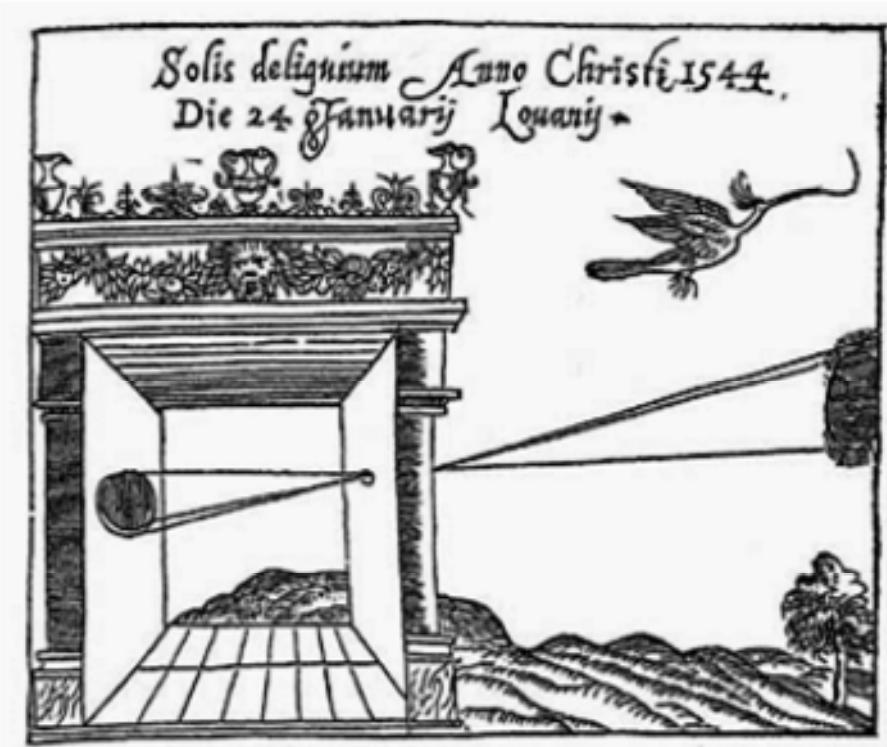




# Камера-обскура

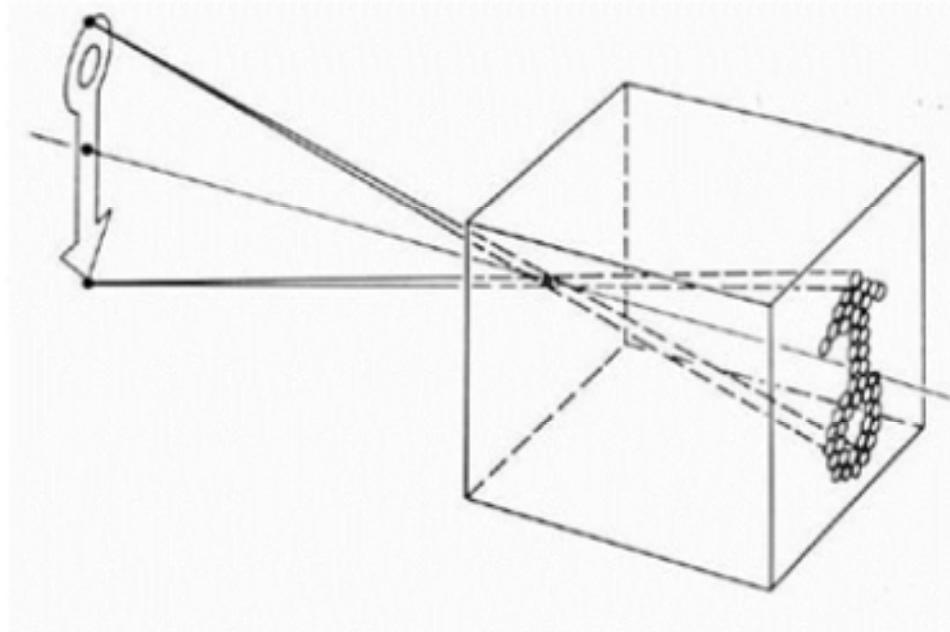


Gemma Frisius, 1558

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



# Модель камеры-обскуры



## Камера-обскура:

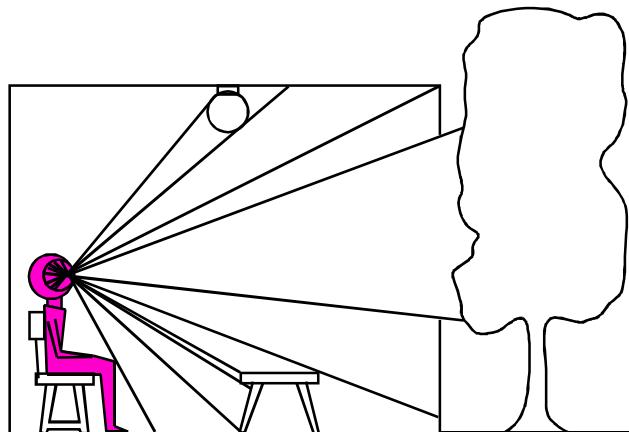
- Захватывает пучок лучей, проходящих через одну точку
- Точечное отверстие называется «Центр проекции»  
(фокальная точка / **focal point**)
- Изображение формируется на картинной плоскости (**Image plane**)



# Машина Понижения Размерности (3D в 2D)

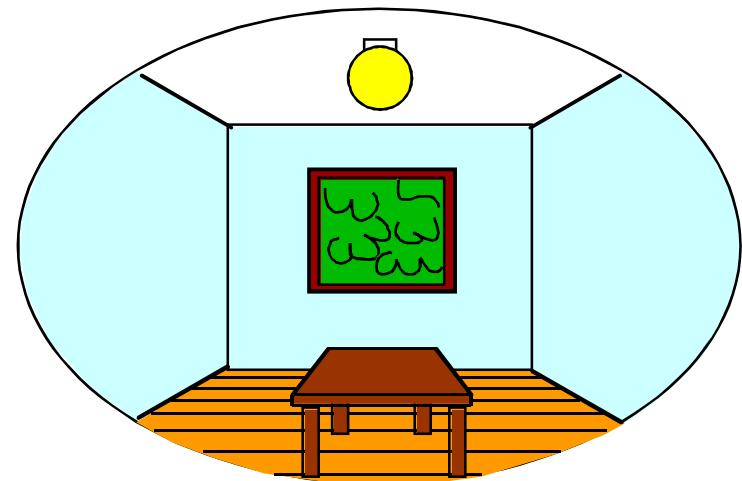
Яндекс

*3D мир*



Point of observation

*2D картина*



## Что мы теряем?

- Углы
- Расстояния и длины

Подробнее геометрическая модель рассматривается позже

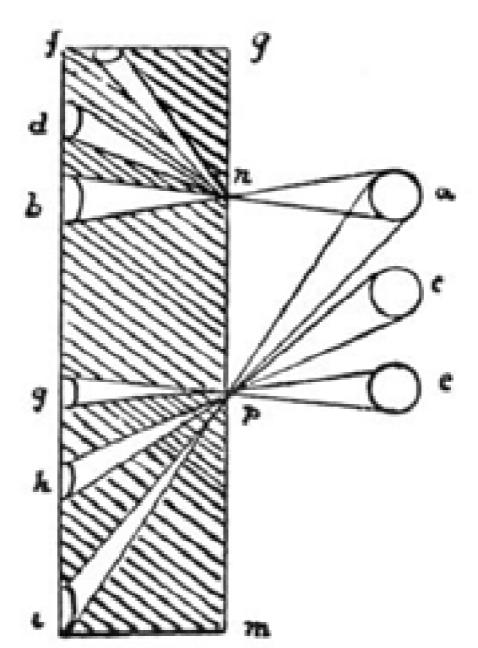
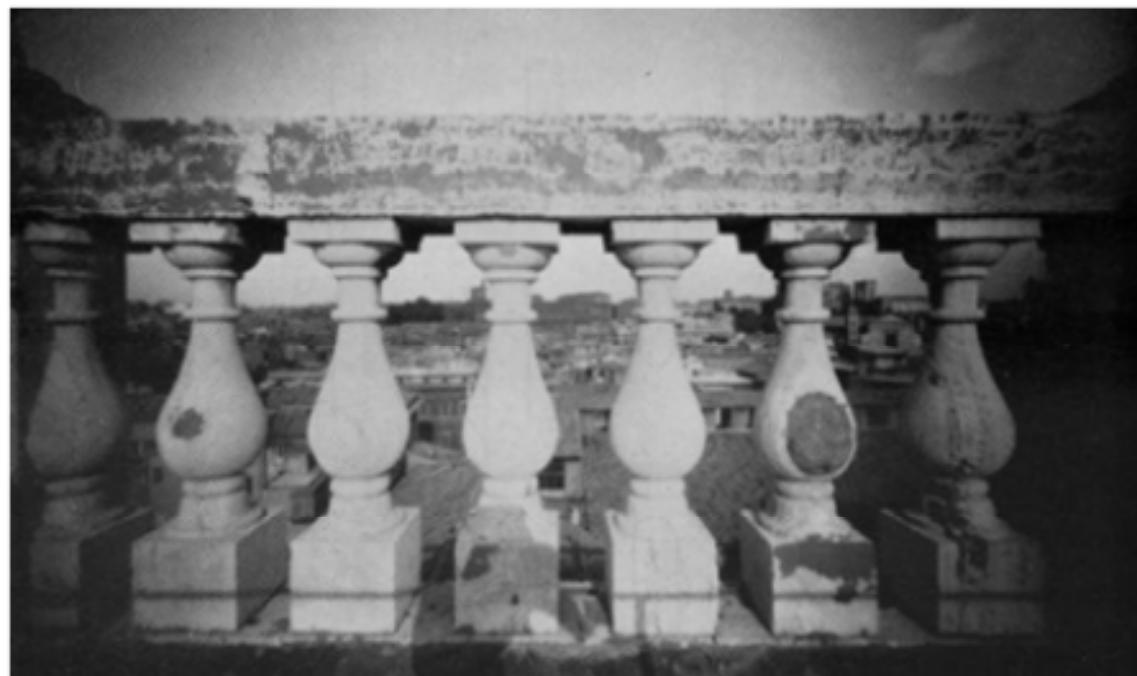
Slide by A. Efros

