

# Color Theory

## Теория цвета и ее практическая направленность



Induction Color

# Знакомство и ожидания от модуля

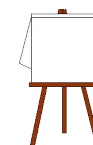


- Сколько лет работаете с ксерографическим оборудованием?
- Опыт обслуживания полноцветного оборудования
- Опыт общения с клиентом по проблемам цветопередачи на отпечатке
- Какие знания и навыки вы хотели бы получить?

## Цели модуля

- Систематизировать знания по теории цвета
- Рассмотреть цветовые модели RGB, CMYK, HSL, CIE Lab
- Обсудить особенности цифровой печати, формирования растра
- Уточнить терминологию (Density, TRC, ICC, CMS, LUT, UCR/GCR, Rendering и др.)
- Понять механизм управления цветом в цифровых аппаратах

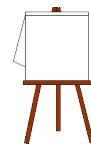
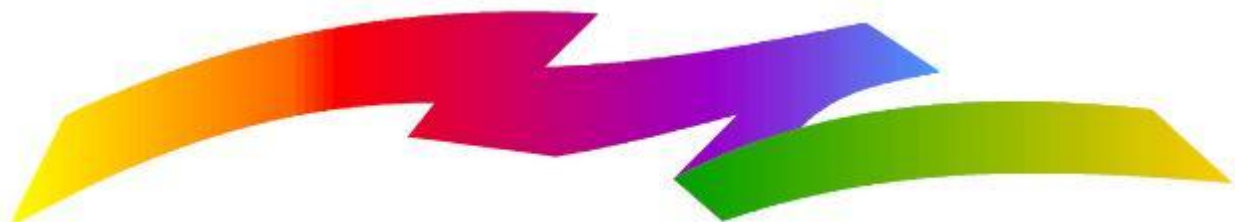
Мы живем в цветном мире...

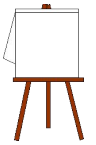
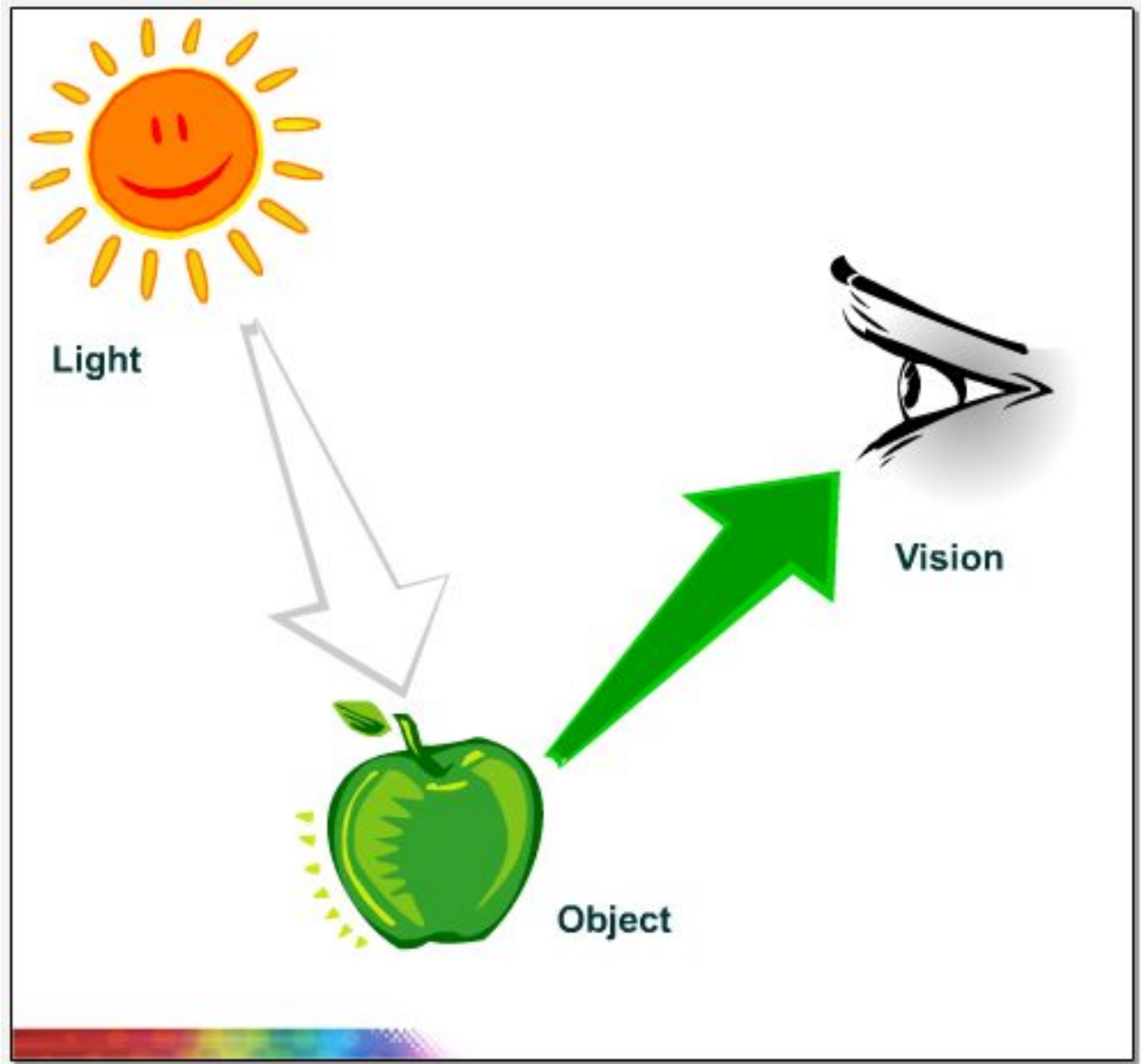




# Что такое ЦВЕТ?

# Что такое СВЕТ?



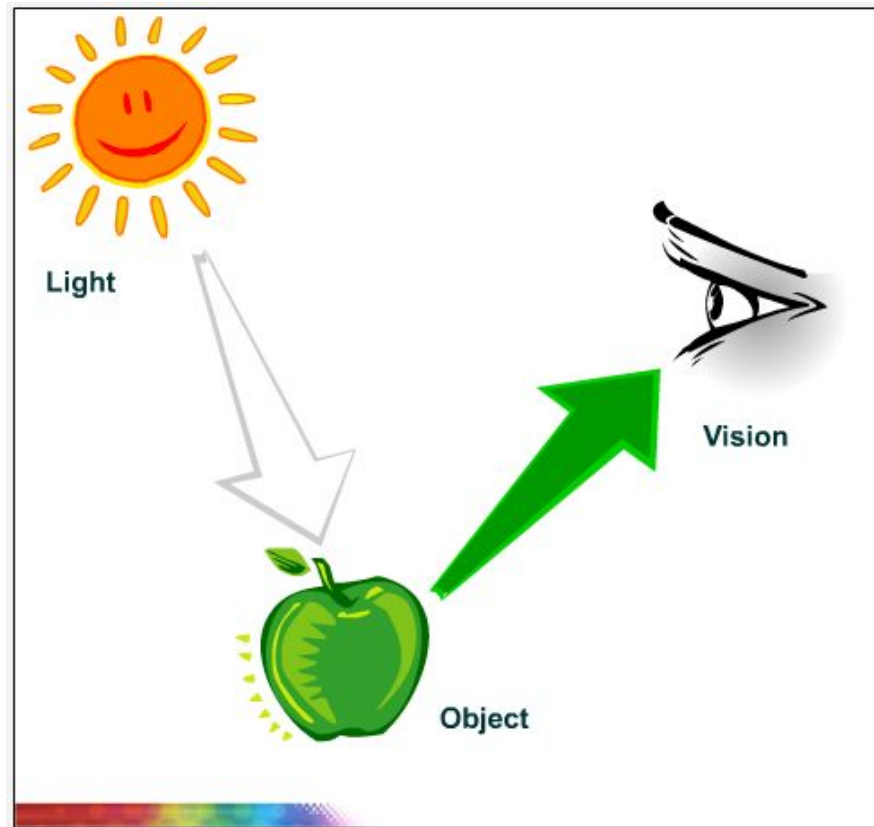


# Цветовосприятие

**Цветовосприятие** - это ощущение, формируемое зрительной системой человека как реакция на свет, достигший глаза.

При этом не важно, был ли этот свет получен непосредственно от источника света или был отраженным от наблюдаемых объектов.

