

КПИ им. Игоря Сикорского, каф. микроэлектроники.

М. Р. Домбругов. Информатика-1.

Персональные компьютеры и основы сетевых технологий

# Лекция 10.

**6-й (представительский) уровень  
модели OSI: представление изображений**

30 ноября 2020

# 7-уровневая модель OSI

Тип данных	Уровень (layer)	Функции
Данные	7. Прикладной (application)	Доступ к сетевым службам
	6. Представительский (presentation)	Представление и шифрование данных
	5. Сеансовый (session)	Управление сеансом связи
Сегменты	4. Транспортный (transport)	Прямая связь между конечными пунктами и надежность
Пакеты	3. Сетевой (network)	Определение маршрута и логическая адресация
Кадры	2. Канальный (data link)	Физическая адресация
Биты	1. Физический (physical)	Работа со средой передачи, сигналами и двоичными данными

# 6-й уровень модели OSI

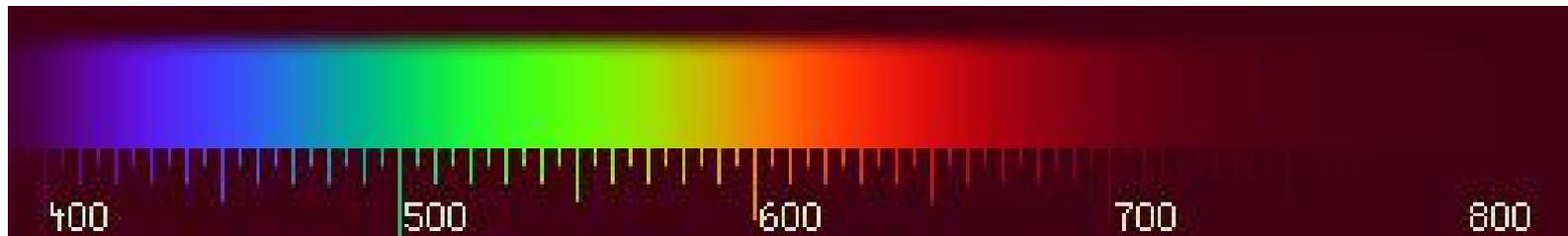
## Представление и шифрование данных

- Представление текста
- - " - чисел
- - " - звука
- **Представление изображений**
- - " - видео
- Оптимальное кодирование и архиваторы
- Шифрование данных
- ...

- Восприятие цвета глазом
- Трехмерное цветовое пространство
- Воспроизведение цвета на экране
- Воспроизведение цвета на печати
- Растровая графика
- Форматы без потери данных: BMP, GIF, PNG
- Компактный формат с частичной потерей данных JPG

# Восприятие цвета глазом

**Цвет** – субъективная характеристика электромагнитного излучения диапазона  $\sim 380 \dots 760$  нм, определяемая на основании зрительного ощущения **человеческого глаза**.



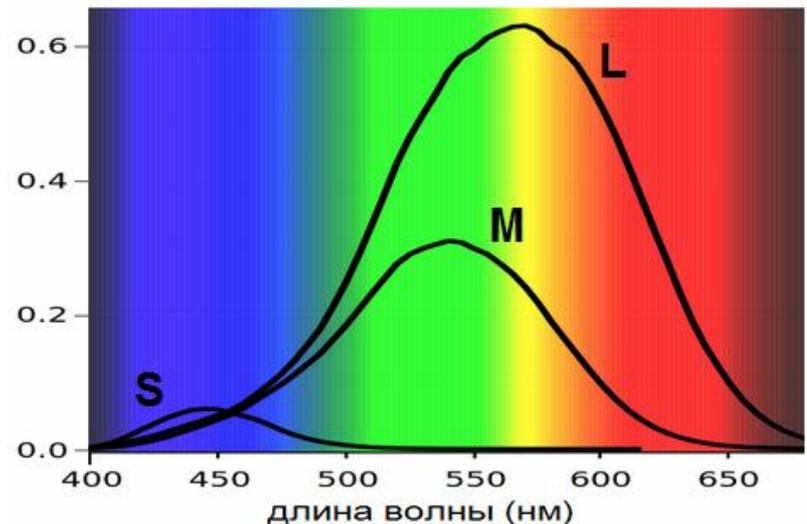
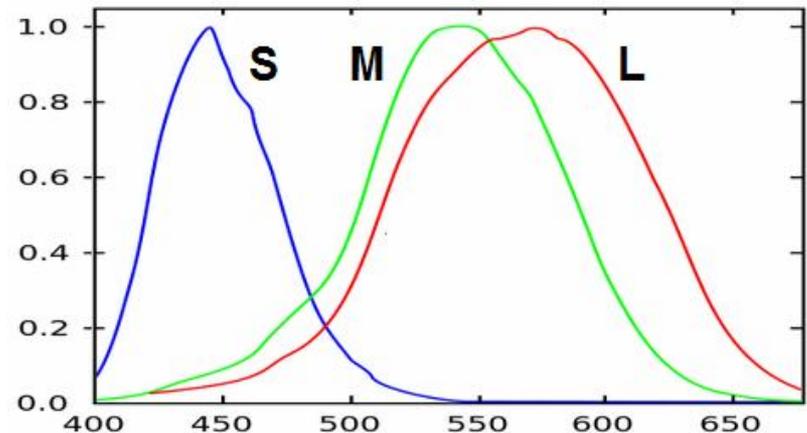
**Аппарат дневного зрения**, ответственный за **цветовосприятие**, образуют рецепторы глазной сетчатки – **колбочки трех видов**, чувствительные к разным областям электромагнитного спектра при освещенностях больше  $10^{-2}$  лк.

**Аппарат сумеречного зрения** образуют рецепторы другого типа – **палочки**. Они способны отличить белую поверхность от черной при освещенности  $10^{-6}$  лк, однако обладают меньшей разрешающей способностью и не различают цвета.

