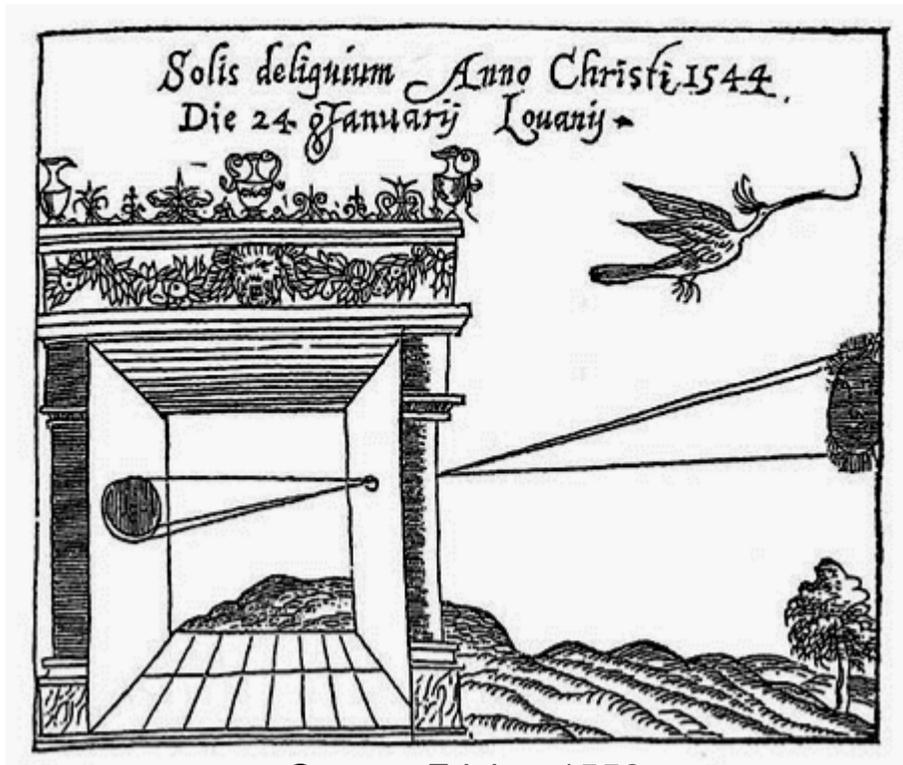


# Камера-обскура

---

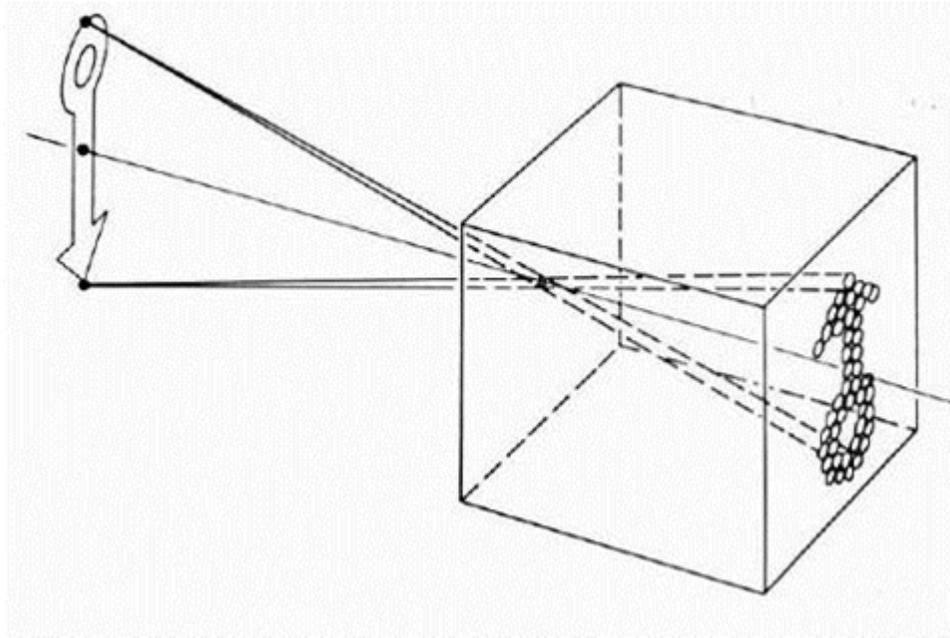


Gemma Frisius, 1558

- Принцип был известен еще Аристотелю (384-322 до Н.Э.)
- Помогала художникам: описана Леонардо да Винчи (1452-1519)

# Модель камеры-обскуры

---



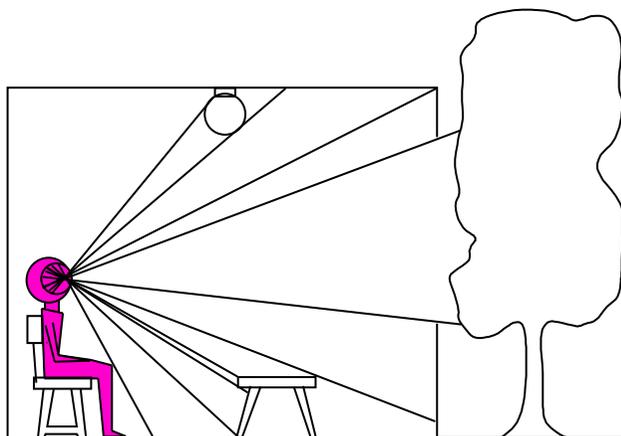
## Камера-обскура:

- Захватывает пучок лучей, проходящих через одну точку
- Точка называется Центр проекции (фокальная точка / **focal point**)
- Изображение формируется на картинной плоскости (**Image plane**)

# Машина Понижения Размерности (3D в 2D)

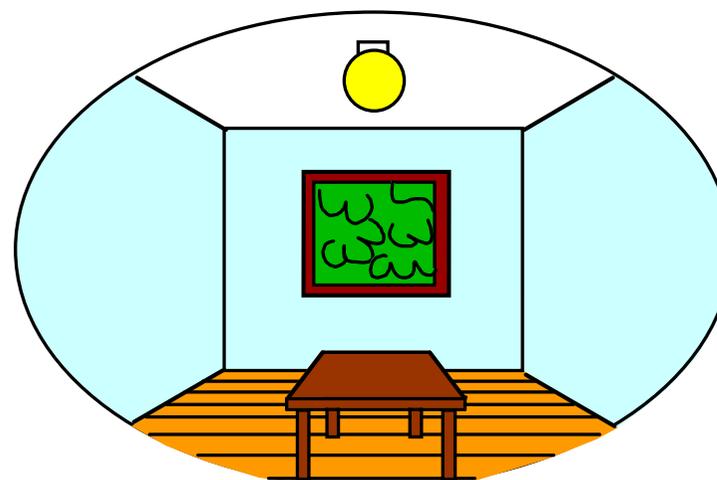
---

*3D мир*



Point of observation

*2D картина*



Подробнее геометрическая  
модель рассматривается  
позже

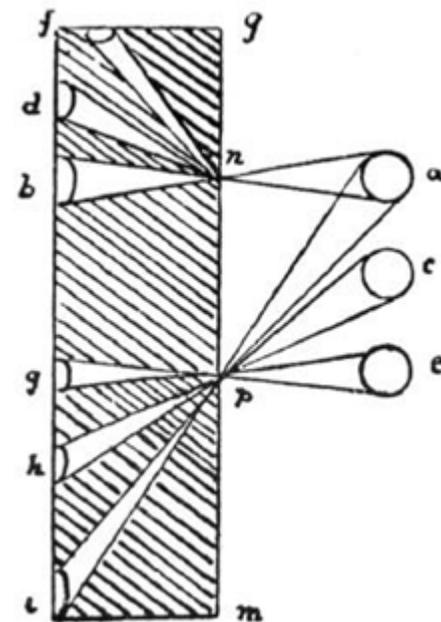
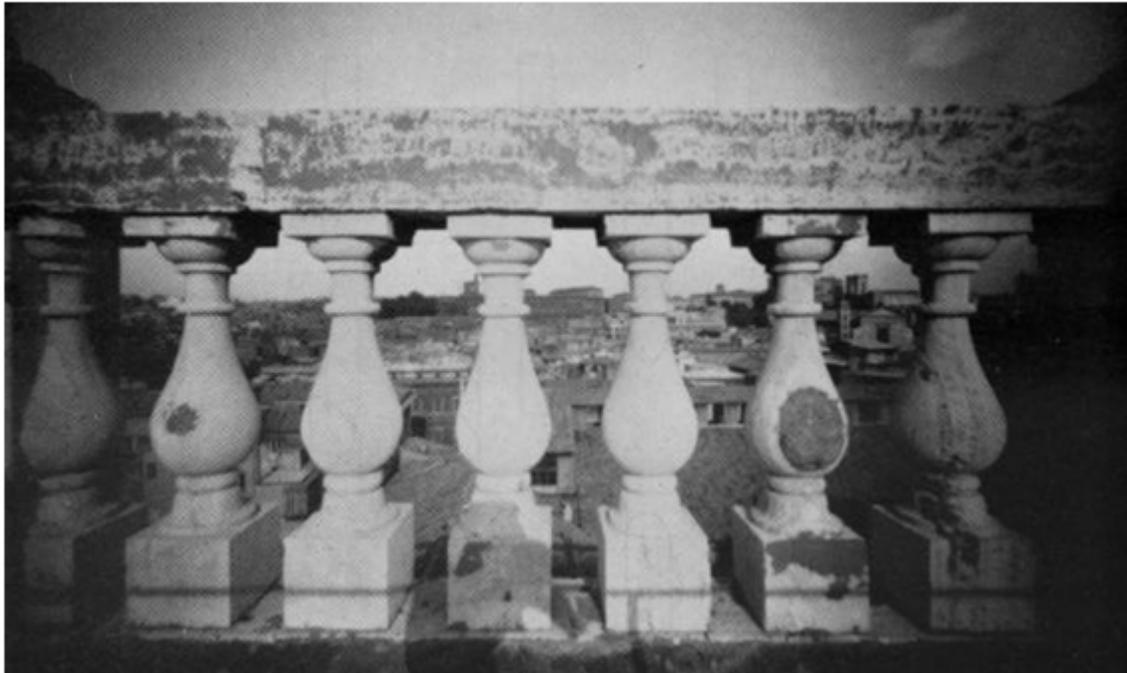
Что мы теряем?

- Углы
- Расстояния и длины

# Перспективные искажения

---

- Крайние колонны кажутся толще
- Эти искажения вызваны не погрешностью линз!
- Проблема была отмечена еще да Винчи



# Перспективные искажения: Люди

---



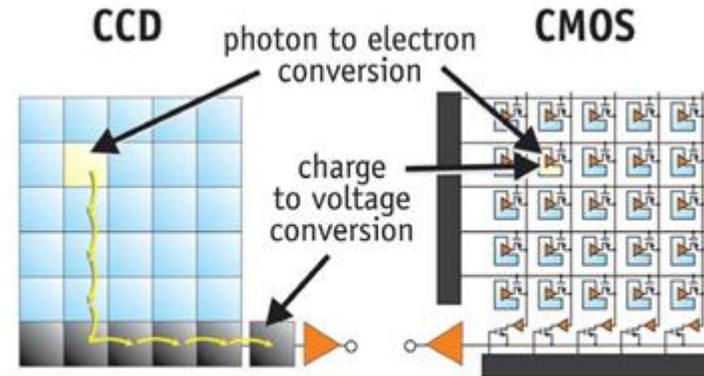
# Современная камера

---

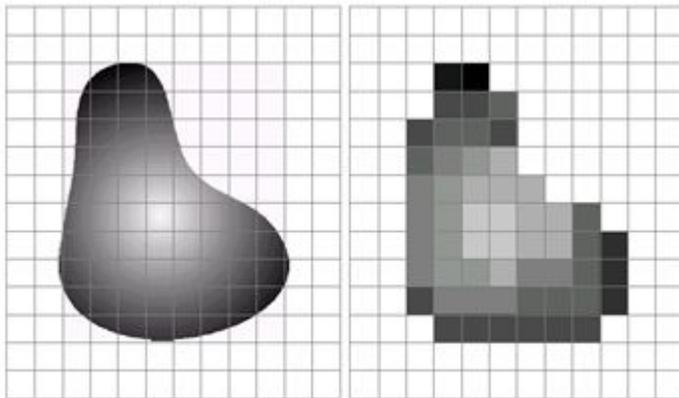


Тот же самый принцип, но с матрицей,  
объективом и т.д.

