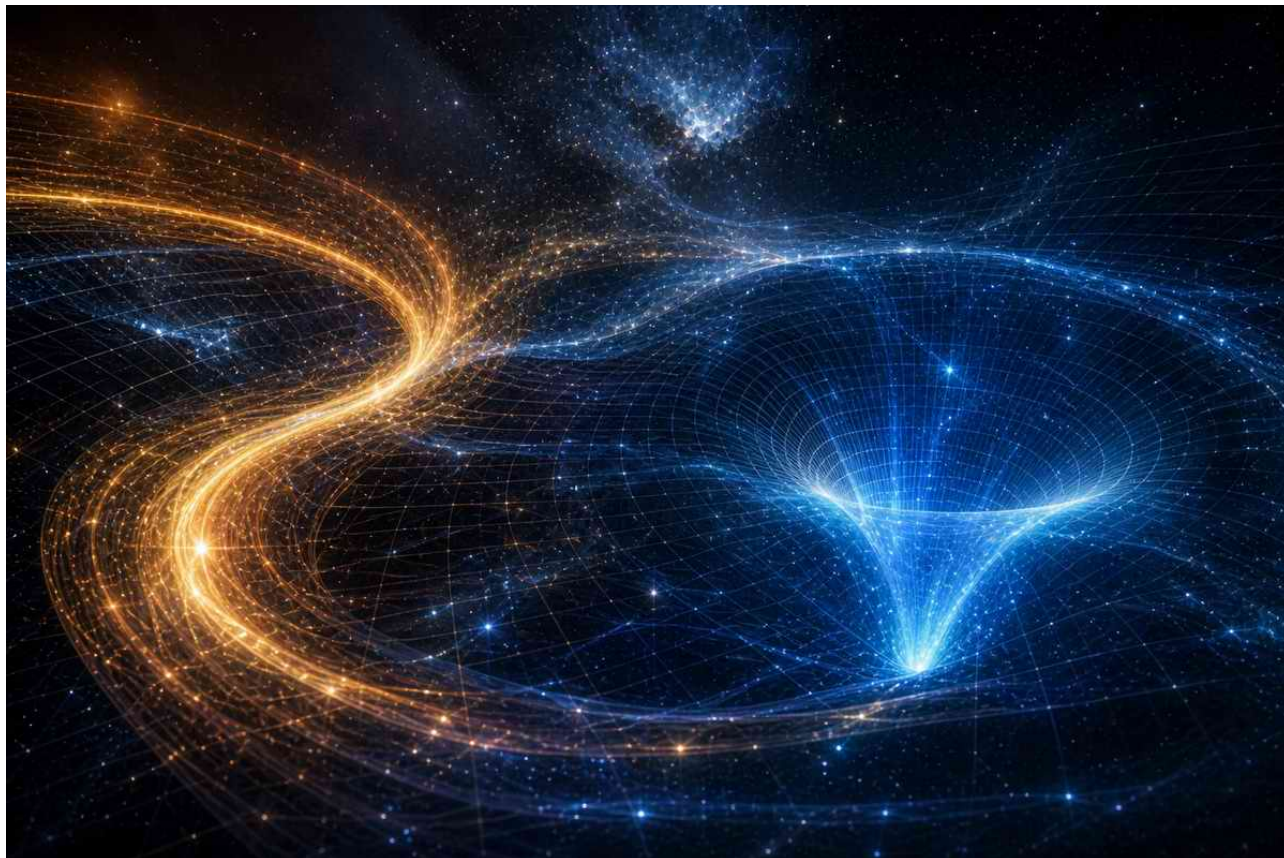


Может ли форма пространства-времени объяснить ускоренное расширение Вселенной? Физики предложили неожиданное решение



Дата публикации: 05.05.2026

Одна из самых загадочных проблем современной физики может оказаться связана не с неизвестной частицей или новой силой природы, а с самой формой пространства-времени. Исследователи из Brown University предложили необычное объяснение космологической постоянной — загадочной энергии, которая заставляет Вселенную расширяться все быстрее.

Новое исследование связывает ускоренное расширение космоса с топологическими свойствами пространства-времени и показывает неожиданную математическую связь между квантовой гравитацией и квантовым эффектом Холла — одним из самых странных явлений физики конденсированных сред. Работа опубликована в Physical Review Letters.

Космологическая постоянная считается одной из величайших нерешенных загадок науки. Именно она используется для описания темной энергии — неизвестной формы энергии, которая составляет большую часть содержимого

Вселенной и отвечает за ускорение ее расширения.

