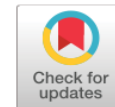


“The non-Riemannian nature of perceptual color space

Еникеев Арнольд



14 апреля, 2025



The non-Riemannian nature of perceptual color space

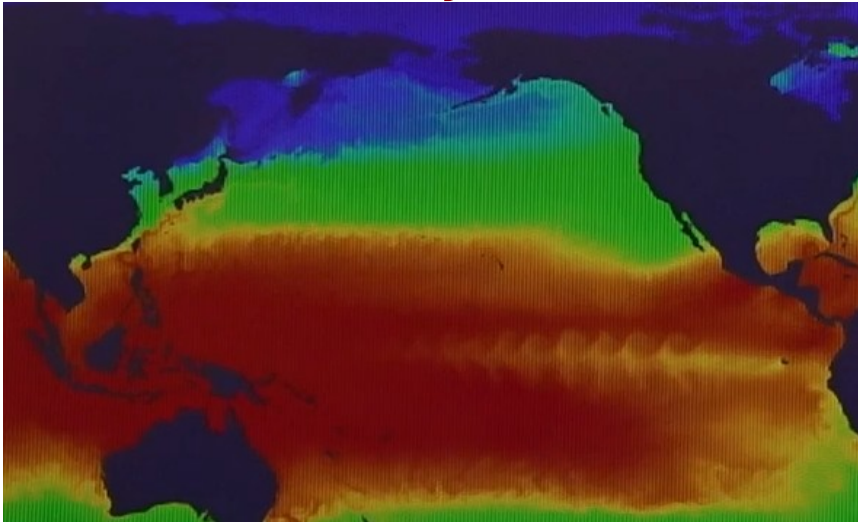
Roxana Bujack^{a,1} , Emily Teti^{a,b}, Jonah Miller^a, Elektra Caffrey^{a,c}, and Terece L. Turton^a 

Edited by Brian Wandell, Stanford University, Stanford, CA; received October 28, 2021; accepted March 13, 2022

1. Что такое психофизическая равномерность?
2. Что такое неримановость?
3. Почему неримановость перцептивного цветового пространства – это проблема?
4. Какие известные вам формулы цветовых различий являются римановыми? А какие – неримановы?
5. Как бы вы продолжили эксперименты авторов статьи?

Почему это важно?

Цветовое отображение - это распространённый и наглядный метод визуализации данных. Различие воспринимаемых цветов влияет на качество визуализации.



