

# Цвет: восприятие и анализ

**к.ф.-м.н. А.Т. Вахитов**

кафедра системного программирования,  
СПбГУ

October 21, 2011

# Природа цвета

- Что такое цвет?
- Какой цвет мы воспринимаем? (400-700 нм)
- монохроматический, хроматический и ахроматический

# Восприятие цвета

- Монохроматические (чистые спектральные) цвета: 150
- Всего глаз различает десятки тысяч цветов

# Насыщенность (чистота цвета)

$$p = \frac{L_\lambda}{L_\lambda - L_w},$$

где  $L_\lambda$  - яркость основной монохроматической составляющей,  $L_w$  - яркость белой составляющей. чему равна насыщенность для монохроматических цветов? Для белого цвета? ахроматических цветов?

# Одноцветные объекты

- одинаковый оптический спектр  $\Rightarrow$  одинаковый цвет
- необходимо ли это условие?

# Рецепторы глаза

- синеощущающие
- зеленоощущающие
- красноощущающие

# Опыты Максвелла и Райта

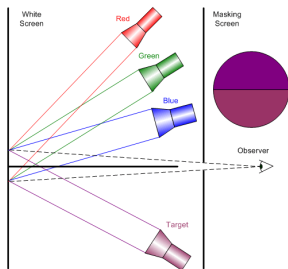


Figure: Опыт Максвелла

# Кривые Максвелла

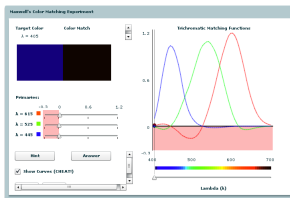


Figure: Кривые Максвелла (см <http://graphics.stanford.edu/courses/cs178-10/applets/colormatching.html>)

Откуда отрицательные значения?



# Система RGB

- R - 700 нм
- G - 546,1 нм
- B - 435,8 нм

# Формулы синтеза цвета

$$B^k = \int_{400}^{700} F(\lambda) B^k(\lambda) d\lambda; \quad B^z = \int_{400}^{700} F(\lambda) B^z(\lambda) d\lambda; \quad B^c = \int_{400}^{700} F(\lambda) B^c(\lambda) d\lambda$$

метамерные цвета: равны интегралы, но не равны спектры  $F(\lambda)$ !

# Система XYZ

Проблема с RGB: отрицательные ветви Решение: “нереальные” цвета XYZ

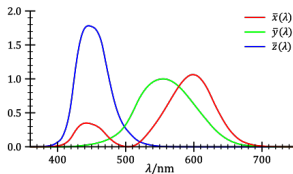
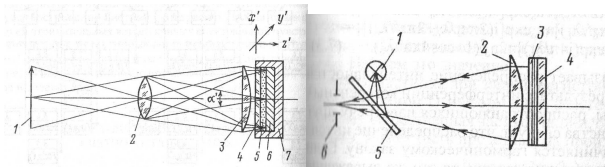


Figure: Пространство XYZ (Wikipedia)

# Фотография Липпмана (1891)



**Figure:** Фотография Липпмана: устройства записи - слева и воспроизведения - справа (по материалам Гребенников О.Ф., Основы записи и воспроизведения информации)

# Телевидение (PAL/SECAM): YUV

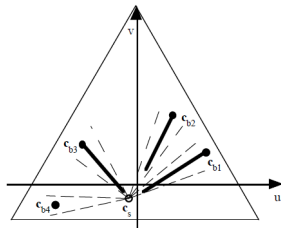
Требование: помехоустойчивая передача черно-белого и цветного изображения (черно-белые и цветные ТВ приемники)  
Кодирование яркость и 2 цвета

$$F_Y(t) = 0,3F_R(t) + 0,59F_G(t) + 0,11F_B(t)$$

$$F_{R-Y} = F_R - F_Y,$$

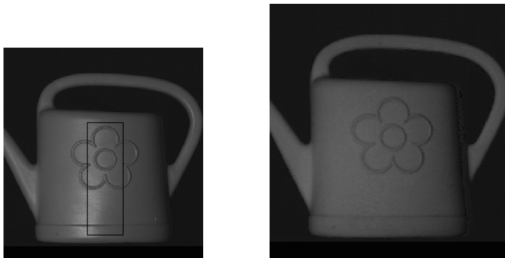
$$F_{B-Y} = F_B - F_Y$$

# Убирание отсветов (highlight)



**Figure:** Теоретически: три глянцевые поверхности и одна матовая. График цветности (K. Schluens, M. Teschner, Analysis of 2D Color Spaces for Highlight Elimination in 3D Shape Reconstruction)

# Практический результат



**Figure:** Убранный отсвет (K. Schluens, M. Teschner, Analysis of 2D Color Spaces for Highlight Elimination in 3D Shape Reconstruction)

# Фотометрическое стерео (на основе теней)

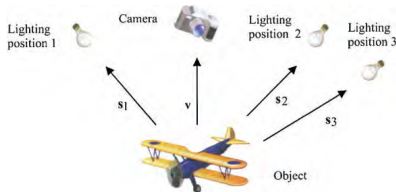


Figure: Фотометрическое стерео (A. Koschan etc, Digital Color Image Processing)

$$E_i = \rho E_0 n \cdot s,$$

где  $E_i$  значение пикселя,  $E_0$  яркость излучения,  $n$  нормаль к поверхности,  $s$  вектор, задающий направление освещения,  $\rho$  - альбедо (свойство поверхности)



# Фотометрическое стерео (пример)

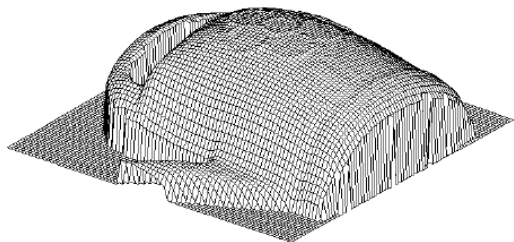


Figure: Фотометрическое стерео (K. Schluens, M. Teschner, Analysis of 2D Color Spaces for Highlight Elimination in 3D Shape Reconstruction)

# Убирание теней

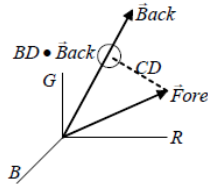


Figure: Убирание теней (J.-L. Landabaso etc. Shadow Removal with Morphological Reconstruction)

Метод на основе близости цвета и яркости