Поскольку число источников света достаточно мало, чаще всего мы видим отраженный свет.



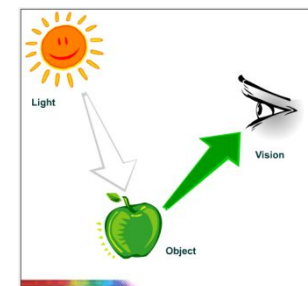
Для цветовосприятия требуется наличие трех составляющих: источник света, объект наблюдения и наблюдатель.

Если любая из трех указанных выше составляющих изменяется, то мы видим другой цвет.



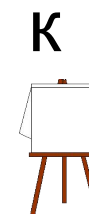
# Цветовосприятие

Интересно, что три составляющие цветовосприятия представляют три фундаментальные науки: физику, химию и биологию.



Представление о том, что такое свет, относится к физике, представление о том, как объекты изменяют свет, — к поглощению световой энергии их молекулами и атомами, а представление о физиологии зрения — к биологии.

Как видите, цвет — это сложное явление.

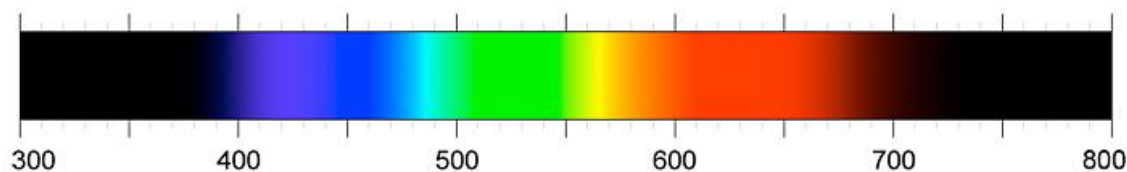


# Свет

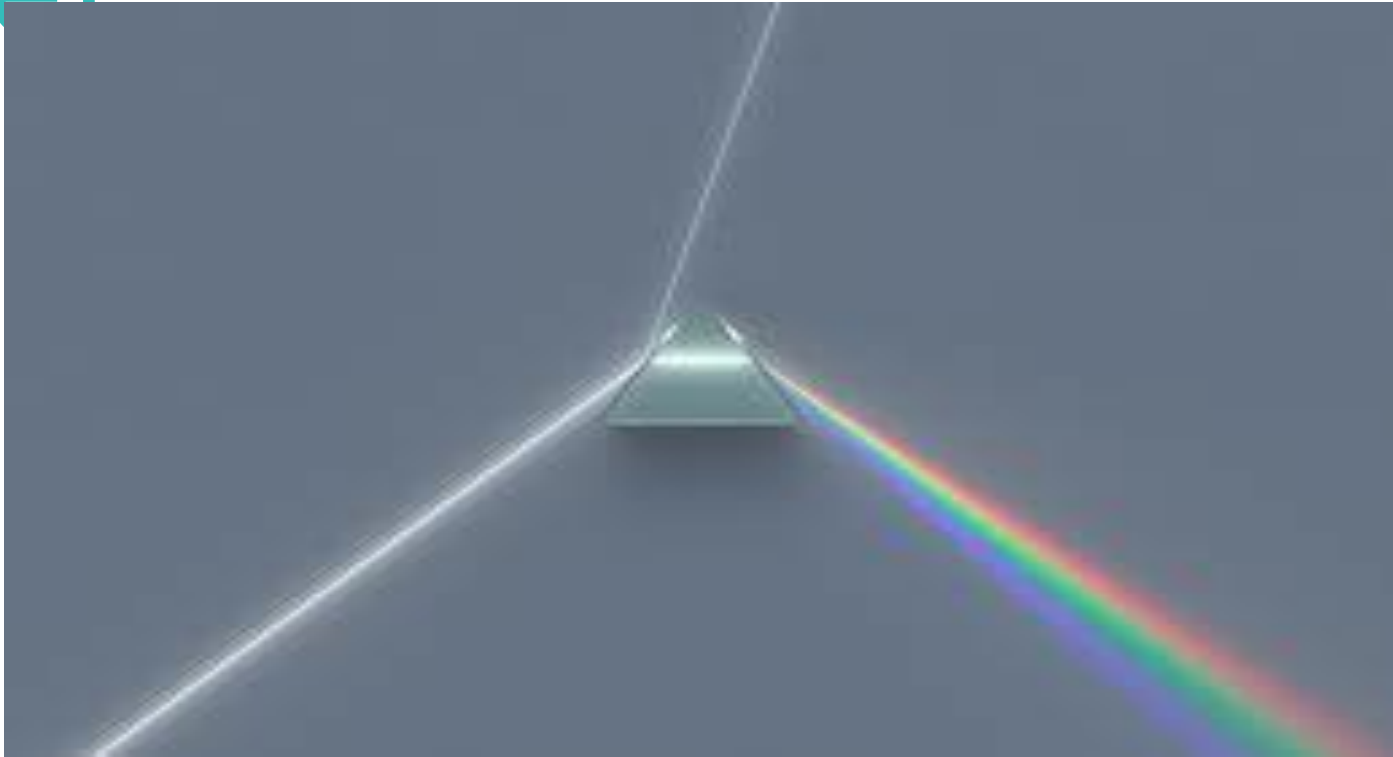
Первой составляющей цветовосприятия является СВЕТ. Без него данное событие не может состояться. Характеристики света оказывают определяющее влияние на наше восприятие цвета.

# Свет

Свет – это электромагнитное излучение волновой природы в *видимом спектре* длин волн.

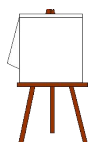
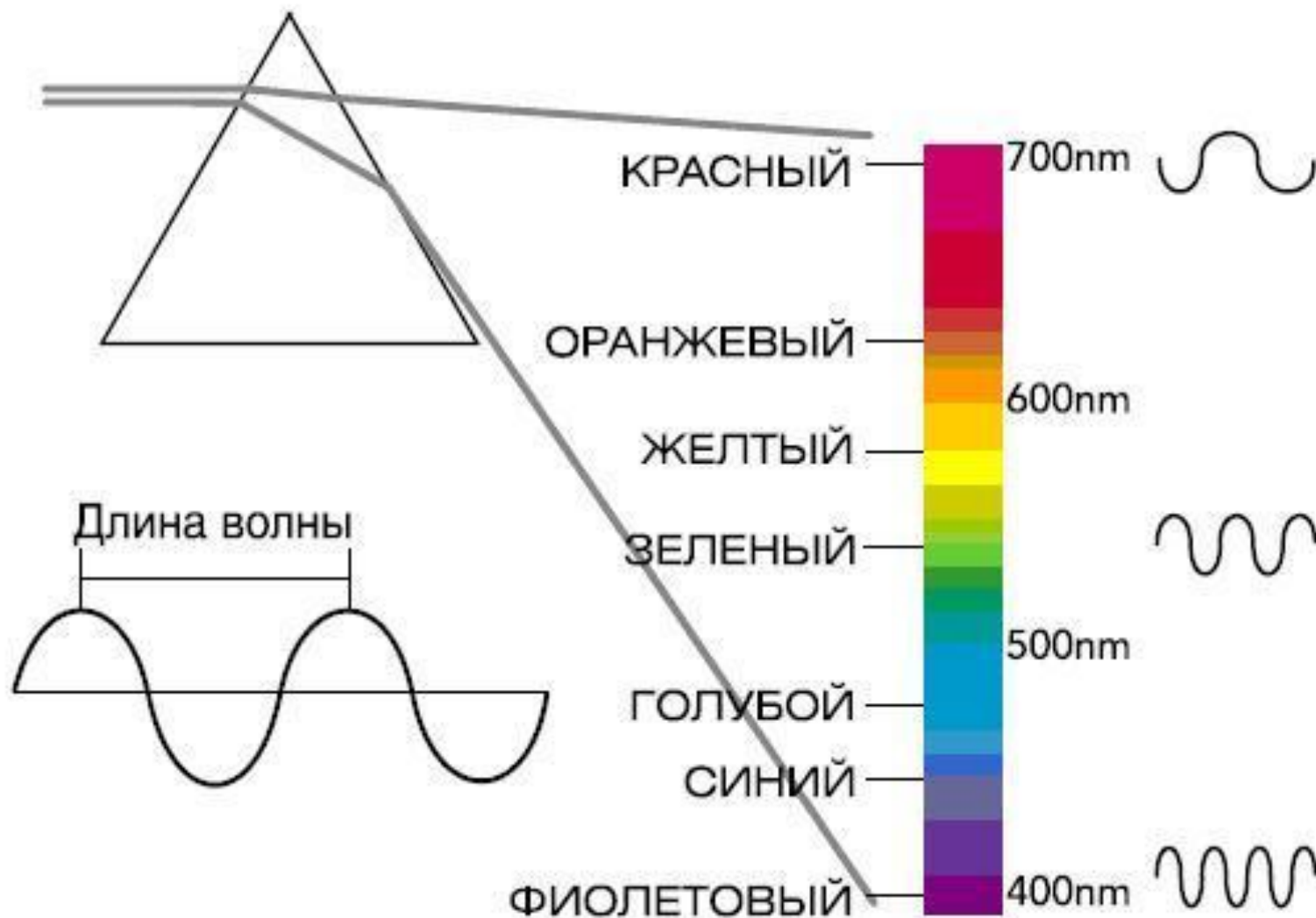


