новые в то время понятия квантовой механики, он логически пришёл к гипотезе о возникновении Вселенной из “первичного атома”.

Большой вклад в развитие теории Большого Взрыва внёс Георгий Гамов. Он предсказал, что последствием Большого Взрыва должна быть реликтовая микроволновая радиация.

Такое состояние, когда плотность Вселенной и искривление пространства-времени являются бесконечными, называется сингулярностью. История Вселенной началась с Большого Взрыва сингулярности (рис. 2). В таких условиях все известные физические законы не работают.

Многих учёных не устраивал такой вывод, и потому было предпринято несколько попыток избежать заключения, что произошёл Большой Взрыв сингулярности и с него началось время.

Одной из таких теорий была так называемая теория устойчивого состояния или квазистационарная теория, сформулированная известным английским астрономом Фредом Хойлом. Идея заключалась в том, что, когда галактики разлетались друг от друга, в пространстве между ними из постоянно создававшейся внутри звёзд материи возникали новые галактики. Тогда Вселенная могла бы существовать вечно почти в том же состоянии, какова она сегодня. Согласно этой теории, скорость создания материи должна была быть очень низкой — примерно одна частица на кубический километр в год, что не противоречило наблюдениям. Но наблюдение источников радиоволн вне нашей Галактики и главное — открытие реликтового микроволнового излучения — не согласовывались с предсказаниями этой теории. Поэтому большинство учёных от неё

отказались. Однако разработанная Хойлом картина нуклеосинтеза тяжёлых элементов внутри звёзд с выбросом их в процессе взрыва сверхновых успешно объяснила возникновение и распространение тяжёлых элементов во Вселенной.

Согласно ОТО, любая осмысленная модель Вселенной должна начинаться с сингулярности, где физические законы неприменимы. Таким образом, классическая (не квантовая) теория может сказать, что Вселенная должна была иметь начало, но не может сказать, **как** она должна была начаться.

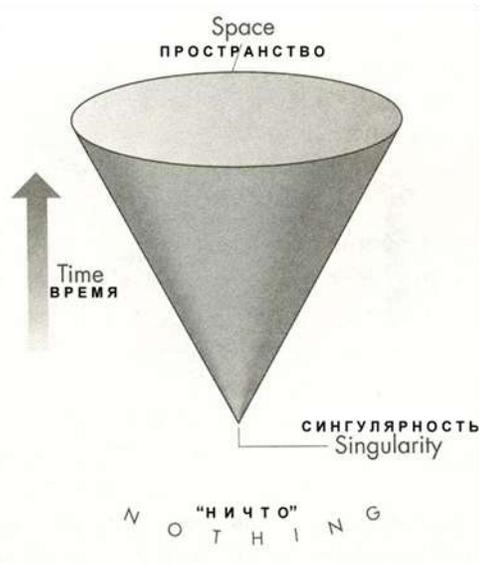


Рис. 2. Сингулярность в момент возникновения Вселенной (классический подход)



Рис. 3. Квантово-механическое решение проблемы сингулярности

К счастью, хотя сингулярности и существуют, физические законы всё же могут определить, как возникла Вселенная. На помощь приходит квантовая механика, согласно которой частицы материи не имеют точно определённого положения и скорости, а «размазаны» по маленькой области пространства (принцип неопределённости).

В обычных ситуациях это не имеет большого значения, потому что радиус искривления пространства-времени очень велик по сравнению с неопределённостью положения частицы. Однако в момент Большого Взрыва пространство-время было сильно деформировано, с малым (порядка 10^{-35} м – длина Планка) радиусом искривления. В модели Большого Взрыва эта ситуация продолжается первые 10^{-43} сек. В этом промежутке (эпоха Планка) ещё не существует Эйнштейновского пространства-времени, а есть только четырёхмерное пространство (гипотеза Хокинга-Хартла), и только после выхода из этой зоны одно из измерений становится временем. Это позволяет избежать сингулярности (рис. 3).

Из этого следует, что рождение Вселенной может быть результатом квантовых флуктуаций в вакууме. В литературе встречается название *creatio ex nihilo*, что в переводе с латинского означает «создание из ничего». Вакуум не следует представлять себе как нечто совершенно пустое, лишённое материи и энергии.