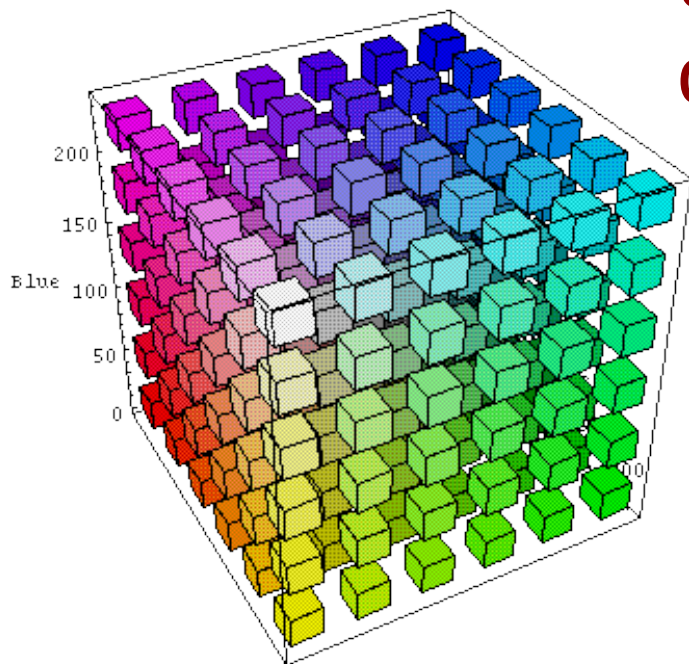
Цветная
визуализация



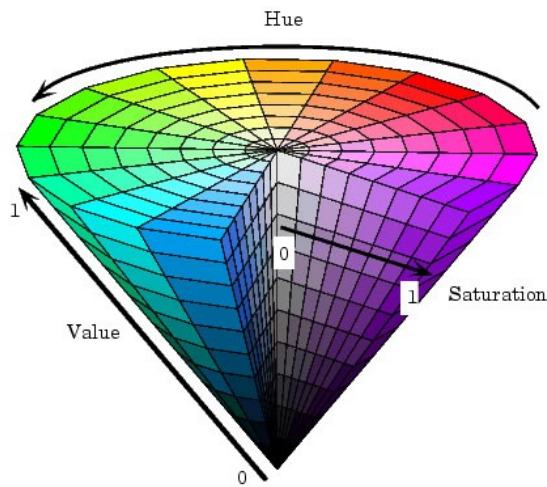
Чёрно-белая
визуализация

Цветовые пространства

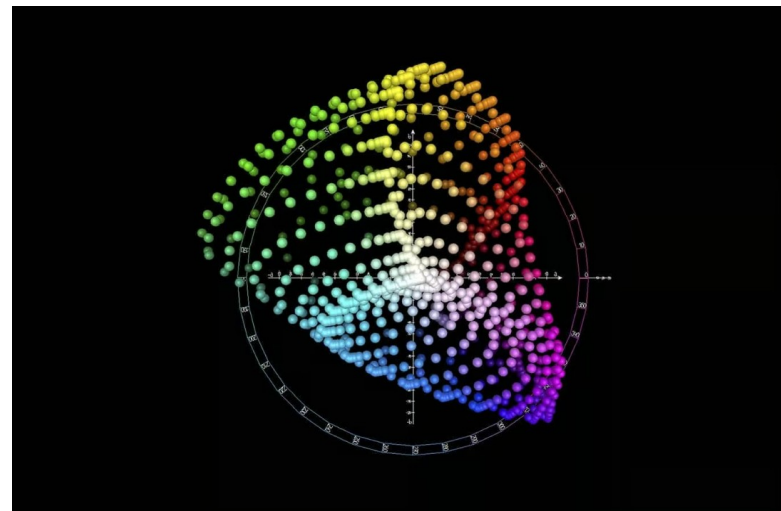
Цветовые пространства — это определённые системы организации цветов.



CIE RGB



CIE HSV



CIE LAB*

Психофизическая равномерность

Психофизическая равномерность — это концепция, связанная с восприятием человеком физических стимулов, которая подразумевает, что на самом деле восприятие не всегда линейно.