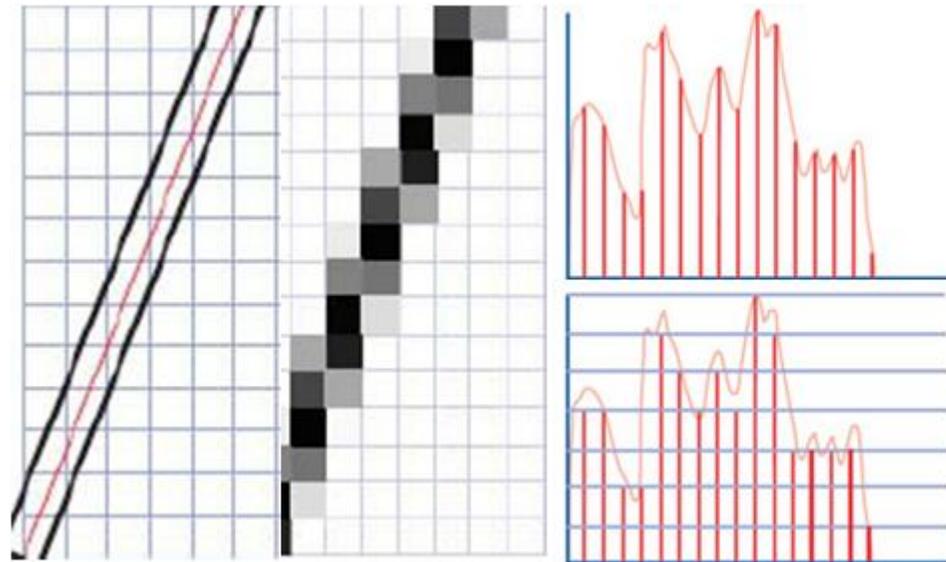
# Цифровая камера - дискретизация



CCDs move photogenerated charge from pixel to pixel and convert it to voltage at an output node. CMOS imagers convert charge to voltage inside each pixel.



**FIGURE 2.17** (a) Continuous image projected onto a sensor array. (b) Result of image sampling and quantization.



# Изображение

---

Изображение *оптическое* – картина, получаемая в результате прохождения через оптическую систему лучей, распространяющихся от объекта, и воспроизводящая его контуры и детали.

*Физический энциклопедический словарь.*

Функция интенсивности (яркости) канала,  
заданная на 2х мерной сетке (матрице)

$$I = g(x, y), \{x \in [x_0, x_1], y \in [y_0, y_1]\}$$

Используется дискретное представление

$$I = g(i, j), \{i = \overline{1, n}, j \in \overline{1, m}\}$$

# 10 событий в истории фотографии

---

<http://listverse.com/history/top-10-incredible-early-firsts-in-photography/>



Первое цифровое фото (1957 год), разрешение 176\*176 пикселей

# Цветные фотографии??

---



# Что такое цвет?

---

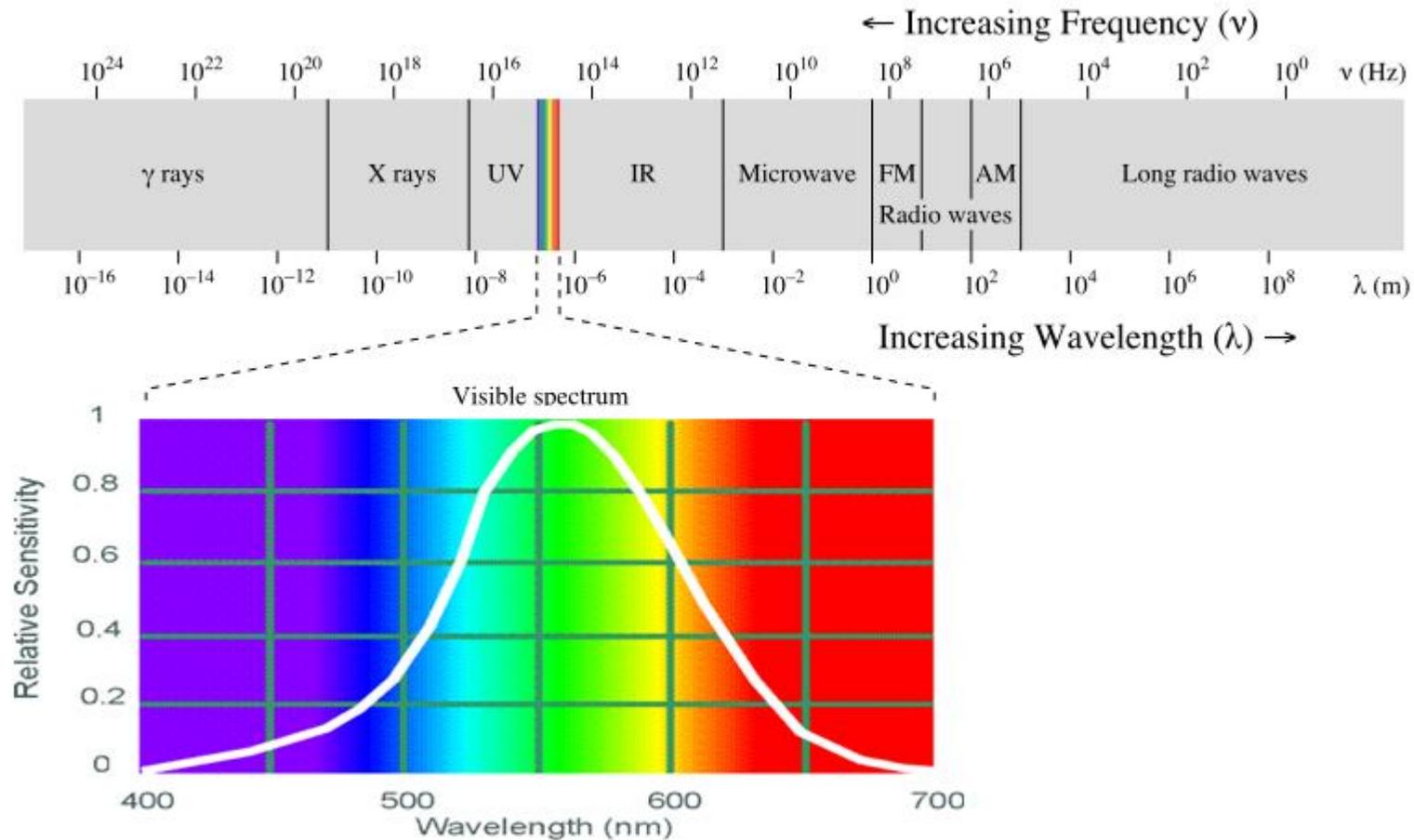
Цвет – это психологическое свойство нашего зрения, возникающее при наблюдении объектов и света, а не физические свойства объектов и света (S. Palmer, *Vision Science: Photons to Phenomenology*)

Цвет – это результат взаимодействия света, сцены и нашей зрительной системы



Wassily Kandinsky (1866-1944), Murnau Street with Women, 1908

# Электромагнитный спектр



Human Luminance Sensitivity Function

Почему мы видим свет именно в таком диапазоне?

Потому что именно такой диапазон излучения солнца

# Физика света

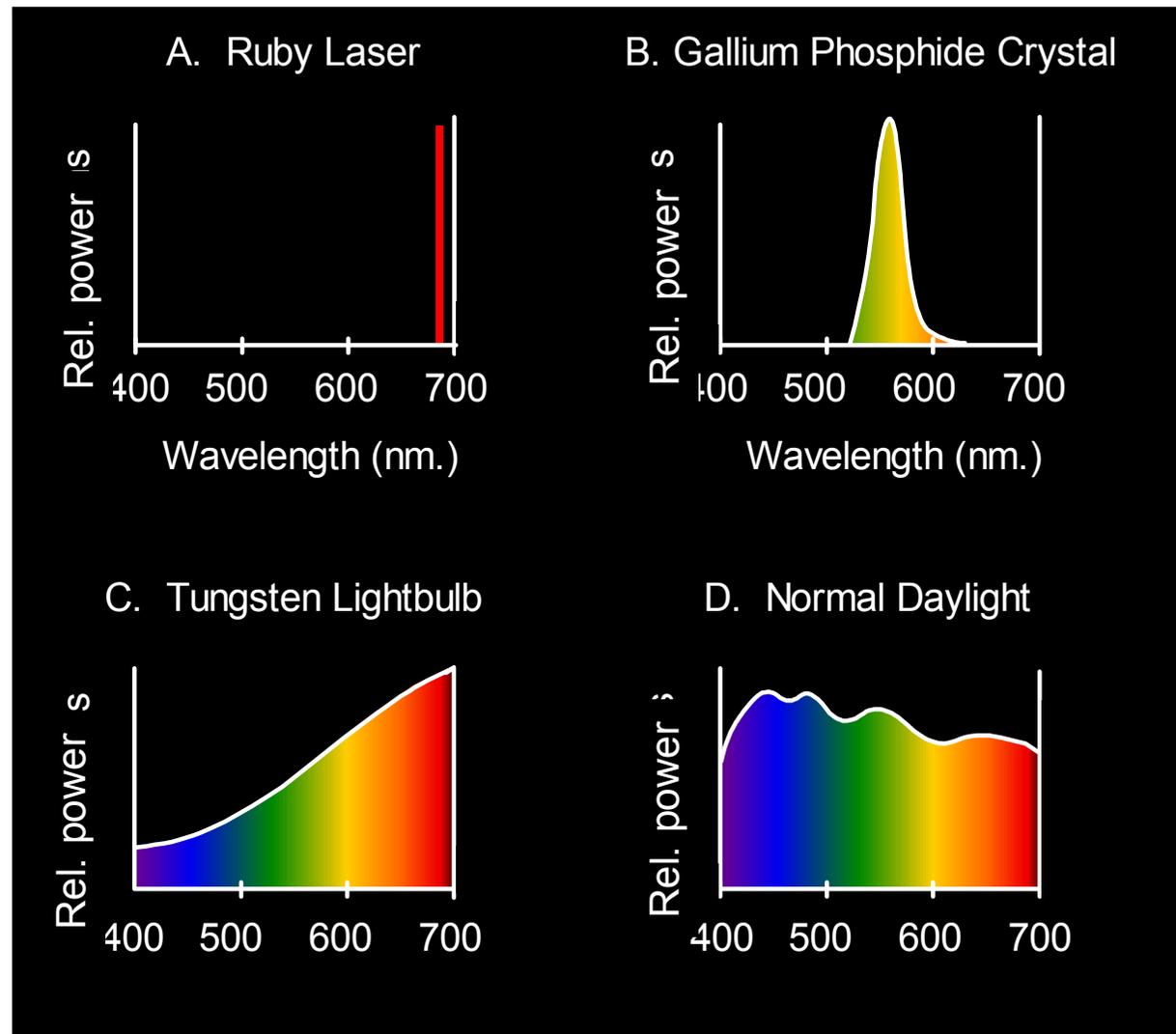
---

Любой источник света можно полностью описать спектром: количество излученной энергии в единицу времени для каждой длины волны в интервале 400 - 700 nm.