# СВЕТ



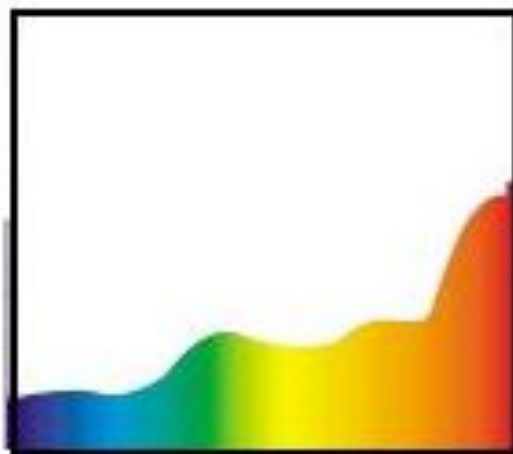
Еще Исаак Ньютон в 1666 г. открыл, что видимый белый свет состоит из совокупности разных цветов, напоминающих радугу.

# Свет



# Спектр

**Спектром** называется совокупность частот и их интенсивностей (т. е. амплитудно-частотная характеристика).



Свет, содержащий излучение только одной частоты, называется *монохромным*. Такой свет воспринимается как очень чистый цвет (например, цвета радуги).

Свет, имеющий какой-либо оттенок, называется *хроматическим*.

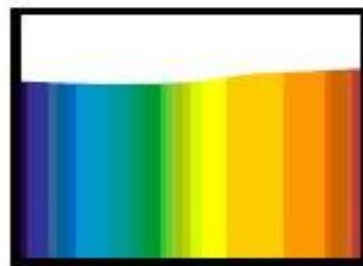


# Спектр

Если спектр излучения содержит все частоты с одинаковыми амплитудами, то он называется равномерным. Человек воспринимает равномерный спектр света в зависимости от мощности излучения как *белый – серый – черный*.



**Темно-серый**



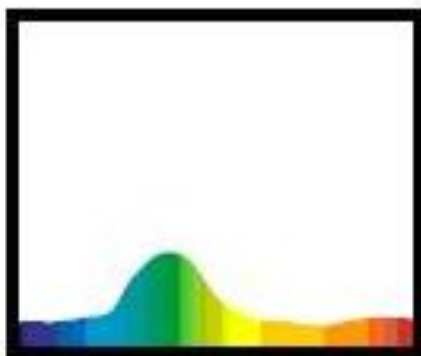
**Светло-серый**

Белый – максимум излучения, серый – средний уровень, черный – не воспринимаемый уровень излучения.

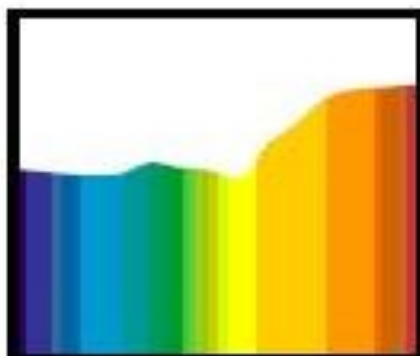
Свет такого цвета называются *ахроматическим*.

# Спектр

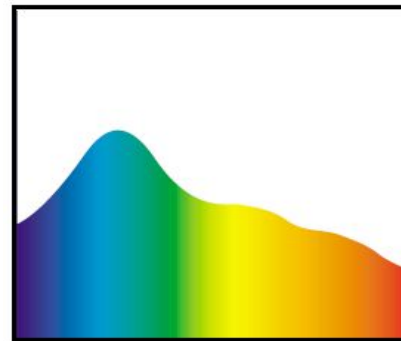
Все другие виды спектров будут иметь цветовой оттенок.