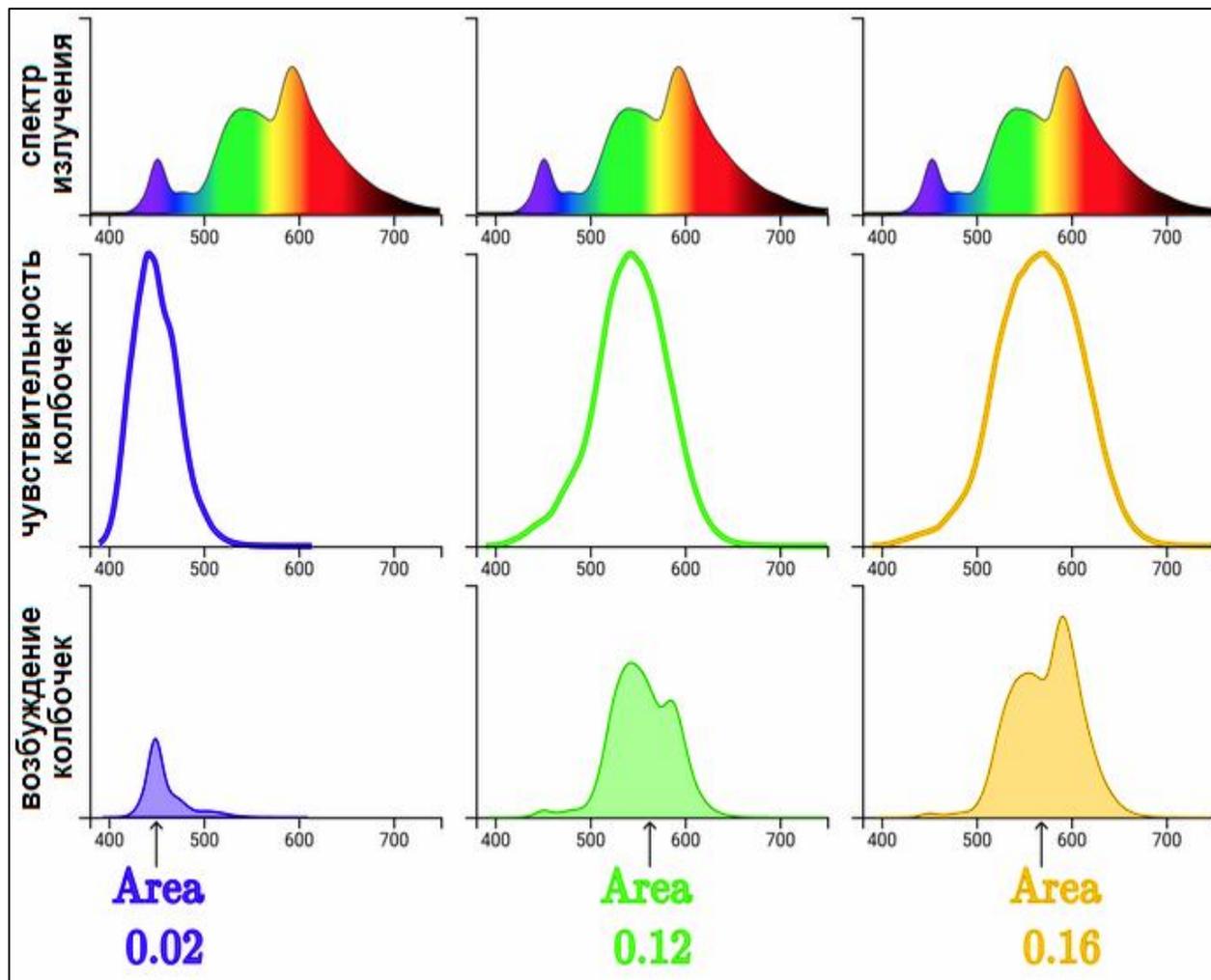
# Восприятие цвета глазом

Вверху: нормализованные по максимальному значению графики спектральной зависимости чувствительности к свету у клеток-колбочек различных видов – коротковолновых (S, Short), средневолновых (M, Medium) длинноволновых (L, Long).

Внизу: те же графики, но без нормализации светочувствительности



# Восприятие цвета глазом



$L, M, S$  –  
«цветовой стимул»,  
возбуждение  
колбочек:

$$L = \int I(\lambda) \bar{L}(\lambda) d\lambda$$

$$M = \int I(\lambda) \bar{M}(\lambda) d\lambda$$

$$S = \int I(\lambda) \bar{S}(\lambda) d\lambda$$

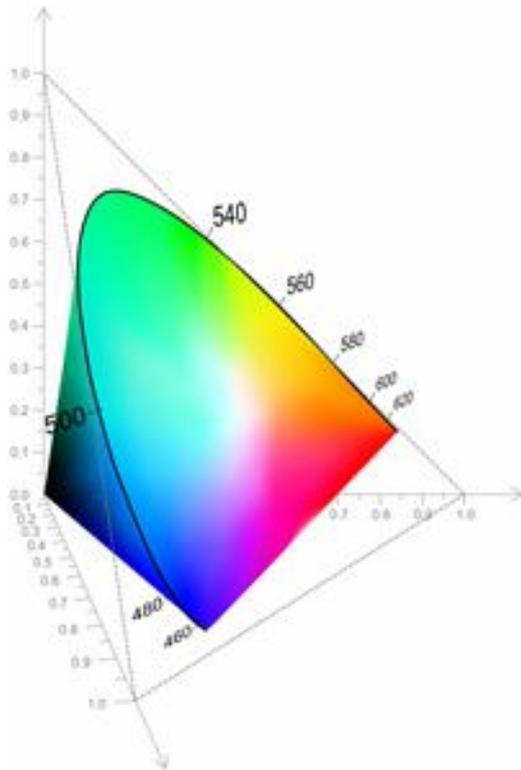
где

$I(\lambda)$  – спектр;

$\bar{L}(\lambda), \bar{M}(\lambda), \bar{S}(\lambda)$  –  
чувствительности  
колбочек.

# Восприятие цвета глазом

Свет с **различными спектральными составами** может иметь **одинаковый цветовой стимул** и восприниматься одинаково. Это явление наз. **метамерией**.



Каждый цвет определяется триплетом **(L,M,S)**, т.е. является вектором в некотором **цветовом трехмерном пространстве**.

Все цветовые векторы имеют общее начало, которое соответствует – **чёрному**.

Не любая комбинация значений **(L,M,S)** определяет какой-то цвет, поскольку спектры чувствительности колбочек перекрываются: напр. триплет **(0,1,0)** нереализуем – нельзя возбудить M так, чтобы не возбудились L и S.

Поэтому полное множество цветов образует конус, занимающий часть октанта.

# Восприятие цвета глазом



## Цвет как векторная величина

Смешение цветов соответствует сложению векторов в трехмерном цветовом пространстве – закон Грассмана (1853).

Для упорядочения цветов и выполнения над ними математических действий в цветовом пространстве вводят трехмерную систему координат.

Ее базисные вектора («основные цвета») могут быть выбраны произвольно, причем они могут соответствовать невозможным комбинациям возбуждений колбочек. Введено несколько стандартов базисов (LMS, XYZ, RGB, CMY...)

Главное ограничение в выборе базиса – линейная независимость основных цветов, т.е. никакой из них не может быть получен как результат смешения двух других цветов базиса с подходящими интенсивностями.

# Восприятие цвета глазом

**Спектральные цвета** – цвета, которым по зрительному ощущению можно поставить в соответствие монохроматический видимый свет определённой длины волны.

Напр., **желтое** излучение вызывает цветовой стимул  $L, M \gg S$ , тот же эффект будет от облучения **красным и зеленым** светом.

**Голубое** излучение вызывает цветовой стимул  $M, S \gg L$ , тот же эффект будет от облучения **зеленым и синим** светом

**Пурпурный** цвет соответствует цветовому стимулу  $S, L \gg M$ . Его можно добиться при одновременном облучении **синим и красным** светом, но монохроматического излучения, вызывающего такой же цветовой стимул, нет. Поэтому пурпурный цвет – не спектральный.

Спектральные и пурпурные цвета наз. **хроматическими**.

# Восприятие цвета глазом

**Ахроматические цвета** –  
оттенки серого от черного до белого.

Они не имеют цветового тона, т.е. конкретного оттенка спектра.



Хроматические цвета произвольных интенсивностей составляют образующую цветового конуса.

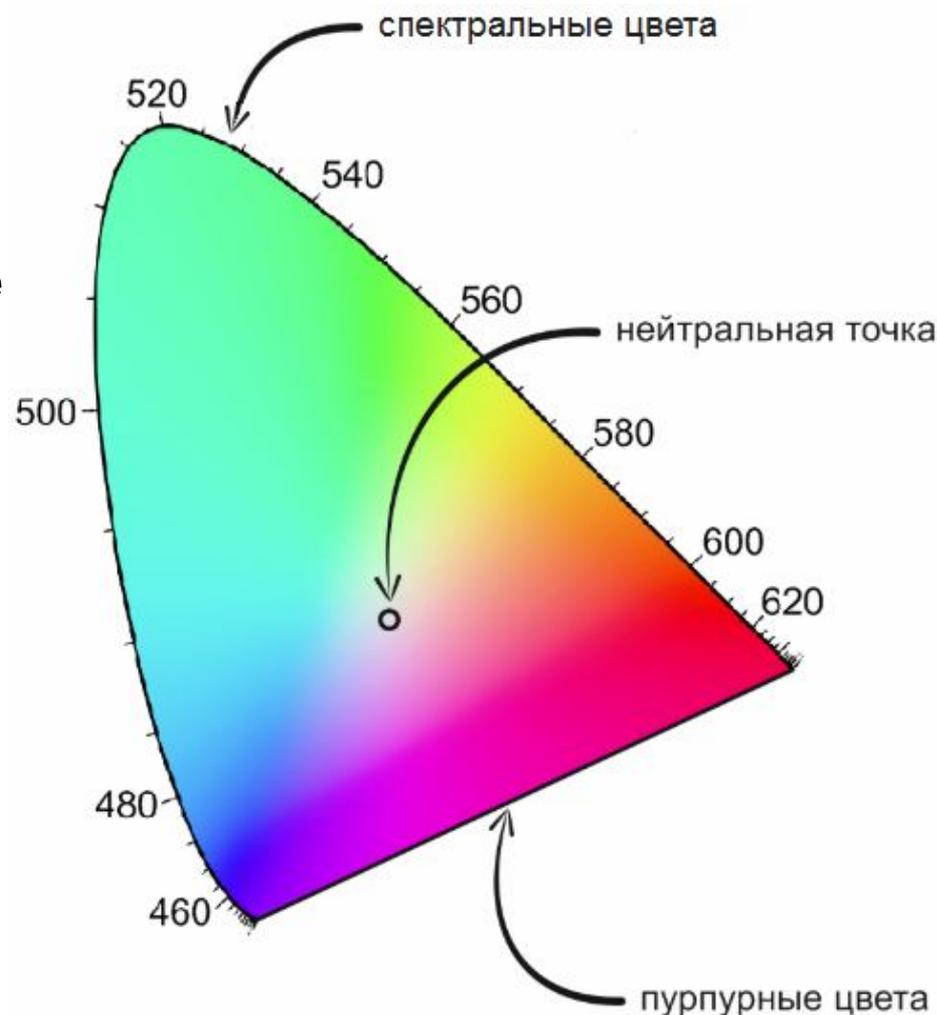
Ахроматические цвета образуют прямую линию внутри конуса, исходящую из точки черного, по мере удаления от которой ее точки («нейтральные точки») светлеют.

