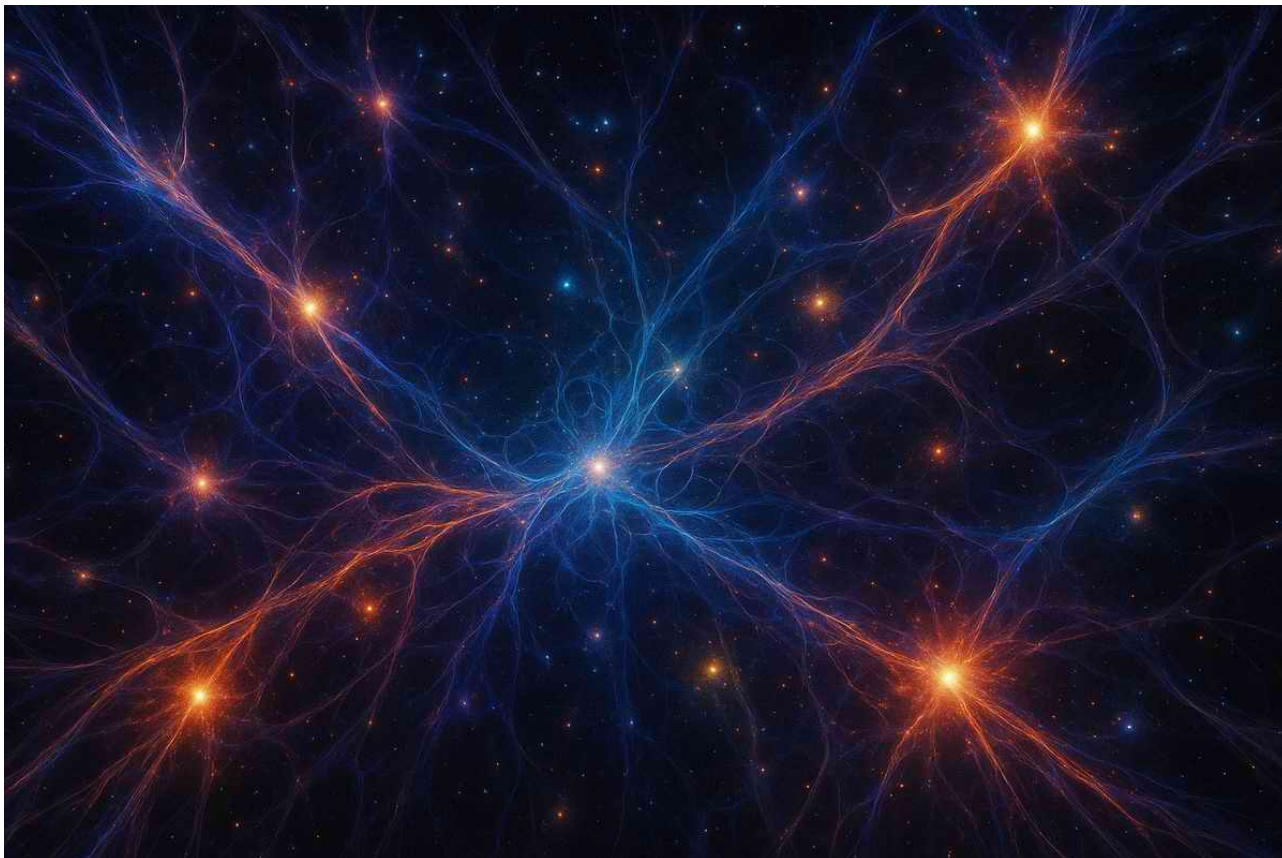


## Теория струн и поиски проверяемой «теории всего»: как учёные пытаются распутать фундаментальные законы Вселенной



Дата публикации: 14.11.2025

Когда в 1980 году Стивен Хокинг выступал с лекцией о будущем теоретической физики, казалось, что объединяющая теория, описывающая и космос, и квантовый мир, появится в течение нескольких десятилетий. Но спустя почти полвека поиски «теории всего» продолжаются, а главным кандидатом остаётся теория струн — математический аппарат, в котором фундаментальные частицы рассматриваются не как точки, а как крошечные вибрирующие струны. Их колебания определяют массу, заряд и тип частицы, подобно тому как вибрации струны музыкального инструмента создают разные звуки.

Привлекательность теории струн состоит в том, что она объединяет четыре фундаментальные силы природы в единую структуру. Гравитация, электромагнетизм и ядерные взаимодействия оказываются разными проявлениями одного и того же механизма. Но такая универсальность достигается ценой сложности: струны проявляют себя лишь при энергии,

недостижимой в современных ускорителях. Даже самый мощный коллайдер в ЦЕРНе не может «разбить» частицы настолько, чтобы увидеть струну внутри.

Вместо прямых экспериментов учёные обращаются к космосу — естественной лаборатории, где условия ранней Вселенной были достаточно экстремальными. Первые мгновения после Большого взрыва были наполнены густым и горячим «бульоном» частиц и, возможно, струнных объектов. Эти следы застыли в структуре космического микроволнового фона и распределении галактик.

Наблюдения расширения Вселенной дали новый ключ к пониманию природы тёмной энергии — загадочной сущности, ускоряющей космическое расширение. Около 70 % энергии космоса принадлежит этой форме энергии, но её происхождение остаётся неясным. Одна из идей заключается в том, что тёмная энергия — это квантовая энергия вакуума, связанная со струнами и их колебаниями. Именно такие модели струнной космологии показывают согласие с предварительными результатами обсерватории DESI, которая анализирует историю расширения Вселенной.

Будущие проекты, такие как космические телескопы Euclid и Roman, должны предоставить ещё более точные карты распределения материи и проверить сценарии, предполагающие связь тёмной энергии со струнами. Эти данные могут исключить множество моделей и сузить область поиска для теоретиков, но вряд ли дадут прямое доказательство. Теория струн допускает множество возможных вариантов устройства Вселенной, и только сочетание разных типов наблюдений позволит приблизиться к истине.

Чёрные дыры предоставляют другой путь проверки. Согласно классической физике, внутри чёрной дыры должна существовать сингулярность — точка бесконечной плотности. Теория струн рассматривает вместо неё «пушистые комки» струн — распределённые структуры, хранящие информацию о материи, упавшей внутрь. В таком случае слияние чёрных дыр должно создавать гравитационные волны с характерными отклонениями: затухающими «эхо» или изменённой частотой колебаний, особенно если в природе существуют дополнительные измерения. Будущие поколения детекторов гравитационных волн смогут искать такие сигналы.

Проверяемость теории струн может проявляться и в неожиданных областях. Она уже привела к новым идеям в квантовой теории информации, помогла объяснить поведение сверхплотных сред и породила математические открытия, связывающие алгебру, геометрию и теорию чисел. Эти междисциплинарные результаты показывают, что теория струн может быть более глубокой структурой, чем просто модель частиц.

Несмотря на сложности, направление развивается активнее, чем за всю историю. Новые космологические наблюдения, исследования чёрных дыр, квантовая теория поля и прогресс в вычислительной физике постепенно создают сеть экспериментальных зацепок. Полная теория всего может быть далека, но работа последних десятилетий показала, что объединение фундаментальных сил — задача не фантастическая, а научно достижимая, пусть и шаг за шагом.