Figures © Stephen E. Palmer, 2002



# Перспективные искажения

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





# Перспективные искажения: Люди

Яндекс





# Современная камера

Яндекс

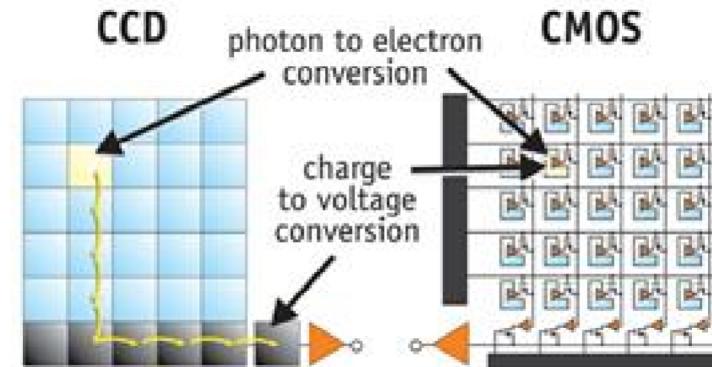


Тот же самый принцип, но с пленкой,  
объективом и т.д.

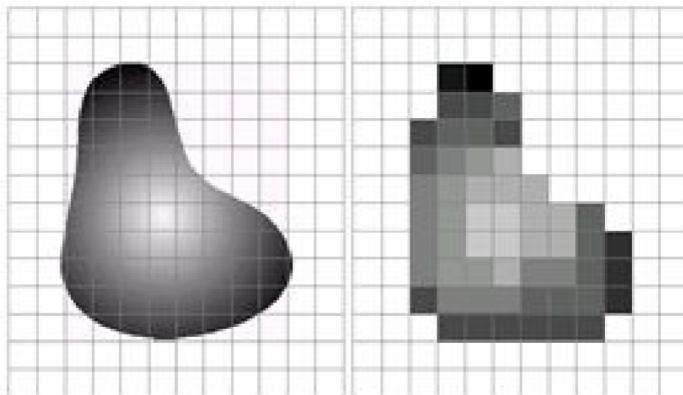


# Цифровая камера - дискретизация

Яндекс

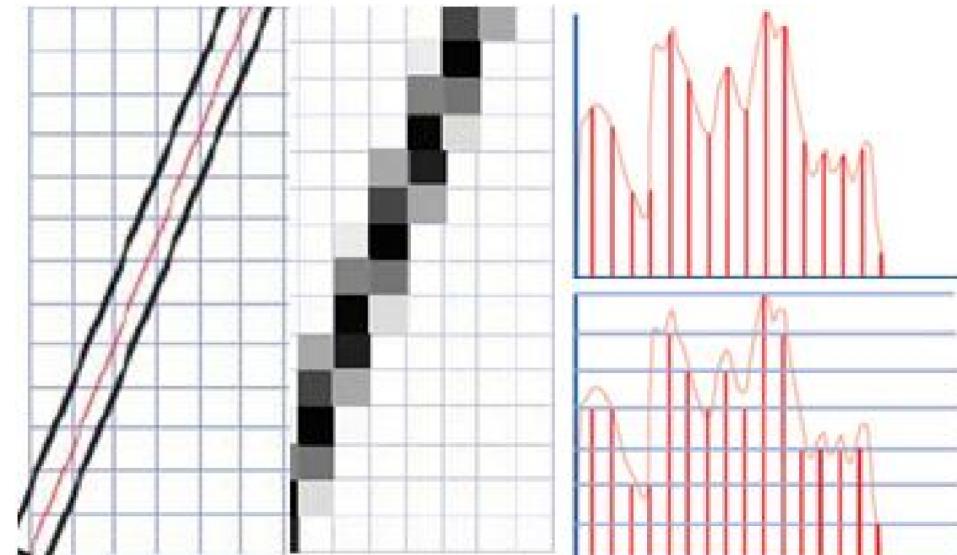


CCDs move photogenerated charge from pixel to pixel and convert it to voltage at an output node. CMOS imagers convert charge to voltage inside each pixel.



a

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



По яркости

По пространству



# 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 2x 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

Яндекс

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



Первое цифровое  
фото (1957 год),  
разрешение  
 $176 \times 176$  пикселов



# Цветные фотографии??

Яндекс





# 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



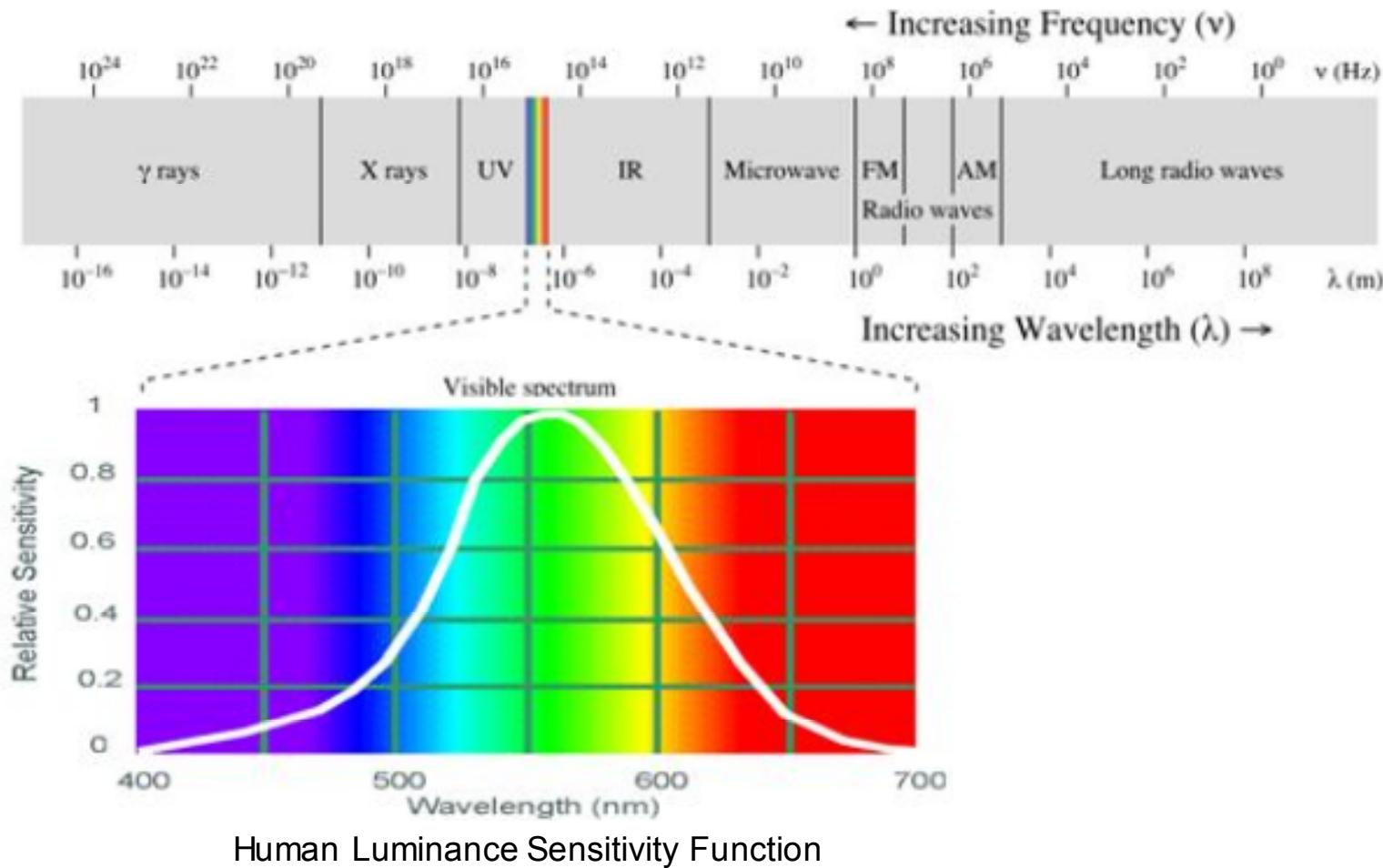
Wassily Kandinsky (1866-1944), Murnau Street with Women, 1908

Slide by S. Lazebnik



# Электромагнитный спектр

Яндекс



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 нм.



