

Тёмная энергия может меняться со временем: суперкомпьютер Fugaku моделирует альтернативу стандартной космологии

Дата публикации: 02.10.2025

С начала XX века астрономы убедились, что наша Вселенная не только расширяется, но и делает это с ускорением. Это ускорение связывают с загадочной тёмной энергией — свойством пространства-времени, которое действует противоположно гравитации и разгоняет галактики. На протяжении десятилетий господствовала модель Λ CDM (лямбда-холодная тёмная материя), где тёмная энергия рассматривалась как неизменная величина. Однако новые наблюдения и вычисления всё настойчивее подсказывают, что тёмная энергия может быть не постоянной, а динамической величиной.

Особое внимание учёных привлёк проект DESI (Dark Energy Spectroscopic Instrument) — крупнейший в мире спектроскопический обзор далёких галактик. Его первые результаты показали, что динамическая тёмная энергия (DDE) может играть существенную роль. Эти данные не только бросают вызов стандартной космологии, но и заставляют задуматься о том, что история Вселенной может быть гораздо сложнее, чем предполагалось ранее.

Чтобы проверить гипотезу, международная группа исследователей под руководством доцента Томоаки Исиямы из Университета Тиба использовала один из самых мощных суперкомпьютеров в мире — Fugaku. Совместно с коллегами из Испании и США они провели крупнейшее на сегодняшний день моделирование N-тел, чтобы проследить, как изменяющаяся тёмная энергия влияет на рост крупномасштабных космических структур.

Учёные построили три сценария: стандартную модель Λ CDM, модель с динамической тёмной энергией при фиксированных параметрах и полную модель DDE с параметрами, полученными из данных DESI. Вычисления показали, что сама по себе динамическая компонента вносит скромные изменения. Но когда в уравнения добавили уточнённые космологические параметры, в частности увеличение плотности материи на 10%, различия стали заметными. Более высокая плотность материи усиливает гравитацию, а значит — ускоряет формирование галактических скоплений. В итоге модель DDE предсказала до 70% больше массивных скоплений в ранние эпохи, чем стандартная Λ CDM.

Дополнительно было исследовано поведение барионных акустических колебаний — «космической линейки», оставшейся от первичных звуковых волн.

В модели DDE пик БАО оказался смещённым на 3,71% в сторону меньших масштабов. Этот результат совпадает с наблюдениями DESI и повышает доверие к новой модели.

Также анализировалось распределение галактик. Модели с динамической тёмной энергией демонстрировали усиленную кластеризацию, особенно на малых масштабах. Эти различия оказываются не только теоретическим предсказанием, но и находят подтверждение в астрономических наблюдениях.

Таким образом, моделирование Fugaku показало, что ключевое значение имеют не только свойства самой тёмной энергии, но и точные космологические параметры, такие как плотность материи. В совокупности эти факторы формируют сложный «рельеф» эволюции Вселенной, отличающийся от привычной картины Λ CDM.

В ближайшие годы ожидаются ещё более масштабные обзоры неба — в том числе с помощью спектрографа Subaru Prime Focus и продолжения проекта DESI. Их данные позволят точнее измерить динамику космоса и окончательно проверить, является ли тёмная энергия неизменной или подвержена эволюции во времени.

Открывающиеся перспективы показывают, что наше понимание Вселенной только формируется, а суперкомпьютерные симуляции становятся важнейшим инструментом для поиска ответов на вопросы, которые ещё недавно казались недостижимыми.

Ссылка: «Эволюция кластеризации в космологических моделях с переменной во времени тёмной энергией» DOI: [10.1103/4k5f-gyrx](https://doi.org/10.1103/4k5f-gyrx).