# Восприятие цвета глазом

**Хроматичность** – это двумерное представление цвета **одной яркости**.

На **хроматической диаграмме** все возможные спектральные цвета образуют контур – **спектральный локус**. Его замыкает **линия пурпуров**.

Все цвета, которые могут быть реализованы в виде суммы спектральных составляющих, дающих в совокупности ощущение данной яркости, будут лежать внутри этого контура.



# Восприятие цвета глазом



- <https://ru.wikipedia.org/wiki/Колбочки>
- <https://habr.com/ru/post/353582/>
- <https://habr.com/ru/post/209738/>
- <https://habr.com/ru/post/181580/>
- <https://render.ru/ru/dimson3d/post/15980>

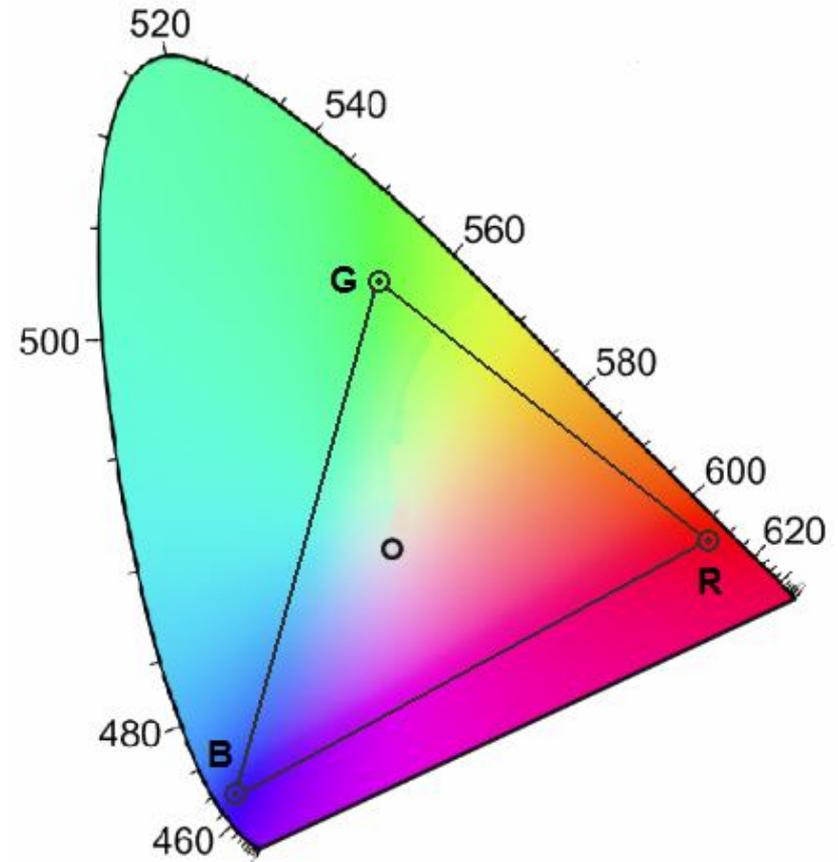
# Воспроизведение цвета на экране

Точки **R,G,B (Red, Green, Blue)** хроматической диаграммы соответствуют цветам зерен люминофора, формирующего пиксель экрана.

Все цвета, которые могут быть воспроизведены при помощи смеси цветов R,G,B с неотрицательными коэффициентами  $r,g,b$

$$\text{Color} = rR + gG + bB$$

лежат внутри треугольника RGB.



# Воспроизведение цвета на экране

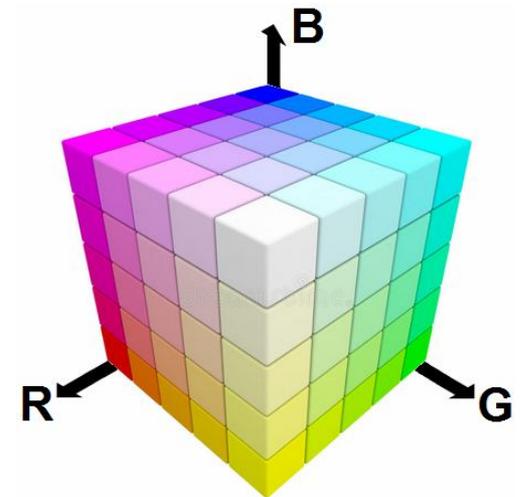
## Следствия:

- 1) Цветовая модель RGB имеет неполный цветовой охват – некоторые насыщенные цвета (в частности, голубой) не могут быть представлены смесью указанных трех компонент.
- 2) Все цвета на картинках данной презентации неточны.

## Цветовая модель RGB в виде куба

Каждую из координат  $r$ ,  $g$ ,  $b$  можно считать  $\in [0, 1]$ , что представляет пространство RGB в виде куба  $1 \times 1 \times 1$ .

Ахроматические цвета находятся на большой диагонали куба.