# Физика света

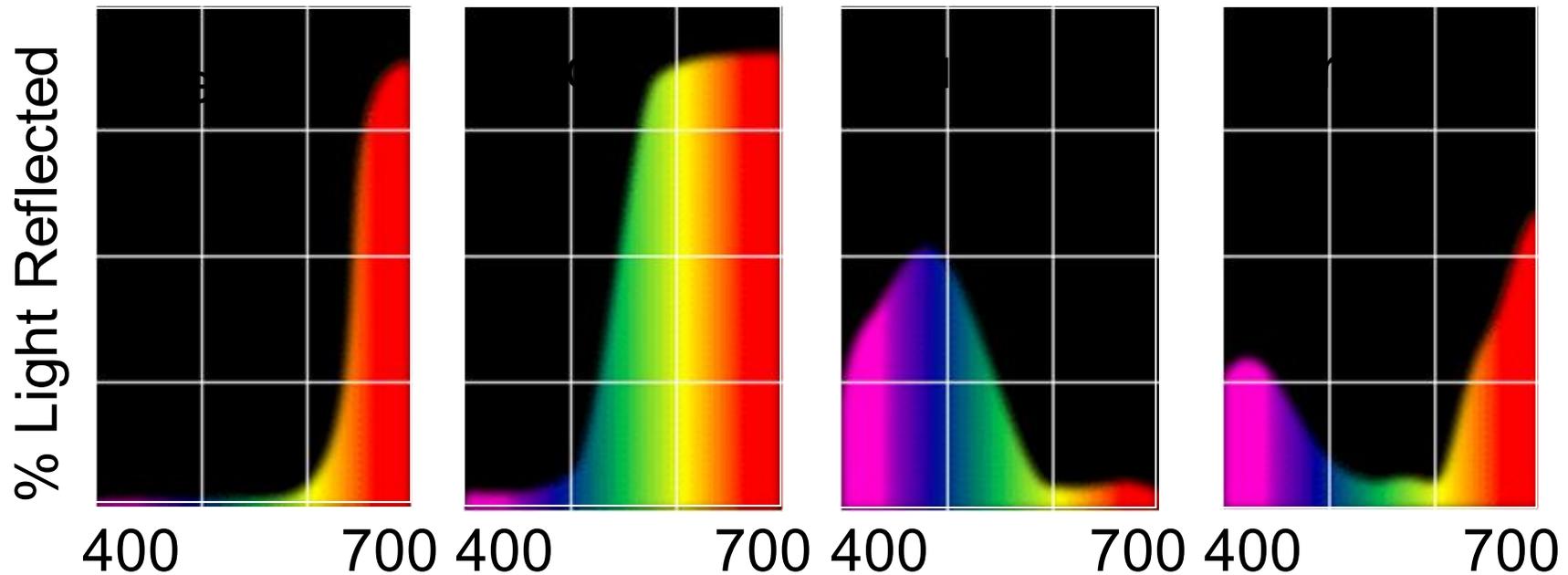
## Примеры спектров разных источников света



# Физика света

---

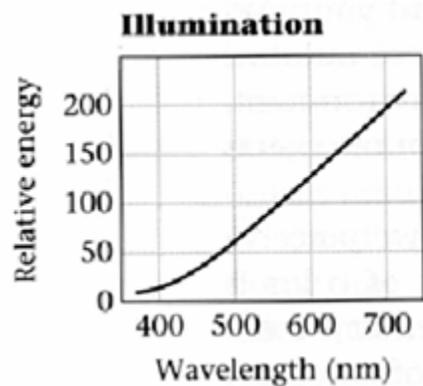
Примеры спектров отраженного света от предметов



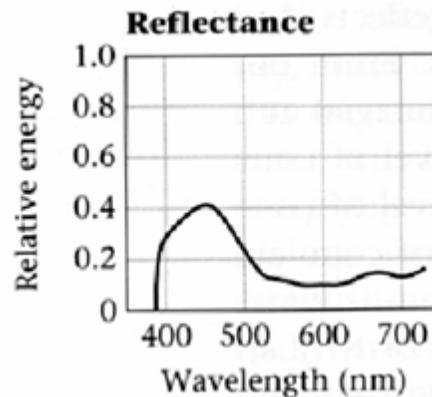
# Взаимодействие света и объектов



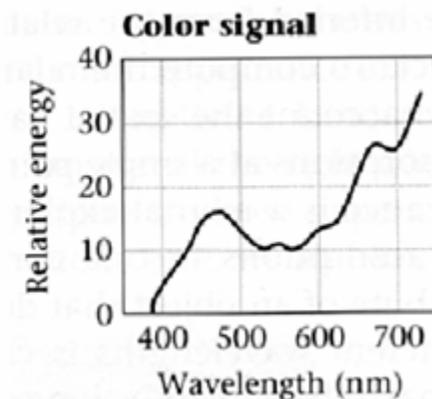
Видимый свет это  
результат  
взаимодействия  
спектра излучаемого  
света и поверхности



• \*

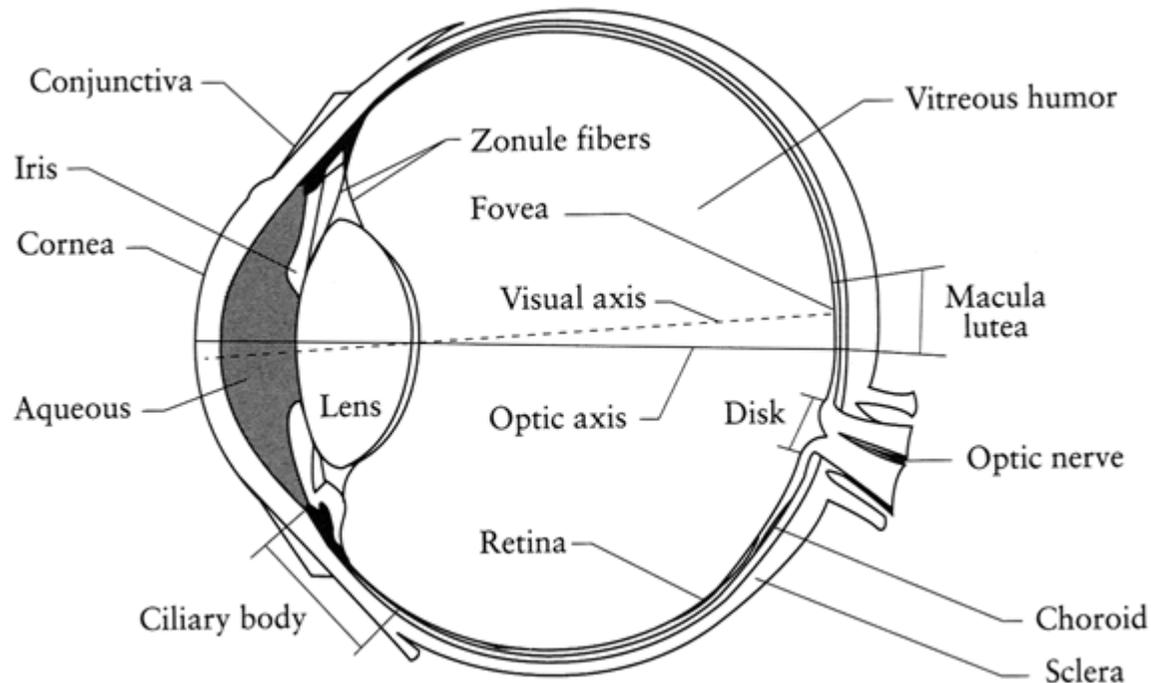


==



# Человеческий глаз

---

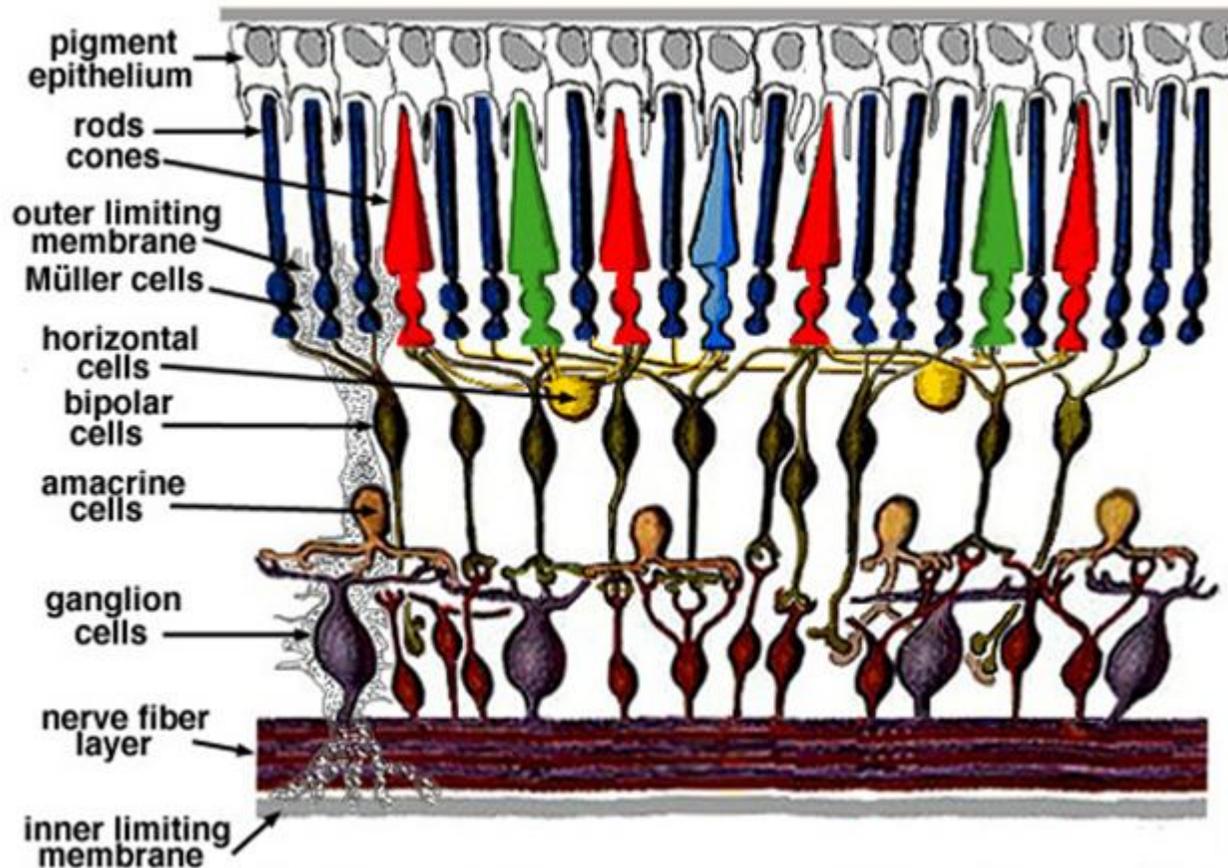


## Глаз как камера!

- **Радужка** – цветная пленка с радиальными мышцами
- **Зрачок** - дырка (апертура), диаметр управляется радужкой
- **Хрусталик** – «линза», меняющая форму под действием мышц
- Где матрица?
  - Клетки-фоторецепторы на сетчатке