**Темно-  
зеленый**



**Светло-  
красный**

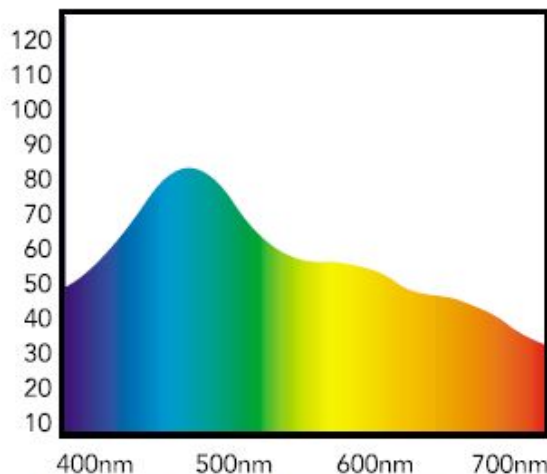


**Светло-  
синий**

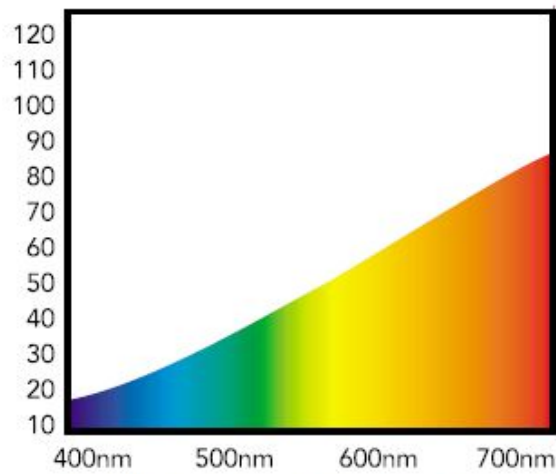
# Спектр источника света



## Спектральные кривые двух разных источников света



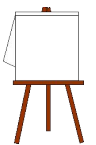
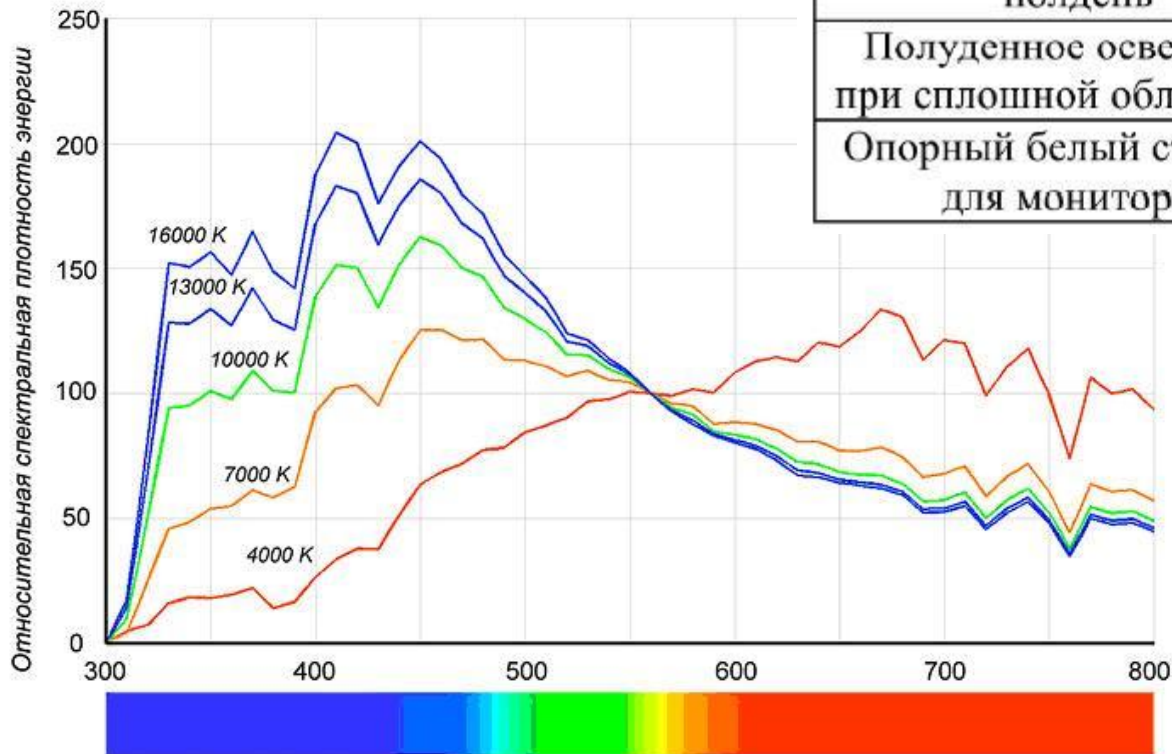
«Холодный» свет лампы дневного света



«Теплый» свет лампы накаливания

# Источники света

| Источник светового излучения                 | Цветовая температура |
|--|----------------------|
| Лампа с вольфрамовой нитью накаливания       | 2856K                |
| Солнечный свет в полдень                     | 5600K                |
| Полуденное освещение при сплошной облачности | 6300K                |
| Опорный белый стандарт для мониторов         | 6500K                |



# Источники света

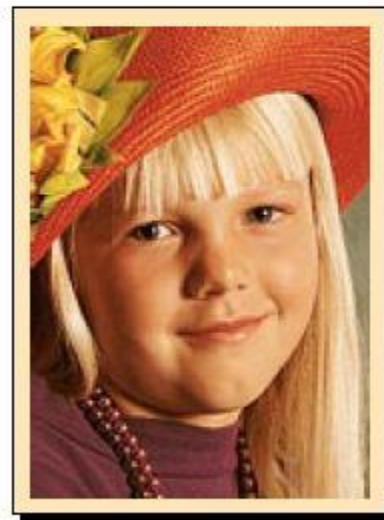
Вид изображения может изменяться в зависимости  
от **источника света**



Флюоресцентная  
лампа



Дневное  
освещение



Лампа  
накаливания

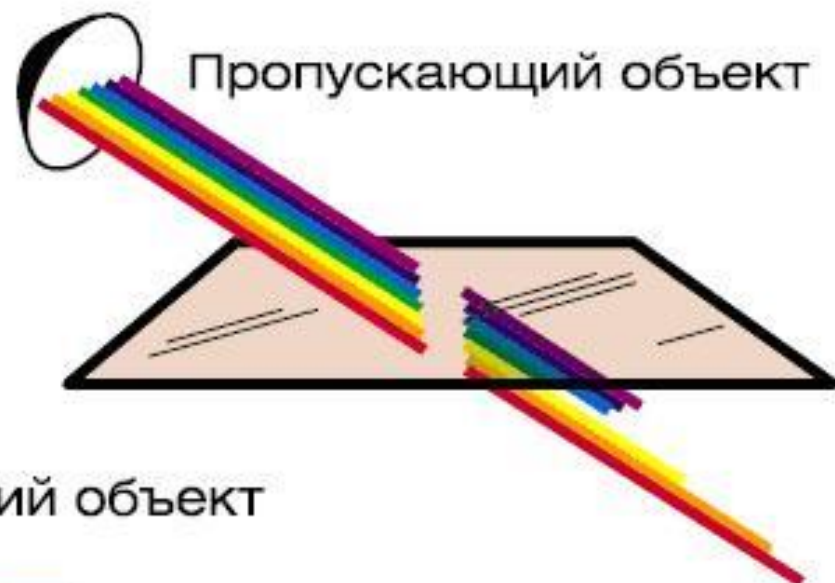
# Объект

Второй составляющей цветовосприятия является ОБЪЕКТ.

Рассмотрим взаимодействие объектов со светом и его влияние на наше восприятие цвета.



# Объект



# Объект

Какого цвета роза, когда на неё никто не смотрит?

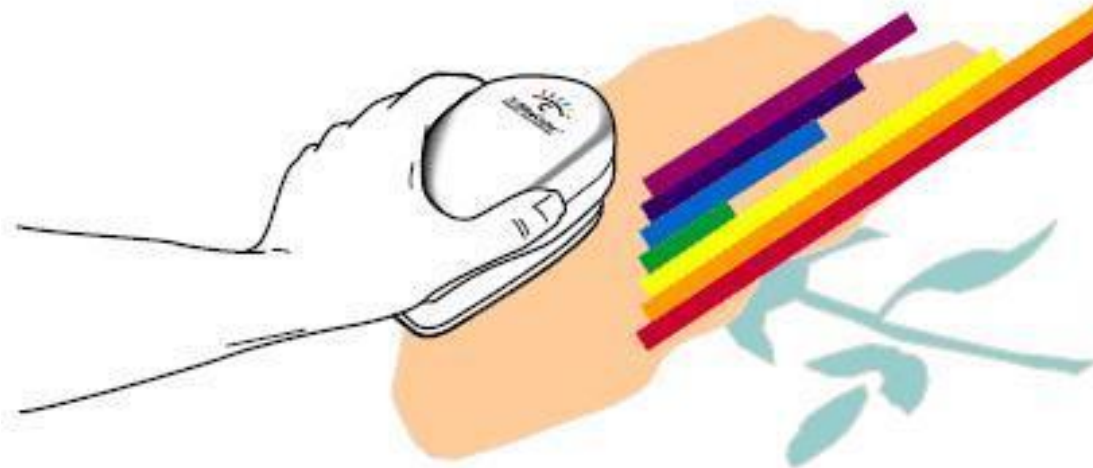


Т.о., ЦВЕТ – это не свойство света, не свойство объекта.  
Цвет возникает только в голове человека.

# Объект

Любой объект поглощает часть падающего на него света в соответствии со своей спектральной характеристикой поглощения.

Спектрофотометром можно измерить спектр света, отраженного от объекта.