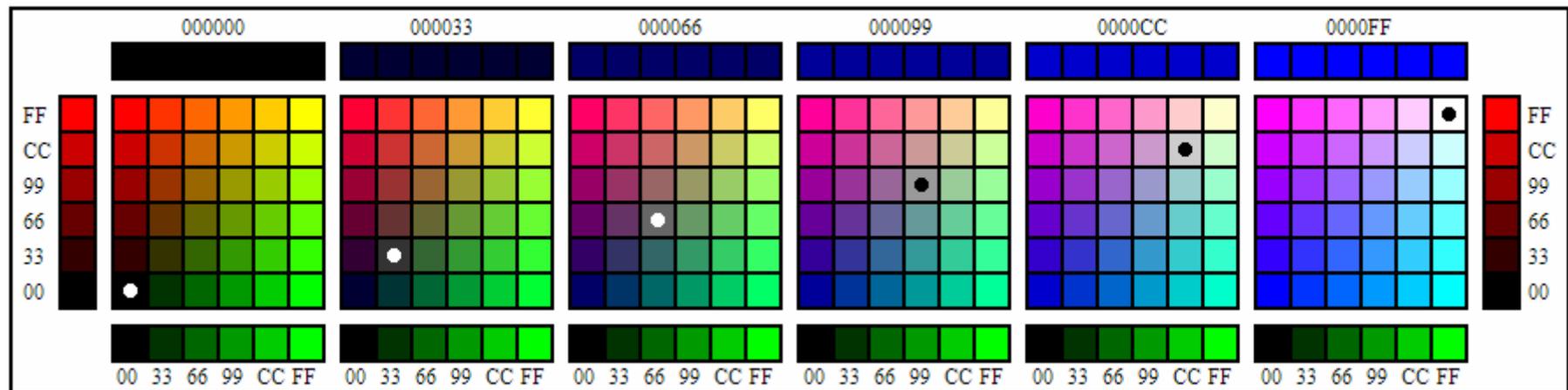


# Воспроизведение цвета на экране

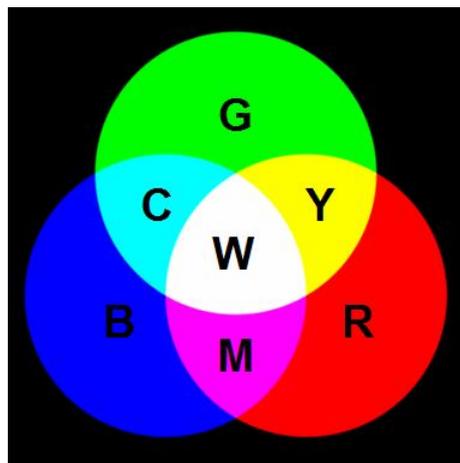
Для представления RGB-координат практикуется также 1-байтная запись каждой компоненты в диапазоне от  $00_{16}$  (0) до  $FF_{16}$  (255)

На рис.: 216 цветов однородной палитры  $6 \times 6 \times 6$ .  
Компоненты R, G, B принимают значения 00, 33, 66, 99, CC, FF.

Меткой отмечены ахроматические цвета ( $R=G=B$ ).



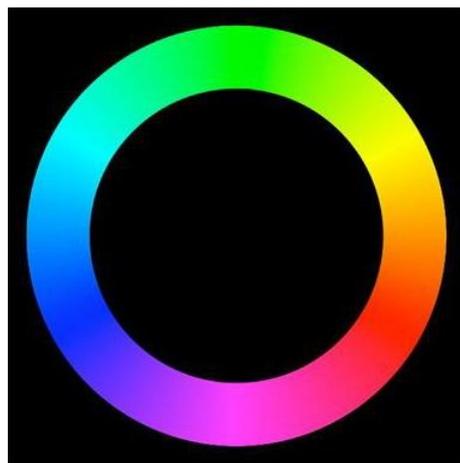
# Воспроизведение цвета на экране



Цвета  $Color_1$  и  $Color_2$  называют **дополнительными**, если при их смешении в определенной пропорции можно получить белый **W (White)**:

$$c_1Color_1 + c_2Color_2 = W$$

Цвета **C, M, Y (Cyan, Magenta, Yellow)** – дополнительные к основным **R, G, B**.



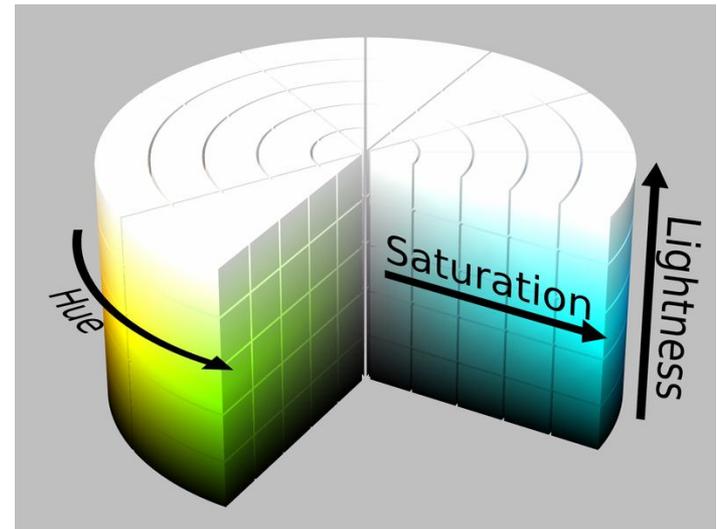
## Цветовой круг Оствальда

Дополнительные цвета находятся на противоположных сторонах круга

# Воспроизведение цвета на экране

## Цветовая модель HSL (Hue, Saturation, Lightness)

Альтернативное представление RGB-модели, где цвет задается тремя другими параметрами, дающими более простой и интуитивно понятный механизм управления цветом:



- **Цветовой тон (Hue)** – ближайший хроматический цвет на хроматической диаграмме или цветовом круге. Именно тон определяет название цвета, напр. «красный», «синий», «зелёный»;

# Воспроизведение цвета на экране

## Цветовая модель HSL (Hue, Saturation, Lightness)

- **Насыщенность (Saturation)** – близость к чистому хроматическому цвету того же тона. Определяется долей присутствия белого цвета.

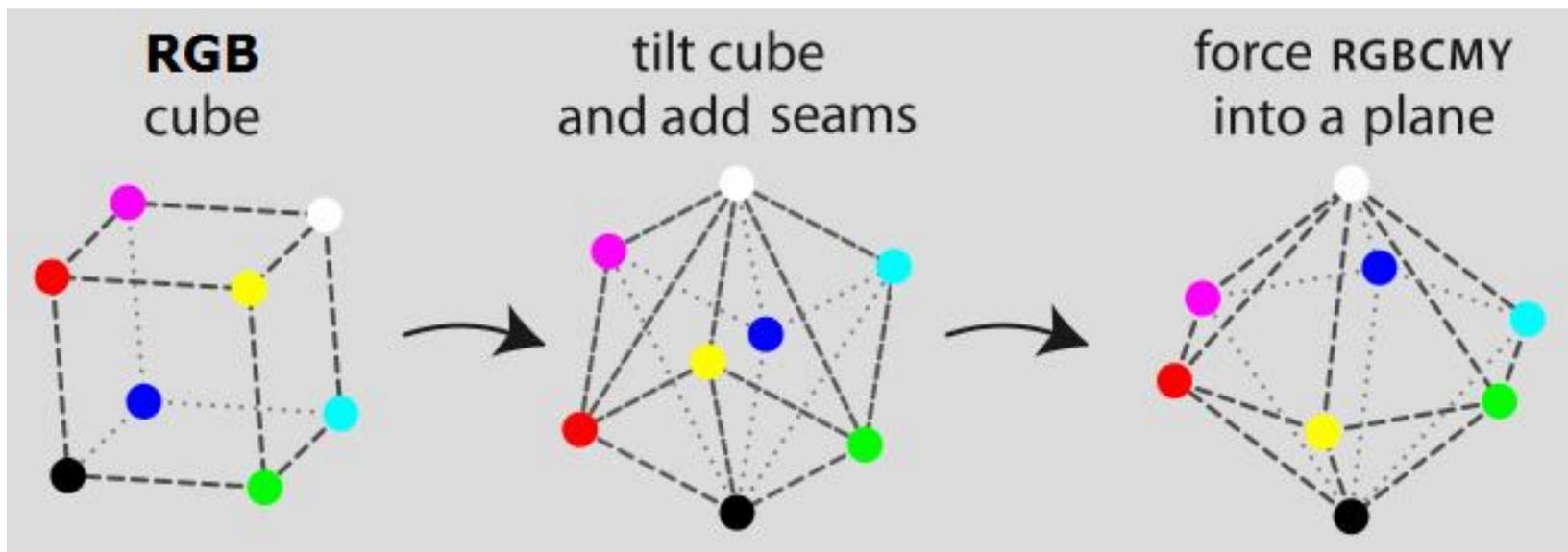


- **Светлота (Lightness)** – субъективная яркость участка изображения, отнесённая к субъективной яркости аналогично освещённой белой поверхности.