# Сетчатка глаза

---

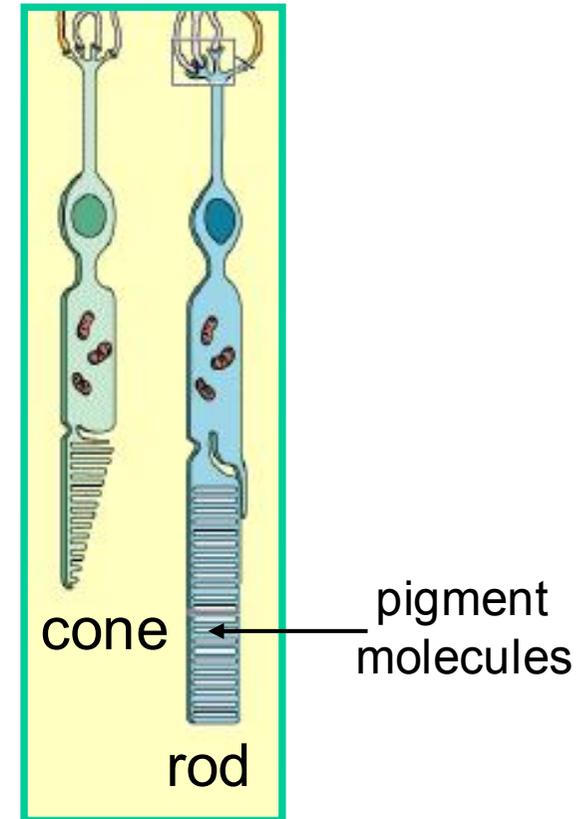
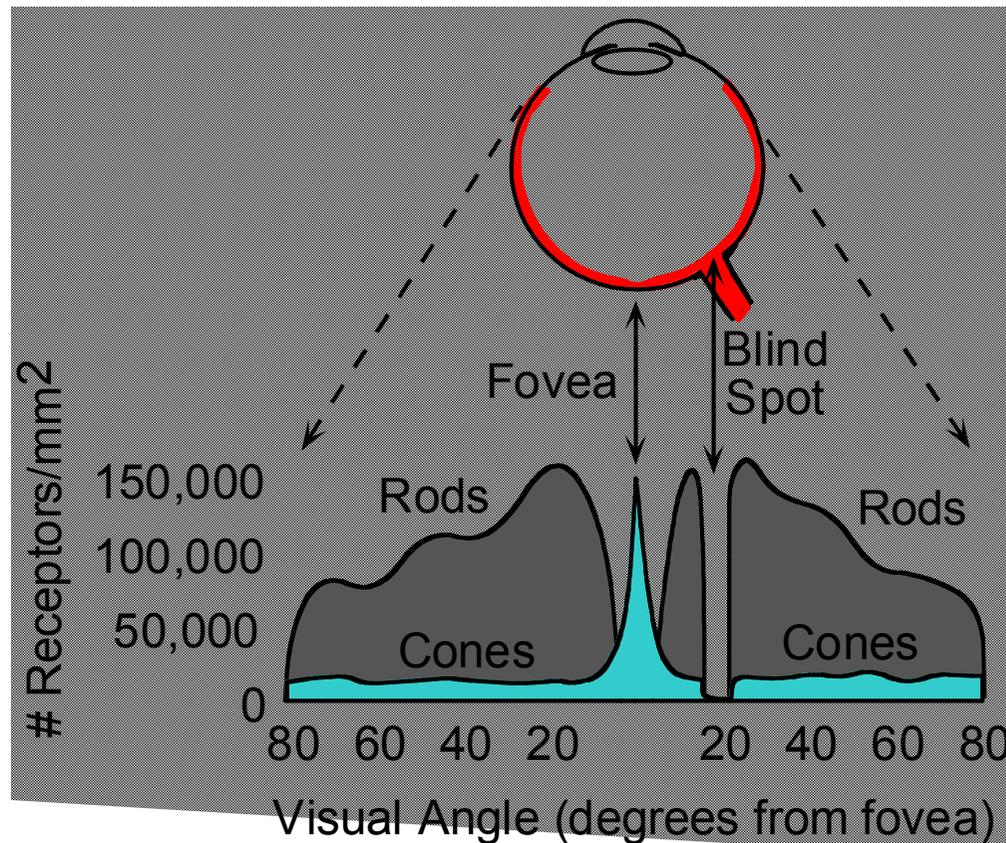


- Палочки (Rods) измеряют яркость
- Колбочки (Cones) измеряют цвет



Свет

# Плотность палочек и колбочек

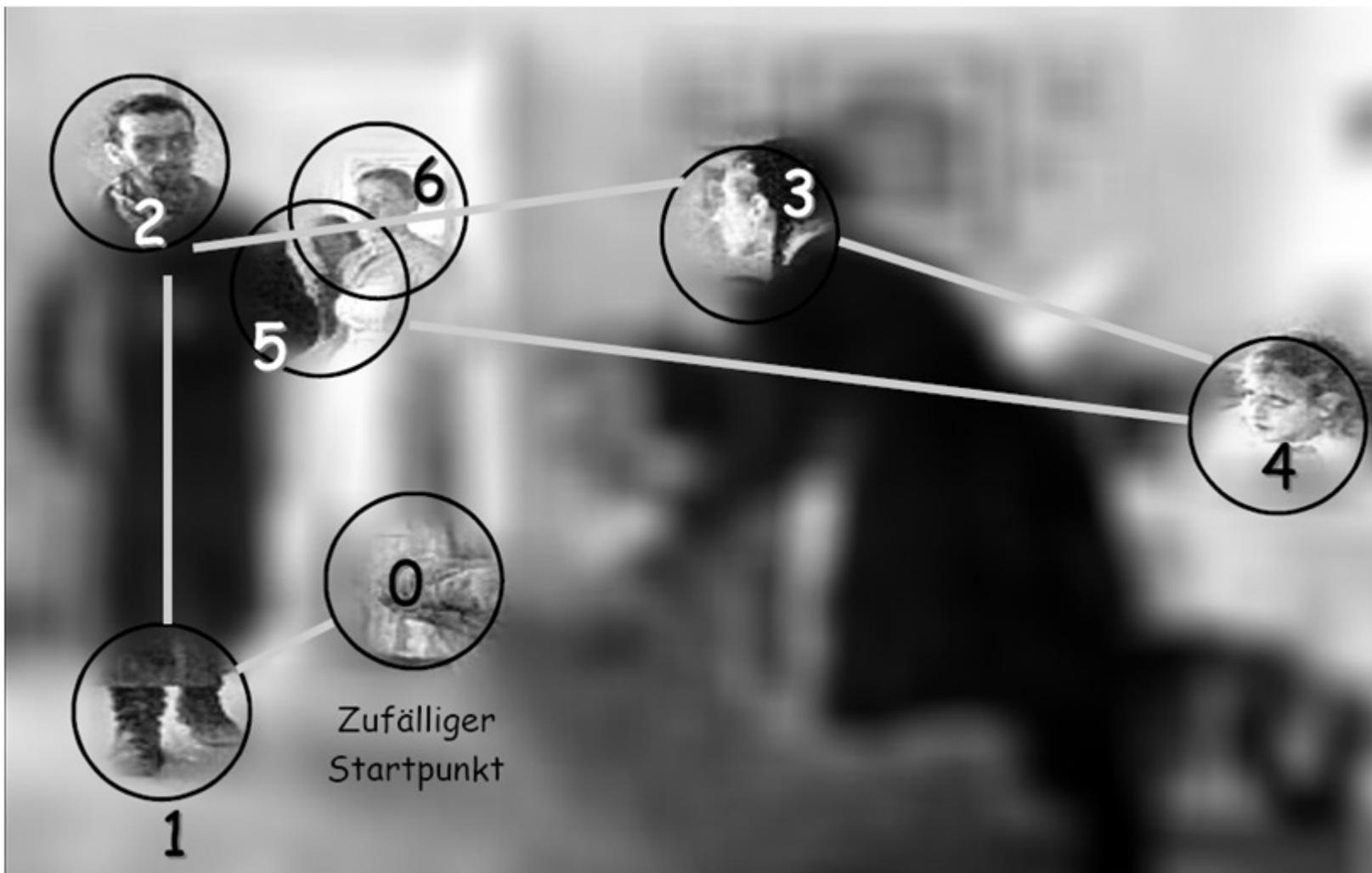


## Палочки и колбочки распределены неравномерно

- Палочки измеряют яркость, колбочки цвет
- **Fovea** – маленькая область (1 or 2°) в центре визуального поля с наибольшей плотностью колбочек и без палочек
- На периферии все больше палочек подсоединены к одному нейрону

# Что мы на самом деле видим

---



# Движения глаз



Free examination.

1



Estimate material circumstances of the family

2



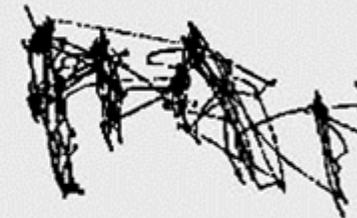
Give the ages of the people.

3



Surmise what the family had been doing before the arrival of the unexpected visitor.

4



Remember the clothes worn by the people.

5



Remember positions of people and objects in the room.

6



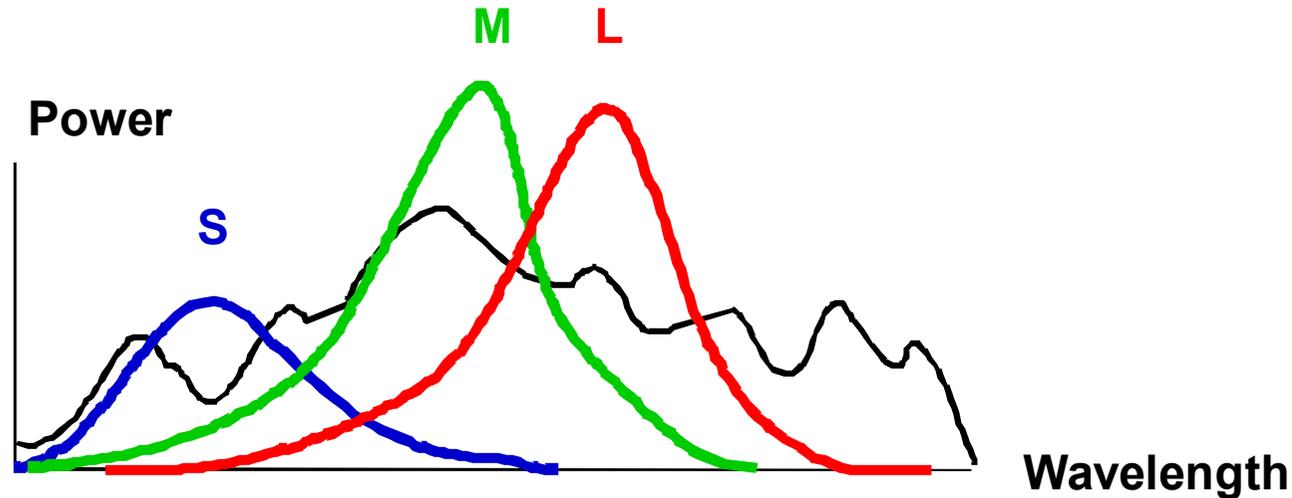
Estimate how long the visitor had been away from the family.