Следовательно, чтобы обсуждать происхождение Вселенной, нужна теория, сочетающая общую теорию относительности и квантовую механику.

Таковой должна стать теория квантовой гравитации. Пока ещё точно не известно, какую форму примет правильная теория квантовой гравитации. Однако можно предположить, какие основные элементы она будет содержать.

Один из них – идея Эйнштейна о том, что влияние гравитации можно представить

как искривление или возмущение пространства-времени материей и заключённой в ней энергией.

Другой элемент – это один из новых вариантов квантовой теории – теории суперструн или её модификации – М-теории. В этих теориях точечные элементарные частицы заменяются струнами или многомерными мембранами (*branes*), вибрационные характеристики которых определяют свойства этих частиц. Эта теория обеспечивает связь микрофизики (элементарные частицы/квантовая механика) и макрофизики (космология/гравитация).

Одним из принципиальных положений теории суперструн является вывод о том, что пространство является многомерным. То есть пространство – это не привычные три измерения, а многомерная среда. Струны существуют в 11-мерном субатомном пространстве-времени, где есть так называемые скрытые пространства, что приводит к новому пониманию Вселенной.

Эти теории являются в настоящее время наиболее многообещающими направлениями по разработке единой теории всех четырёх фундаментальных взаимодействий, управляющих всеми физическими процессами:

- сильное, которое удерживает кварки внутри ядра атома с помощью глюонов;
- слабое, которое ответственно, в частности, за бета-распад ядра;
- электромагнитное, которое осуществляется фотонами;
- гравитационное, осуществляемое предполагаемыми гравитонами, природа которых, в отличие от всех других частиц, пока не ясна.

В настоящее время три типа взаимодействий (сильное, слабое и электромагнитное) удалось связать в рамках Стандартной модели, которая играет ключевую роль в современной космологии и понимании происхождения и судьбы Вселенной.

Наблюдаемая нами вселенная характеризуется тем, что в большом масштабе (масштабе галактических скоплений) она гладкая и однородная во всех направлениях. В меньшем масштабе (масштабе галактик) выявляются неоднородности в распределении материи и энергии – это сами галактики. Эти свойства Вселенной также требуют объяснения в рамках теории Большого Взрыва – ведь в самом начале взрыва трудно было ожидать однородности.

Такое объяснение было найдено в так называемой теории инфляции. Эта теория была предложена в 1980 году Аланом Гутом (MIT) и оказалась чрезвычайно успешной. Гут принял, что сразу после выхода из ситуации Планковой неопределённости (т.е. через 10^{-43} сек) произошло экспоненциальное расширение пространства с колоссальной скоростью – такой, что размер Вселенной будет удваиваться каждые 10^{-35} секунды. Этот инфляционный процесс длится всего 10^{-30} секунды, но за это время происходит сто тысяч удвоений, и Вселенная от размера порядка атома водорода раздувается до невообразимых размеров, одновременно быстро охлаждаясь. Возникновение инфляции объясняется наличием соответствующего энергетического поля, которое к концу инфляции распадается. С окончанием этапа инфляции, собственно, и начинается большой взрыв: Вселенная продолжает расширяться и охлаждаться, но уже с умеренной скоростью. Этот период продолжается до нашего времени. В начальной стадии этого периода космос представлял собой плазму, настолько горячую, что материя состояла только из кварков, электронов и других элементарных частиц. Инфляция разгладила все крупные неоднородности и произвела Вселенную, гладкую и однообразную в большом масштабе. Все локальные флуктуации плотности материи под действием гравитации уплотнялись и стали центрами образования звёзд, галактик и их скоплений. Когда Вселенная была одиночной точкой, в ней не было ничего, а теперь в той части Вселенной, что мы можем наблюдать, содержится, по меньшей мере, 10^{80} частиц. Откуда же взялись все эти

частицы? Ответ заключается в том, что теория относительности и квантовая механика позволяют материи возникать из энергии в форме пар частица-античастица. А эта энергия была заимствована из гравитационной энергии Вселенной. Вселенная “взяла в долг” (по выражению Стивена Хокинга) огромное количество отрицательной гравитационной энергии, которая точно уравновесила положительную энергию материи.