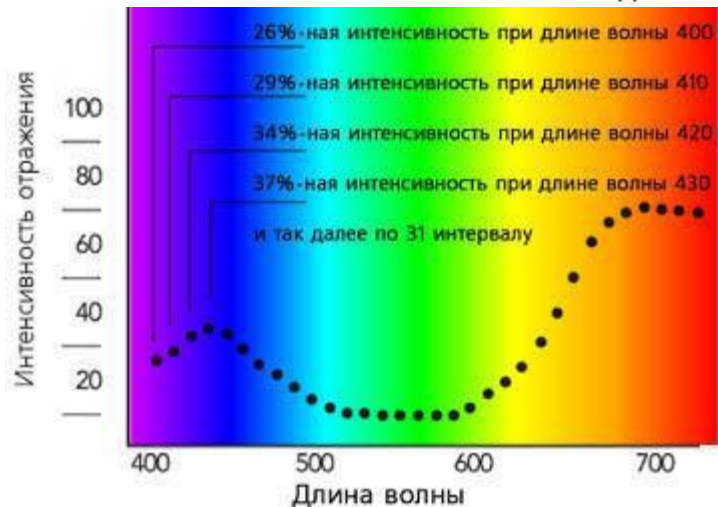
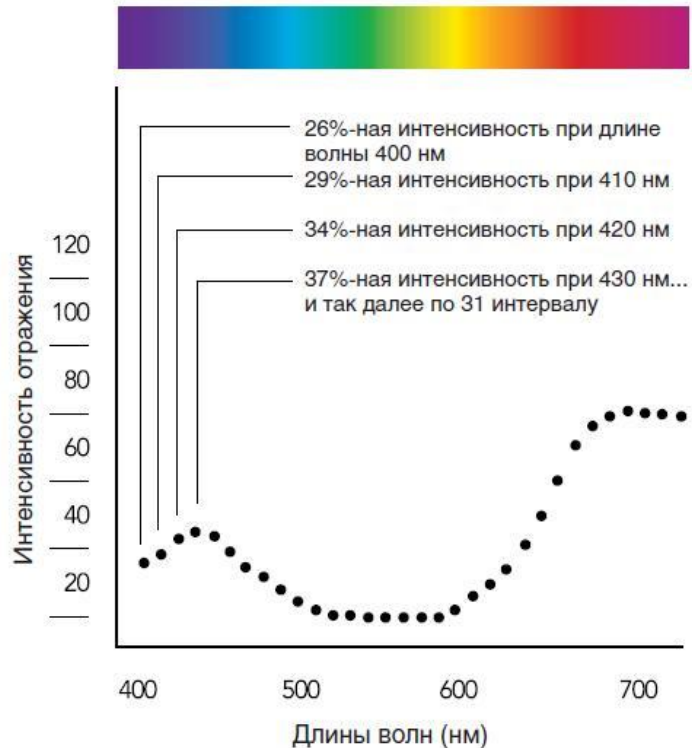


Таким образом, мы можем прибором измерить спектр светового воздействия еще до того, как оно будет воспринято наблюдателем.

# Измерение спектрофотометром

Для измерения спектральных характеристик объекта применяются **спектрофотометры**. Они измеряют спектральные свойства поверхности, т. е. количество света каждой длины волны, отражаемого или пропускаемого поверхностью.

Спектрофотометры, применяющиеся в полиграфии, обычно разделяют область видимого спектра на диапазоны шириной 10 или 20 нм, получая значения для каждого диапазона.



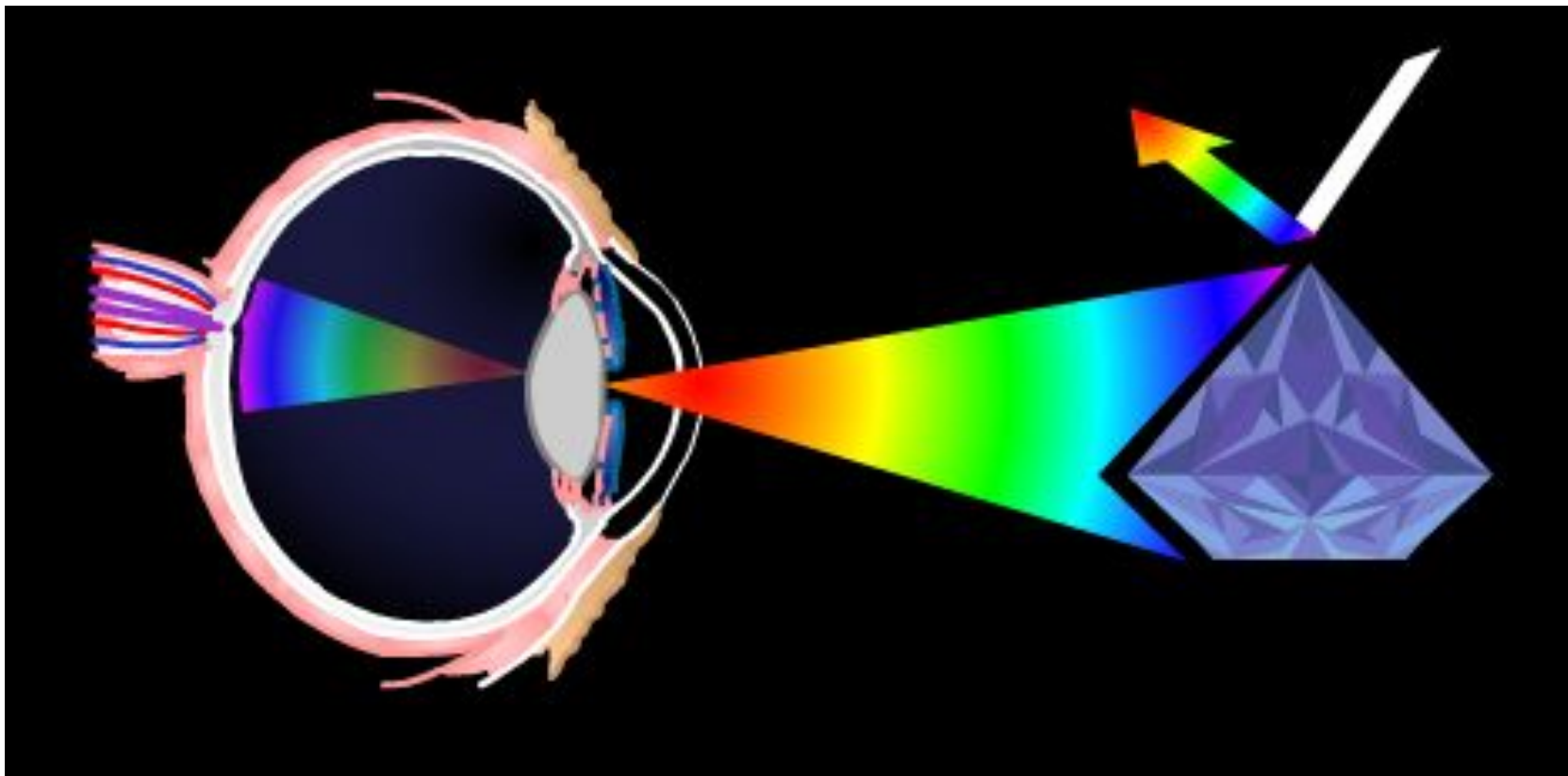
# Наблюдатель

Самой сложной из всех трех составляющих модели цветовосприятия является зрительная система наблюдателя. Зрение в такой системе начинается со структур глаза, продолжается по оптическому нерву и уходит глубоко в мозг.



