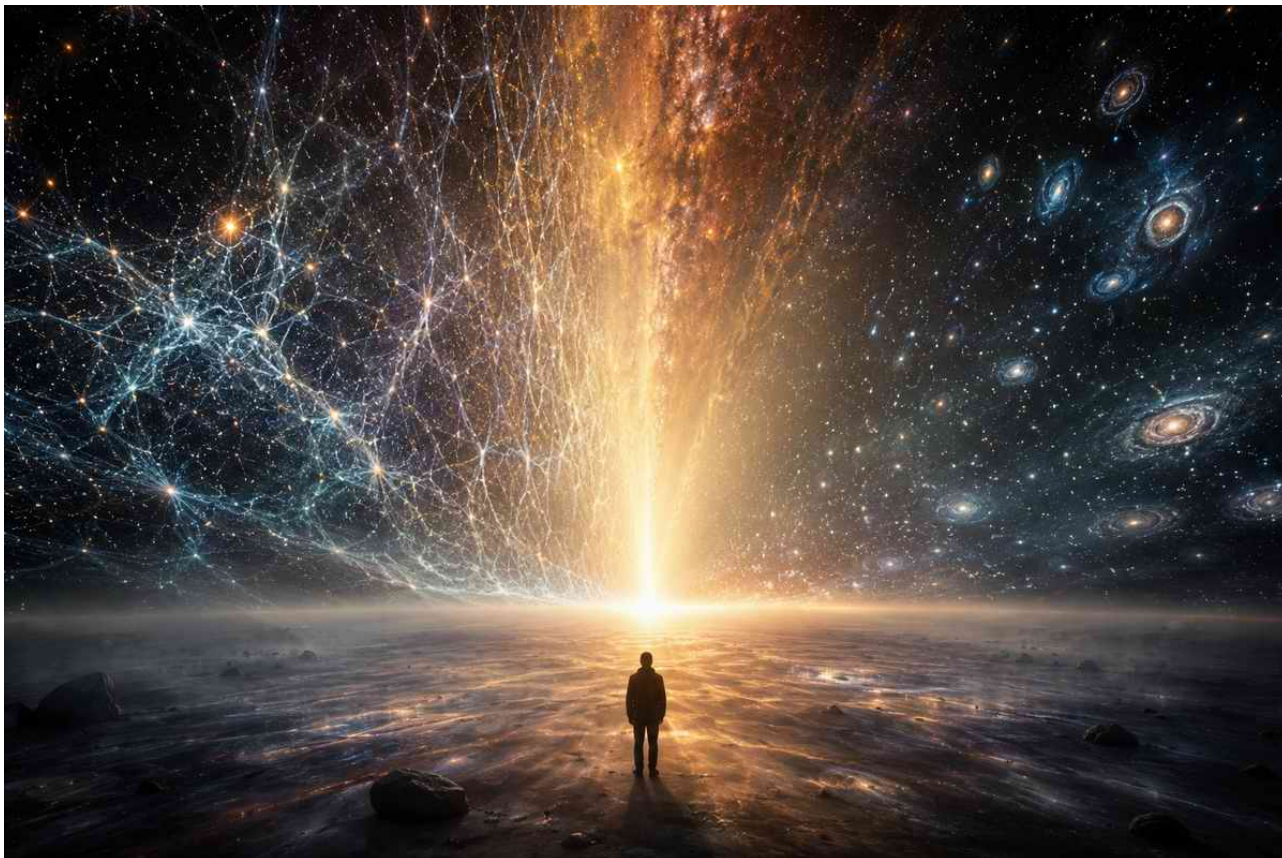


Две великие загадки Вселенной: как космическая инфляция решила проблему горизонта и плоскостности



Дата публикации: 14.06.2026

Современная космология умеет довольно точно описывать историю Вселенной от первых мгновений после Большого взрыва до образования галактик, звезд и планет. Однако еще в конце XX века перед учеными стояли две серьезные загадки, которые стандартная модель Большого взрыва не могла убедительно объяснить. Они получили названия проблемы горизонта и проблемы плоскостности. Решение обеих пришло благодаря одной из самых смелых идей в истории физики — космической инфляции.

Первая загадка связана с космическим микроволновым фоновым излучением, которое часто называют реликтовым излучением. Это слабое тепловое свечение, оставшееся после эпохи, когда Вселенная стала прозрачной для света примерно через 380 тысяч лет после Большого взрыва. Сегодня оно приходит к нам со всех направлений космоса и имеет температуру около 2,725 кельвина.

Самое удивительное заключается в том, что температура этого излучения почти идеально одинакова по всему небу. Отклонения составляют лишь примерно одну десятитысячную градуса. На первый взгляд это выглядит естественно, но для космологов здесь скрывается серьезная проблема.

Согласно обычной модели расширяющейся Вселенной без инфляции, скорость света конечна. За ограниченное время существования космоса сигналы могут пройти только определенное расстояние. Этот предел называют световым горизонтом. Однако противоположные области неба находятся настолько далеко друг от друга, что никогда не успевали обменяться информацией или энергией.