Во время инфляции Вселенная делала огромные “долги” у гравитационной энергии, чтобы “финансировать” создание новой материи. В результате получилась сильная экспансивная Вселенная, полная материальных объектов.

На протяжении 13.7 млрд. лет, прошедших после Большого Взрыва и периода инфляции, размеры Вселенной выросли во много раз, а горячая первичная плазма охлаждалась, образуя по мере этого всё более и более сложные структуры: атомные ядра, атомы и молекулы и, в конце концов, планеты, звёзды, галактики, их скопления и суперскопления.

Современная наука позволяет в тончайших деталях и с большой точностью рассчитать все эти последовательные этапы. Эти этапы более подробно описаны далее.

За последние десятилетия, кроме теории, ускоренными темпами развивалась экспериментальная и инструментальная база астрономии и вообще фундаментальной науки. Всё более и более мощные ускорители, наземные и космические телескопы (особенно телескоп Хаббл) и множество специально созданных космических зондов позволяли заглянуть в ранее недоступные глубины и решать совершенно новые задачи.

Наиболее значительными за последние десятилетия являются следующие открытия:

1. Открытие тёмной материи

Первые свидетельства о тёмной материи пришли из спиральных галактик. Они вращаются вокруг своего центра, но скорость вращения очень велика, и если бы они содержали только видимые звезды и газ, то разлетелись бы. Там должна быть какая-то невидимая форма материи, чьё гравитационное притяжение достаточно велико, чтобы при вращении удерживать галактики в целостности. Аналогичные свидетельства о тёмной материи поступают из скоплений галактик.

Дополнительные свидетельства её существования были получены при исследовании гравитационных линз, наличие которых далеко не всегда обусловлено видимой массой вещества. Большой вклад в исследование тёмной материи внесла американский астроном Вера Рубин.

Тёмная материя взаимодействует с обычной материей и радиацией (светом) только гравитационно. Считается, что облака тёмной материи концентрируются вокруг видимых галактик, образуя гало (ореол). Есть свидетельства, что тёмная материя появилась одновременно с обычной и участвовала в образовании галактик.

Предполагаемых носителей скрытой массы можно разделить на две основные категории: астрономические объекты (*MACHOs* — Массивные Астрофизические Компактные Гало Объекты) и элементарные частицы (*WIMPs* — Слабо Взаимодействующие Массивные Частицы).

Кандидатами на роль *MACHOs* являются чёрные дыры, нейтронные звезды, коричневые карлики и, возможно, карлики белые. Из элементарных частиц наиболее вероятным кандидатом является нейтрино.

2. Тёмная энергия (ТЭ)

В 1998 г. две независимые группы астрономов обнаружили, что расширение Вселенной не подчиняется закону Хаббла, а идёт с ускорением. Дальнейшие исследования подтвердили это.

Это открытие явилось неожиданностью для большинства учёных, работающих на стыке физики элементарных частиц и космологии. Сразу изменились их взгляды на

Вселенную и её будущее.

Тёмная энергия – это энергия вакуума, о которой упоминалось раньше. Эта энергия создаётся наличием в вакууме короткоживущих виртуальных пар частиц-античастиц.

Раньше считалось, что всё во Вселенной взаимно притягивается под действием гравитации, и во многих книгах по космологии говорилось, что космическое расширение замедляется и будущее Вселенной зависит только от того, достаточно ли количество материи для того, чтобы остановить расширение и заставить Вселенную сжиматься.

Теперь получается, что Вселенная будет расширяться бесконечно, и пространство будет стремиться к состоянию полного вакуума. Впрочем, физики считают, что этого может и не случиться. Они определили, что возможны разные виды тёмной энергии и не все они приводят к таким печальным результатам. Один из возможных вариантов тёмной энергии, называемый «квинтэссенция», тоже является антигравитационным, но в этом случае тёмная энергия со временем рассеивается и даёт начало новому циклу эволюции.

Каково же на сегодня соотношение всех трёх видов материи – обычной, тёмной и материи, соответствующей тёмной энергии (по известной формуле Эйнштейна $E = mc^2$)?