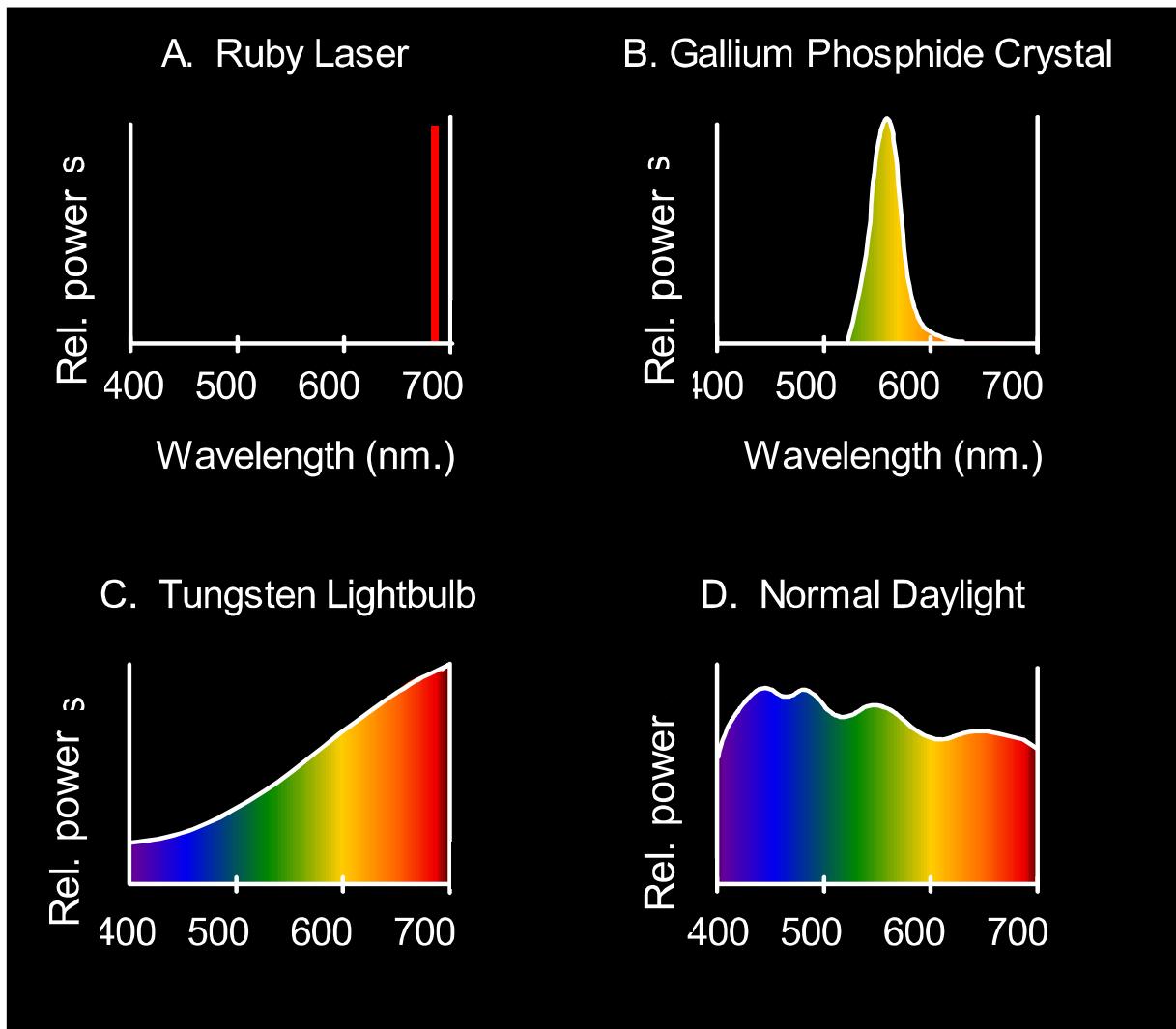
© Stephen E. Palmer, 2002



# Физика света



## Примеры спектров разных источников света



© Stephen E. Palmer, 2002

Slide by S. Lazebnik



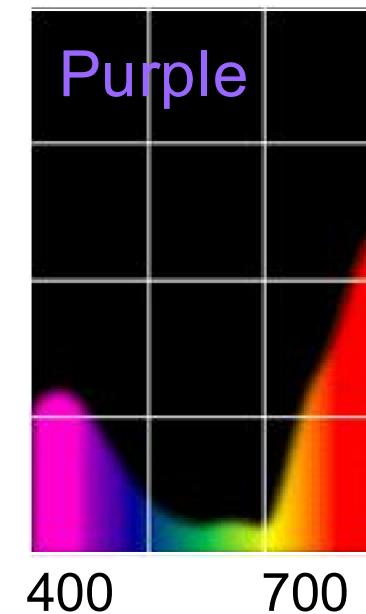
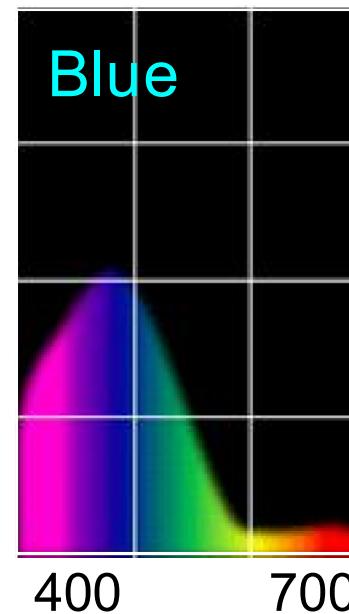
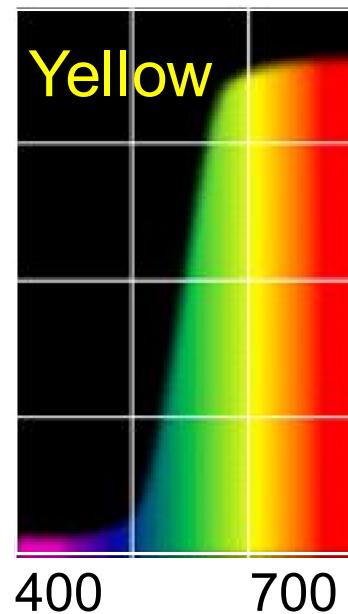
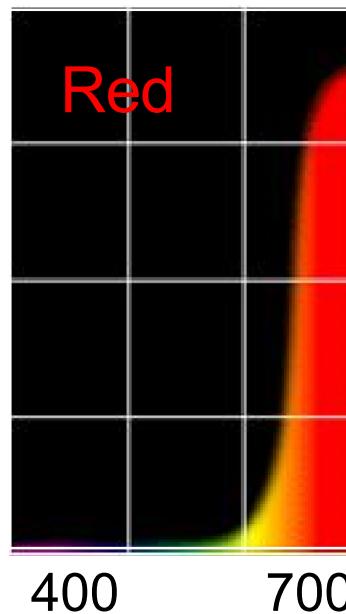
# Физика света

Яндекс

Примеры спектров отраженного света от предметов



% Отраженного света

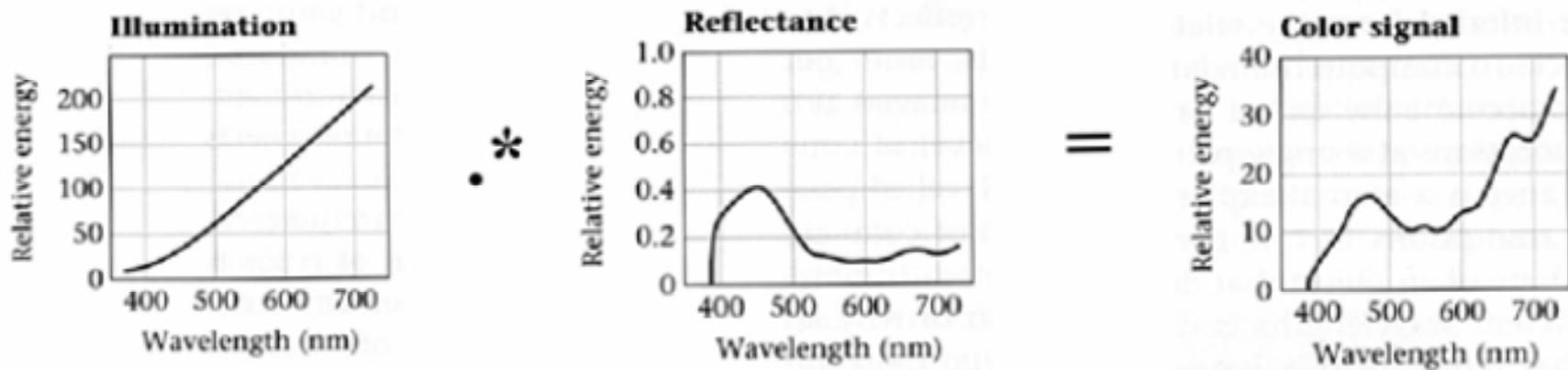




# Взаимодействие света и объектов



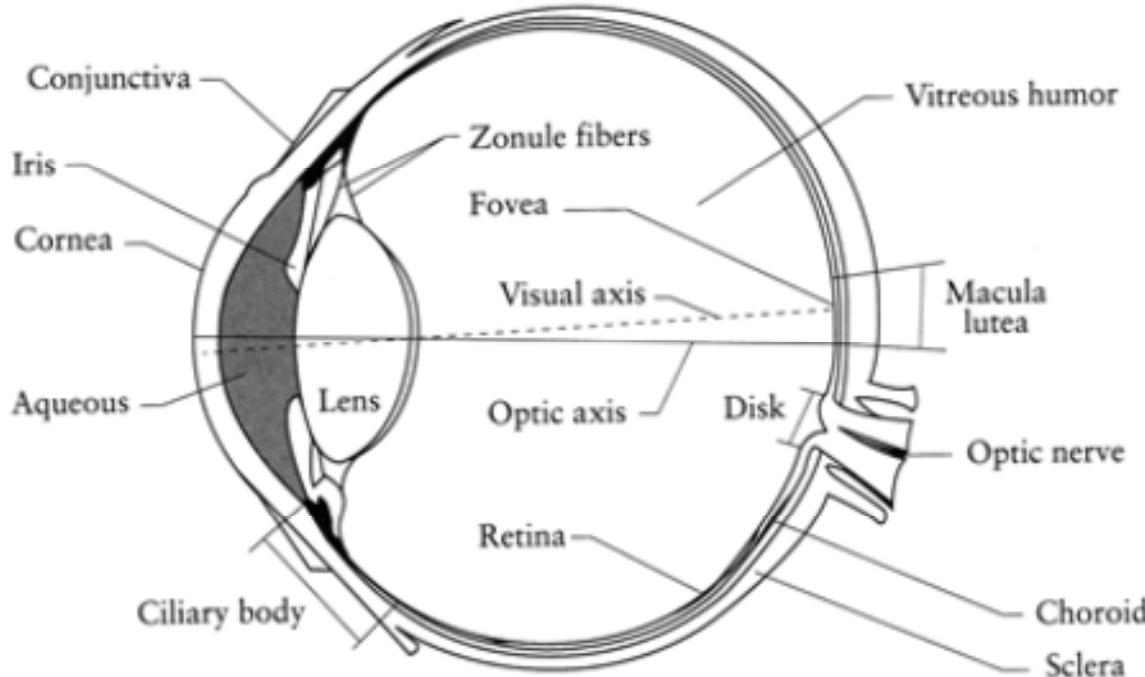
Видимый цвет это  
результат взаимодействия  
спектра излучаемого света  
и поверхности