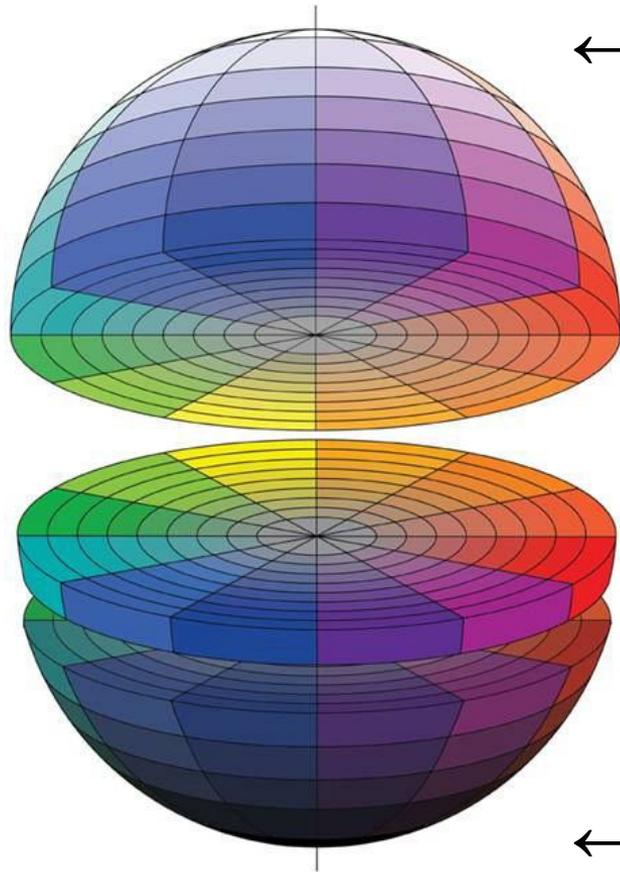
# Воспроизведение цвета на экране

## Цветовое пространство RGB в полярных координатах



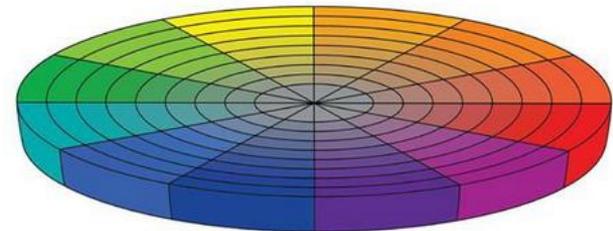
# Воспроизведение цвета на экране

## Цветовой шар



← Северный полюс – точка белого

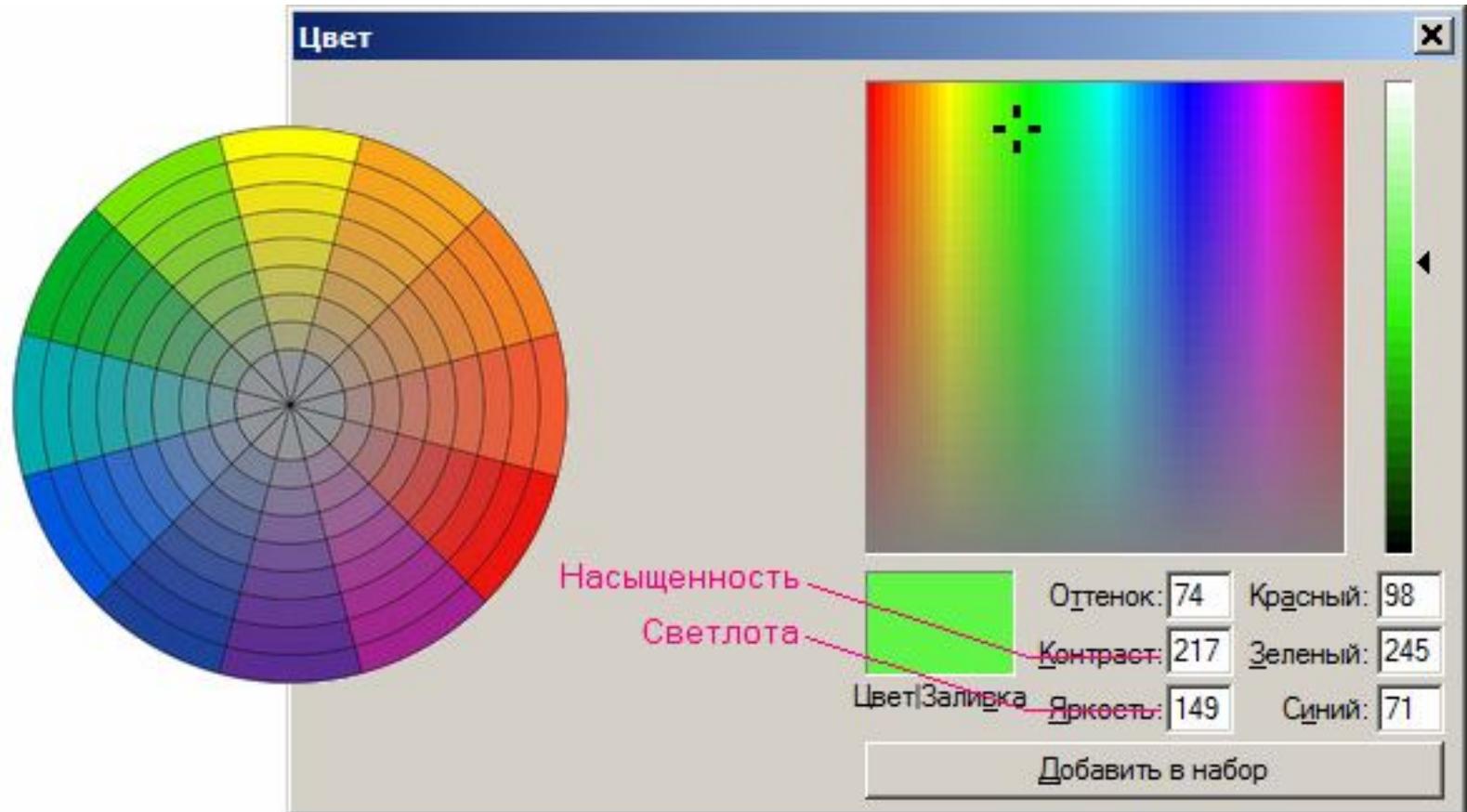
Экваториальный круг  
(«цветовой круг») –  
селектор цветности



← Южный полюс – точка черного

# Воспроизведение цвета на экране

## Селектор цвета RGB / HSL в Windows



# Восприятие цвета глазом



- <https://ru.wikipedia.org/wiki/RGB>
- [https://ru.wikipedia.org/wiki/HSV\\_\(цветовая\\_модель\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/HSV_(цветовая_модель))
- [https://ru.wikipedia.org/wiki/Аддитивное\\_смешение\\_ЦВЕТОВ](https://ru.wikipedia.org/wiki/Аддитивное_смешение_ЦВЕТОВ)

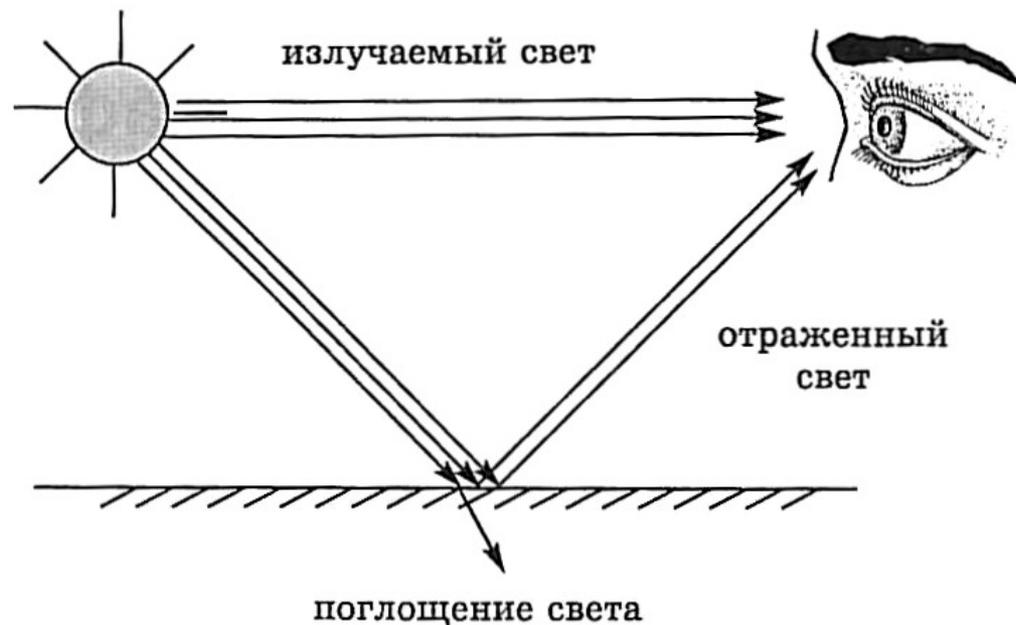
# Воспроизведение цвета на печати

**Излученный свет** – это свет, испускаемый активным источником (солнце, лампа, экран монитора).

**Отраженный свет** возникает при отражении поверхностью предмета световых волн, падающих на него от источника света.

Бумага свет **отражает и поглощает**.