Соотношение таково: на долю нашей привычной (видимой) материи приходится всего 4%, на долю тёмной материи – 23% и на материю, соответствующую тёмной энергии – 73%. Сразу после Большого Взрыва на долю обычной материи (вместе с нейтрино) приходилось 37%, остальное составляла тёмная материя, а тёмная энергия тогда ещё не проявлялась. Расчёты показали, что тёмная энергия стала преобладающей только через 9 млрд. лет после Большого Взрыва.

3. Эксперимент *WMAP*.

Не менее сенсационными оказались результаты измерений реликтовых космических излучений в микроволновом диапазоне, полученные с космического зонда *WMAP* (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*) в 2003 году. Эти работы явились развитием и совершенствованием аналогичных исследований на спутнике *COBE*. На *WMAP* размещены очень чувствительные датчики, улавливающие свет, испущенный 13.7 млрд. лет назад, когда только начали образовываться первые атомы. В результате этих измерений получена картина, показанная на рис. 4.

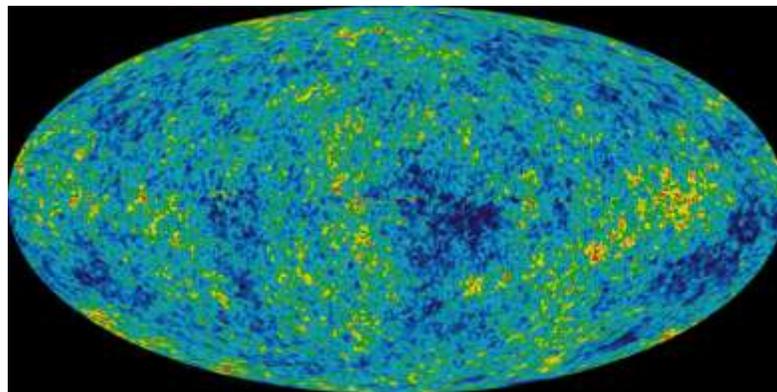


Рис. 4. Термическая карта неба, полученная с космического аппарата *WMAP*

Это термическая карта неба, моментальный снимок Вселенной, какой она была в возрасте около 380 тыс. лет после Большого Взрыва, т.е. более 13 млрд. лет назад.

Точность измерений исключительно высокая – погрешность порядка тысячных долей процента. Вариации цвета (интенсивности) представляют небольшие флуктуации

плотности в ранней Вселенной. Наиболее светлые (т.е. более плотные) участки представляют «зародыши» будущих галактик. Эти снимки дали учёным огромное количество информации о строении и свойствах Вселенной и возможность проверить многие положения инфляционной теории.

Данные *WMAP*, совместно со многими другими экспериментами (и, конечно, огромную роль сыграла вот уже 20-летняя работа космического телескопа «Хаббл»), позволили ответить на многие неясные вопросы.

Среди этих вопросов была проблема общей геометрии (топологии) Вселенной. Как уже говорилось, в 20-х годах Фридман, на базе ОТО, показал, что возможны три варианта: замкнутая, открытая и плоская Вселенная, как показано на рис. 5.

То, к какому типу принадлежит Вселенная, зависит от критерия $\Omega = \rho/\rho_c$, представляющего собой отношение средней плотности Вселенной (ρ) к значению критической плотности

$$\rho_c = 3H_0^2/8\pi G = 10^{-24} \text{ г/см}^3,$$

где H_0 – постоянная Хаббла, G – гравитационная постоянная.

Замкнутая Вселенная (с $\Omega < 1$) будет, в конце концов, «схлопываться», а открытая ($\Omega > 1$) и плоская ($\Omega = 1$) – расширяться.

Данные *WMAP* (совместно с другими исследованиями) показали с погрешностью менее 1%, что наша Вселенная является плоской. Это очень высокая точность для таких глобальных заключений.

