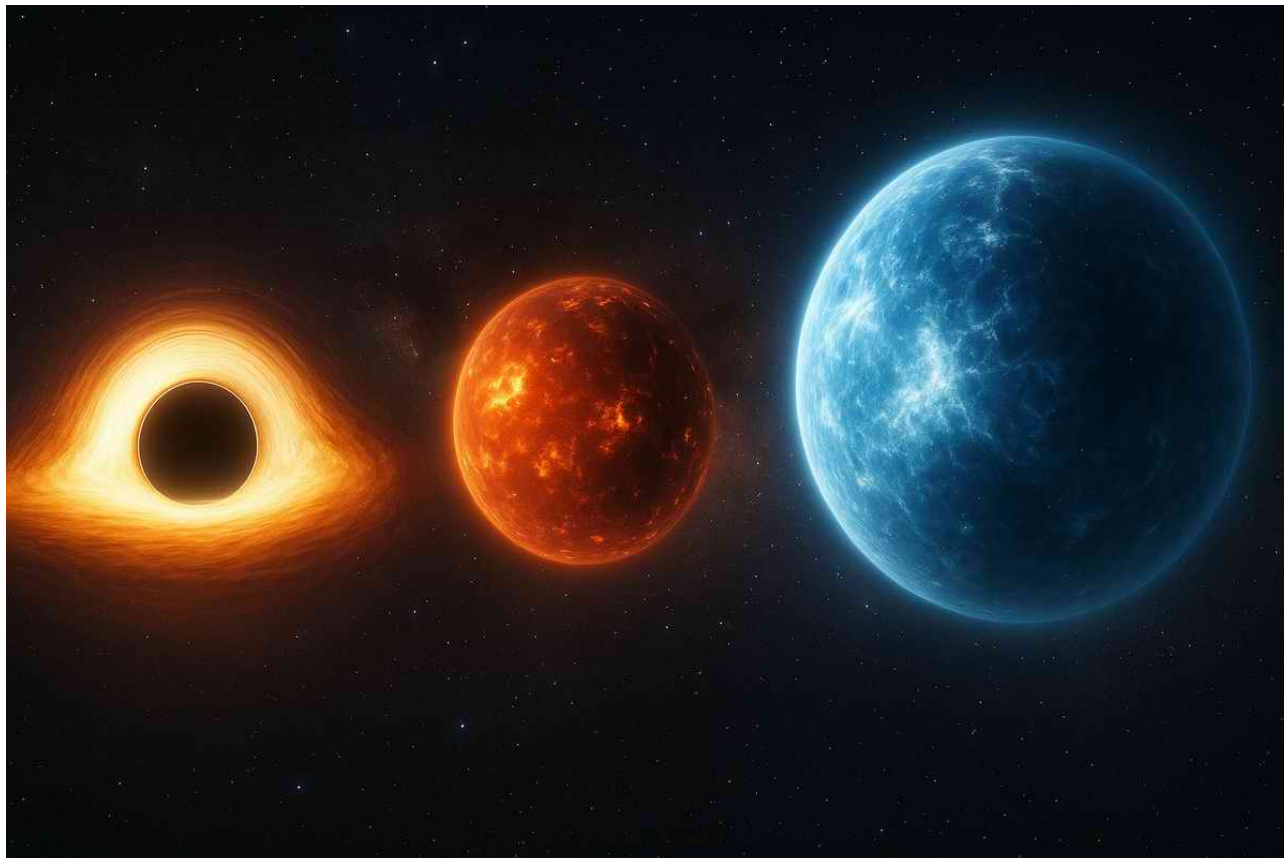


Рождение первых космических чудовищ: как спустя секунду после Большого взрыва могли возникнуть чёрные дыры и звёзды-каннибалы



Дата публикации: 12.11.2025

Учёные из SISSA совместно с INFN, IFPU и Варшавским университетом предложили новую теорию, согласно которой уже в течение первой секунды после Большого взрыва во Вселенной могли появиться самые первые компактные объекты — первичные чёрные дыры, бозонные звёзды и так называемые звёзды-каннибалы. Результаты исследования, опубликованные в журнале *Physical Review D*, открывают новый взгляд на малоизученный период существования космоса, когда ещё не существовало атомов, но уже начинали формироваться структуры, определившие будущее Вселенной.