Белая бумага при освещении ее белым светом отражает все цвета спектра, окрашенная же – часть цветов поглощает, а отражает остальные.



# Воспроизведение цвета на печати

Когда пигмент краски поглощает какой-то цвет, отраженная часть белого спектра образует цвет, **дополнительный** к поглощенному.

Если пигментов в краске несколько, каждый из них поглотит (вычтет) определенный цвет из падающего на бумагу белого света.

Отсюда название механизма смешения красок, т.е. цветов в отраженном свете:

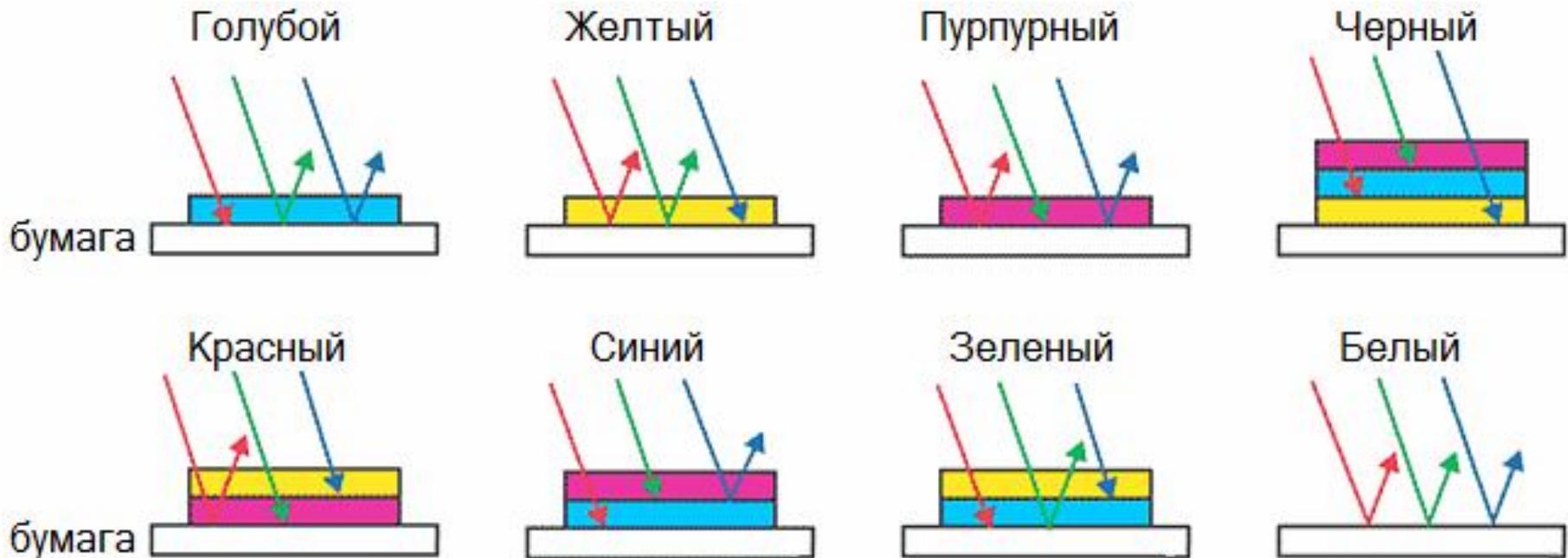
**субтрактивный** (от «subtract» = «вычитать»),

в отличие от способа смешения цветов в излучаемом свете:

**аддитивный** (от «add» = «складывать»)

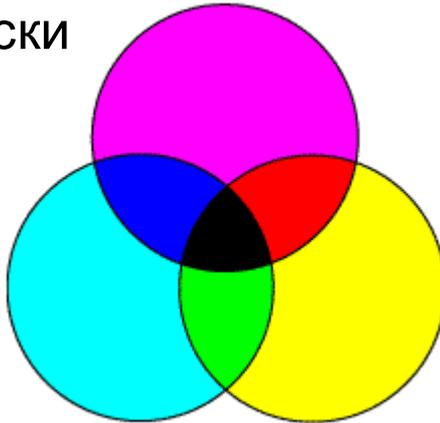
# Воспроизведение цвета на печати

Для печати графических изображений используется субтрактивная модель с основными красками, чьи цвета дополнительные к основным R, G, B – голубой, пурпурной, желтой (Cyan, Magenta, Yellow – C, M, Y).

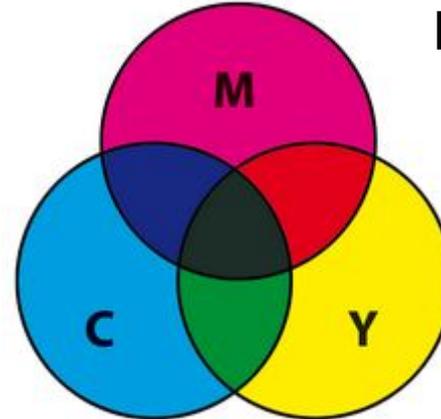


# Воспроизведение цвета на печати

Теоретически



Реально



Практическое смешение реальных С, М, Y  
дает грязно-коричневый цвет;  
триадные краски не дают той глубины и насыщенности,  
которая достигается использованием настоящего чёрного.

Так как чистота чёрного цвета чрезвычайно важна, в печатный процесс вводят ещё один цвет – **черный (black – K)**

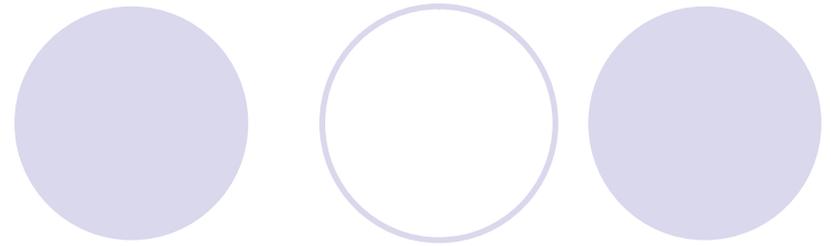
# Воспроизведение цвета на печати

## СМУК: основные причины использования дополнительного чёрного пигмента:

- При выводе мелких черных деталей без использования чёрного пигмента возможна неприводка (недостаточно точное совпадение точек нанесения) С, М, Y цветов. Увеличение же точности печатающего аппарата требует неадекватных затрат.
- Смешение 100 % С, М, Y пигментов в одной точке в случае струйной печати существенно смачивает бумагу, коробит её и увеличивает время просушки.
- Чёрный пигмент (в качестве которого, как правило, используется сажа) существенно дешевле остальных трёх.

Для распечатки на принтере изображения с монитора специальная программа **цветоделения** выполняет преобразование цветовой модели RGB в СМУК.