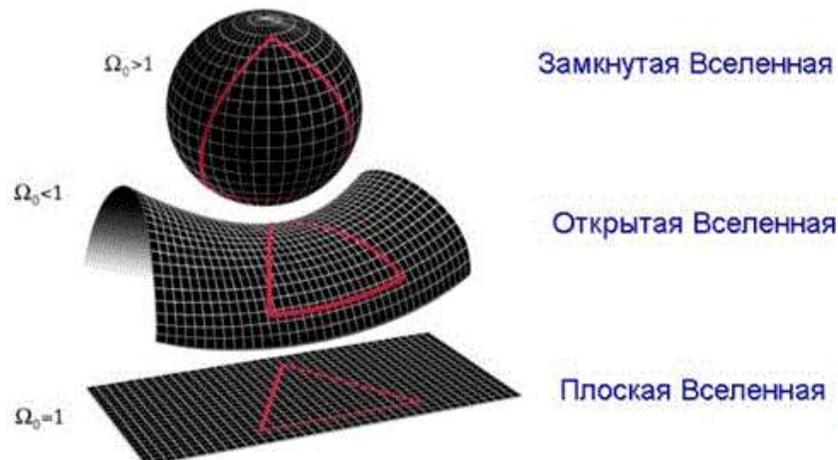


Рис. 5. Три варианта топологии Вселенной (по Фридману)

История Вселенной, как она представляется сегодня, иллюстрируется диаграммой на рис. 6. Она состоит из следующих основных этапов:

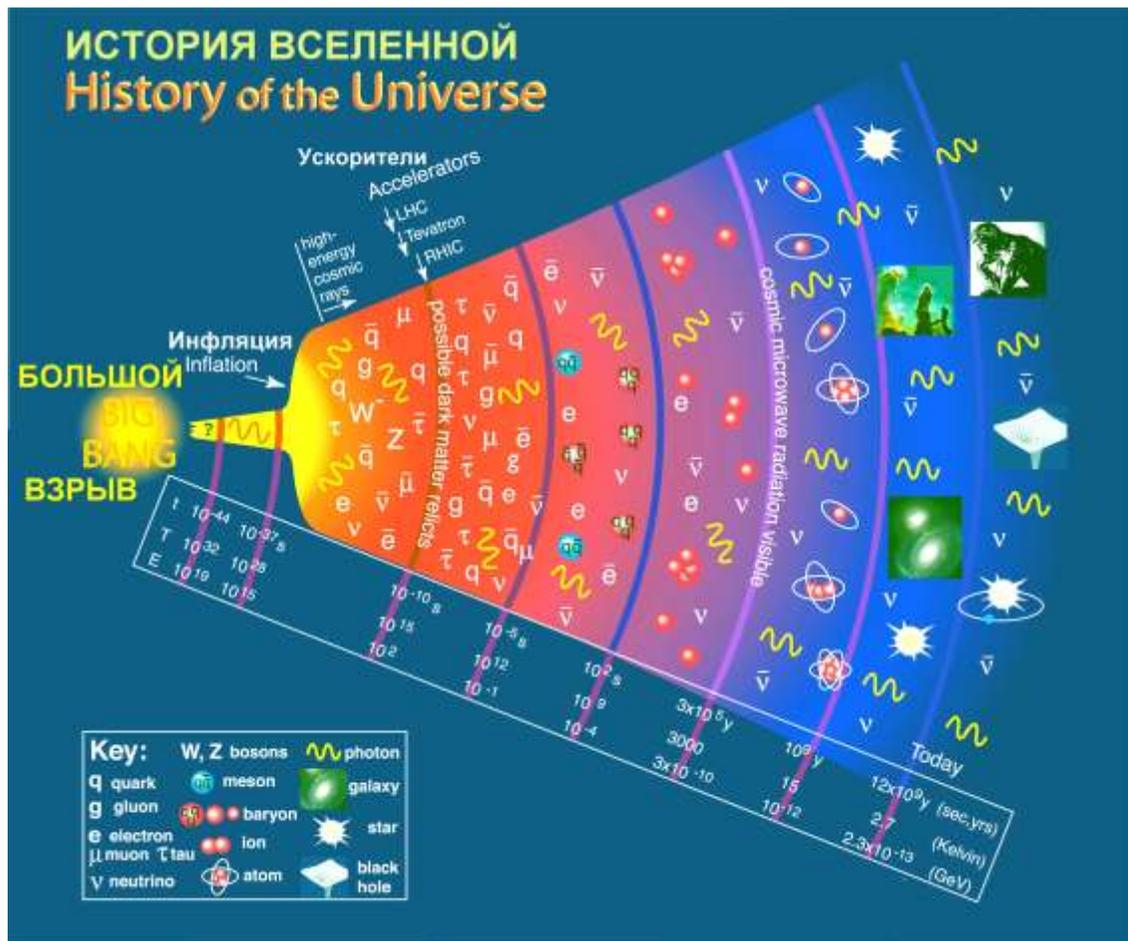


Рис. 6. История развития Вселенной согласно инфляционной модели

- Первые 10^{-43} секунды в области размером 10^{-33} см (Планковский масштаб), температура $T \sim 10^{32}$ К – квантовое возникновение из «ничего»;
- Следующие 10^{-30} секунды – инфляция с увеличением размеров в 10^{36} раз и соответствующим охлаждением ($T \sim 10^{28}$ К); материя (обычная и тёмная) и радиация – в едином конгломерате (плазме); доминирующий источник энергии – инфляционное поле;
- От примерно 1 секунды до 9 млрд. лет после Большого Взрыва – продолжение расширения с дальнейшим охлаждением; скорость расширения снижается за счёт тормозящего эффекта гравитации – доминирующего фактора на этом этапе; возникают нуклоны, атомные ядра, атомы, образуются звёзды, галактики, скопления галактик;
- От 9 млрд. лет до настоящего времени ($T \sim 2.7$ К) – эра доминирования энергии вакуума – тёмной энергии; расширение Вселенной ускоряется, расстояния между галактиками и их скоплениями возрастают.

Каков прогноз на будущее? Судя по всему, нашу Вселенную ожидает вечное расширение, затухание звёзд, разлетание галактик, тепловая смерть. Эта – инфляционная – модель Вселенной принята большинством космологов и считается стандартной. Но в модели Большого Взрыва остаются нерешёнными некоторые проблемы, в том числе:

- неясна физика процессов до 10^{-43} с (времени Планка);

- непонятно, почему Вселенная изначально стала примерно однородной и изотропной;
- неизвестно, почему плотность Вселенной оказалась столь близкой к её критическому значению;
- не вполне понятно, что случилось с частицами антивещества, рождённого в момент Большого Взрыва, и где они находятся сейчас.

Среди многих трудных и интересных проблем космологии особо выделяется одна, которая состоит в том, почему наша Вселенная и все её физические законы и константы подогнаны так, чтобы Вселенная могла существовать и развиваться таким образом, что на определённой стадии в ней появились жизнь и разум. Это вопрос не только астрофизический, но и философский, и ответ на него пока не ясен, хотя написано по этому поводу очень много.

Действительно, если изменить хотя бы ненамного такие физические константы, как, например, скорость света, заряд электрона, массу протона, соотношение масс протона и нейтрона и т.д., то либо возникновение звёзд и галактик было бы невозможно, либо жизнь, а значит, и разум во Вселенной не могли бы возникнуть. Похоже, что кто-то (Бог?) специально занимался настройкой и подгонкой всех параметров под необходимые диапазоны.

В поисках ответа на такие вопросы возник так называемый «антропный принцип». То, что на выходе процесса эволюции Вселенной вспыхивает разум в лице астронома-наблюдателя и астрофизика-аналитика, трактуется как доказательство того, что весь процесс, в конечном счете, ориентирован на становление самого наблюдателя, на разумного человека. Во Вселенной, устроенной даже слегка иначе, наше существование было бы невозможно, и такая Вселенная осталась бы без наблюдателя. Такую трактовку можно назвать телеологической, то есть не научной, но, как это ни странно, она получила довольно широкое распространение в научных кругах. В подтверждение иногда приводятся известные факты странного поведения элементарных частиц (на квантовом уровне), когда, например, электрон как бы «предвидит» то, что его ожидает впереди. Это говорит о том, что в квантовой физике причинно-следственные связи являются более сложными, чем в привычном для нас мире. Отсюда – попытки обобщить и распространить эти непонятные пока явления на космические масштабы.

Другим направлением стала теория «Мультивселенной». Эта теория представляет собой расширение теории инфляции. Согласно этой теории, в результате Большого Взрыва, за счёт квантовых флуктуаций, образовались и продолжают образовываться множество «карманных» Вселенных, каждая из которых проходит свой цикл инфляции. В результате в целом по всей Мультивселенной непрерывно происходит инфляция.