Согласно гипотезе, в первые мгновения после инфляции могла наступить короткая эпоха раннего доминирования материи (Early Matter-Dominated Era, EMDE). В это время плотность частиц была настолько высокой, что они начинали гравитационно взаимодействовать и собираться в плотные гало — предвестники будущих космических объектов. При определённых условиях эти скопления могли коллапсировать, образуя различные формы компактных тел: от

первичных чёрных дыр до экзотических квантовых структур.

Первичные чёрные дыры (ПЧД) представляют собой объекты, возникшие не в результате коллапса звёзд, а напрямую из плотных областей ранней Вселенной. Их масса могла варьироваться от нескольких граммов до размеров астероида. Некоторые из них могли испариться за доли секунды из-за квантовых эффектов Хокинга, другие — выжить до наших дней и даже составлять значительную часть тёмной материи. По расчётам исследователей, масса гало, из которых они формировались, не превышала 10^{28} граммов, что указывает на колоссальную плотность материи при рождении таких структур.

Наряду с чёрными дырами могли возникать и так называемые бозонные звёзды — гипотетические объекты, состоящие из частиц-бозонов, способных образовывать стабильные квантовые состояния под действием гравитации. В отличие от обычных звёзд, где энергия вырабатывается за счёт термоядерного синтеза, в бозонных звёздах ключевую роль играют квантовые эффекты. Эти объекты, вероятно, существовали недолго — лишь мгновения после Большого взрыва, прежде чем разрушились или сколлапсировали в чёрные дыры.

Особый интерес вызывает возможность существования «звёзд-каннибалов». В таких объектах источником энергии служит не синтез ядер, а аннигиляция частиц и античастиц, происходящая в их недрах. Эти звёзды могли кратковременно вспыхивать и исчезать, оставляя после себя следы энергии и гравитационные возмущения, возможно, зафиксированные в космическом микроволновом фоне. Учёные предполагают, что подобные объекты могли играть роль в распределении тёмной материи и запуске процессов звездообразования в дальнейшем.

Промежуток времени между инфляцией и первичным нуклеосинтезом (от 10^{-6} до нескольких секунд после Большого взрыва) остаётся одной из самых загадочных фаз космической истории. Именно в это время могли происходить процессы, определившие состав и структуру будущей Вселенной. Исследование показывает, что даже до образования атомов пространство не было однородным — в нём могли существовать миниатюрные, но невероятно плотные области, где материя вела себя совершенно иначе, чем сегодня.

Моделирование, проведённое в рамках работы, демонстрирует, что даже небольшие вариации в параметрах — температуре reheating (около 100 МэВ), коэффициенте взаимодействия частиц и скорости расширения Вселенной — могли привести к совершенно разным сценариям: от бурного образования чёрных дыр до формирования устойчивых квантовых объектов. Некоторые модели показывают, что при определённых условиях количество ПЧД могло быть настолько велико, что они становились доминирующим компонентом

ранней Вселенной.

Если эти гипотезы подтвердятся, они помогут объяснить не только происхождение тёмной материи, но и наблюдаемое распределение масс чёрных дыр в современной космологии. Возможно, часть из них — это потомки первичных чёрных дыр, сформировавшихся в течение первой секунды после Большого взрыва.

Учёные подчёркивают, что дальнейшие наблюдения — например, детектирование гравитационных волн или аномалий в космическом излучении — могут подтвердить существование таких древних объектов. Анализ сигналов, зарегистрированных детекторами LIGO и Virgo, уже указывает на возможные следы слияний чёрных дыр необычной массы, что согласуется с моделями первичных объектов ранней Вселенной.

Таким образом, новая работа добавляет важное звено в понимание происхождения космических структур. Менее чем за секунду после Большого взрыва пространство могло быть наполнено миниатюрными чёрными дырами, квантовыми звёздами и другими экзотическими образованиями. Эти процессы, происходившие в эпоху, когда не существовало даже атомов, могли определить судьбу всей Вселенной, включая формирование тёмной материи и зарождение первых галактик.

Ссылка: «Гравотермализация в первичные чёрные дыры, бозонные звёзды и звёзды-каннибалы» DOI: [10.1103/xpwl-w5zk](https://doi.org/10.1103/xpwl-w5zk).