Получается странная ситуация. Разные участки ранней Вселенной должны были развиваться независимо, но почему-то оказались нагретыми практически до одинаковой температуры. Это напоминает двух людей на противоположных концах огромного зала, которые никогда не разговаривали друг с другом, но каким-то образом заранее договорились поддерживать в своих помещениях одинаковую температуру с невероятной точностью.

Вторая загадка касается геометрии пространства. Наблюдения показывают, что наша Вселенная очень близка к плоской. На языке космологии это означает, что средняя плотность энергии практически совпадает с так называемой критической плотностью.

Проблема состоит в том, что такое совпадение выглядит невероятно маловероятным. Если в ранней Вселенной существовало хотя бы небольшое отклонение от плоской геометрии, то по мере миллиардов лет расширения оно должно было многократно усиливаться. Небольшая положительная кривизна привела бы к закрытой сферической Вселенной, а небольшая отрицательная — к открытой гиперболической.

Можно представить себе воздушный шар. Если на его поверхности есть маленький изгиб или дефект, то при дальнейшем раздувании он становится все более заметным. Аналогичным образом любая кривизна пространства должна была расти вместе с расширением космоса. Тем не менее наблюдения показывают, что Вселенная остается практически идеально плоской. Это требовало чрезвычайно точной настройки начальных условий.

Решение обеих проблем появилось в 1980 году, когда американский физик Алан Гут предложил идею космической инфляции. Позже ее развили Андрей Линде, Пол Стейнхардт и другие исследователи.

Согласно этой гипотезе, в первые примерно 10 в минус 36 степени секунды после Большого взрыва Вселенная вошла в фазу чрезвычайно быстрого экспоненциального расширения. Всего за 10 в минус 32 степени секунды ее

размеры увеличились примерно в 10 в 50 степени раз. Если использовать наглядное сравнение, область размером меньше субатомной частицы могла раздуться до размеров грейпфрута.

Именно этот краткий, но колоссальный скачок решает проблему горизонта. До начала инфляции вся область, которая впоследствии превратилась в наблюдаемую Вселенную, была очень маленькой. Ее части находились в причинном контакте, обменивались энергией и успели выровнять температуру.

Затем инфляция мгновенно растянула эту однородную область до космологических масштабов. Поэтому сегодня мы наблюдаем одинаковую температуру в регионах неба, которые сейчас разделены миллиардами световых лет. Они выглядят независимыми только потому, что были разнесены инфляцией на огромные расстояния.

Не менее элегантно инфляция решает проблему плоскостности. При экспоненциальном расширении любая исходная кривизна пространства стремительно сглаживается. Представим поверхность воздушного шарика, который раздувается до гигантских размеров. Для наблюдателя на небольшом участке эта поверхность начинает выглядеть практически плоской.

Точно так же происходит и с пространством. Даже если ранняя Вселенная имела заметную кривизну, инфляция растянула ее настолько сильно, что сегодня она выглядит почти идеально плоской. Геометрия пространства оказывается естественным следствием процесса расширения, а не результатом невероятно точной настройки начальных параметров.

Особенно впечатляет то, что инфляционная теория не просто решила старые проблемы, но и сделала новые предсказания. Согласно модели, квантовые флуктуации в период инфляции должны были растянуться до космических масштабов и стать зародышами будущих галактик и скоплений галактик.

Именно эти предсказания были проверены космическим аппаратом Планк. В период с 2013 по 2018 год ученые получили наиболее точную карту реликтового излучения за всю историю наблюдений. Измеренный спектр температурных флуктуаций удивительно хорошо совпал с тем, что ожидала инфляционная теория.

Еще одним важным направлением стали поиски первичных гравитационных волн, которые могли возникнуть во время инфляции. Для этого работают эксперименты BICEP и Keck Array в Антарктиде. Исследователи ищут особый рисунок поляризации реликтового излучения, известный как B-моды.

Пока что обнаружить такой сигнал напрямую не удалось. Получены лишь

верхние пределы его возможной силы. Однако если первичные В-моды будут надежно зарегистрированы, это станет одним из самых важных открытий современной физики. Такой результат подтвердит инфляцию напрямую и может дать первые экспериментальные подсказки о природе квантовой гравитации.

Проблемы горизонта и плоскостности долгое время оставались двумя главными головными болями космологии. Теория инфляции предложила единое и удивительно простое объяснение обеих загадок. Более того, она предсказала спектр флуктуаций реликтового излучения, который спустя десятилетия подтвердили наблюдения. Сегодня инфляция считается стандартной частью космологической модели, хотя физики все еще не знают, какое именно поле вызвало этот процесс и как именно он начался и завершился. Следующий крупный шаг в понимании ранней Вселенной может прийти благодаря поиску реликтовых гравитационных волн, сохранивших память о первых мгновениях существования космоса.