

Сергей Шашков

# ДВОЙНАЯ ТЕНЬ

В «Квантике» №4 за 2019 год была задача:

*В солнечный день иногда можно наблюдать такое явление. Две параллельные ветки дерева отбрасывают тени: нижняя ветвь – резкую и тёмную, а верхняя – более широкую и светлую. Если эти две тени случайно налагаются друг на друга, то посередине тёмной тени возникает светлая полоса.*

*Похожее явление можно наблюдать и в помещении: если освещать пол белым экраном смартфона, то два карандаша друг над другом оставляют как раз такую тень со светлой полосой.*

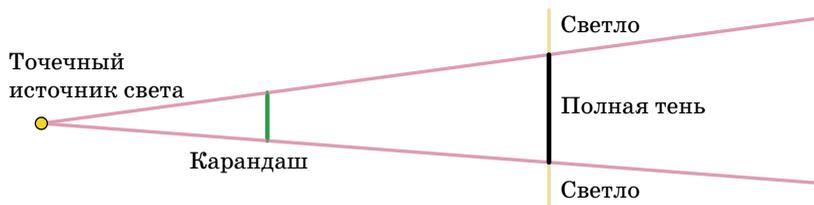
*Почему так происходит?*

Чтобы двойная тень хорошо наблюдалась, нужен достаточно большой равномерный источник света, например белый экран смартфона, матовая лампочка (см. фото) или солнце. Возьмём лампочку или фонарик и направим на лист бумаги. Поместим между лампочкой и бумагой карандаш. Разберём, как устроена его тень.



Лист бумаги шершавый и неровный. Каждая его точка отражает падающий свет во все стороны. Мы видим некоторые части листа ярче, а другие – темнее, потому что на разные части падает разное количество света. Чем больше света падает на кусочек бумаги, тем ярче и светлее он выглядит.

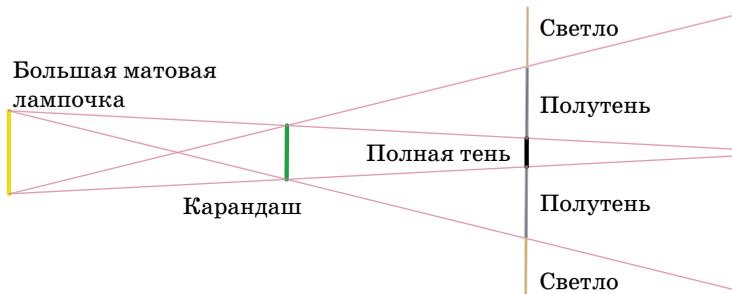
В свете точечного источника (маленькой лампочки или фонарика смартфона) карандаш отбрасывает резкую тёмную тень. Это легко понять: карандаш либо полностью закрывает лампочку, и тогда там совсем темно, либо вообще не закрывает, и там совсем светло.



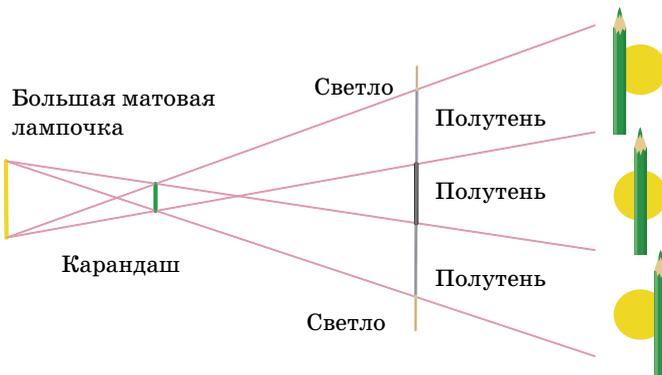
Если источник света достаточно большой, картина становится хитрее. Обычная лампа накаливания нам не подойдёт: нить накаливания и довольно длинная, и сложной формы. А вот матовые лампочки-груши дают подходящий свет.

Большой равномерный источник света можно представлять себе как множество мелких одинаковых лампочек, одинаково светящихся во все стороны. Белый экран смартфона примерно так и устроен. А колба матовой лампочки сделана из «шершавого» стекла или пластика, каждая точка которого рассеивает свет в разные стороны. Если источник света достаточно далеко, яркость кусочка бумаги пропорциональна числу этих мелких лампочек, которые из неё видны.

Расположим карандаш недалеко от бумаги. Будут видны чёткая полная тень и блёклая полутень. В полной тени карандаш закрывает лампочку целиком, в блёклой – закрывает лишь часть лампочки.