7

3 min. recordings of the same subject

# Восприятие цвета

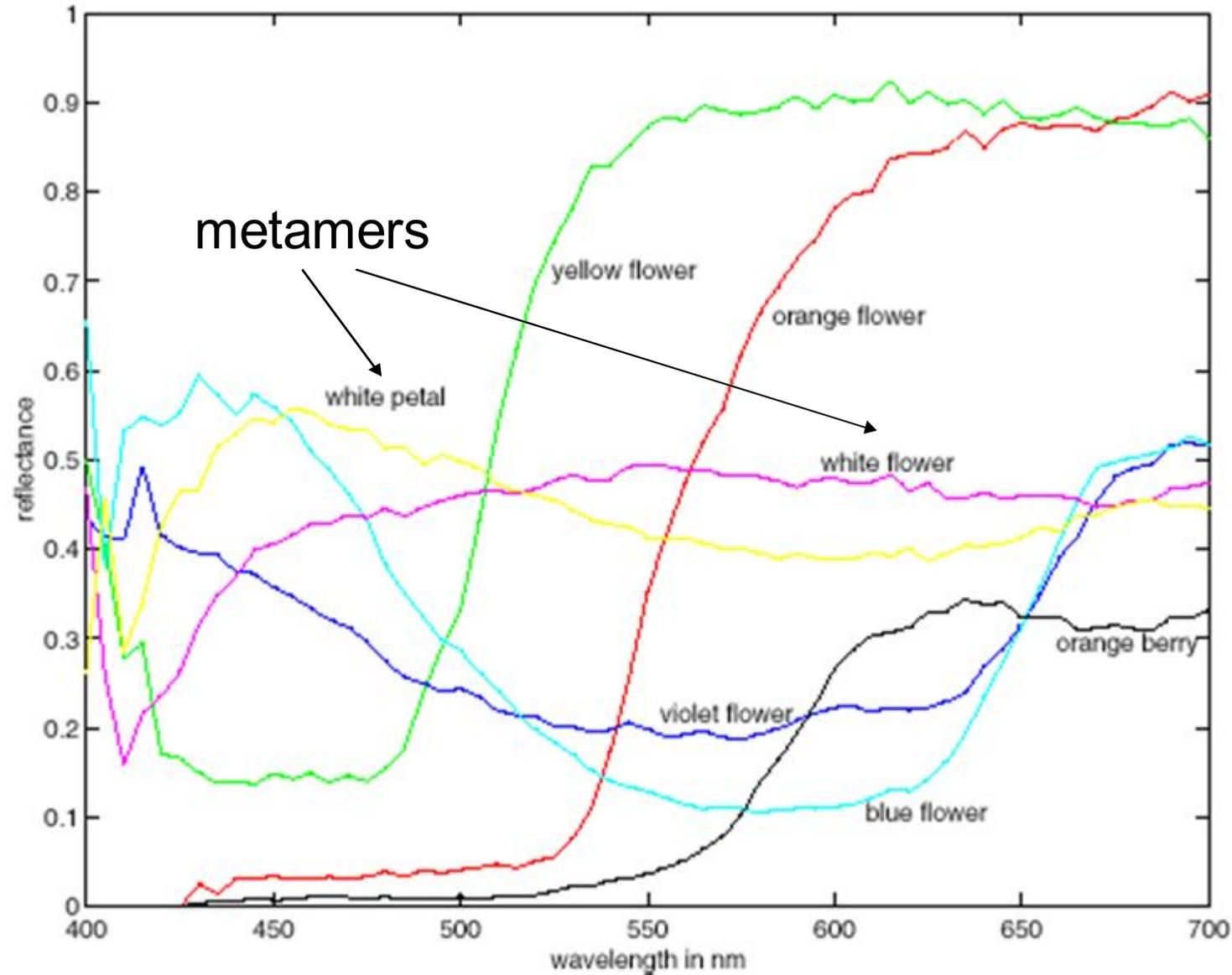
---



## Палочки и колбочки – фильтры спектра

- Спектр умножается на кривую отклика, производится интегрирование по всем длинам волн
  - Каждый тип колбочек даёт 1 число
- В: Как же мы можем описать весь спектр 3мя числами?
- О: Мы и не можем! Большая часть информации теряется.
  - Два разных спектра могут быть неотличимы
    - » Такие спектры называются **метамеры**

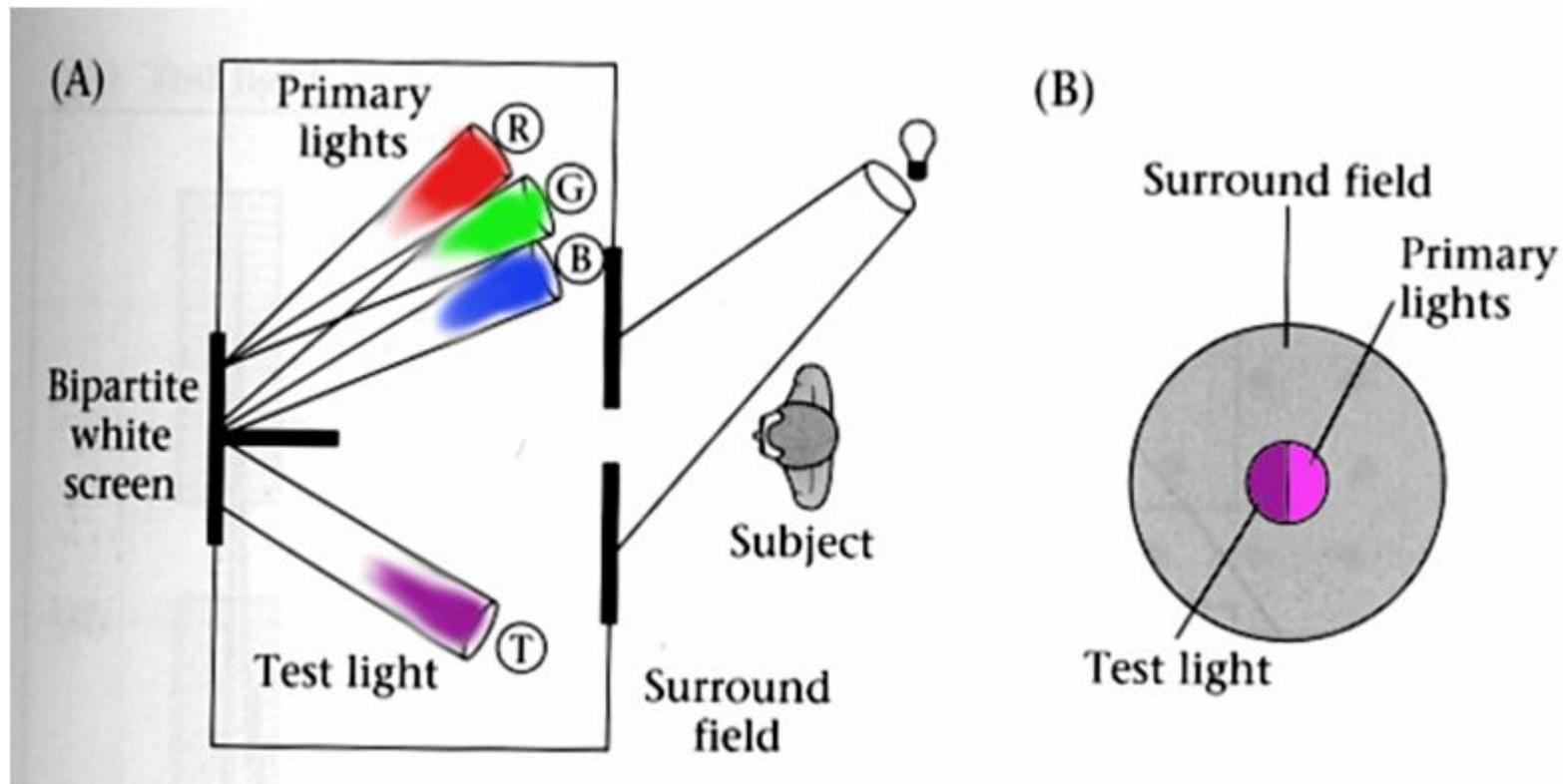
# Спектры некоторых объектов



# Стандартизация восприятия цвета

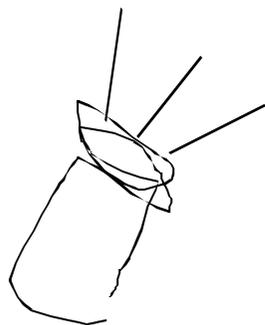
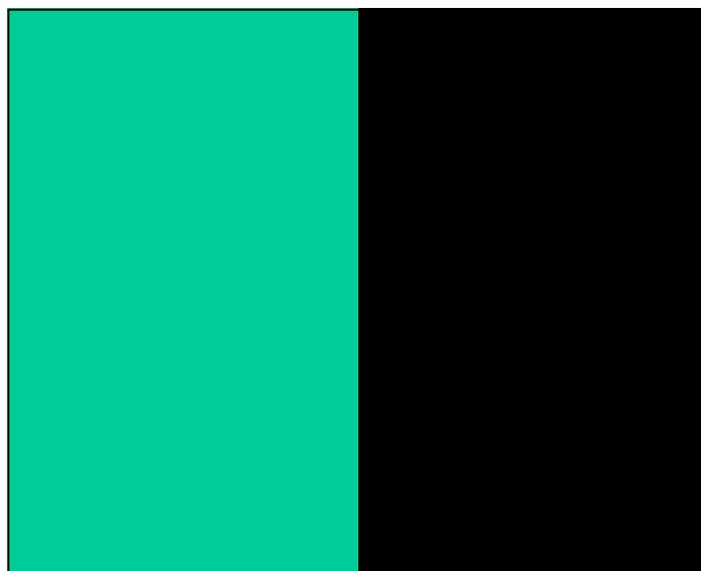
Мы хотим понять, какие спектры света вызывают одинаковые цветовые ощущения у людей

Эксперименты по сопоставлению цвета



# Эксперимент №1

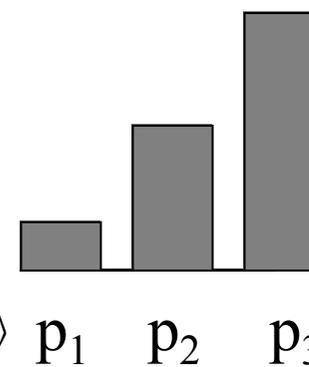
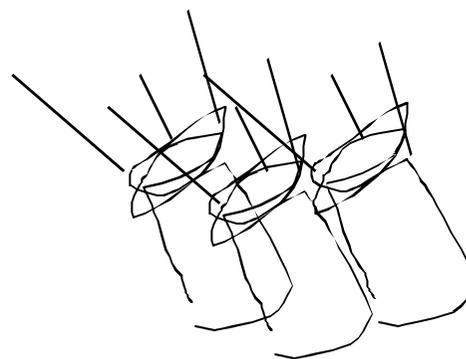
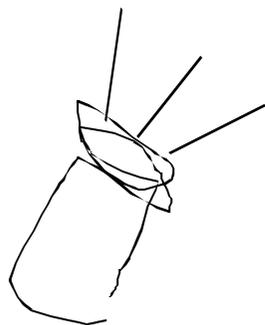
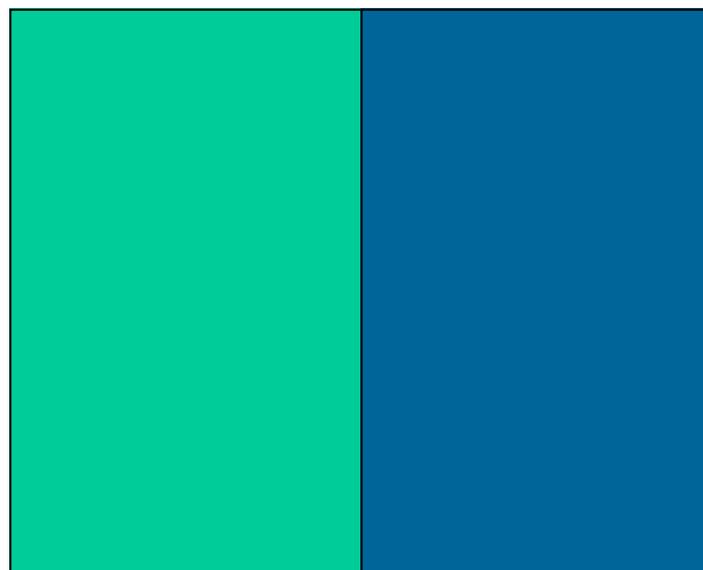
---