Закон Вебера-Фехнера

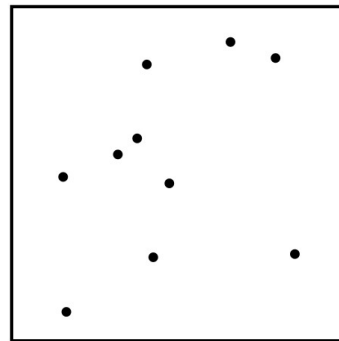
$$S = k \cdot \log(I)$$

S — ощущаемая интенсивность

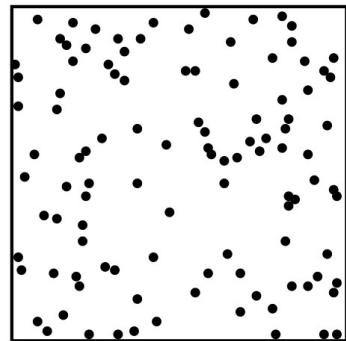
I — физическая интенсивность
стимула

k — константа

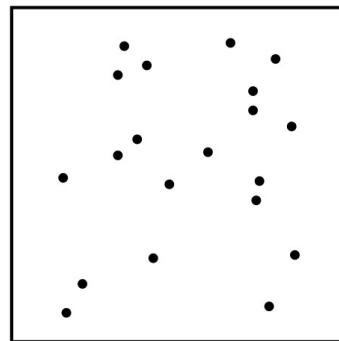
Восприятие цвета тоже не является линейным.



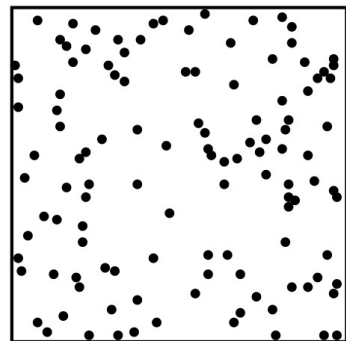
10



110



20



120

Пример: на каждой картинке в правой части на 10 точек больше, но разница заметнее на первых двух.