Если карандаш находится достаточно далеко от бумаги, то полной тени вообще не будет видно:



Теперь будем смотреть с листа бумаги на лампочку. Чем больше угол, под которым мы видим лампочку, тем больше света падает в эту точку и тем ярче мы её видим. Тень возникает как раз потому, что карандаш закрывает часть лампочки:



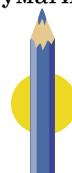


Вид сбоку



При взгляде из этой точки карандаш закрывает часть лампочки

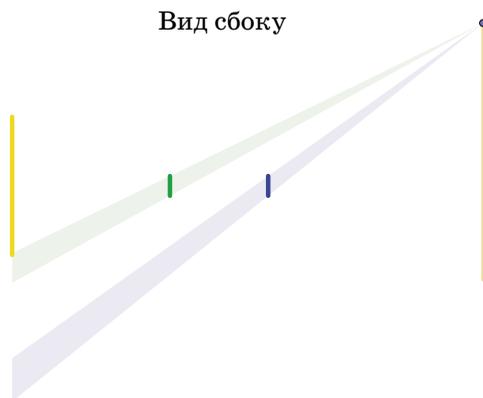
Вид от бумаги



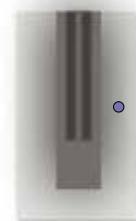
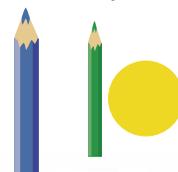
Наконец, расположим два карандаша один над другим. Зелёный карандаш, который ближе к лампочке, отбрасывает широкую блёклую тень. Синий карандаш, который ближе к бумаге, отбрасывает более узкую и более тёмную тень. Он закрывает бóльшую часть лампочки, поэтому тень от него темнее.

Будем двигаться по листу бумаги издалека к самой середине тени и смотреть на лампочку. Вдалеке карандаши вообще не закрывают лампочку, там совсем нет тени.

Вид сбоку

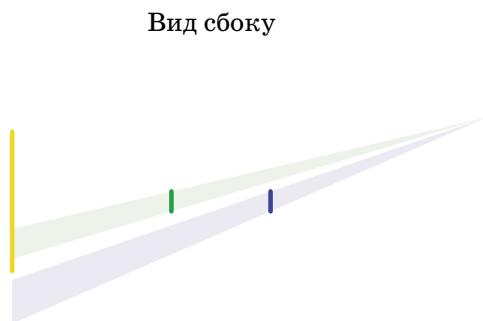


Вид от бумаги

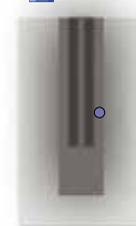
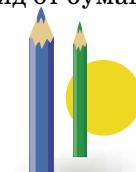


Потом дальний от бумаги зелёный карандаш начинает закрывать часть лампочки и вскоре станет располагаться как бы «на фоне» лампочки. Небольшие сдвиги не будут менять яркость точки, мы будем видеть на бумаге просто более тёмную область.

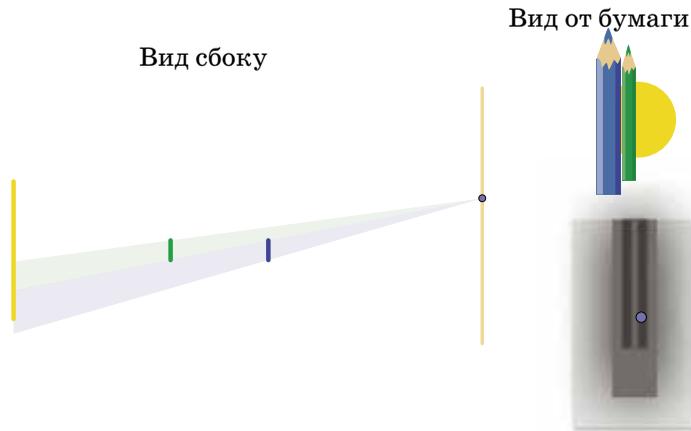
Вид сбоку



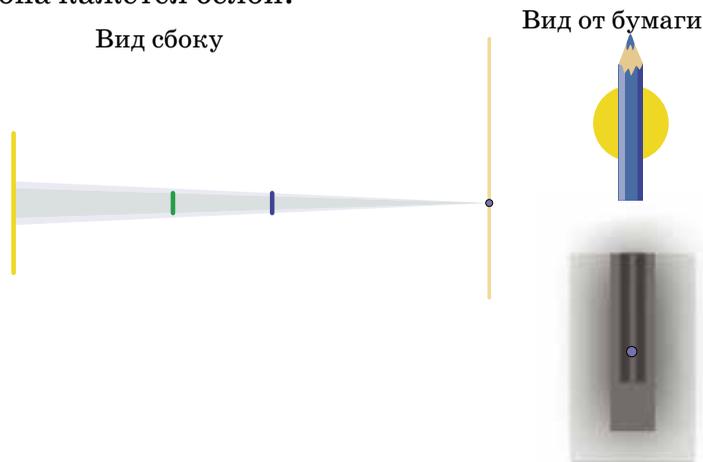
Вид от бумаги



Дальше синий карандаш тоже начинает закрывать часть лампочки. Тень становится темнее, так как карандаши вместе закрывают всё большую часть лампочки.



Но вскоре дальний зелёный карандаш начнёт закрываться ближним синим, и видимая часть лампочки начнёт увеличиваться. Наконец, дальний карандаш окажется полностью за ближним и не будет создавать дополнительной тени. Яркость бумаги в этом месте будет такой, как будто первого карандаша просто нет. Эта область и есть та «белая» полоса внутри тёмной тени. И полоска эта не такая уж светлая, она чуть темнее большой расплывчатой тени от первого карандаша. Но на фоне тёмной тени от второго она кажется белой.



Кстати, если в тени верхнего карандаша расположить слегка изогнутый провод, то и внутри тени провода будет белая полоса, изгибающаяся вместе с ним.

Художник Мария Усеинова

