

Квантовый отскок вместо Большого взрыва: новая теория объясняет, почему Вселенная стала такой однородной



Дата публикации: 14.07.2026

Почему Вселенная выглядит практически одинаково во всех направлениях? Этот вопрос уже многие десятилетия остается одной из фундаментальных проблем современной космологии. Сегодня астрономические наблюдения показывают, что вещество распределено в космосе удивительно равномерно, а температура реликтового микроволнового излучения отличается лишь на миллионные доли градуса. Однако существующие модели ранней Вселенной предполагают, что сразу после рождения космос должен был быть значительно менее упорядоченным, с многочисленными неоднородностями и различными скоростями расширения в разных направлениях.

Международная группа физиков предложила новый механизм, который способен естественным образом объяснить это противоречие. Согласно исследованию, опубликованному в журнале *Physical Review Letters*, ключевую роль могла сыграть квантовая природа самого пространства-времени. Авторы работы показали, что особый квантово-гравитационный процесс способен

практически мгновенно сглаживать первоначальные анизотропии Вселенной еще до начала привычного этапа космической эволюции.

Одной из главных особенностей современной Вселенной является ее изотропность. Этот термин означает, что независимо от того, в каком направлении мы смотрим, космос в среднем выглядит одинаково. Галактики распределены почти равномерно, свойства реликтового излучения практически идентичны во всех направлениях, а крупномасштабная структура Вселенной подчиняется одним и тем же законам.

Не менее важным свойством является однородность. Хотя на небольших масштабах существуют галактики, звездные скопления и космические пустоты, на расстояниях в сотни миллионов световых лет вещество оказывается распределено удивительно равномерно.

Эти наблюдения прекрасно подтверждаются современными космологическими экспериментами, однако их происхождение долгое время оставалось предметом научных дискуссий.

Стандартная космологическая модель объясняет высокую однородность Вселенной с помощью инфляции — чрезвычайно короткого периода сверхбыстрого расширения, который произошел спустя ничтожную долю секунды после Большого взрыва. Именно инфляция, согласно общепринятой теории, сгладила большинство первоначальных неоднородностей.

Однако существуют и альтернативные сценарии происхождения Вселенной. Одним из наиболее известных является петлевая квантовая космология — направление, объединяющее общую теорию относительности Эйнштейна с принципами квантовой механики.

Главное отличие этой модели заключается в отказе от космологической сингулярности. В классической теории Большого взрыва вся материя и энергия когда-то были сосредоточены в бесконечно плотной точке, где привычные законы физики перестают работать. Петлевая квантовая космология предлагает иной сценарий.

Согласно этой концепции, современная расширяющаяся Вселенная возникла не из сингулярности, а после предыдущей фазы космического сжатия. Когда плотность вещества достигла экстремальных значений, квантовые эффекты предотвратили дальнейшее сжатие пространства, вызвав так называемый квантовый отскок. После этого Вселенная вновь начала расширяться.

Подобная идея позволяет избавиться от математических бесконечностей и делает описание самых ранних этапов эволюции космоса более физически

обоснованным.

Однако у моделей квантового отскока долгое время существовала серьезная проблема.

Во время стадии сжатия любые небольшие различия между направлениями расширения Вселенной имеют тенденцию быстро усиливаться. В результате к моменту квантового отскока пространство должно было стать чрезвычайно анизотропным, а после начала нового расширения сохранить эти искажения. Такой сценарий плохо согласуется с наблюдаемой сегодня высокой симметрией Вселенной.

Именно решение этой проблемы стало основной целью нового исследования.

Авторы использовали модифицированную модель петлевой квантовой космологии, известную как mLQC-I. В отличие от классических вариантов теории, она включает дополнительные квантовые поправки, возникающие при экстремально высокой плотности энергии.

Для проверки своей гипотезы физики исследовали модель Вселенной Бьянки I. Это одна из наиболее известных анизотропных космологических моделей, в которой пространство может расширяться с различной скоростью сразу в трех взаимно перпендикулярных направлениях.