# Человеческий глаз

Яндекс



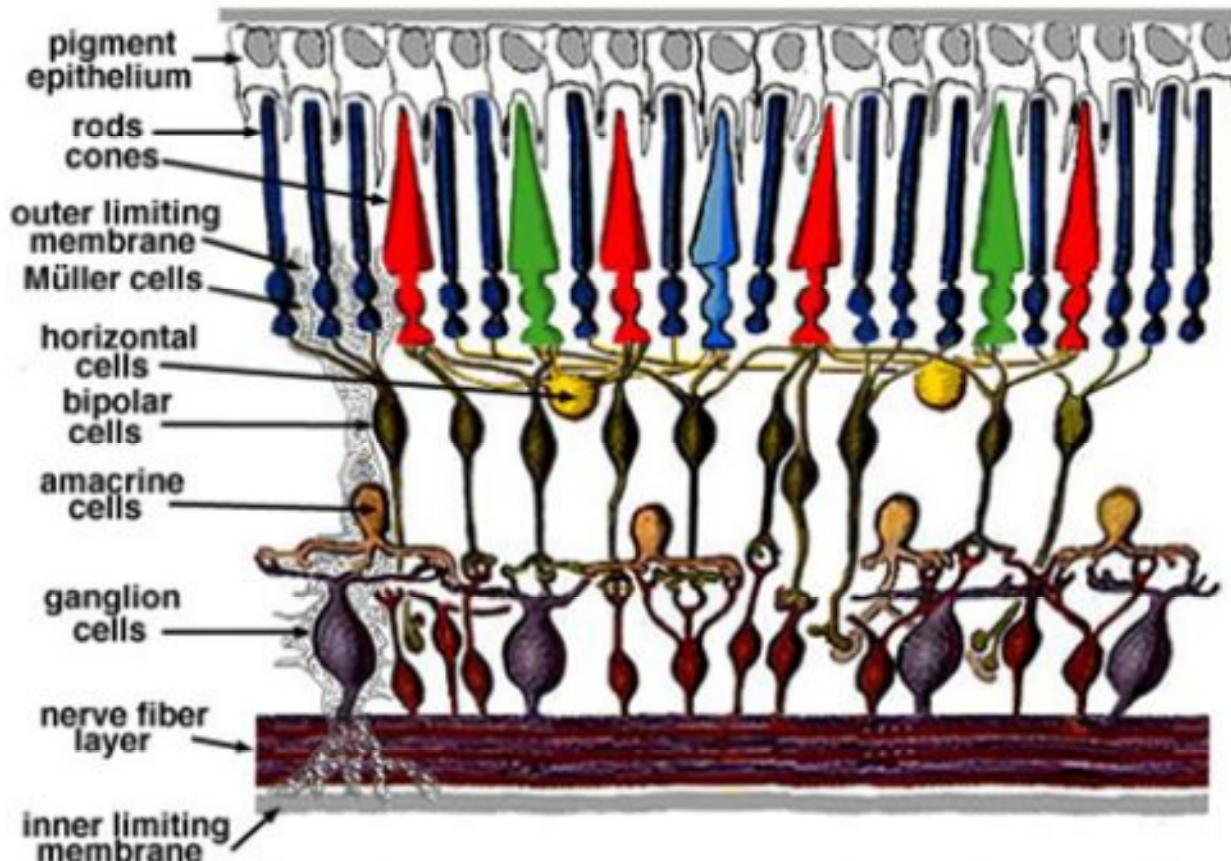
## Глаз как камера!

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



# Сетчатка глаза

Яндекс

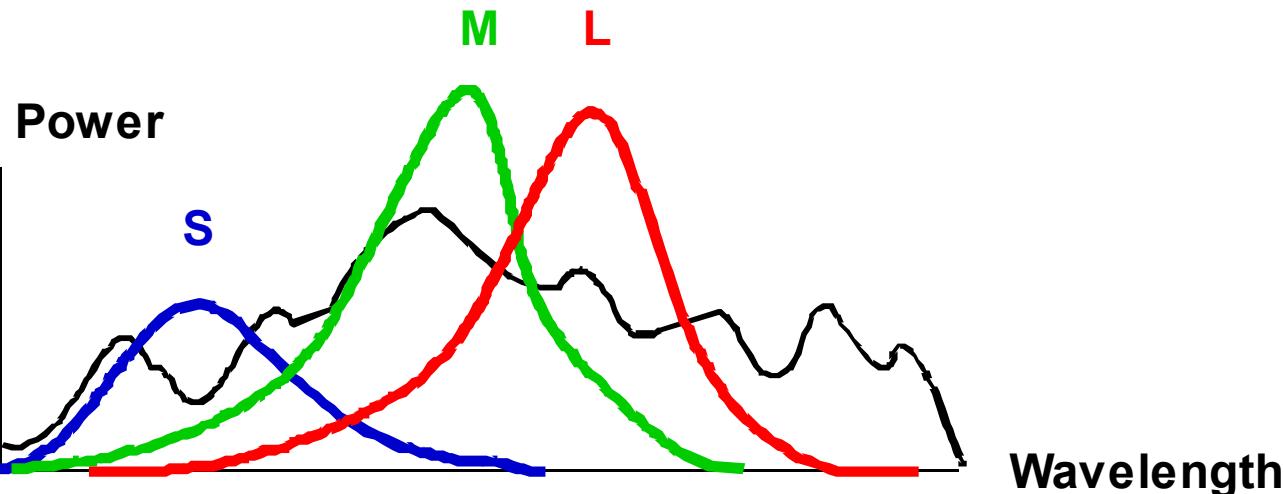


- Палочки (Rods) измеряют яркость
- Колбочки (Cones) измеряют цвет

Свет



# Восприятие цвета



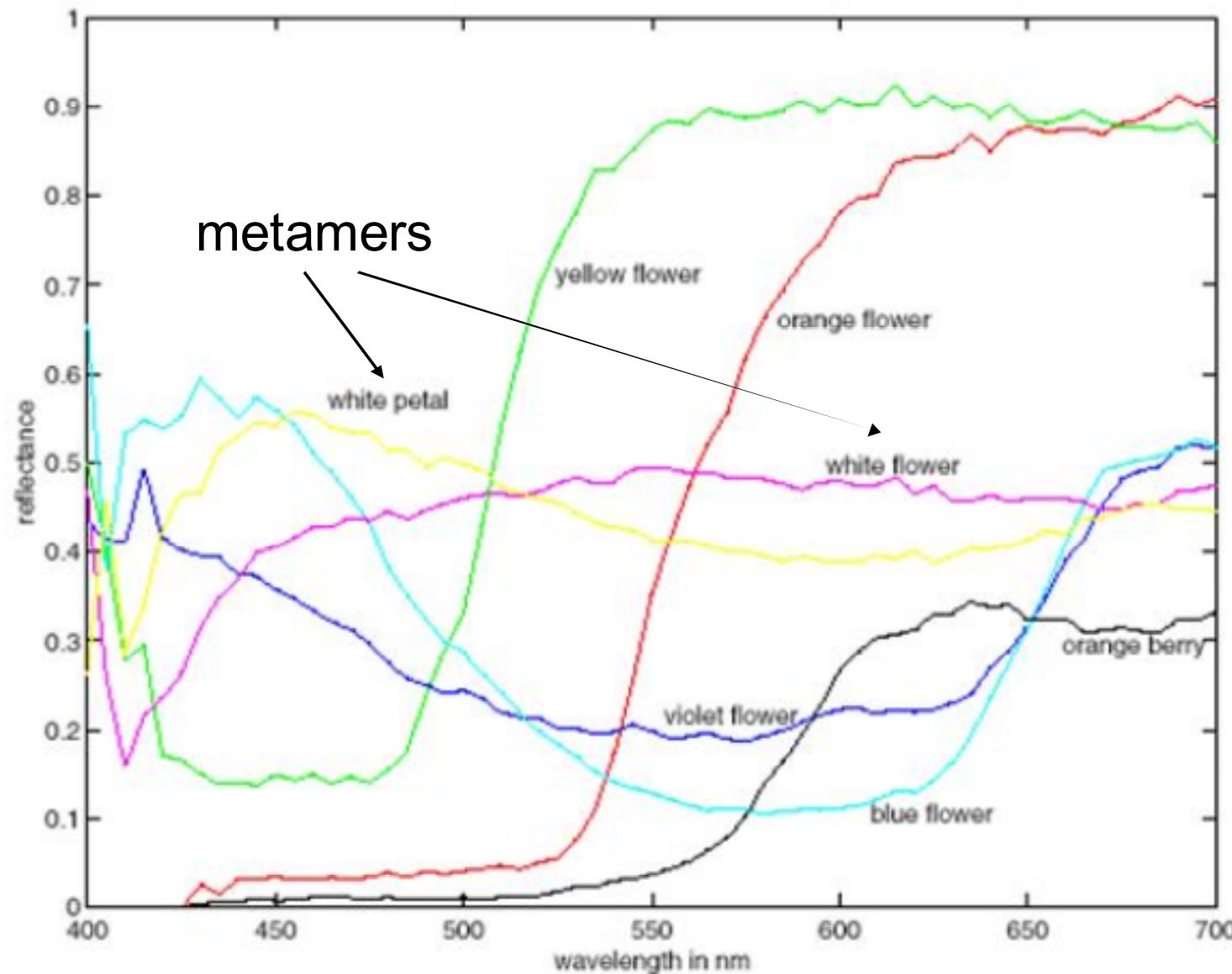
## Палочки и колбочки – фильтры спектра

- 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 Змя числами?
- О: Мы и не можем! Большая часть информации теряется.
  - Два разных спектра могут быть неотличимы
    - » Такие спектры называются **метамеры**



