

Решение знаменитой задачи Эйнштейна неожиданно привело к открытию новых свойств света



Дата публикации: 30.07.2026

Иногда самые важные открытия происходят там, где их совсем не ожидают. Математическая задача, которая десятилетиями считалась исключительно теоретической, неожиданно помогла физикам обнаружить совершенно новые свойства света. Исследователи из Токийского университета показали, что необычная геометрическая фигура, ставшая знаменитой после решения так называемой задачи Эйнштейна, способна создавать уникальные оптические эффекты, ранее не наблюдавшиеся ни в обычных кристаллах, ни в квазикристаллах.

Результаты исследования опубликованы в журнале Nature Communications и уже вызвали большой интерес среди специалистов по фотонике, нанотехнологиям и физике материалов.

Несмотря на название, задача Эйнштейна не связана с Альбертом Эйнштейном как автором. В математике словом «Эйнштейн» называют задачу

поиска одной-единственной плитки, которая могла бы бесконечно покрывать плоскость без образования повторяющегося узора. Сам термин происходит от немецкого выражения *ein Stein* — «один камень» или «одна плитка».

На протяжении многих десятилетий математики пытались найти такую фигуру. Лишь в 2023 году была открыта первая настоящая апериодическая монотайл-плитка, получившая название «шляпа Смита». Она стала настоящей сенсацией, поскольку позволяла полностью заполнить пространство, не повторяя рисунок ни на одном участке.

На первый взгляд получающийся узор выглядит хаотичным. Однако при более детальном анализе оказывается, что внутри него скрывается сложная система закономерностей. Именно эта необычная структура заинтересовала японских физиков.

Исследователи решили проверить, влияет ли столь необычная геометрия на распространение света. Для этого они изготовили наноразмерные структуры, повторяющие рисунок «шляпы Смита». Используя электронно-лучевую литографию, ученые сформировали точный узор на тончайших пленках нитрида кремния — материала, широко применяемого в современной фотонике.

После этого на созданные структуры направили лазерное излучение. Полученные результаты оказались значительно интереснее ожидаемых.

Вместо привычной дифракционной картины, характерной для обычных кристаллических материалов, исследователи наблюдали необычные узоры, напоминающие вращающиеся вертушки или спиральные цветки. Эти структуры указывали на существование хиральности — свойства, при котором объект нельзя совместить со своим зеркальным отражением.

Хиральность широко известна в природе. Например, левая и правая человеческие руки являются хиральными объектами: они очень похожи, но полностью совместить их невозможно. Аналогичные свойства встречаются у молекул ДНК, белков, некоторых кристаллов и даже галактик.

Оказалось, что подобная асимметрия может проявляться и в распространении света через особые апериодические структуры. Более того, ученые выяснили, что оптический отклик напрямую зависит от направления лазерного луча и его поляризации — ориентации колебаний световой волны.

Если исследователи создавали зеркальную копию структуры, менялась и сама картина распространения света. Это означает, что геометрия материала начинает управлять поведением фотонов значительно сложнее, чем предполагалось ранее.

Особенность открытия заключается в том, что аналогичные эффекты практически не наблюдаются в обычных квазикристаллах, которые долгое время считались наиболее сложными упорядоченными структурами. Новый тип аперiodического порядка демонстрирует принципиально иные свойства взаимодействия света с веществом.

Физики считают, что обнаруженный эффект открывает совершенно новое направление исследований, объединяющее сразу несколько разделов современной науки: теорию симметрии, фотонику, физику квазикристаллов и нанотехнологии. Именно на стыке этих дисциплин сегодня рождаются многие перспективные технологии.

Практическое значение открытия также может оказаться весьма большим. Управление поляризацией света лежит в основе работы современных лазеров, телекоммуникационных систем, датчиков, спектрометров, медицинской диагностики и устройств квантовой связи. Если новые структуры позволят контролировать свет более эффективно, это может привести к появлению принципиально новых фотонных компонентов.

Кроме того, подобные материалы способны найти применение при создании сверхточных оптических фильтров, миниатюрных сенсоров, элементов квантовых компьютеров и устройств обработки информации, где свойства света используются вместо электрических сигналов.

Исследование также стало ярким примером того, как фундаментальная математика неожиданно превращается в источник технологических инноваций. Еще совсем недавно «шляпа Смита» воспринималась исключительно как красивое решение многолетней математической головоломки. Теперь выясняется, что необычная геометрия этой фигуры способна порождать новые физические эффекты, которые невозможно было предсказать заранее.

Авторы работы считают, что дальнейшее изучение подобных аперiodических структур позволит открыть еще больше неизвестных свойств света. Возможно, именно такие исследования станут основой следующего поколения фотонных технологий, где управление световыми волнами будет осуществляться не только с помощью материалов, но и благодаря необычной математической геометрии их внутреннего строения.

Ссылка: «Хиральная дифракция от аперiodической монокристаллической структуры»
DOI: [10.1038/s41467-026-75023-7](https://doi.org/10.1038/s41467-026-75023-7).