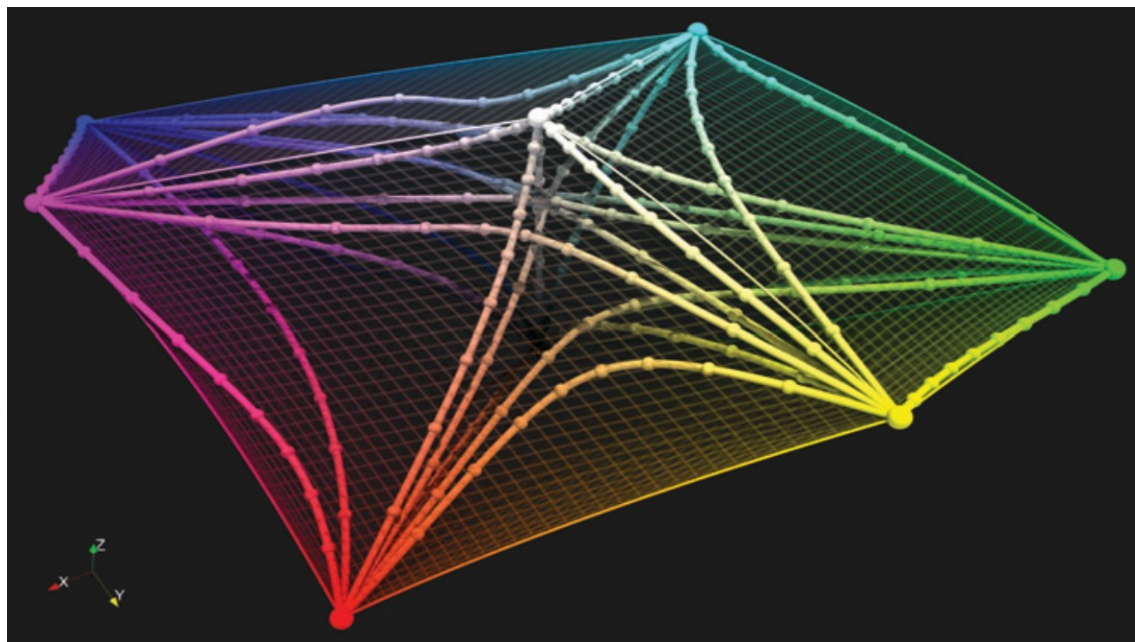
Римановы пространства

В римановом пространстве расстояние:

$$L(\gamma) = \int_{t_0}^{t_1} |\gamma'(t)|_{\gamma(t)} dt = \int_{t_0}^{t_1} \sqrt{\left\langle \frac{d\gamma(t)}{dt}, \frac{d\gamma(t)}{dt} \right\rangle_{\gamma(t)}} dt \quad [3]$$

Вдоль геодезических путей выполняется аддитивность:

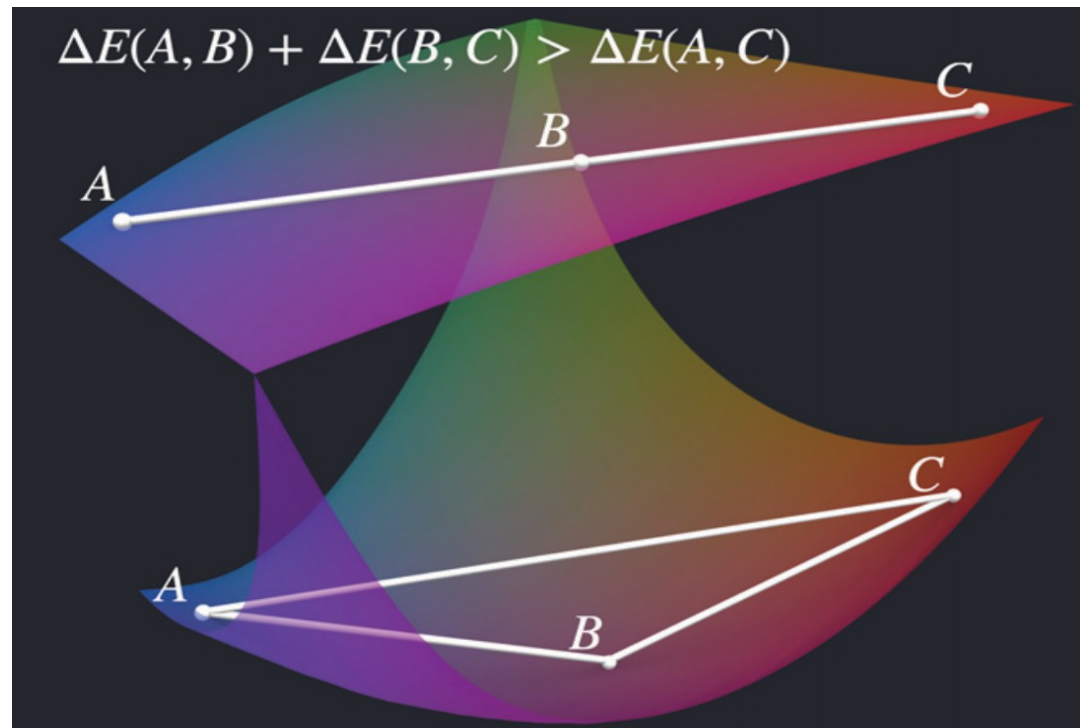
$$\begin{aligned} \Delta(A, C) &\stackrel{\text{Eq. 3}}{=} \int_{t_0}^{t_2} |\gamma'(t)|_{\gamma(t)} dt \\ &= \int_{t_0}^{t_1} |\gamma'(t)|_{\gamma(t)} dt + \int_{t_1}^{t_2} |\gamma'(t)|_{\gamma(t)} dt \\ &\stackrel{\text{Eq. 3}}{=} \Delta(A, B) + \Delta(B, C). \end{aligned}$$