Source: W. Freeman

# Эксперимент №1

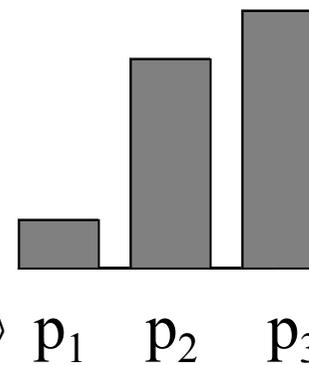
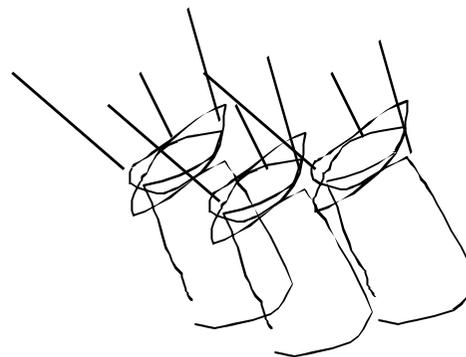
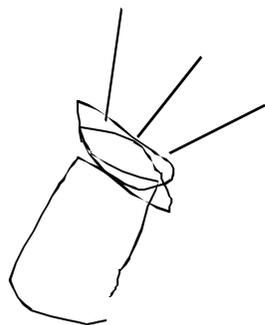
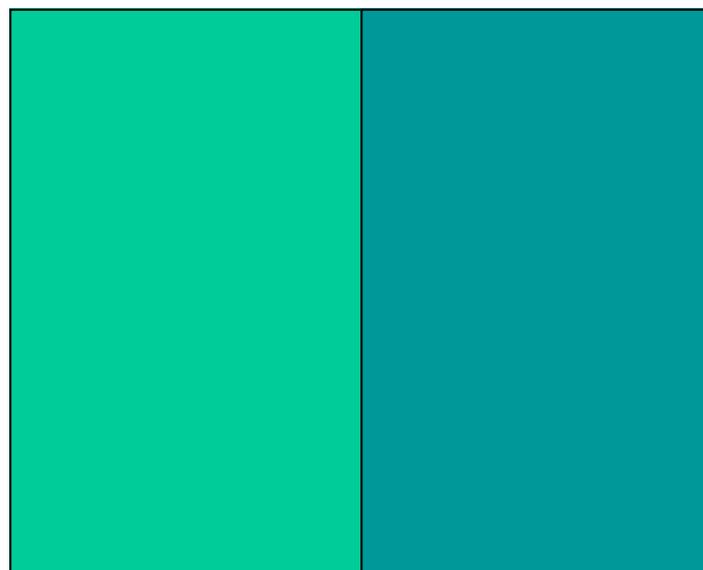
---



Source: W. Freeman

# Эксперимент №1

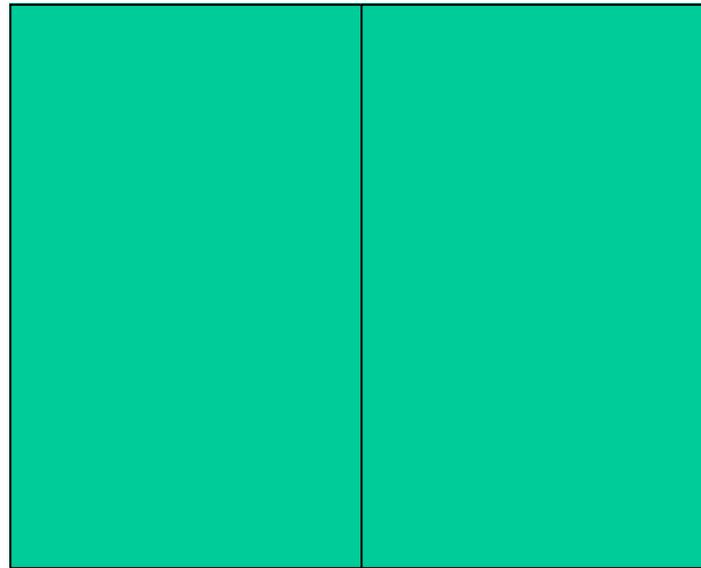
---



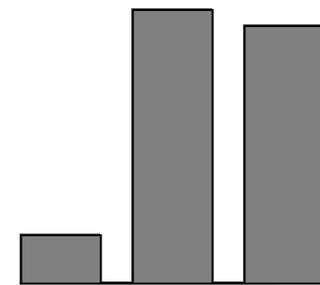
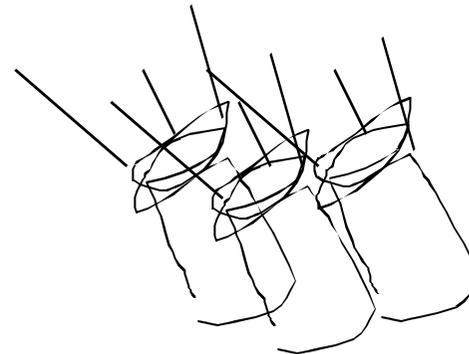
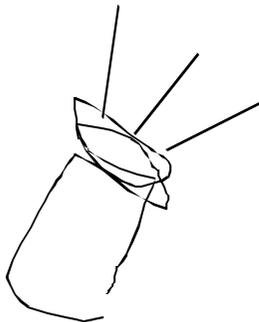
Source: W. Freeman

# Эксперимент №1

---



Основные цвета,  
необходимые для  
сопоставления

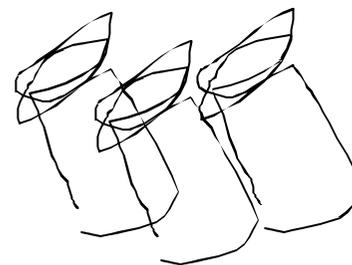
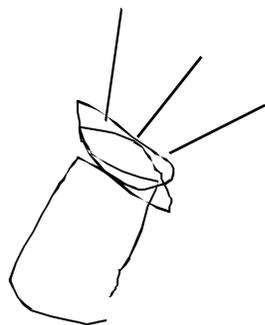


$p_1$   $p_2$   $p_3$

Source: W. Freeman

# Эксперимент №2

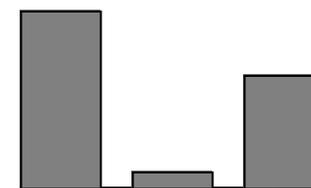
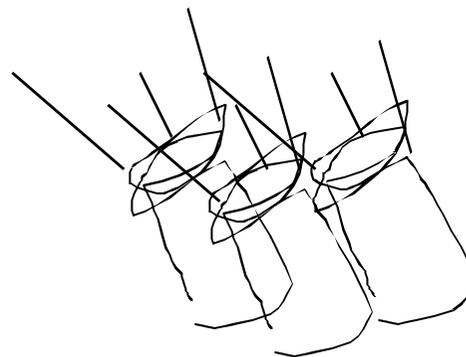
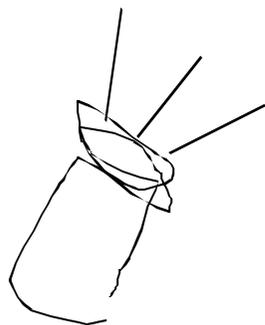
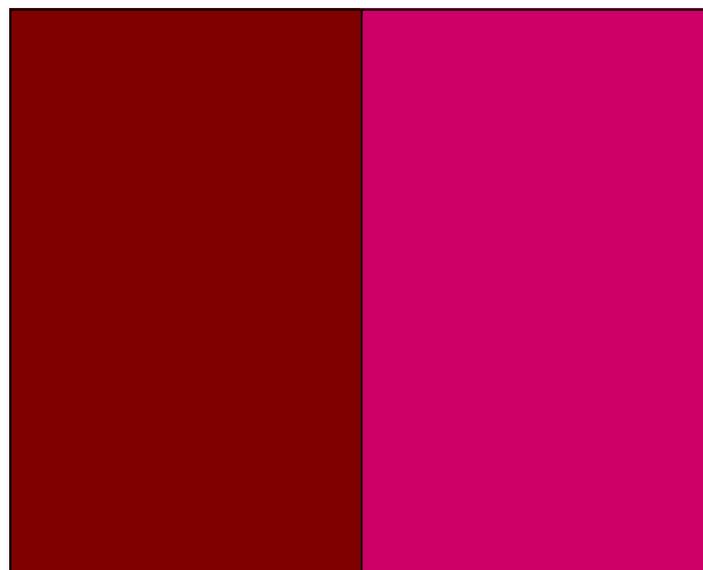
---



Source: W. Freeman

# Эксперимент №2

---

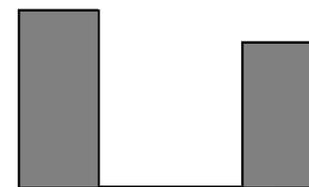
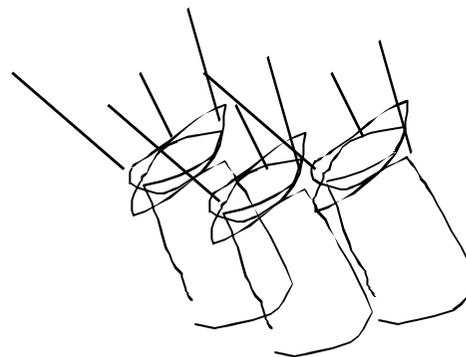
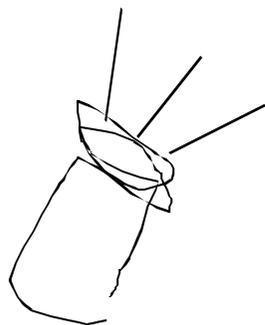
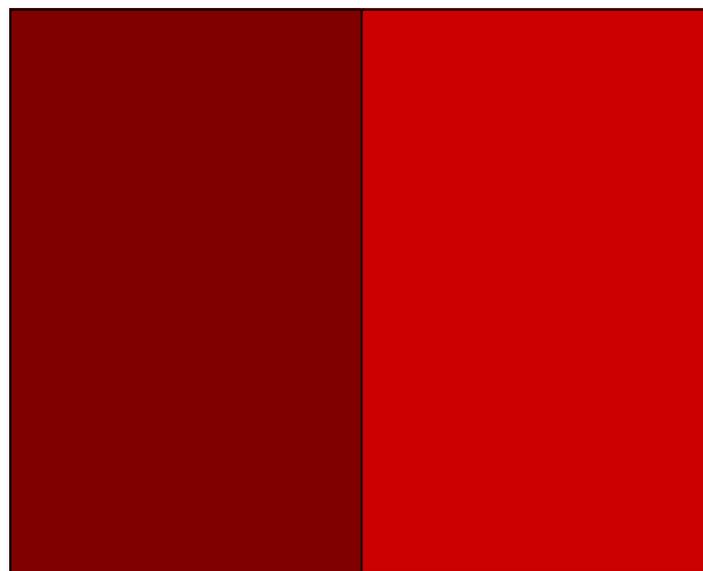