Проблема заключается в том, что существующие теории дают катастрофически несовместимые результаты.

Согласно общей теории относительности Albert Einstein, космологическая постоянная представляет собой энергию самого вакуума пространства. Однако квантовая теория поля предсказывает, что пустое пространство должно буквально кипеть квантовыми флуктуациями — постоянным рождением и исчезновением виртуальных частиц.

Если подсчитать энергию этих квантовых процессов, получается значение космологической постоянной, которое превышает наблюдаемое примерно на 10^{120} раз. Многие физики называют это худшим теоретическим предсказанием в истории науки.

Если бы расчеты квантовой теории поля были верны напрямую, Вселенная расширялась бы настолько быстро, что звезды, галактики и планеты никогда не смогли бы сформироваться.

Однако реальный космос ведет себя совершенно иначе. Расширение ускоряется, но достаточно медленно, чтобы существовали сложные структуры и жизнь.

Новое исследование предлагает возможное решение этой проблемы через концепцию топологии — раздела математики, изучающего глобальные свойства форм и пространств.

Ученые обнаружили, что уравнения, описывающие одно из состояний квантовой гравитации, удивительно похожи на математику квантового эффекта Холла — явления, за открытие которого была присуждена Нобелевская премия.

Квантовый эффект Холла возникает в сверхтонких проводящих материалах при экстремально низких температурах и сильных магнитных полях. В этих условиях электрическая проводимость начинает изменяться не плавно, а строго дискретными ступенями.

Главная особенность этого эффекта заключается в его невероятной устойчивости. Значения проводимости остаются одинаковыми даже при наличии дефектов материала, загрязнений и внешних помех.

Причина такой стабильности связана именно с топологией квантового состояния системы. Некоторые параметры оказываются «защищены» самой геометрической структурой пространства состояний и не могут произвольно изменяться.

Исследователи предполагают, что аналогичный механизм может существовать и в самой структуре пространства-времени.

В рамках работы физики анализировали так называемое состояние Черна-Саймонса-Кодамы — одну из возможных моделей квантовой гравитации. Хотя полноценная теория квантовой гравитации до сих пор не создана, эта модель считается одним из наиболее перспективных направлений.

Согласно выводам авторов, пространство-время может обладать скрытой топологической структурой, которая «фиксирует» значение космологической постоянной и не позволяет квантовым флуктуациям бесконтрольно увеличивать энергию вакуума.

Иными словами, сама геометрия Вселенной может защищать космос от разрушительного воздействия квантовых процессов.

Это означает, что темная энергия может быть не случайным параметром, а результатом фундаментальных топологических ограничений, встроенных в структуру реальности.

Особенно важно то, что в новой модели космологическая постоянная становится квантованной — она может принимать лишь определенные допустимые значения, подобно ступеням проводимости в квантовом эффекте Холла.

Подобный подход меняет сам взгляд на проблему. Вместо попыток «убрать» гигантскую квантовую энергию физики предлагают механизм, который автоматически стабилизирует Вселенную за счет фундаментальной структуры пространства-времени.

Авторы работы подчеркивают, что пока речь идет о теоретической модели, требующей дальнейшей проверки и развития. Однако само обнаружение столь глубокой математической связи между космологией и физикой конденсированных сред уже считается крайне необычным и многообещающим результатом.

Исследование также демонстрирует растущую тенденцию современной теоретической физики: многие фундаментальные явления начинают неожиданно пересекаться между совершенно разными областями науки.

Еще несколько десятилетий назад квантовый эффект Холла и космологическая постоянная казались абсолютно независимыми темами. Сегодня же оказывается, что одинаковые математические структуры могут описывать как поведение электронов в сверхтонких материалах, так и

расширение всей Вселенной.

Если подобные идеи подтвердятся, они могут приблизить физиков к созданию давно ожидаемой теории квантовой гравитации — модели, объединяющей общую теорию относительности и квантовую механику.

Современная наука постепенно приходит к пониманию того, что реальность может быть устроена гораздо более геометрически и топологически, чем предполагалось ранее. Возможно, именно скрытая форма пространства-времени определяет судьбу всей Вселенной — от поведения элементарных частиц до космического расширения на расстояниях в миллиарды световых лет.

Ссылка: «Космологическая постоянная из квантовых гравитационных ε -вакуумов и гравитационного эффекта Холла» DOI: [10.1103/rzz5-p4f4](https://doi.org/10.1103/rzz5-p4f4).