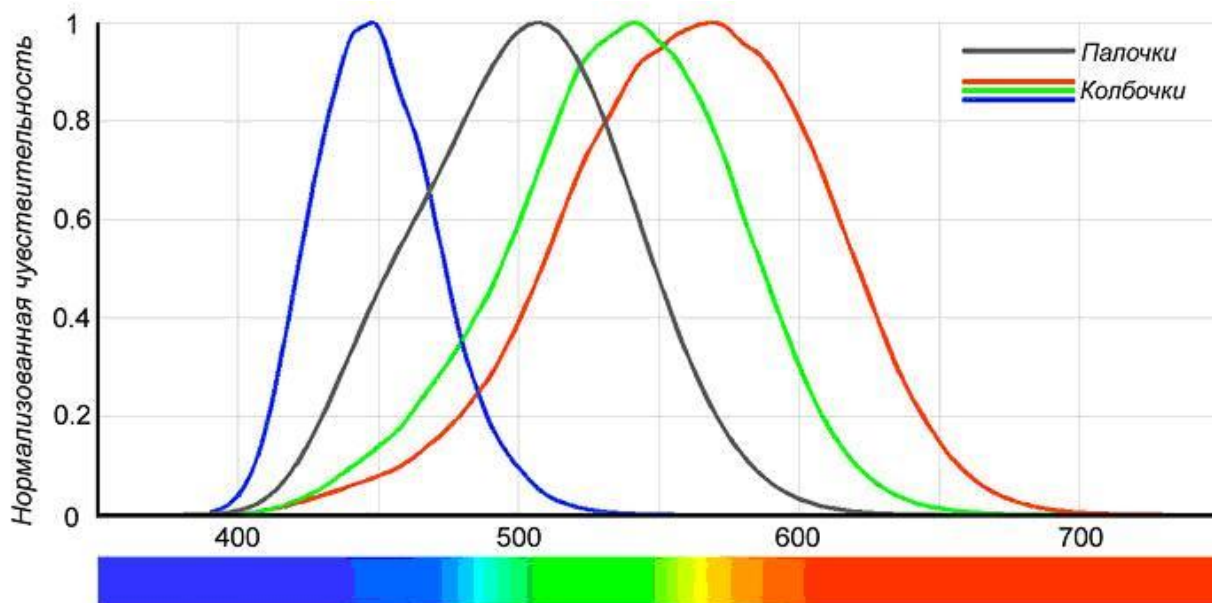
# Наблюдатель

## Структура глаза





# Наблюдатель



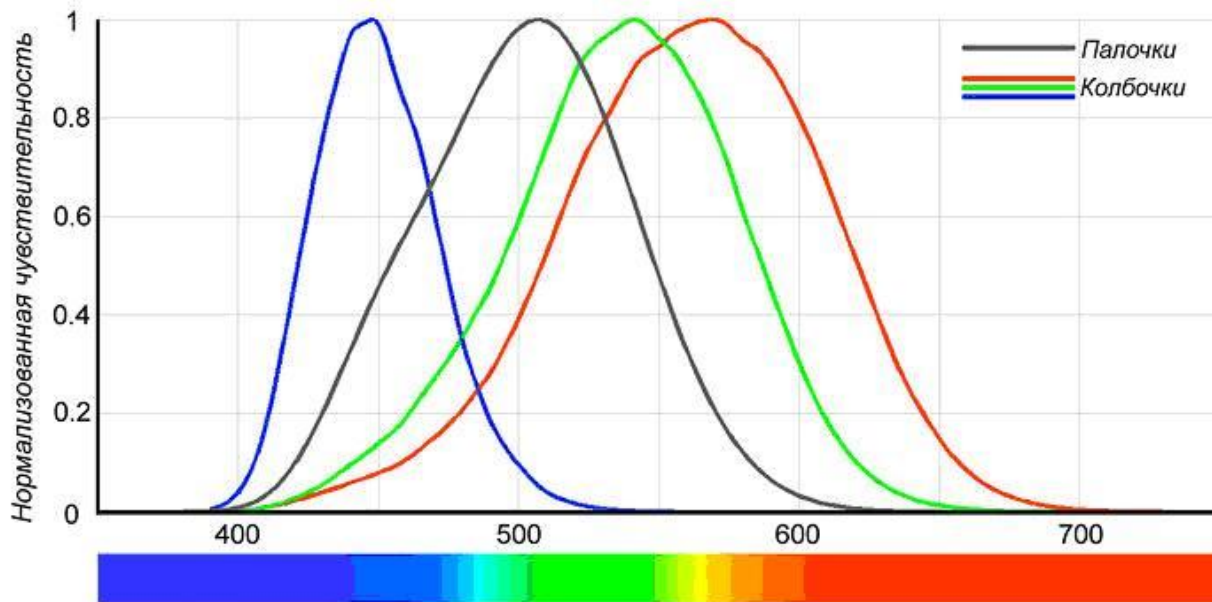
На этом рис. представлены нормированные спектральные характеристики рецепторов глаза человека.

Черная кривая отображает спектральную чувствительность палочек, а красная, зеленая и синяя – колбочек.

Сетчатка глаза содержит примерно 100 млн. палочек и 5 млн. колбочек.

В абсолютных значениях чувствительность палочек примерно вдвое превосходит максимальную чувствительность колбочек, а сами колбочки активно подстраиваются под освещение и почти никогда не обладают одинаковыми максимумами чувствительности.

# Наблюдатель



Палочки действуют в основном при слабом освещении и предоставляют информацию лишь о яркости, а колбочки, эффективно действующие только при достаточно ярком свете, позволяют глазу различать цвета.

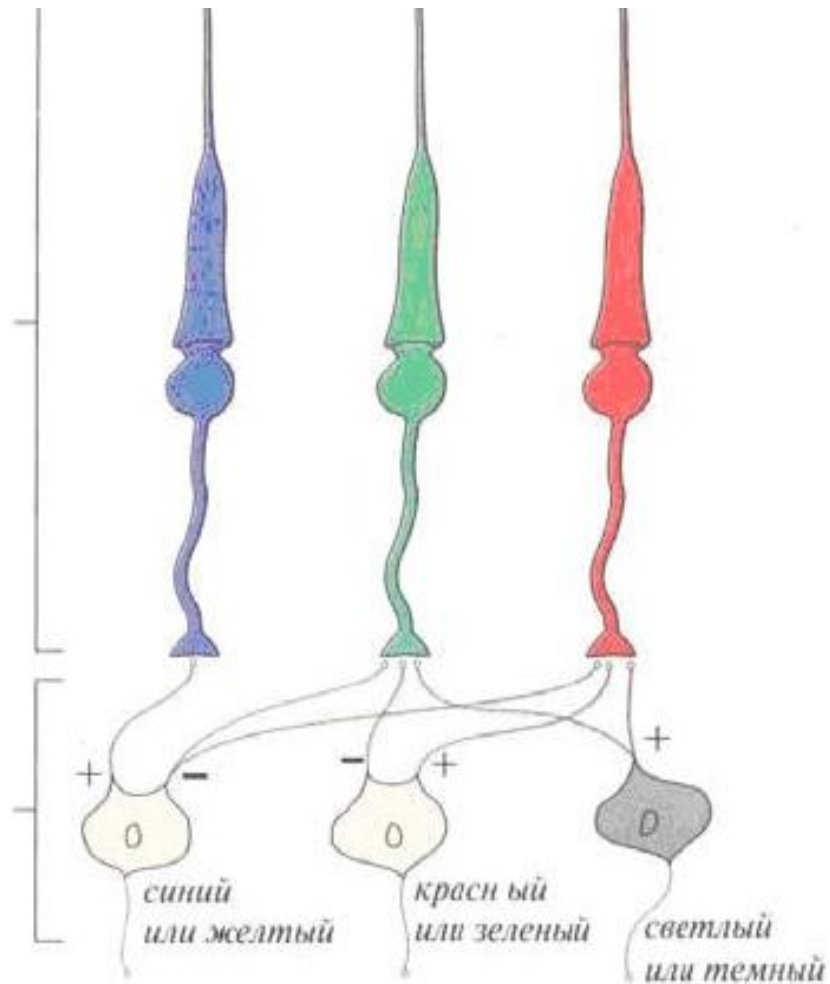
Таким образом, ночью все кошки действительно становятся серыми, при слабой освещенности работают только палочки, а т.к. их всего один тип, то изображение монохромное, т.е. различаем мы лишь яркость.

Обратите внимание на то, что колбочек три типа, и на выходе в оптическом нерве три типа сигналов. Это объясняет, почему все системы цвета трехмерны.