# Цветовой охват



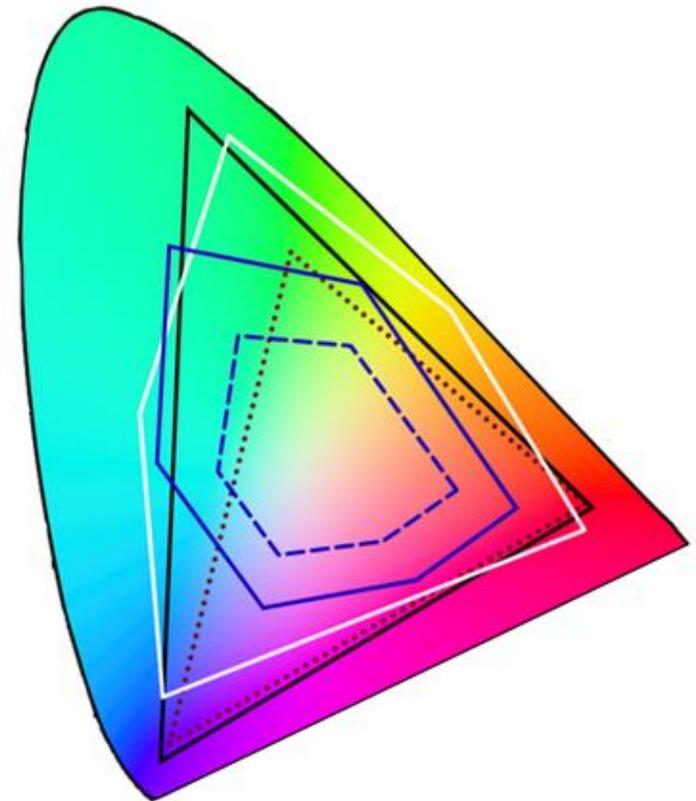
**Белый контур** –  
фотоэмульсия общего назначения;

**чёрный сплошной контур** –  
пространство «Adobe RGB 1998»  
с зеленым, смещенным  
в голубую область спектра, для  
специализированных мониторов,  
применяемых в полиграфии;

**чёрный пунктирный контур** –  
большинство распространённых  
мониторов;

**синий сплошной контур** –  
высокачественная офсетная печать;

**синий пунктирный контур** –  
обычный бытовой принтера.



# Воспроизведение цвета на печати

- [https://ru.wikipedia.org/wiki/Субтрактивный\\_синтез](https://ru.wikipedia.org/wiki/Субтрактивный_синтез)
- <https://ru.wikipedia.org/wiki/CMYK>
- <https://www.polygraphcity.ru/stati/dizajn-i-reklama/что-такое-cmyk-kak-osushchestvlyaetsya-tsvetnaya-pechat-pri-pomoshchi-modeli-cmyk.html>
- <http://zen-designer.ru/articles/118-osnovy-tsvetodeleniya-v-poligrafii>

# Растровая графика

## Растровое изображение

представляет собой сетку цветных точек (пикселей) на мониторе, бумаге и др. отображающих устройствах.

Характеристики изображения:

- **размер изображения** (кол-во пикселей по ширине и по высоте);
- **глубина цвета  $d$  или количество цветов  $N = 2^d$** ;
- **цветовая модель** – RGB, CMYK ...

Растровую графику обрабатывают с помощью растровых графических редакторов (напр. **Paint**)

Создаётся растровая графика фотоаппаратами, сканерами, в виде снимков экрана, непосредственно в растровом редакторе, а также путём экспорта из векторного редактора.

# Растровая графика

## **BMP (Bitmap Picture)**

формат хранения растровых изображений, разработанный Microsoft.

Файл – небольшой заголовок + двумерный массив пикселей.

Каждый пиксель кодируется в цветовой модели RGB комбинацией из нескольких битов на пиксель («bits per pixel», **bpp**).  
Практикуются 1...8, 16, 24, 32, 48 и 64 bpp.

В битностях 8 и ниже цвет указывается индексом из таблицы цветов (**палитры**), а при больших – непосредственным значением.

Частичная прозрачность реализована **альфа-каналом**.

# Растровая графика

## **ВМР, глубина цвета 16, 24 32 bpp**

### **16 bpp (HighColor, 65 тыс. цветов):**

используется по 5 бит (по 32 возможных значения) для представления красной и синей составляющих, но 6 бит (64 возможных значения) для представления зелёной, так как человеческий глаз к зелёному более чувствителен.

### **24 bpp (TrueColor, 16.7 млн цветов):**

для представления RGB-координат используется 8-битная запись каждого канала R, G, B в диапазоне от  $00_{16}$  (0) до  $FF_{16}$  (255)

### **32 bpp (TrueColor + альфа-канал):**

дополнительный 8-битный канал либо заполнен нулями (не влияет на цвет), либо представляет собой альфа-канал, который задаёт прозрачность изображения для каждого пикселя, т. е. существует 16.7 млн цветов и 256 градаций прозрачности.

# Растровая графика

## Альфа-канал

Изображения, в дополнение к трем каналам R, G, B, могут иметь четвертый – альфа-канал. Этот слой не меняет цветов, а используется для управления **прозрачностью изображения**.

Его значение определяет степень прозрачности данного пикселя: от 0 (всё растровое изображение прозрачное) до максимально возможного (всё растровое изображение непрозрачное).

Яркость результирующего пикселя после наложения двух пикселей друг на друга («**альфа-смешение**») рассчитывается по формуле:

$$R = B \cdot (1 - \alpha) + F \cdot \alpha,$$

где

- **B** (Background) – яркость фонового пикселя;
- **F** (Foreground) – яркость накладываемого пикселя;
- $\alpha \in [0 \dots 1]$  – непрозрачность накладываемого пикселя;
- **R** (Result) – результат.

# Растровая графика

## Палитра

При небольшой глубине цвета из цветового пространства выбираются любые  $N$  цветов, и их координаты хранятся в таблице - **палитре**. Для изображения, использующего палитру, каждый пиксель хранит номер цвета в палитре.

Глубина цвета  
и палитра

2 bpp

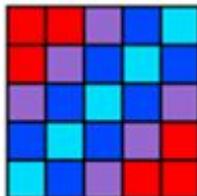
0 1 2 3



Закодированное  
индексированное  
изображение

0	0	1	2	3
0	1	2	3	2
1	2	3	2	1
2	3	2	1	0
3	2	1	0	0

Представление  
индексированного  
изображения

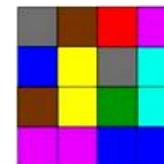


3 bpp

0 1 2 3 4 5 6 7



4	3	0	2
1	7	4	5
3	7	6	5
2	2	1	1



# Растровая графика

## **ВМР, глубина цвета 48 или 64 bpp**

Кодирует R,G,B каналы или RGB + альфа-канал не 8 битами, а 16.

## **ВМР, глубина цвета 8 bpp и ниже**

Обязательно присутствует таблица палитры.

Цвет пикселей изображения задаётся индексом цвета палитры.

Записи палитры могут быть либо 3-байтными (R,G,B),  
либо 4-байтными (RGB + альфа-канал),  
это отмечается в заголовке файла.

### **Недостатки ВМР:**

- 1) большой размер;
- 2) не поддерживается браузерами.

Рекомендуется по возможности конвертирование в PNG.

# Растровая графика

## GIF (Graphics Interchange Format)

Способен хранить сжатые данные без потери качества в формате не более 256 цветов.  
Обязательно использует индексированную палитру цветов.

**GIF89a** – модификация (1989).

Добавлены поддержка прозрачности и анимации.

GIF сжимает данные, используя алгоритм **LZW** Лемпеля–Зива–Уэлча (Lempel–Ziv–Welch).

Один из цветов в палитре может быть объявлен «**прозрачным**». В этом случае, если программа поддерживает прозрачность GIF (например, большинство современных браузеров), сквозь пиксели, окрашенные «прозрачным» цветом, будет виден фон.

«**Полупрозрачность**» пикселей (технология альфа-канала) **не поддерживается**.