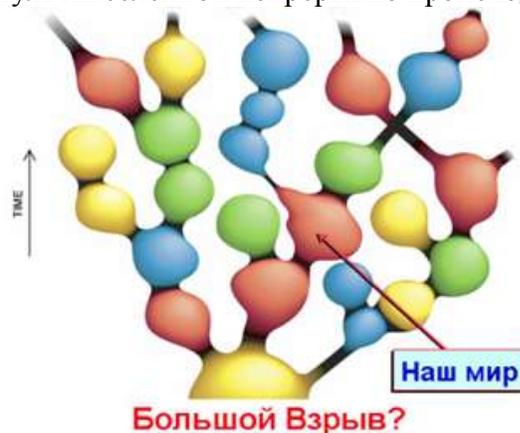


Рис. 7. Мультивселенная по А.Линде

Графически это условно можно представить так, как показано на рис. 7.

Считается, что каждая из этих Вселенных имеет свой набор физических констант и даже свои физические законы. По воле случая, нам достался тот набор констант и законов, который мы имеем. Эта теория сейчас получила широкое распространение. В Мультивселенной могут существовать совершенно необычные области искривлённого пространства, которые образуют своего рода пространственно-временные туннели, обеспечивающие переход в гиперпространство.

Туннельные переходы в Мультивселенной получили название «Червоточин» (*Wormholes*) в англоязычной литературе, а у нас – «Кротовые норы». Идея «кротовых нор» была выдвинута Эйнштейном еще в 1935 году, но только сейчас к ней вернулись при обсуждении множественности Вселенных.

Впервые серьёзно рассмотренная физиком Дж. Уилером в 1962 г., эта гипотеза получила широкую известность благодаря научно-фантастическому сериалу “Звездные войны”. В этих фильмах космические корабли путешествуют через гиперпространство, осуществляя межгалактические перелёты, которые в нормальных условиях потребовали бы миллионов лет при движении со скоростью света. В некоторых версиях этой теории космические туннели рассматриваются как переходы, связывающие различные вселенные или даже прошлое и будущее.

На рис. 8 изображены «кротовые норы», некая аналогия перехода в другие пространства, т.е. в другие вселенные или в отдалённые области той же вселенной.

В Мультивселенной могут происходить как столкновения бесконечного числа параллельных Вселенных (невидимых пузырей в космосе), так и взаимодействия между ними.

Нужно, однако, отдавать себе отчёт в том, что переходы происходят вдоль невидимых размерностей. Естественно, очень трудно их себе представить, потому что человек живёт в трёхмерном мире.

Но когда речь идёт об общих категориях Вселенной, то следует оперировать понятиями гиперпространства.

Дополнительно кратко остановимся на одной новой теории, альтернативной по отношению к инфляционной теории Большого Взрыва. Это теория циклической Вселенной, она предложена Полом Стейнхардтом и Нейлом Тюрком. Теория эта основана на выводах уже упомянутой М-теории о существовании суперструн и многомерных так называемых D-мембран (*D-branes*).

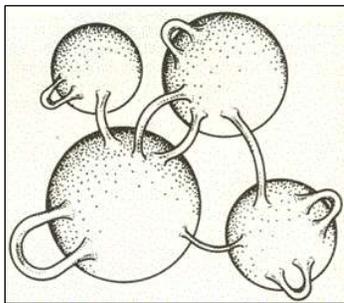


Рис. 8. «Кротовые норы» в Мультивселенной

Авторы считают, что наша Вселенная— это трёхмерная гиперповерхность, размещившаяся на тонкой плоской мембране. На самом деле мембрана не одна, их две. Они разделены зазором в ещё одном, дополнительном, измерении. На протяжении нескольких миллиардов лет две мембраны-Вселенные благодаря разгоняющему действию тёмной энергии, присутствующей в обоих мирах, разглаживаются, постепенно лишаясь

всех изначально имеющих в них неоднородностей (галактик, звёзд и т. п.). Это разглаживание (уменьшение плотности вещества), в конце концов, приводит к тому, что вещество и излучение на мембранах практически полностью рассеиваются (космическое пространство пустеет). И на этом конечном этапе цикла в дело, наконец, активно вступает промежуточное гравитационное поле, которое заставляет две соседние мембраны сталкиваться (коллапсировать) друг с другом. В момент коллапса (условного аналога Большого Взрыва, который происходит по всей поверхности контактирующих друг с другом параллельных мембран) на обеих мембранах происходит одномоментное образование многочисленных неоднородностей, которые и становятся зародышами вещества и излучения нового цикла. Эта теория признана далеко не всеми, но, например, Стивен Хокинг считает её серьёзной альтернативой господствующей ныне инфляционной модели.