CIE XYZ

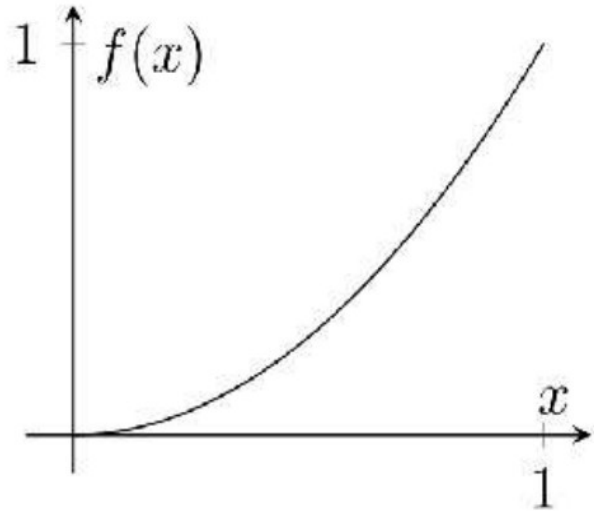
Неримановость: принцип убывающей отдачи

Большие цветовые различия недооцениваются при восприятии, поэтому даже на геодезических путях выполняется неравенство:

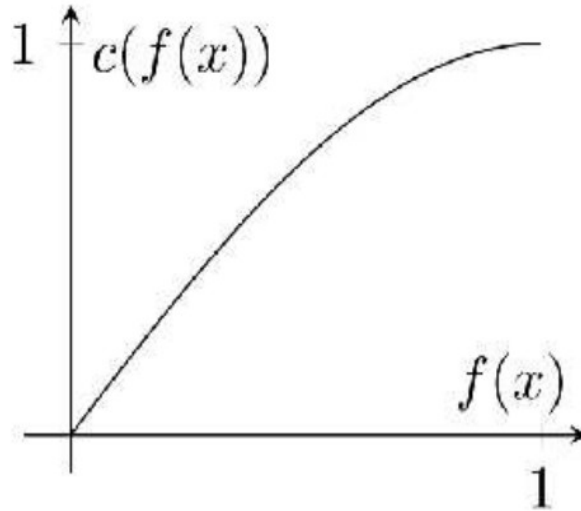


$$\Delta E(A, B) + \Delta E(B, C) > \Delta E(A, C)$$

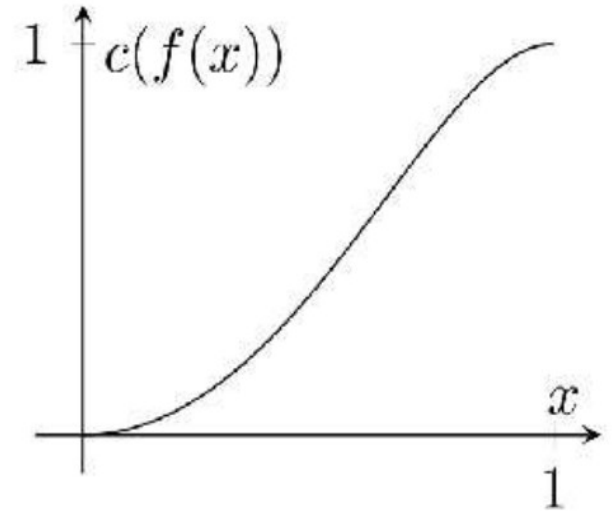
Влияние неримановости



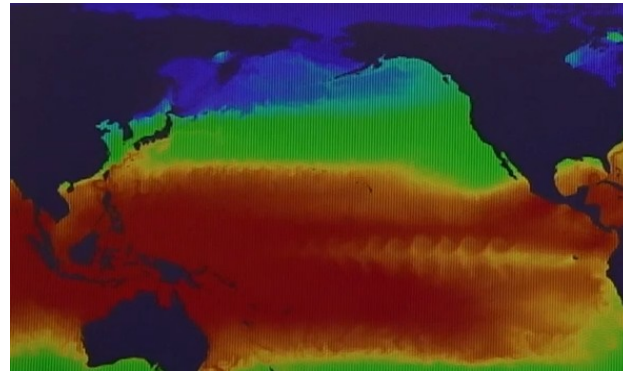
Набор данных



*Восприятие
цвета*



*Итоговое
восприятие*



Формулы цветовых различий

$$\Delta E_{76} = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

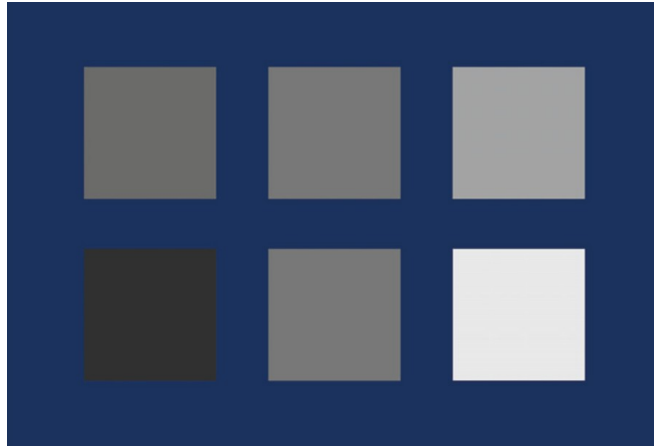
*Евклидово расстояние в пространстве CIE L*A*B* 1976.*

$$\bar{H} = H_1 (g_{11}(\Delta x)^2 + 2g_{12}\Delta x\Delta y + g_{22}(\Delta y)^2)^{\frac{p}{2}}$$

Формула МакАдама в хуУ для цветов одинаковой яркости, взвешенная адаптация риманова расстояния. Степень $p < 1$ делает формулу неримановой.