# Растровая графика

## GIF

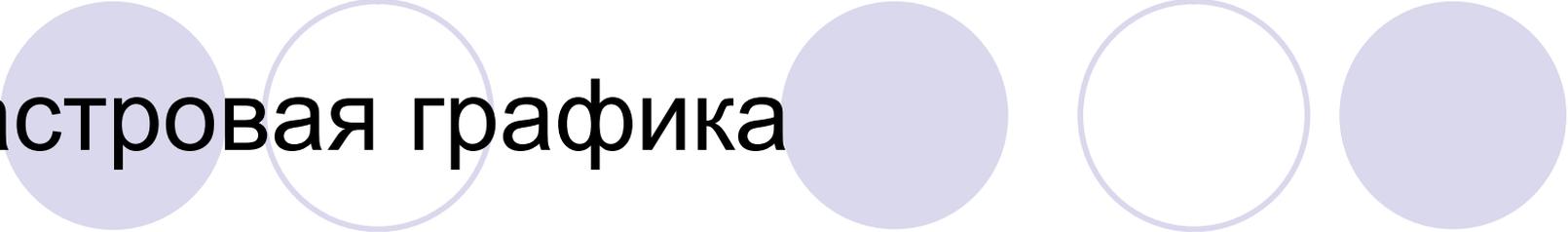
GIF поддерживает **анимированные изображения**

Они представляют собой последовательность из нескольких статичных кадров, а также информацию о том, сколько времени каждый кадр должен быть показан на экране. Анимацию можно сделать цикличной, тогда вслед за последним кадром начнётся воспроизведение первого кадра и т. д.

GIF-анимация может использовать прозрачность для того, чтобы не сохранять очередной кадр целиком, а только изменения относительно предыдущего.

GIF непригоден для хранения фотографий: если перевести в GIF изображение 24 bpp, содержащее плавные переходы цветов, в результате близкие оттенки станут просто одинаковыми и вместо плавного перехода возникнут скачки цветов.

# Растровая графика



## **PNG (Graphics Interchange Format)**

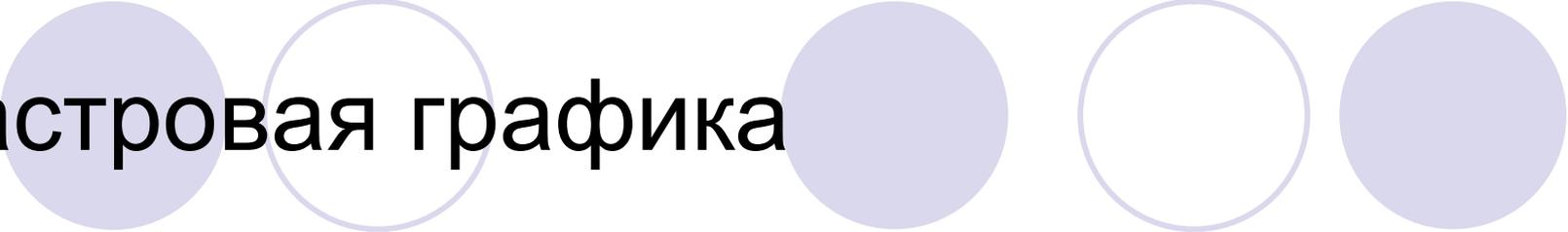
Растровый формат PNG спроектирован для замены устаревшего формата GIF.

PNG поддерживает все основные типы растровых изображений с практически неограниченным количеством цветов (с глубиной цвета от 1 до 48 bpp), в том числе с палитрами и альфа-каналом.

Одна особенность GIF в PNG не реализована:

**PNG не поддерживает** нескольких изображений в одном файле, в частности – **анимацию**.

# Растровая графика



## PNG

Формат PNG хранит графическую информацию в сжатом виде.

В основе – алгоритм сжатия **Deflate** Филлипа Уолтера Каца (Phillip Walter Katz, 1962-2000). Этот же алгоритм используют многие программы компрессии данных, в том числе PKZIP.

PNG – хороший формат для редактирования изображений, даже для хранения промежуточных стадий редактирования, так как восстановление и пересохранение изображения проходят без потерь в качестве, в отличие от JPG.

# Растровая графика

**JPEG (Joint Photographic Experts Group)** – организация-разработчик.

Популярный растровый графический формат для хранения фотографий, применяющий алгоритм **сжатия данных с потерями**.

Файлы JPEG, обычно имеют расширения **.JPG**, **.JPE** или **.JPEG**.

Поддерживаются изображения с линейным размером не более 65535 × 65535 пикс (при печати 300 dpi это 5,5 × 5,5 м)

Алгоритм JPEG в наибольшей степени пригоден для сжатия изображений, содержащих плавные переходы яркости и цвета. Наибольшее распространение JPEG получил в цифровой фотографии для создания, хранения и передачи фотоснимков.

# Растровая графика

## JPEG

Строго говоря, JPEG не формат, а алгоритм сжатия. Информация группируется в блоки размером 8x8, после чего для них применяется т.наз. **дискретное косинусное преобразование**, разновидность преобразования Фурье.

Сжатие основано на отбрасывании части информации, наименее воспринимаемой глазом. При 10-20-кратном сокращении размера файла с фотографией, различие в качестве между получающимся изображением и оригиналом еще остается визуально незаметным.

В отличие от метода сжатия LZW или Deflate, в результате применения технологии JPEG **при любом сжатии** данные в той или иной степени теряются навсегда.

Так, файл, однажды записанный в формате JPEG, а затем переведенный в PNG, уже не будет тем же, что и оригинал

# Растровая графика

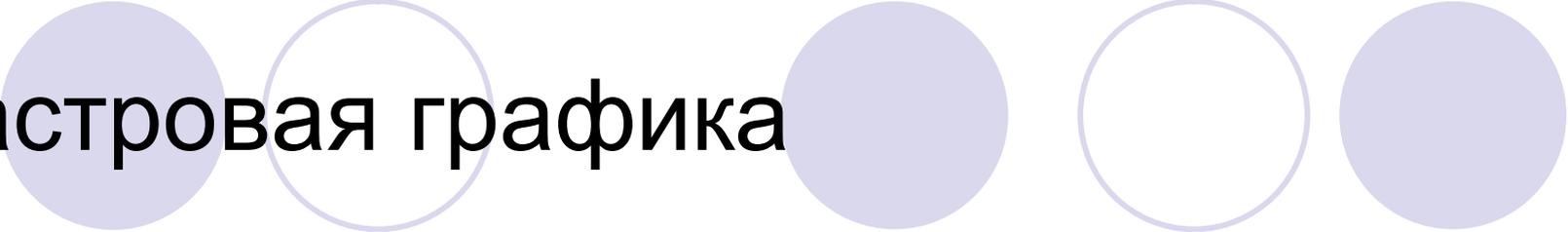
## JPEG – недостатки

JPEG малоприспособлен для сжатия чертежей, текстовой и знаковой графики, где резкий контраст между соседними пикселями приводит к появлению заметных артефактов. Такие изображения целесообразно сохранять в форматах без потерь.



Результат восстановления  
черно-белого диагонального квадрата  
соответственно по 1, 4 и 15 из 64 составляющих  
дискретного косинусного преобразования

# Растровая графика



## **JPEG – недостатки**

JPEG не подходит для многоступенчатой обработки, его следует использовать только для сохранения конечного варианта работы, потому что каждое последующее сохранение промежуточных результатов приводит к новым потерям данных.

JPEG не должен использоваться в тех случаях, когда недопустимы даже минимальные потери, напр., при сжатии астрономических или медицинских изображений.

# Растровая графика



- [https://ru.wikipedia.org/wiki/Растровая\\_графика](https://ru.wikipedia.org/wiki/Растровая_графика)
- <https://ru.wikipedia.org/wiki/BMP>
- <https://ru.wikipedia.org/wiki/GIF>
- <https://ru.wikipedia.org/wiki/PNG>
- <https://ru.wikipedia.org/wiki/JPG>
- [https://ru.wikipedia.org/wiki/Глубина\\_цвета](https://ru.wikipedia.org/wiki/Глубина_цвета)
- <https://ru.wikipedia.org/wiki/Альфа-канал>
- <https://habr.com/ru/post/468067/>