# Спектры некоторых объектов

Яндекс



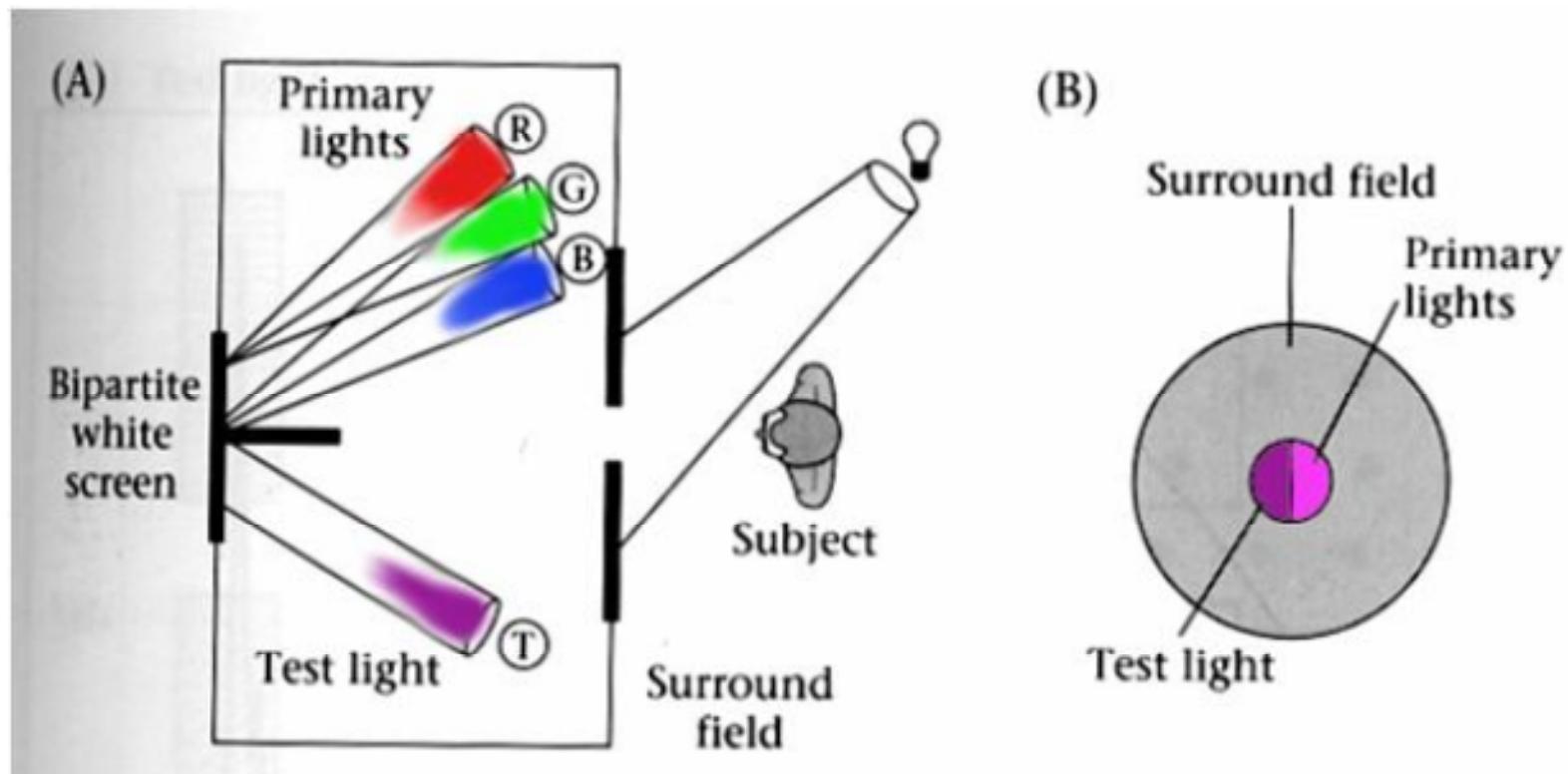


# Стандартизация восприятия цвета

Яндекс

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

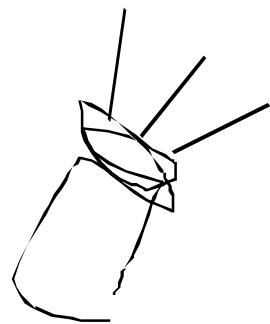
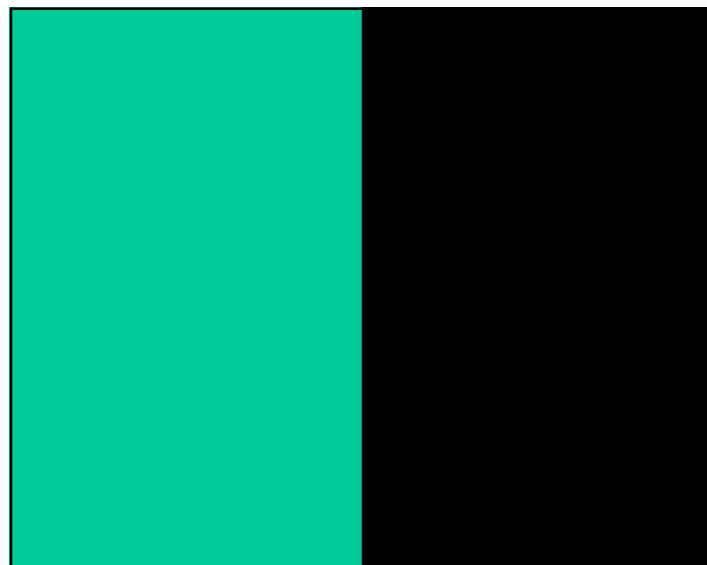
Эксперименты по сопоставлению цвета





# Эксперимент №1

Яндекс

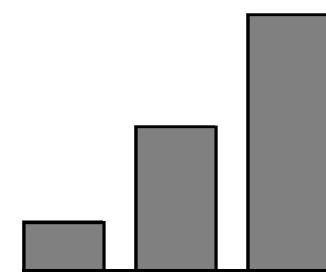
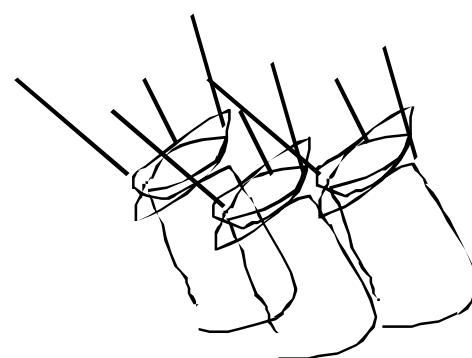
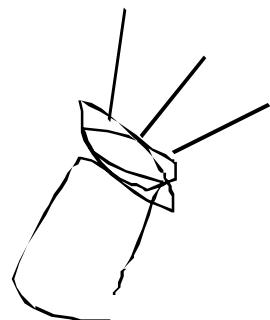
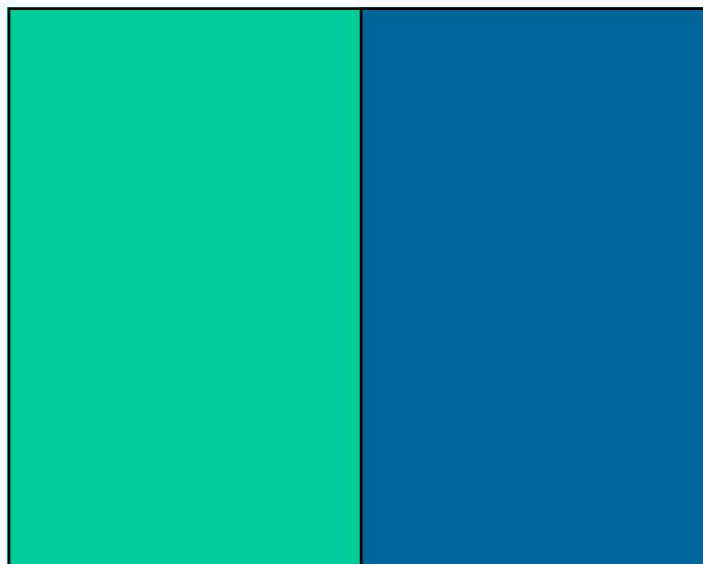