**Как бы я
продолжил
исследование?**

Провести эксперимент
для других цветов и
разных фонов



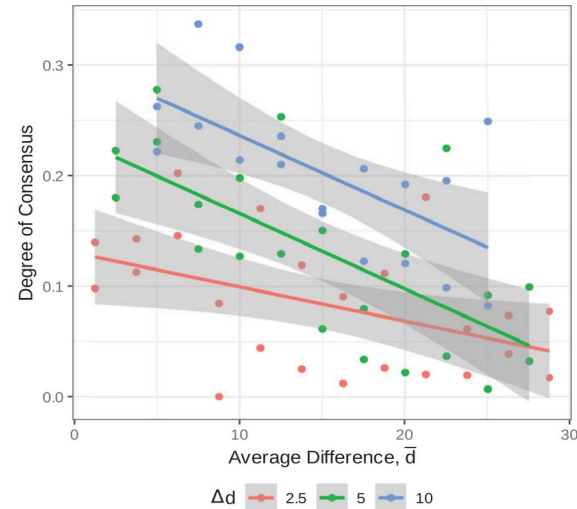
2-AFC тест

Регрессионный анализ

Принцип убывающей отдачи

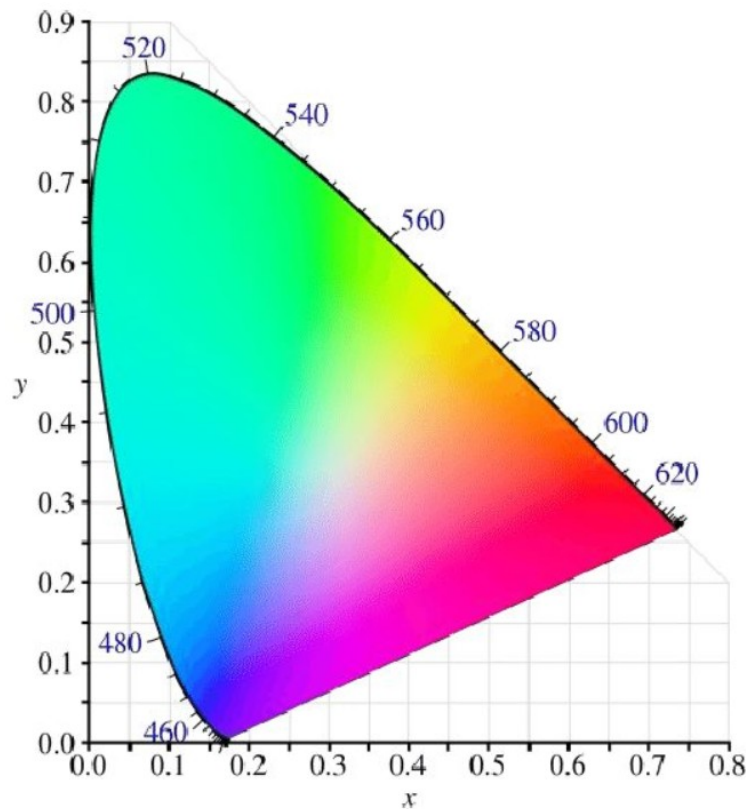
Вероятностная обработка

Обеспечить
статистическую
достоверность

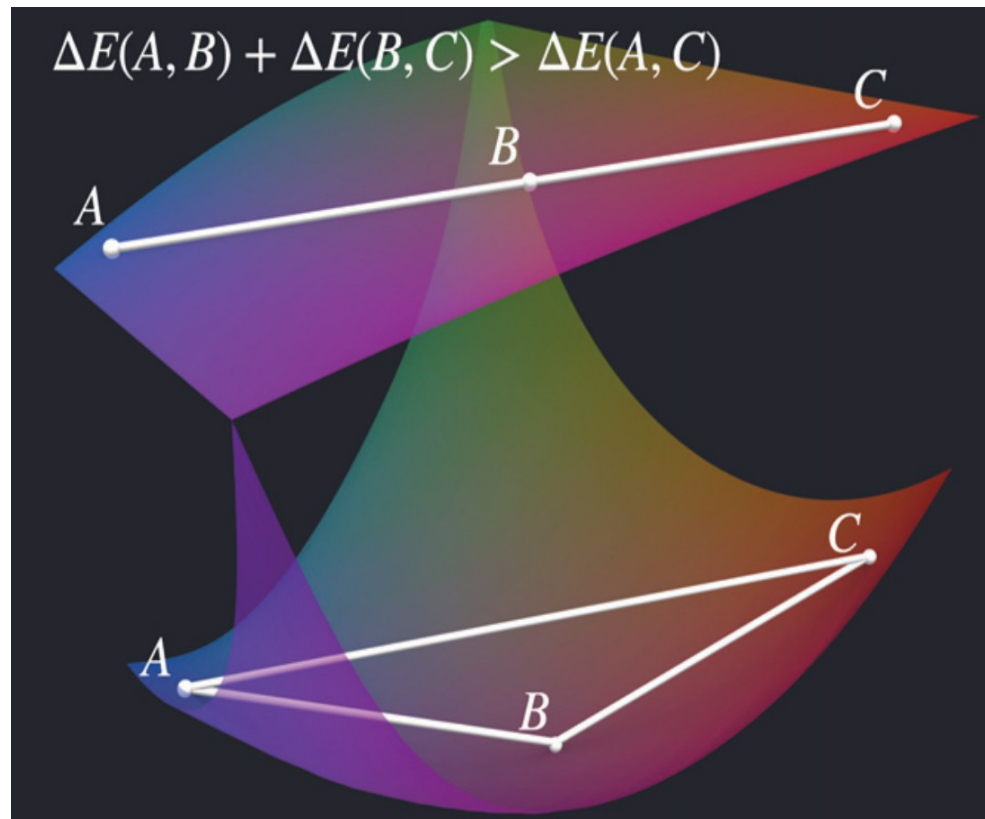


*Исходный
эксперимент*

Изучить эффект в других пространствах



Построить модель, которая учитывает эффект





**Спасибо за
внимание!**