$p_1$   $p_2$   $p_3$

Source: W. Freeman

# Эксперимент №2

---

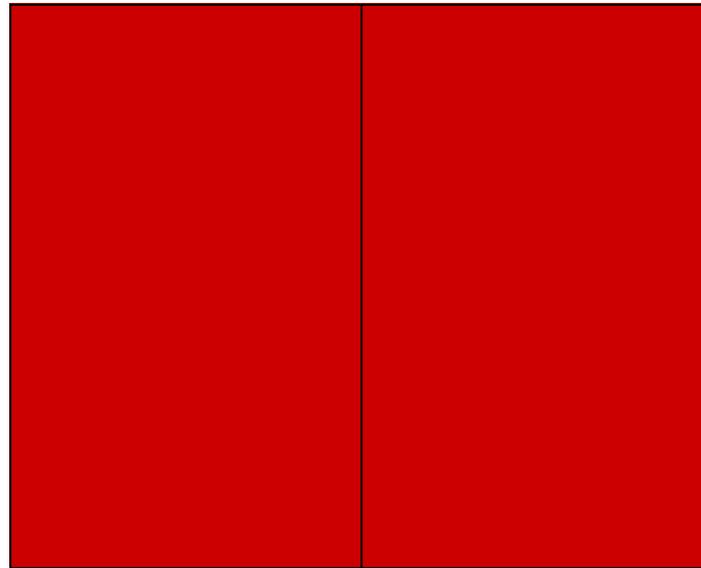


$p_1$   $p_2$   $p_3$

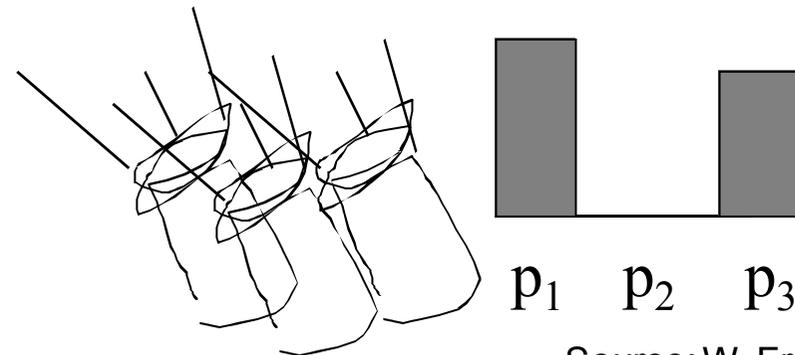
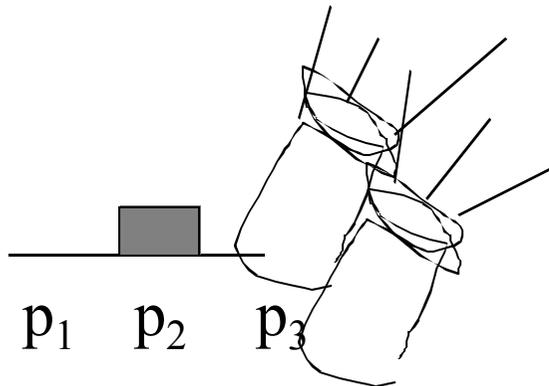
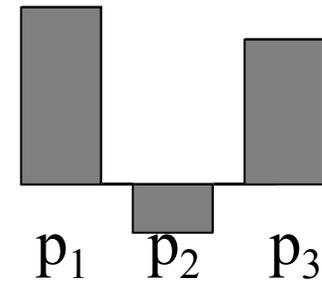
Source: W. Freeman

# Эксперимент №2

Мы называем  $m$  «отрицательным» весом основного цвета, если цвет нужно добавлять к сопоставляемому свету.



Веса основных цветов, необходимых для сопоставления:



Source: W. Freeman

# Трихроматическая теория

---

В экспериментах по сопоставлению цвета большинству людей достаточно 3х основных цветов, чтобы сопоставить любой цвет

- Основные цвета должны быть независимы

Для одного и того же спектра, и одних и тех же основных цветов, люди выбирают одинаковые веса

- Исключения: цветовая слепота

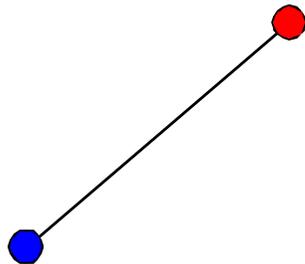
## Трихроматическая теория

- Трех чисел оказывается достаточно, чтобы описать цвет
- История восходит к 18<sup>у</sup> веку (Томас Юнг)

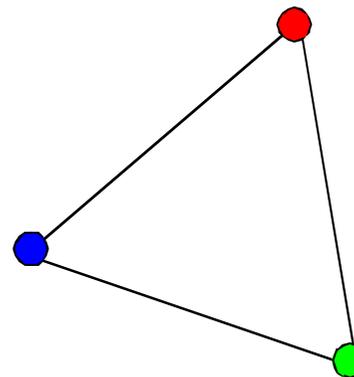
# Линейные цветовые пространства

---

- Определяются выбором 3х основных цветов
- «Координаты цвета» задаются весами основных цветов, необходимых для сопоставления
- Каждая координата кодируется 1-2 байтами
- *Функции сопоставления: веса, необходимые для сопоставления с когерентными источниками света*



Смешение двух основных цветов

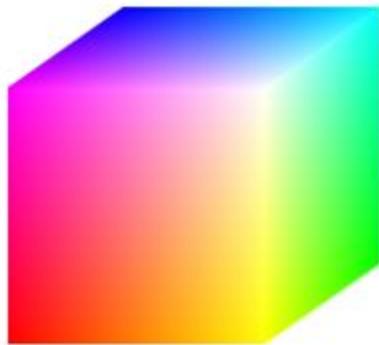


Смешение трех цветов

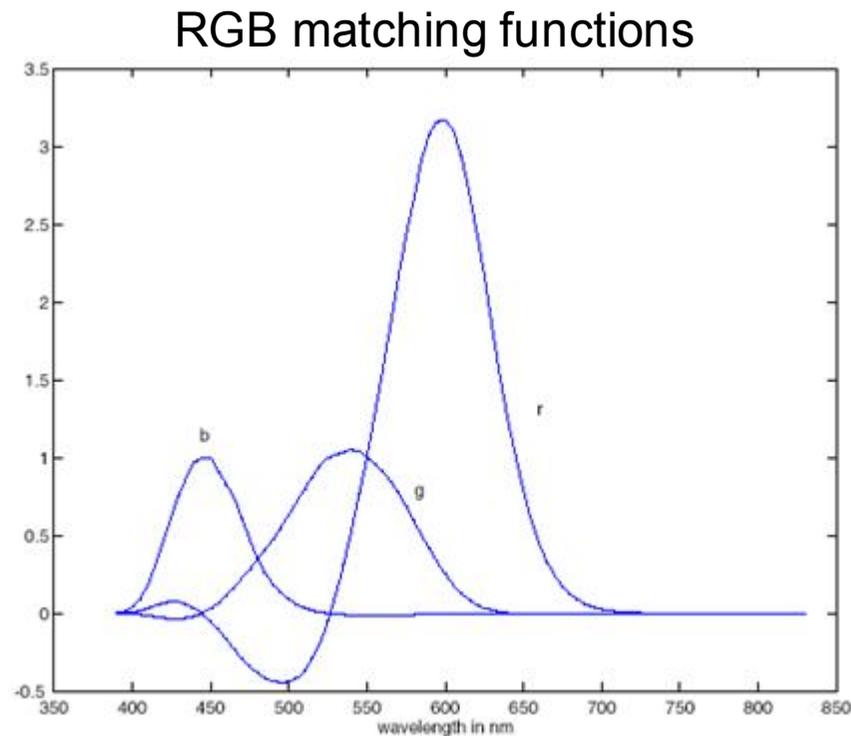
# Линейные цветные модели: RGB

---

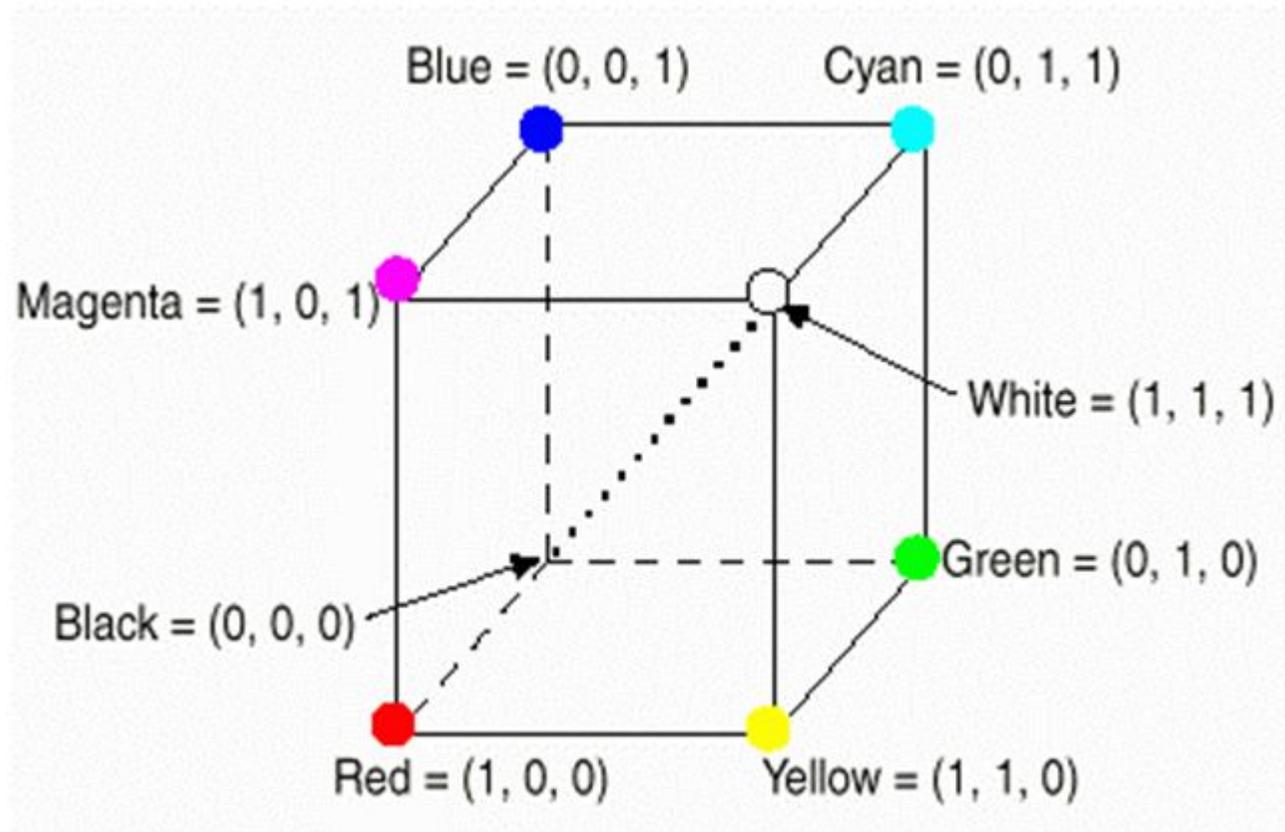
- Основные цвета – монохроматические (в мониторе им соответствует три вида фосфоров)
- *Вычитание* необходимо для соответствия некоторым длинам волны



  $p_1 = 645.2 \text{ nm}$   
  $p_2 = 525.3 \text{ nm}$   
  $p_3 = 444.4 \text{ nm}$