Source: W. Freeman



# Эксперимент №1

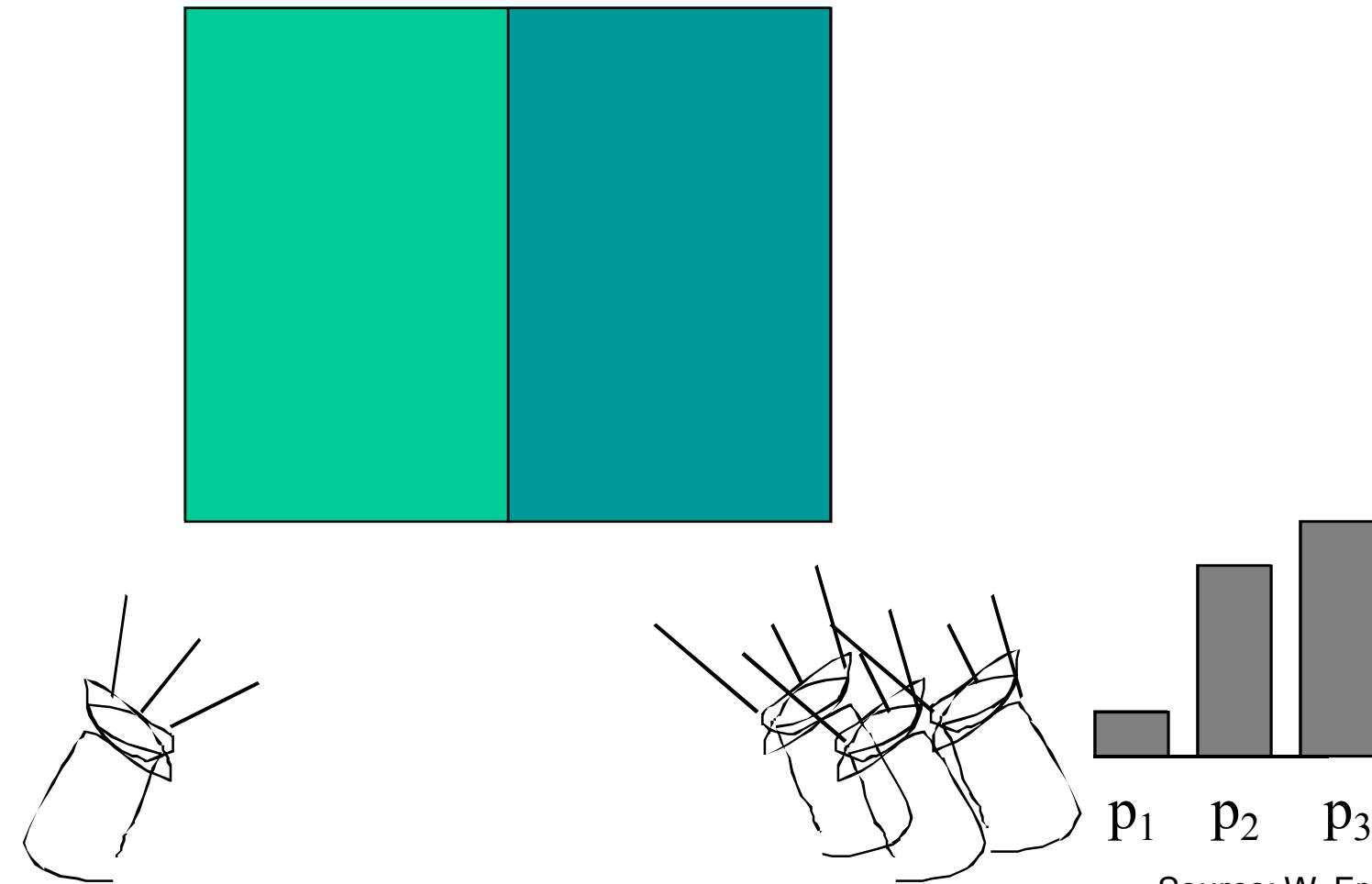
Яндекс



Source: W. Freeman



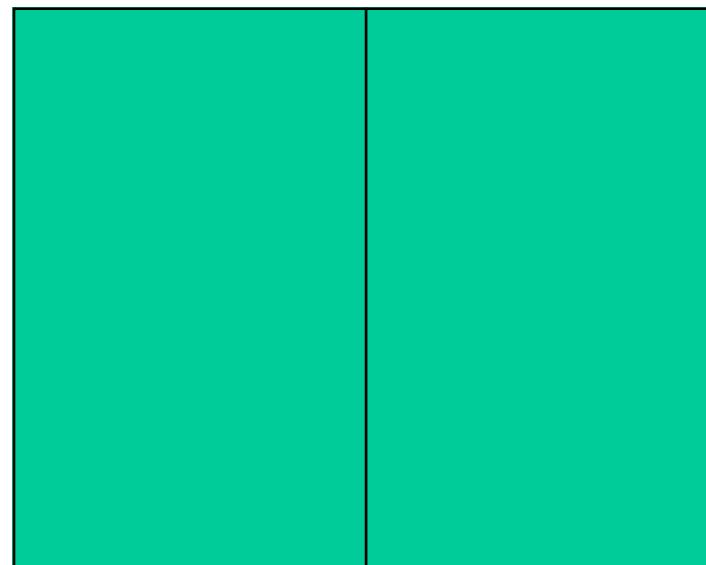
# Эксперимент №1



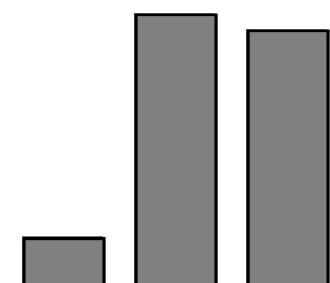
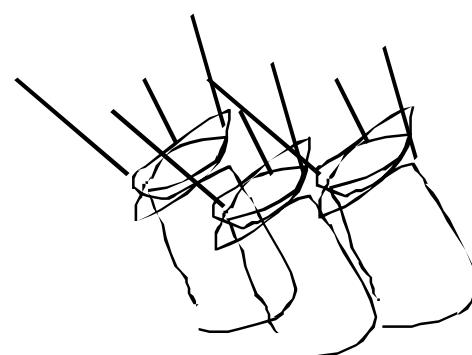
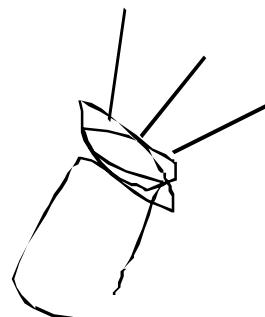
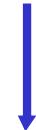
Source: W. Freeman



# Эксперимент №1



Основные цвета,  
необходимые для  
сопоставления

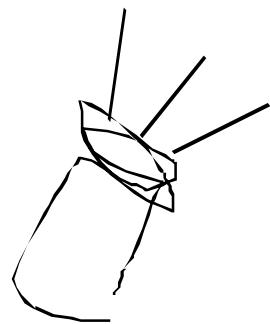


Source: W. Freeman



## Эксперимент №2

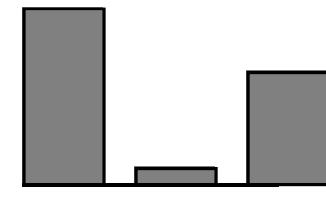
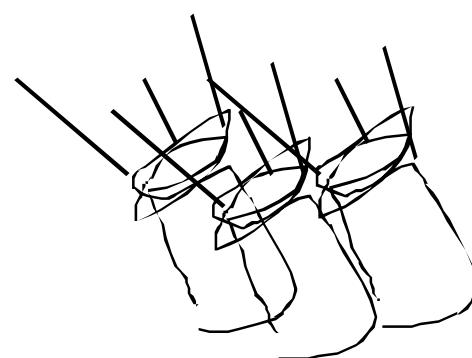
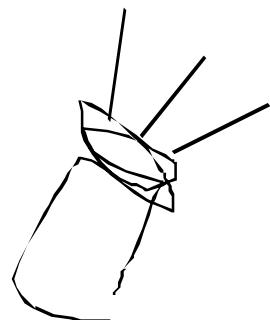
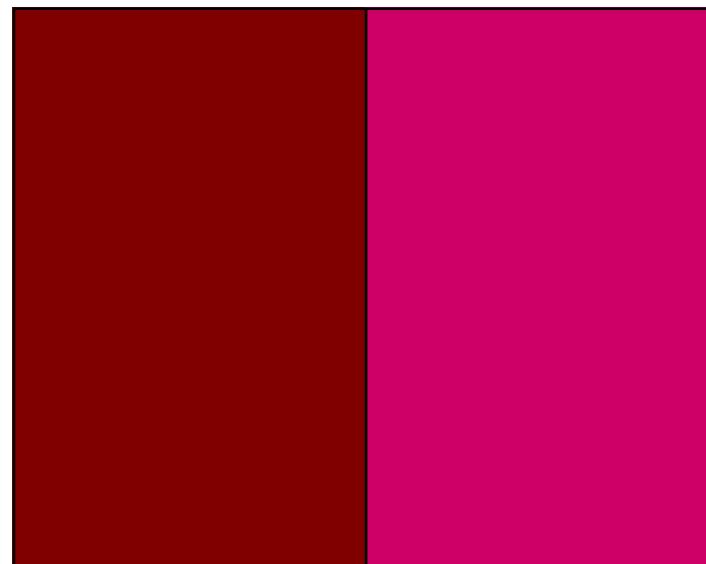
Яндекс



Source: W. Freeman



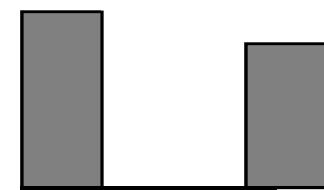
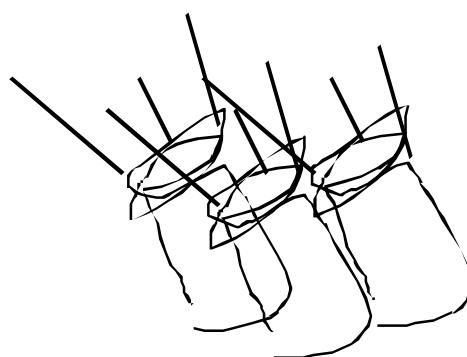
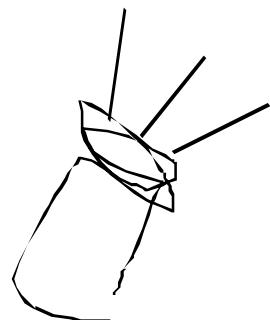
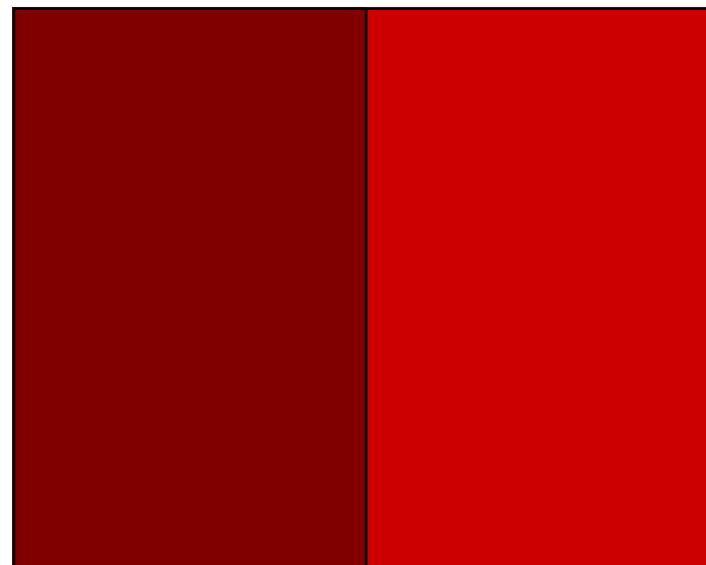
## Эксперимент №2