Подобная модель считается удобной лабораторией для проверки того, способны ли квантовые эффекты самостоятельно устранять первоначальные нарушения симметрии.

Используя аналитические расчеты и масштабное численное моделирование, исследователи проследили эволюцию такой Вселенной через стадию квантового отскока.

Полученные результаты оказались весьма неожиданными.

Даже если до момента отскока пространство было крайне неоднородным и сильно деформированным, непосредственно после прохождения квантового минимума происходило стремительное подавление всех анизотропий. Причем этот процесс не зависел ни от величины первоначальных искажений, ни от конкретного состава вещества, заполнявшего раннюю Вселенную.

Авторы называют обнаруженный эффект механизмом квантовой самоизотропизации.

По сути, сама квантовая геометрия пространства-времени начинает работать как естественный стабилизатор, устраняя различия между направлениями

расширения еще до того, как Вселенная переходит к классическому режиму эволюции.

Особенно важно, что данный механизм не требует введения дополнительных гипотетических полей или экзотических форм материи. Все необходимые эффекты возникают исключительно благодаря квантовым свойствам гравитации.

Если подобная модель окажется верной, она сможет устранить одну из главных концептуальных трудностей сценариев с космическим отскоком и объяснить, каким образом современная Вселенная приобрела наблюдаемую симметрию.

Исследователи подчеркивают, что квантовая самоизотропизация происходит практически сразу после отскока, пока пространство остается в глубоко квантовом состоянии. Уже после этого начинается привычная стадия космического расширения, которая затем может естественным образом перейти в эпоху инфляции.

Таким образом, новая модель не отменяет инфляционную космологию, а скорее предлагает более естественные начальные условия для ее возникновения.

Работа также имеет важное значение для более широкой программы создания квантовой теории гравитации. На протяжении многих десятилетий физики пытаются объединить общую теорию относительности, прекрасно описывающую гравитацию на больших масштабах, и квантовую механику, управляющую микромиром. Именно самые ранние моменты существования Вселенной считаются одной из немногих естественных лабораторий, где обе теории должны проявляться одновременно.

Несмотря на теоретический характер исследования, авторы уже обсуждают возможные способы экспериментальной проверки своей модели.

Если квантовая самоизотропизация действительно происходила в ранней Вселенной, она могла оставить едва заметные следы в космическом микроволновом фоне — древнейшем излучении, сохранившем информацию о первых сотнях тысяч лет после рождения космоса.

Еще одним потенциальным источником информации могут стать первичные гравитационные волны. Эти чрезвычайно слабые колебания пространства-времени способны нести сведения о процессах, происходивших практически сразу после квантового отскока. Современные и будущие космические обсерватории постепенно приближаются к уровню чувствительности, который позволит искать подобные сигналы.

Следующим этапом своей работы исследователи планируют более подробно изучить происхождение первичных космологических возмущений в рамках предложенной модели. Именно эти крошечные неоднородности позднее превратились в галактики, скопления галактик и всю наблюдаемую крупномасштабную структуру Вселенной.

Если дальнейшие расчеты подтвердят полученные результаты, а наблюдения обнаружат соответствующие признаки в реликтовом излучении или спектре гравитационных волн, новая модель может стать важным шагом к пониманию первых мгновений существования космоса.

Исследование демонстрирует, насколько стремительно развивается современная теоретическая космология. Еще несколько десятилетий назад вопросы о том, что происходило до Большого взрыва и могла ли Вселенная избежать космологической сингулярности, считались практически недоступными для научного анализа. Сегодня благодаря развитию квантовой гравитации, численного моделирования и высокоточных астрономических наблюдений подобные гипотезы постепенно переходят из области философских рассуждений в сферу проверяемых физических теорий.

Ссылка: «Квантовое затухание космологического сдвига: новое предсказание на основе петлевых квантовых космологий» DOI: [10.1103/f8tr-bq61](https://doi.org/10.1103/f8tr-bq61).