В заключение необходимо отметить, что современная космология находится в состоянии интенсивного развития и прогресса, она переживает свой «золотой век». Рождаются новые идеи, открываются перспективы их проверки. Только за последние десятилетия сделаны сенсационные открытия, в корне изменившие старые представления о Вселенной. Прогресс в космологии органически связан и обусловлен прогрессом других наук – как фундаментальных (физика высоких энергий, математика), так и прикладных (астрономия, космическая технология и т.д.). Дальнейшее развитие потребует значительных вложений в строительство новых ускорителей, космических и наземных телескопов и другого научного оборудования на базе широкого интернационального сотрудничества.

Наиболее значительными и многообещающими являются такие проекты, как космический телескоп *James Webb Space Telescope* (диаметр зеркала 6.4 м), который должен прийти на смену телескопу Хаббл в 2014 году. Европейский сверхбольшой наземный телескоп *E-ELT* (диаметр 42 м) планируется к пуску в 2018 г. Космическая система *LISA (Laser Interferometer Space Antenna)* – три спутника на гелиоцентрической орбите с плечом пять млн. км – войдёт в строй в 2016 г. Он предназначен для обнаружения гравитационных волн, предсказанных общей теорией относительности.

В области ускорителей очень большие ожидания связаны с окончательным вводом в эксплуатацию европейского Большого Адронного Ускорителя *CERN*.

Результатом должно стать значительное расширение знаний человечества о Вселенной, раскрытие её самых глубоких тайн и, в конце концов, создание всеобъемлющей единой теории. Эта теория должна также ответить на глубокие мировоззренческие вопросы о возникновении жизни и разума во Вселенной и о роли разумного наблюдателя в её (Вселенной) развитии.

Остаётся надеяться, что в этом процессе человечеству также удастся приблизиться к постижению самого себя, своего предназначения и своей роли во Вселенной.

Источники

1. Чёрные Дыры и Молодые Вселенные. *Стивен Хокинг*. Амфора, 1993. Online: <http://lib.rus.ec/b/78760>
2. Краткая История Времени: От Большого Взрыва до Чёрных Дыр. *Стивен Хокинг*. Амфора, 1990. Online: <http://lib.rus.ec/b/78757>
3. Cosmic Jackpot. Why Our Universe Is Just Right for Life. *Paul Davies*. Houghton Muffin Company, 2007.
4. The Cosmic Blueprint. New Discoveries in Nature's Creative Ability to Order the Universe. *Paul Davies*. A Touchstone Book, 1988.

5. Endless Universe. Beyond the Big Bang – Rewriting Cosmic History. *Paul Steinhardt, Neil Turok*. Broadway Books, 2008.
6. The Elegant Universe. Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory. *Brian Greene*. Norton & Company, 1999. Русский перевод online: <http://tululu.ru/read53085/>
7. The Fabric of the Cosmos: Space, Time, and the Texture of Reality. *Brian Greene*. Vintage Books, 2004. Русский перевод online: http://librus8.ilive.ro/brajan_grin_brajan_grin_tkan_kosmosa_prostranstvo_vremja_i_struktura_realnosti_42110.html
8. Parallel Worlds: A Journey Through Creation, Higher Dimensions, and the Future of the Cosmos. *Michio Kaku*. Doubleday, 2005. Русский перевод online: <http://lib.rus.ec/b/142243>
9. Многоликая Вселенная. Публичная лекция. Москва 10 июня 2007 г. *Андрей Линде*. Online: <http://lib.rus.ec/b/166114/read#t2>
10. Вселенная далёкая и близкая: Структура. Происхождение. Эволюция. *М.Я. Маров*. Доклад на НТС РКК “Энергия” 11 марта 2010. Online: http://www.energia.ru/ru/news/news-2010/public_03-11.pdf
11. Dreams of a Final Theory. *Steven Weinberg*. Pantheon Books, 1992.
12. The Origin of the Universe. *John D. Barrow*. Basic Books, 1994.