# Цветовой куб



- Аддитивная система – RGB
- Субтрактивная система - CMY

$$C = G + B = W - R$$

$$M = R + B = W - G$$

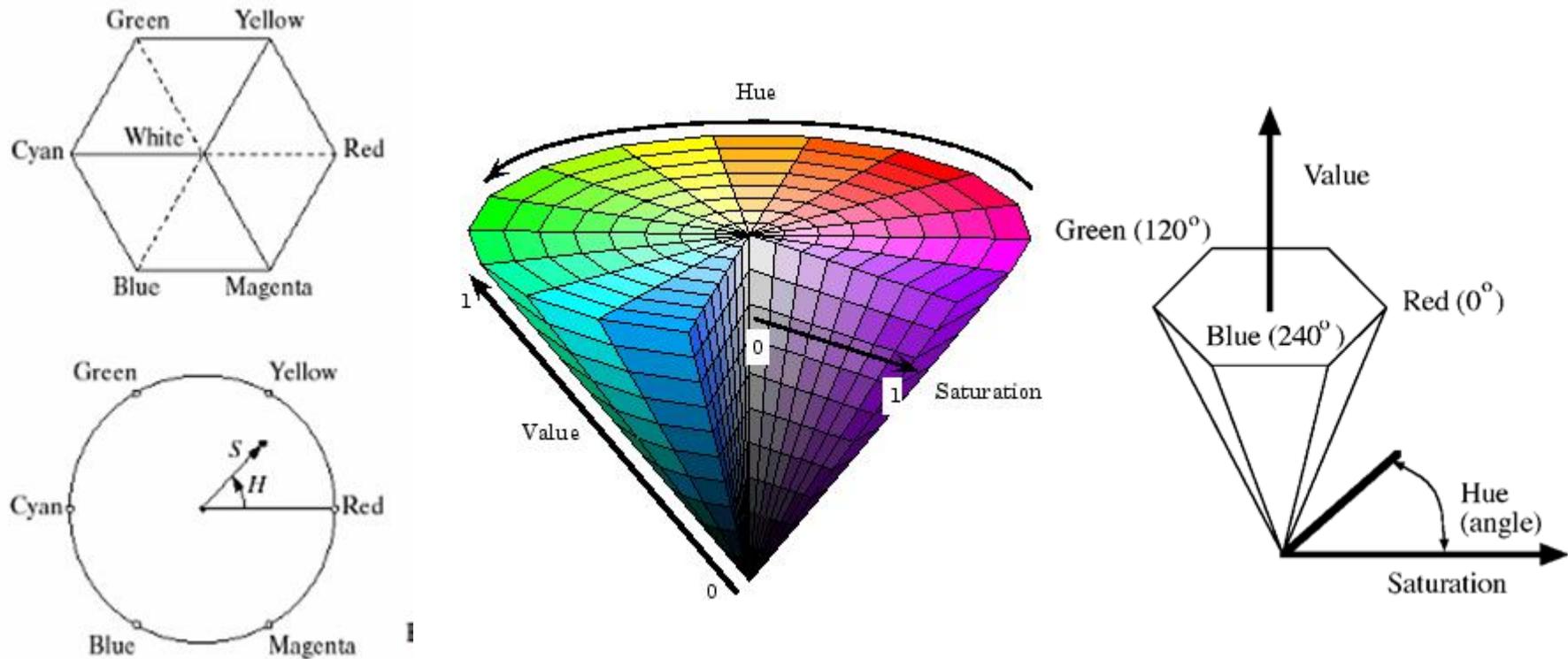
$$Y = R + G = W - B$$

# Примеры цветов

---

- Белый
  - RGB (1, 1, 1)
  - CMY (0, 0, 0)
  
- Черный
  - RGB (0, 0, 0)
  - CMY (1, 1, 1)
  
- Желтый
  - RGB (1, 1, 0)
  - CMY (0, 0, 1)

# Нелинейные цветовые модели: HSV



Координаты выбраны с учетом человеческого восприятия:  
Hue (Тон), Saturation(Насыщенность), Value (Intensity) (Интенсивность)

# Перевод из RGB в HSV

---

## Conversion of RGB encoding to HSI encoding.

R,G,B : input values of RGB all in range [0,1] or [0,255];

I : output value of intensity in same range as input;

S : output value of saturation in range [0,1];

H : output value of hue in range  $[0, 2\pi)$ , -1 if S is 0;

R,G,B,H,S,I are all floating point numbers;

```
procedure RGB_to_HSI( in R,G,B; out H,S,I)
{
  I := max ( R, G, B );
  min := min ( R, G, B );
  if (I ≥ 0.0) then S := (I - min )/I else S := 0.0;
  if (S ≤ 0.0) then { H := -1.0; return; }
  “compute the hue based on the relative sizes of the RGB components”
  diff := I - min;
  “is the point within +/- 60 degrees of the red axis?”
  if (r = I) then H := ( $\pi/3$ )*(g - b)/diff;
  “is the point within +/- 60 degrees of the green axis?”
  else if (g = I) then H := ( $2 * \pi/3$ ) +  $\pi/3 * (b - r)/diff$ ;
  “is the point within +/- 60 degrees of the blue axis?”
  else if (b = I) then H := ( $4 * \pi/3$ ) +  $\pi/3 * (r - g)/diff$ ;
  if (H ≤ 0.0) H := H +  $2\pi$ ;
}
```

**Algorithm 15:** Conversion of RGB to HSI.

# Модель YIQ

---

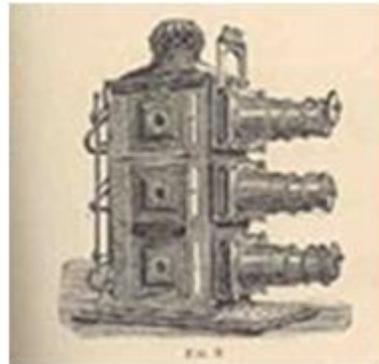
- $Y = .299R + .587G + .114B$
- $I = .596R - .275G - .321B$
- $Q = .212R - .528G + .311B$
- $R = 1.000 Y + 0.956 I + 0.621 Q$
- $G = 1.000 Y - 0.272 I - 0.647 Q$
- $B = 1.000 Y - 1.106 I + 1.703 Q$
- Цветовая модель YIQ используется в коммерческом цветном телевидении США
- Модель YIQ совместима с черно-белым телевидением
- Модель YIQ используется в стандарте JPEG
- $I = R - C$ ;  $Q = M - G$

# Первые цветные фотографии

---

Сергей Прокудин-Горский (1863-1944)

Фотографии Российской империи(1909-1916)



Lantern projector

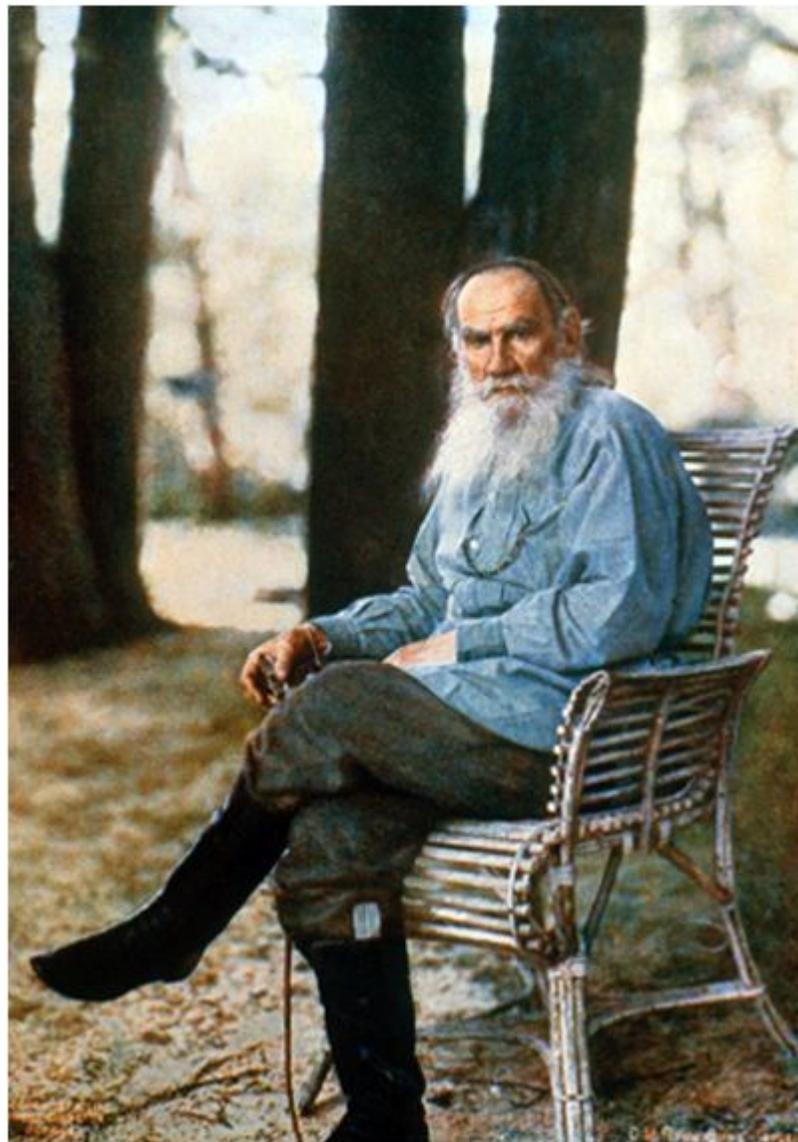


[http://en.wikipedia.org/wiki/Sergei\\_Mikhailovich\\_Prokudin-Gorskii](http://en.wikipedia.org/wiki/Sergei_Mikhailovich_Prokudin-Gorskii)

<http://www.loc.gov/exhibits/empire/>

# Лев Толстой

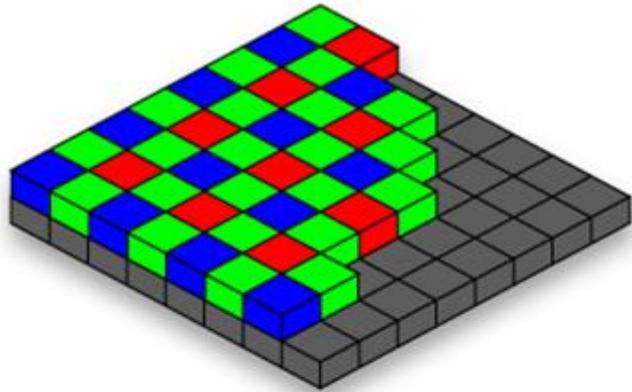
---



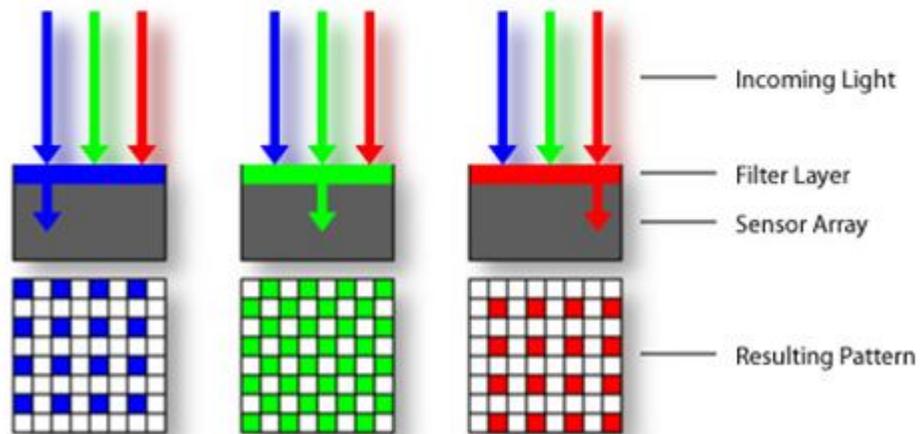
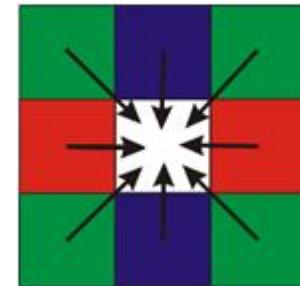
# Цветное цифровое изображение

---

## Байеровский шаблон



Демозаикинг (оценка пропущенных значений цвета)



# Устранение мозаичности и ошибки

---



Original image



Bilinear interpolation



Proposed method

Тонкие черные и белые детали  
интерпретируются как изменения цвета

# Резюме

---

- Устройство глаза и фотокамеры
- Трихроматическая теория
- Цветовые модели RGB, CMY, HSV, YIQ