# Наблюдатель Колбочки

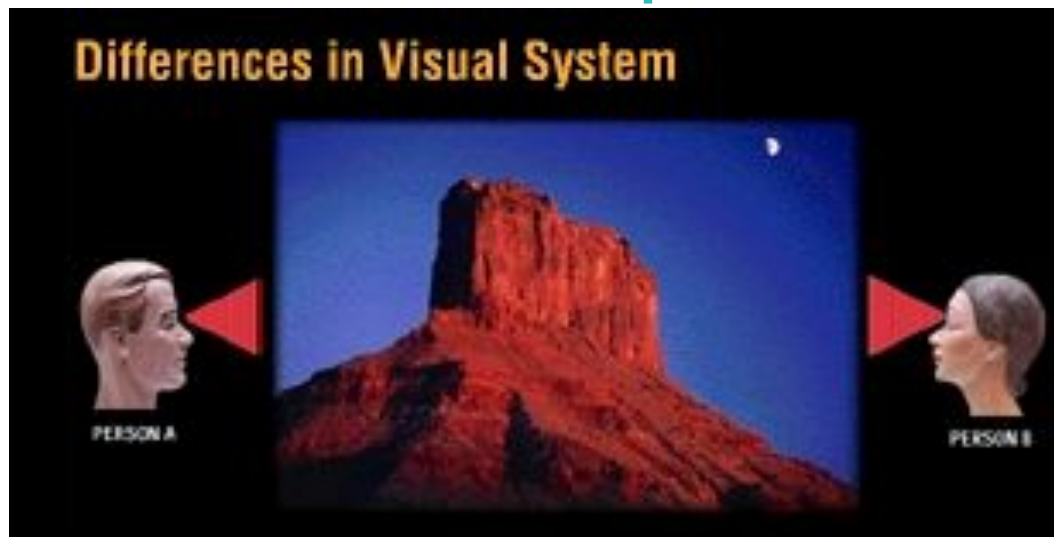
*Первая зона (или ступень):  
слой сетчатки с тремя  
независимыми видами  
колбочек*

*Вторая зона (или ступень):  
сигналы от колбочек возбуждают  
или блокируют второй слой  
нейронов, формируя  
противоположные сигналы*



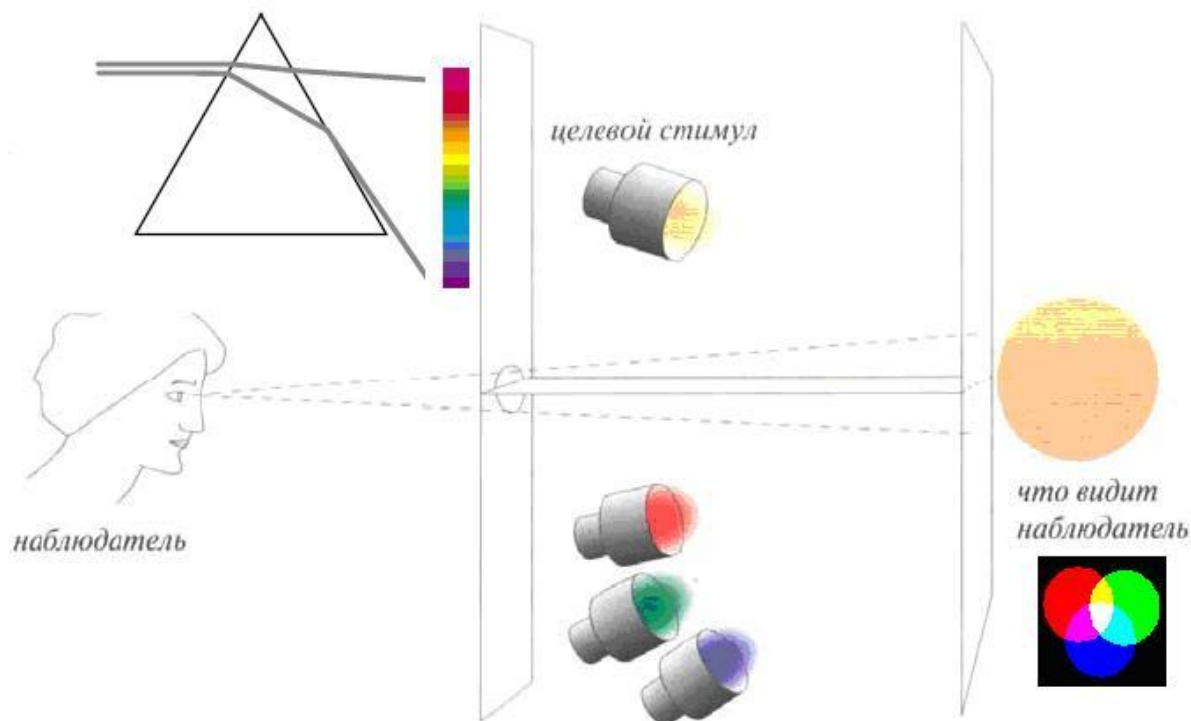
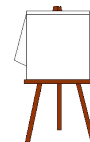
# Наблюдатель

## Физиология цветовосприятия



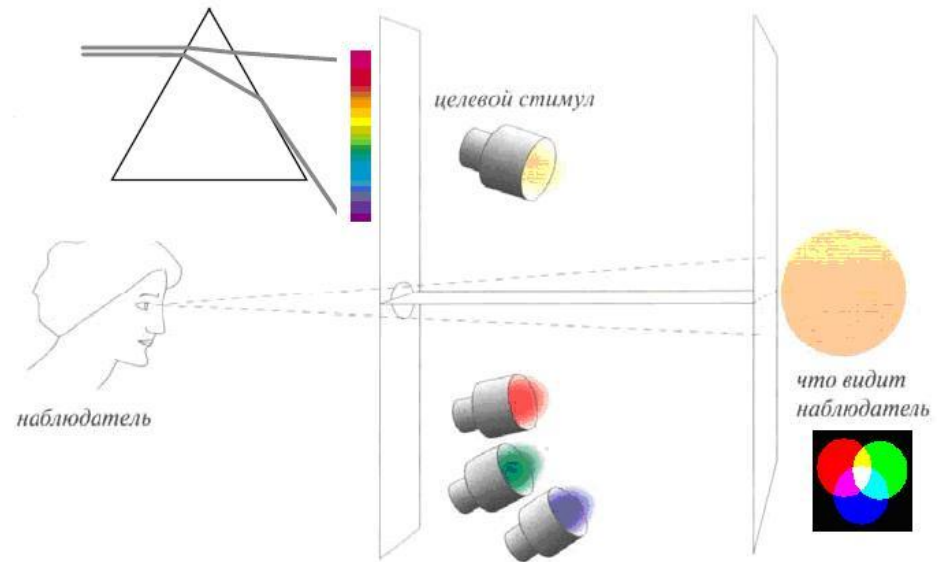
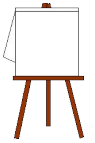
# Физиология цветовосприятия

## Эксперимент СIE в 1921 г.



Пропустили белый свет через призму, которая разложила его на составляющие по длинам волн спектра. Из полученного спектра выделяли узкоспектральную полосу. Взяли трехстимульную систему раздражителей RGB. Открытие состояло в том, что для стандартного наблюдателя разные комбинации RGB вызывают одинаковые цветовые ощущения со светом определенной длины волны.

# Физиология цветовосприятия



Узкоспектральный свет и комбинированный свет от RGB источников проецировали на экран. Наблюдатель изменял интенсивности RGB источников, пока цвета на экране не совпадали.

Эксперимент показал, что для усредненного «стандартного» наблюдателя свет определенной длины волны вызывает одинаковые цветовые ощущения с определенной комбинацией RGB.

При этом спектральный состав сравниваемых излучений различный.

## Два замечательных вывода по результатам эксперимента CIE:

1. Мы не можем измерить цветовые ощущения человека на свет конкретного спектра, но можем измерить для «стандартного» наблюдателя значения «раздражителей» в RGB, соответствующих этому спектру.
2. Зрение человека **МЕТАМЕРНО**, т.е. разные спектры света могут вызывать одинаковые цветовые ощущения.



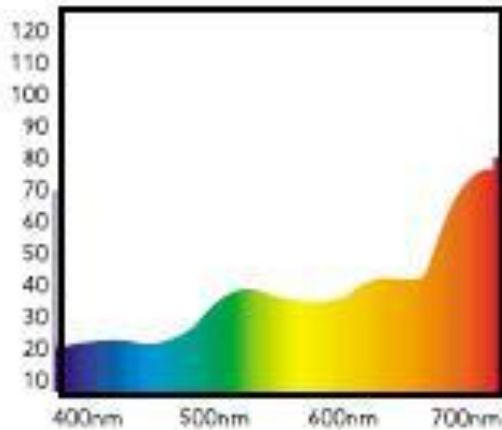
# Метамерия

Объекты с разными спектральными характеристиками поглощения называются **метамерными**, если они могут восприниматься то одинакового цвета, то разного.