Source: W. Freeman



## Эксперимент №2



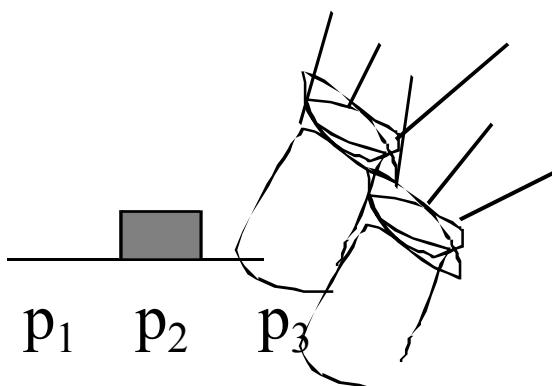
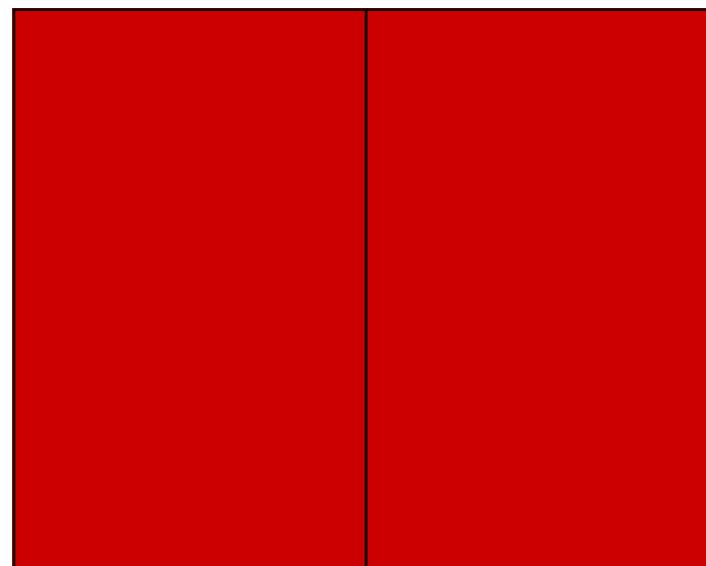
Source: W. Freeman



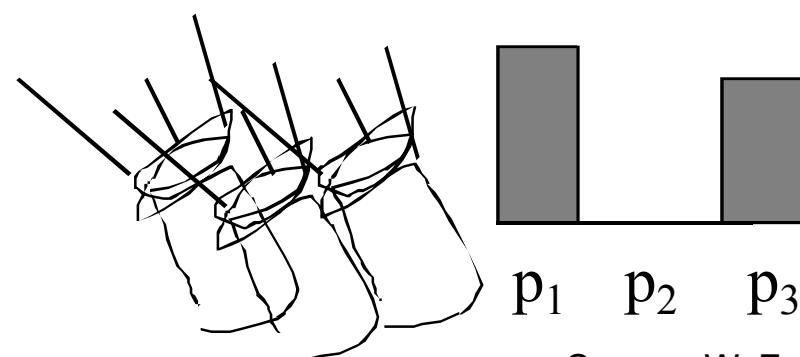
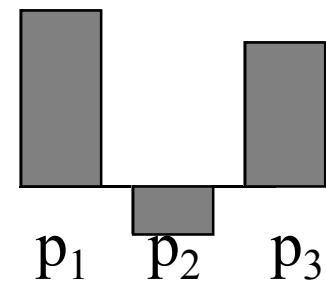
## Эксперимент №2



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

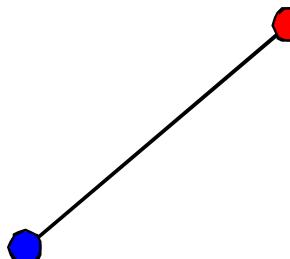
- Трех чисел оказывается достаточно, чтобы описать цвет
- История восходит к 18<sup>у</sup> веку (Томас Юнг)



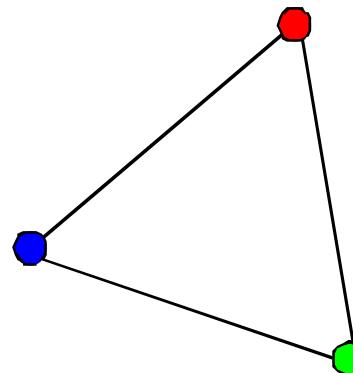
# Линейные цветовые пространства



- 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



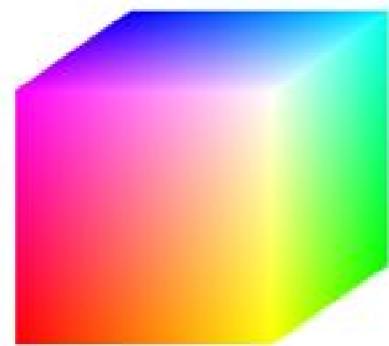
Смешение трех цветов



# Линейные цветовые модели: RGB

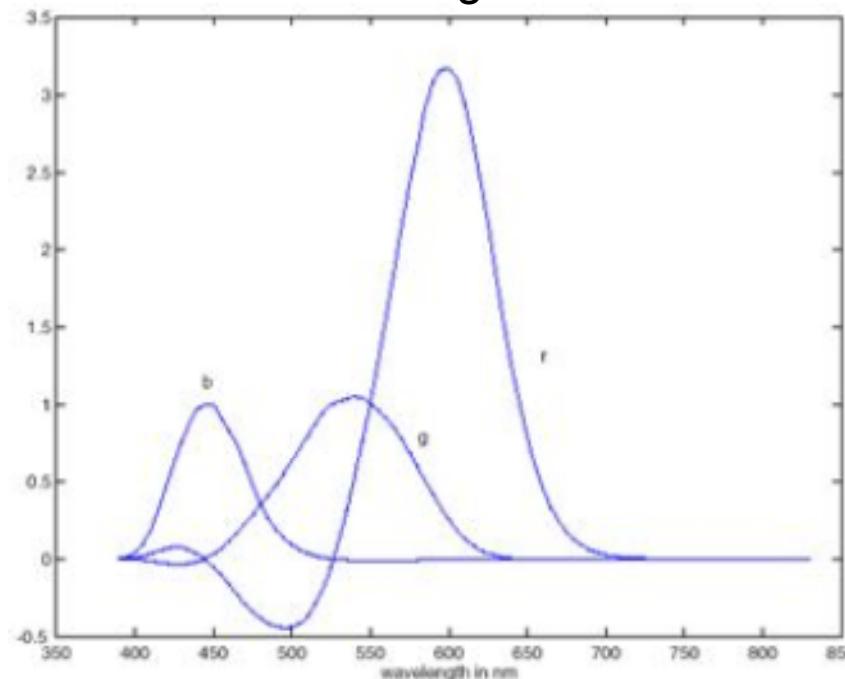


- Основные цвета – монохроматические (в мониторе им соответствует три вида фосфоров)
- Вычитание необходимо для соответствия некоторым длинам волн*



