

Учёные решили столетнюю загадку Шрёдингера и раскрыли скрытую геометрию человеческого восприятия цвета



Дата публикации: 11.05.2026

Цвет кажется человеку чем-то естественным и очевидным. Небо воспринимается синим, трава — зелёной, а закат — золотисто-красным. Однако с точки зрения физики цвет вовсе не существует как объективное свойство мира. На самом деле это результат сложнейшей обработки световых сигналов мозгом человека. И хотя наука изучает восприятие цвета уже более ста лет, одна из фундаментальных загадок этой области оставалась нерешённой со времён Эрвина Шрёдингера.

Теперь исследователи из Los Alamos National Laboratory заявили, что им удалось устранить ключевой недостаток знаменитой теории Шрёдингера и впервые математически описать скрытую геометрию человеческого цветового восприятия.

Работа посвящена одному из самых сложных вопросов нейронауки и физики зрения: почему человек воспринимает цвета именно так, а не иначе, и каким

образом мозг определяет оттенок, насыщенность и яркость.

В основе человеческого зрения лежат специальные светочувствительные клетки — колбочки, расположенные в сетчатке глаза. Существует три основных типа колбочек, чувствительных преимущественно к красным, зелёным и синим длинам волн света. Комбинация сигналов от этих клеток создаёт всё богатство воспринимаемых цветов.

Но проблема заключается в том, что физическое распределение световых волн не совпадает напрямую с тем, как человек ощущает цветовые различия. Некоторые оттенки кажутся очень близкими, хотя физически отличаются сильно, тогда как другие воспринимаются как совершенно разные при минимальных изменениях спектра.

Именно поэтому учёные давно используют понятие цветового пространства — математической модели, описывающей взаимное расположение цветов в восприятии человека.

Ещё в XIX веке выдающийся математик Bernhard Riemann предположил, что подобные пространства могут быть искривлёнными, подобно геометрии пространства-времени в физике. Позднее эту идею развил Erwin Schrödinger, который в 1920-х годах попытался построить полноценную математическую модель цветового восприятия.

Шрёдингер предполагал, что такие характеристики, как оттенок, насыщенность и яркость, можно вывести исключительно из геометрии цветового пространства. Его теория стала фундаментом для многих последующих исследований, однако в ней оставались серьёзные математические пробелы.

Главной проблемой оказалась так называемая нейтральная ось — условная линия оттенков серого, соединяющая чёрный и белый цвета. Именно относительно этой оси определяются многие свойства цветового восприятия. Однако Шрёдингер так и не смог строго описать её математически внутри своей модели.

Исследователи из Лос-Аламоса решили эту проблему, используя более сложную геометрическую структуру, выходящую за рамки классической римановой геометрии. Учёные показали, что нейтральную ось можно определить исключительно через внутреннюю геометрию цветового пространства, без привлечения внешних параметров.

Это означает, что оттенок, насыщенность и яркость могут быть фундаментальными свойствами самой структуры восприятия, а не результатом культурного опыта или особенностей языка.

Другими словами, человеческий мозг может воспринимать цвет определённым образом не потому, что человек этому научился, а потому, что сама геометрия зрительной системы устроена именно так.

Работа также позволила объяснить несколько давно известных оптических эффектов. Одним из них является эффект Безольда—Брюке, при котором изменение яркости света неожиданно меняет воспринимаемый оттенок цвета. Например, некоторые цвета при увеличении интенсивности начинают казаться более смещёнными к синему или красному спектру.

Ранее подобные эффекты было сложно встроить в математические модели. Теперь исследователи использовали концепцию кратчайших путей внутри искривлённого цветового пространства, что позволило описать эти аномалии более естественным образом.

Учёные также объяснили феномен убывающей различимости цветов. Человеческий глаз способен легко замечать небольшие различия между близкими оттенками, но по мере увеличения разницы восприятие становится менее чувствительным. Новая модель показывает, что это связано с геометрическими особенностями самого пространства цветового восприятия.

Фактически исследование предполагает, что человеческое зрение работает не как простая камера, а как сложная система навигации внутри многомерного геометрического пространства.

Практическое значение работы может оказаться огромным. Современные технологии всё сильнее зависят от точного понимания восприятия цвета. Это касается фотографии, кино, компьютерной графики, дисплеев, VR-систем, медицинской визуализации, научных симуляций и искусственного интеллекта.

Например, алгоритмы обработки изображений сегодня часто ориентируются на физические характеристики света, а не на особенности человеческого восприятия. Более точные модели цветового пространства позволят создавать изображения, которые будут восприниматься мозгом естественнее и реалистичнее.

Особенно важной работа может стать для научной визуализации, где правильное отображение данных напрямую влияет на способность исследователей интерпретировать сложные процессы. Это актуально для астрофизики, медицины, климатологии и анализа больших массивов информации.

Кроме того, новая теория открывает путь к моделированию цветового восприятия в ещё более сложных неримановых пространствах. Учёные

предполагают, что человеческое зрение может обладать гораздо более необычной внутренней структурой, чем считалось ранее.

Самое удивительное в этой истории — то, что вопрос, поставленный почти сто лет назад одним из создателей квантовой механики, оказался связан не только с физикой света, но и с глубинной геометрией человеческого сознания.

По сути, исследователи приблизились к пониманию того, как мозг превращает набор электромагнитных волн в субъективный мир цвета, который человек воспринимает как нечто само собой разумеющееся.

Ссылка: «Геометрия цвета в свете нериманова пространства» DOI: [10.1111/cgf.70136](https://doi.org/10.1111/cgf.70136).