

Математики впервые доказали существование калейдоциклов и раскрыли тайну их непрерывного вращения



Дата публикации: 14.05.2026

Калейдоциклы десятилетиями считались одной из самых загадочных конструкций в мире математического оригами. Эти необычные кольцевые механизмы состоят из соединённых тетраэдров и способны непрерывно вращаться, словно живое геометрическое существо. Их плавное движение давно восхищало любителей науки, инженеров и художников, однако до сих пор никто не мог строго доказать, почему такие структуры вообще существуют и каким законам подчиняется их движение.

Теперь международная группа исследователей из Японии впервые представила полное математическое описание калейдоциклов. Работа была опубликована 13 мая 2026 года в журнале *Studies in Applied Mathematics* и стала одним из наиболее необычных примеров того, как абстрактная математика может объяснять реальные механические конструкции.

Калейдоцикл представляет собой гибкое кольцо, собранное из одинаковых

тетраэдров — объёмных фигур с четырьмя треугольными гранями. Все элементы соединяются между собой шарнирами, благодаря чему конструкция может выворачиваться и непрерывно вращаться без деформации отдельных деталей. Внешне движение напоминает вращающиеся пузырьковые кольца, которые иногда создают дельфины под водой.

Несмотря на популярность калейдоциклов в мире оригами и образовательной математики, их свойства долгое время оставались плохо изученными. Инженеры сталкивались с тем, что многие конструкции заклинивали, теряли устойчивость или двигались хаотично. Особенно сложной задачей оказалось описание поведения колец с большим количеством элементов. Классические модели обычно ограничивались шестью тетраэдрами, а существование более сложных конфигураций не имело строгого математического доказательства.

Исследователи из Института математики для промышленности Университета Кюсю и Киотского университета подошли к проблеме необычным способом. Вместо прямого анализа шарнирного механизма они представили калейдоцикл как особую пространственную кривую с постоянным углом скручивания. Такой подход позволил перевести задачу из области механики в сферу современной геометрии.

Для описания движения учёные использовали эллиптические тета-функции — сложный класс математических функций, применяемых при изучении периодических процессов, волн и повторяющихся структур. С помощью этих инструментов удалось получить точные формулы, описывающие вращение кольца и условия его замыкания.

Главным результатом стало доказательство того, что калейдоциклы действительно существуют для любых конструкций, содержащих шесть и более одинаковых тетраэдров. Более того, исследователи смогли математически описать их непрерывное движение и показать, что система обладает одной степенью свободы. Это означает, что весь механизм движется согласованно и предсказуемо, а не как набор независимых деталей.

Работа неожиданно связала калейдоциклы с фундаментальными уравнениями математической физики. Оказалось, что движение этих оригами-конструкций подчиняется модифицированным уравнениям Кортевега — де Вриса и уравнениям синус-Гордона. Эти нелинейные уравнения известны в физике волн, теории солитонов и моделировании сложных динамических процессов.

Особенно интересным стало то, что траектории движения калейдоциклов образуют так называемые полудискретные К-поверхности — геометрические

объекты с постоянной отрицательной кривизной. Подобные структуры встречаются в современной дифференциальной геометрии, физике пространства и даже в некоторых моделях космологии.

Исследование показывает, насколько тесно могут быть связаны между собой совершенно разные разделы науки: оригами, топология, геометрия, механика, теория интегрируемых систем и математическая физика. По сути, обычная бумажная игрушка оказалась физическим воплощением сложнейших математических концепций.

Авторы отмечают, что их работа имеет не только теоретическое значение. Методы анализа калейдоциклов могут использоваться при создании управляемых механических систем, где требуется компактное и плавное движение. Среди возможных направлений применения называются разворачиваемые космические антенны, системы перемешивания, складные инженерные конструкции, мягкие роботы, молекулярные механизмы и микроскопические устройства нового поколения.

Интерес к таким механизмам особенно вырос на фоне развития робототехники и адаптивных материалов. В будущем подобные конструкции могут лечь в основу гибких медицинских имплантов, миниатюрных космических аппаратов и саморазворачивающихся инженерных систем.

Отдельное значение исследование имеет для популяризации науки. Калейдоциклы давно используются как наглядный способ объяснения геометрии и принципов движения, а теперь они получили полноценное математическое обоснование. Учёные считают, что такие объекты помогают показать красоту современной математики широкой аудитории и особенно хорошо работают в образовательной среде.

Работа японских математиков стала примером того, как даже простая на вид бумажная конструкция способна скрывать глубокие закономерности, объединяющие сразу несколько областей современной науки. Калейдоциклы, которые многие годы воспринимались как занимательное оригами, теперь официально вошли в число серьёзных математических объектов с перспективами для инженерии, физики и технологий будущего.

Ссылка: «Явное построение калейдоциклов с помощью эллиптических тета-функций» [DOI: 10.1111/sapm.70224](https://doi.org/10.1111/sapm.70224).