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

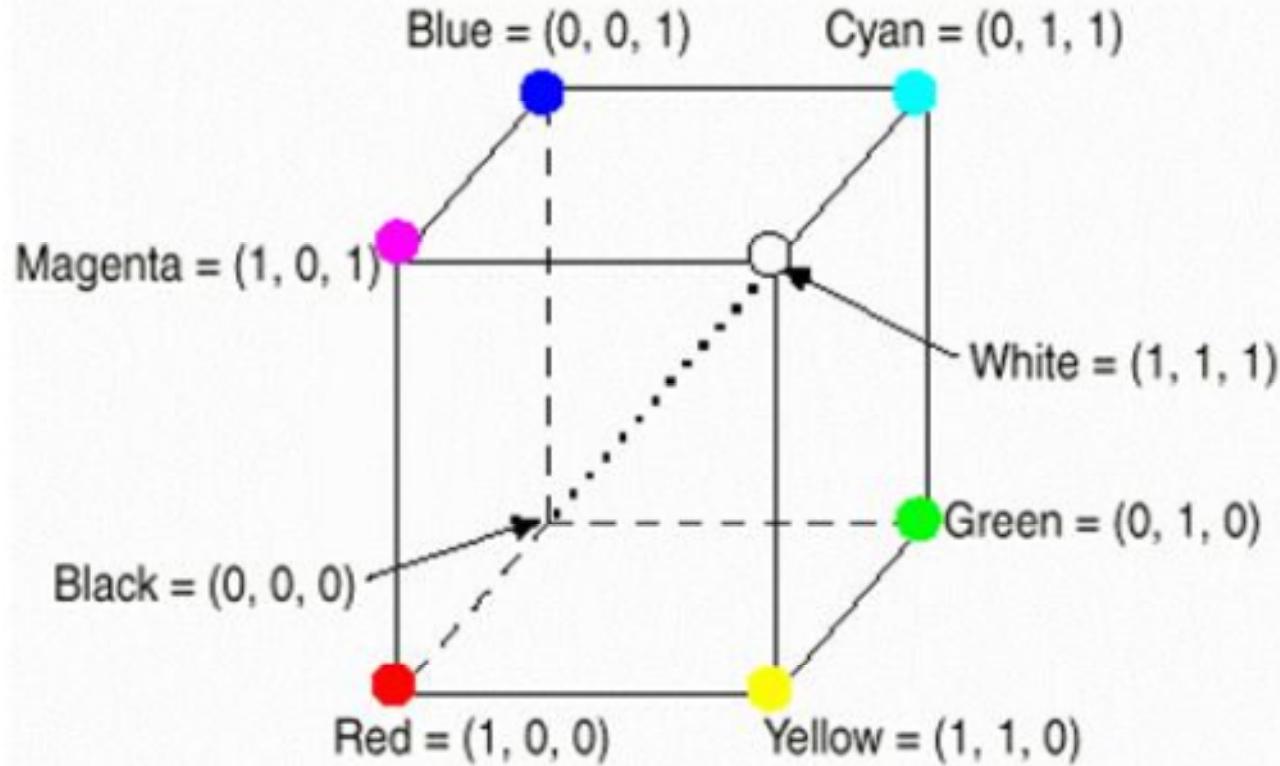
RGB matching functions





# Цветовой куб

Яндекс

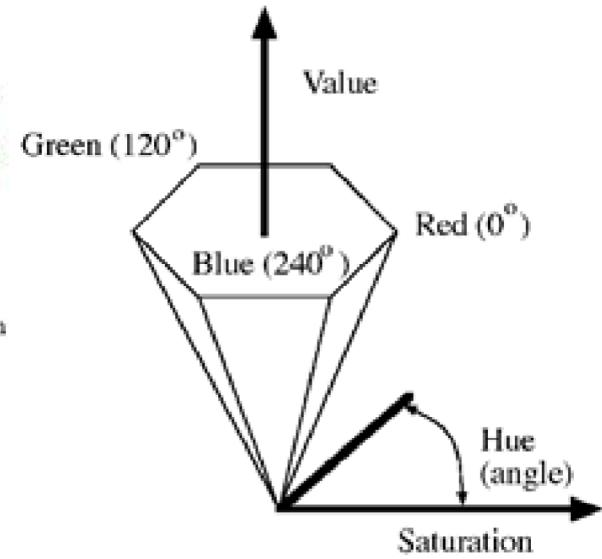
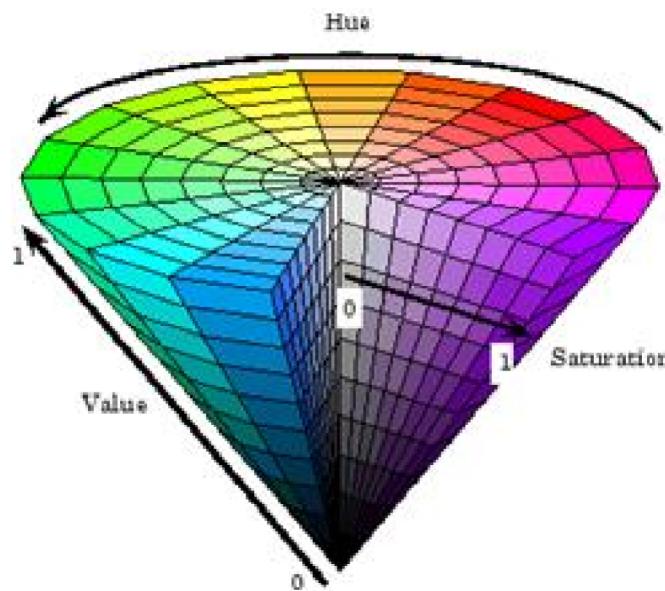
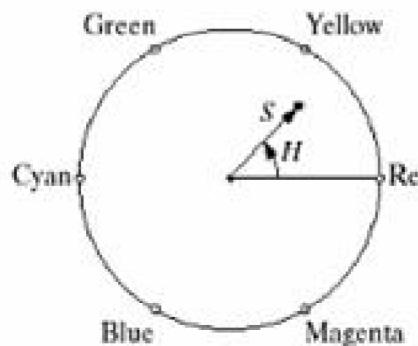
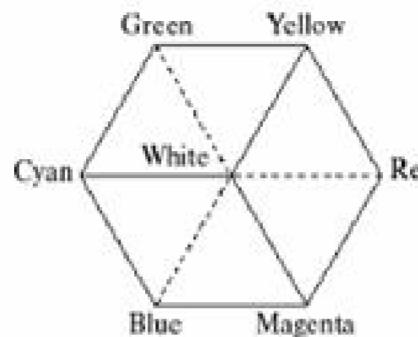


- Аддитивная система – RGB
- Субтрактивная система - CMYK

$$\begin{aligned}C &= G + B = W - R \\M &= R + B = W - G \\Y &= R + G = W - B\end{aligned}$$



# Модель HSV (HIS)



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 := (π/3)*(g - b)/diff;
        "is the point within +/- 60 degrees of the green axis?"
        else if (g = I) then H := (2 * π/3) + π/3 *(b - r)/diff;
        "is the point within +/- 60 degrees of the blue axis?"
        else if (b = I) then H := (4 * π/3) + π/3 *(r - g)/diff;
        if (H ≤ 0.0) H := H + 2π;
}
```

Algorithm 15: Conversion of RGB to HSI.



# Модель YIQ

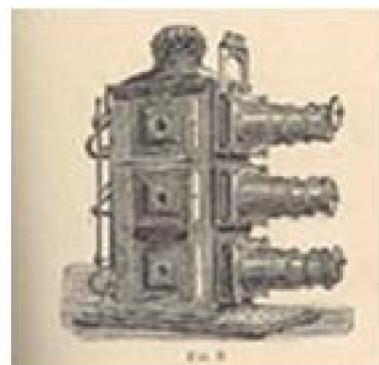
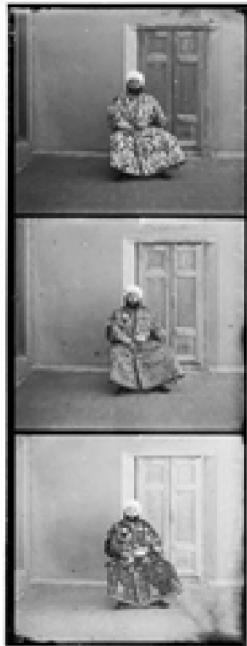
- $Y = .299R + .587G + .114B$
- $I = .596R - .275G - .321B$
- $Q = .212R - .528G + .311B$
- $R = 1.000 Y + 0.956 I + 0.621 Q$
- $G = 1.000 Y - 0.272 I - 0.647 Q$
- $B = 1.000 Y - 1.106 I + 1.703 Q$
- Цветовая модель YIQ используется в коммерческом цветном телевидении США
- Модель YIQ совместима с черно-белым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



# Первые цветные фотографии

Сергей Прокудин-Горский (1863-1944)

Фотографии Российской империи(1909-1916)



Lantern  
projector



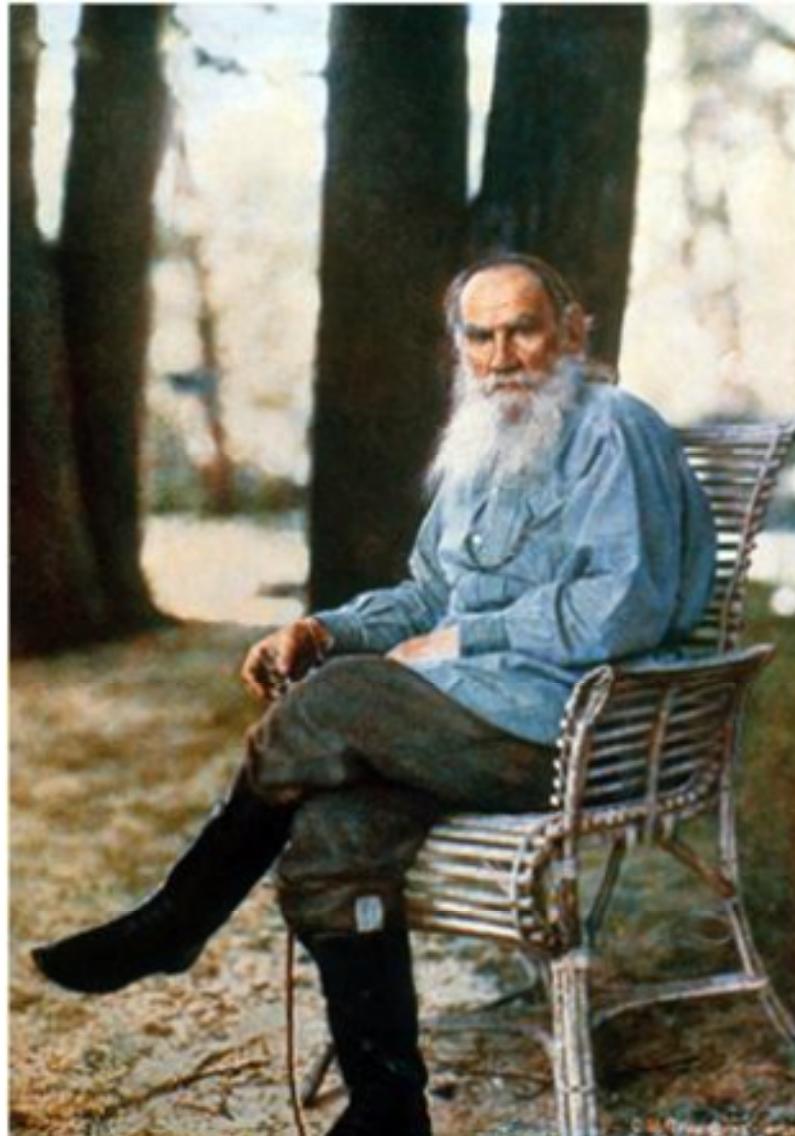
[http://en.wikipedia.org/wiki/Sergei\\_Mikhailovich\\_Prokudin-Gorskii](http://en.wikipedia.org/wiki/Sergei_Mikhailovich_Prokudin-Gorskii)

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



Лев Толстой

Яндекс





## Резюме

---



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



# Who dunnit?

---

Яндекс



**WHODUNNIT?**