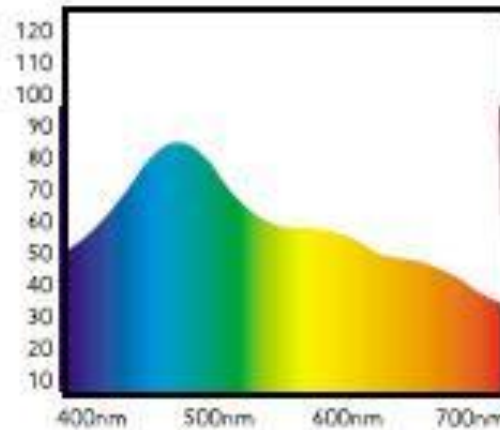
Это определяется освещением, при котором объекты рассматриваются.

При разных условиях освещения или разных наблюдателях оба образца цвета могут и не совпадать.

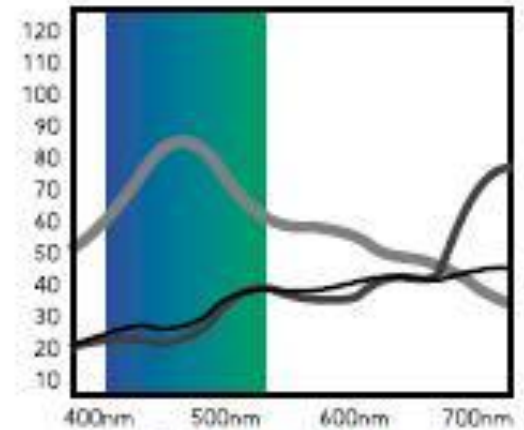
# Метамерия



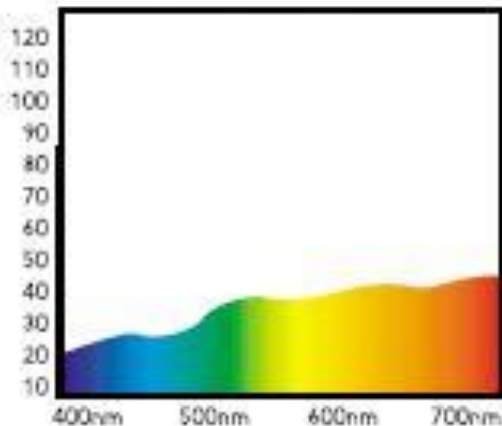
Спектр образца №1



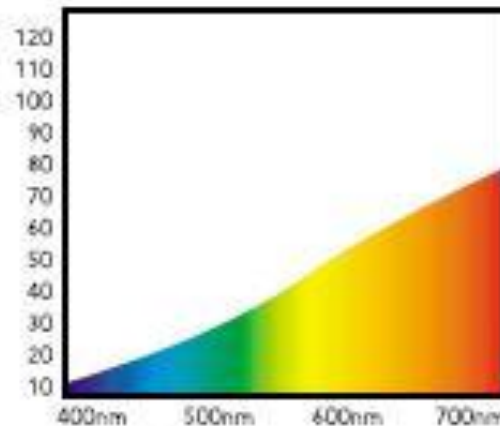
Спектр дневного света



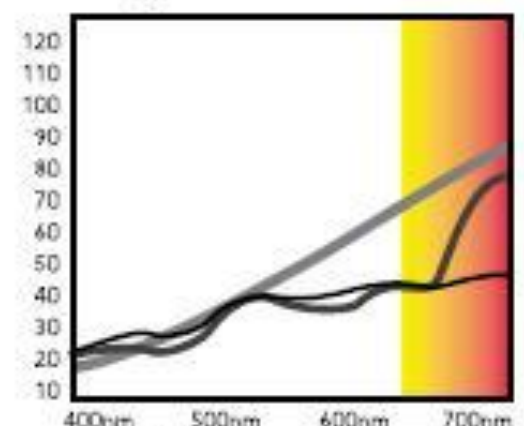
Образцы при  
дневном свете



Спектр образца №2

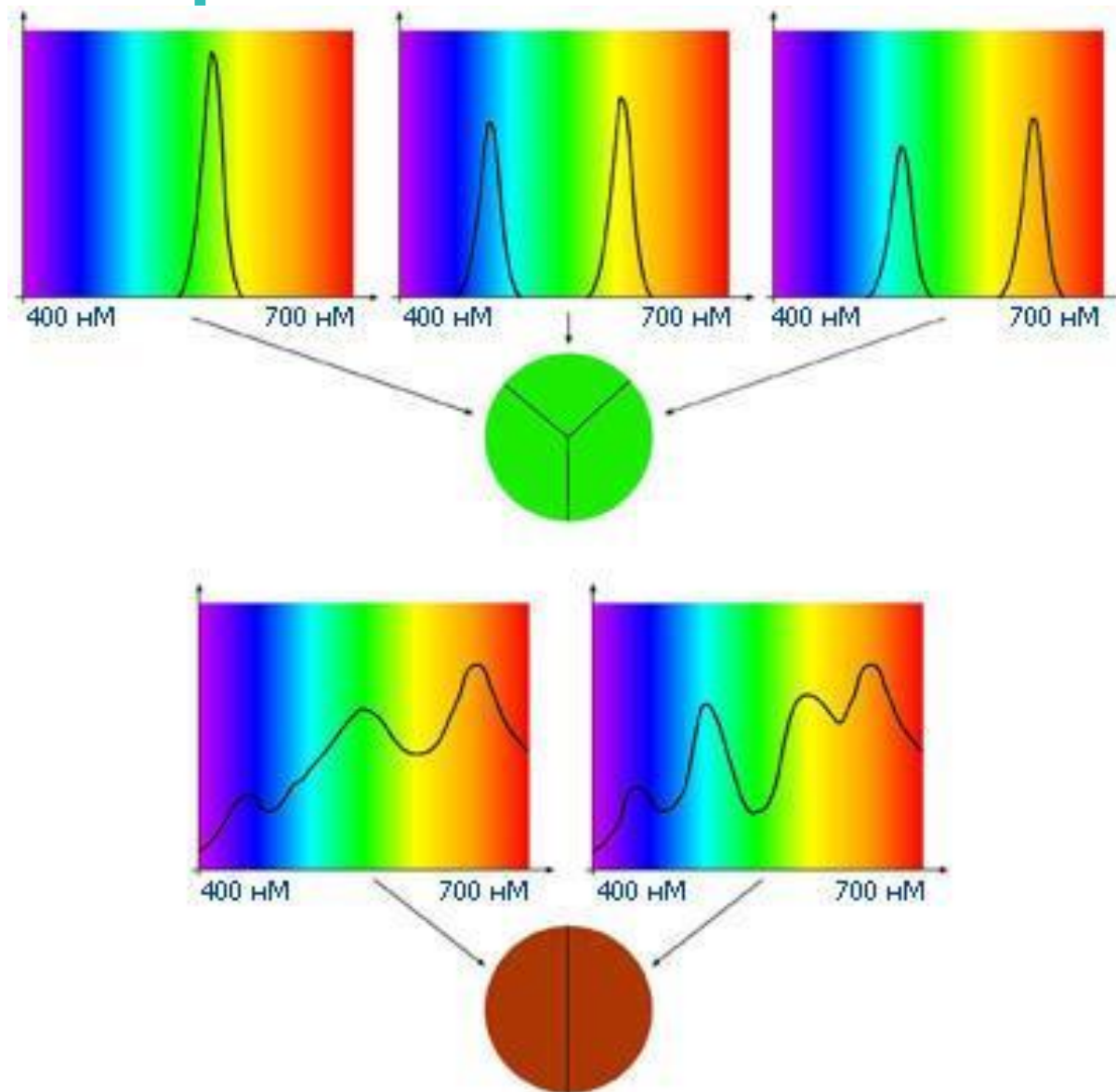


Спектр света  
лампы накаливания



Образцы при свете  
лампы накаливания

# Метамерия



# Метамерия

Для управления цветом важен тот факт, что воспроизведение цвета оказывается вообще возможным благодаря именно метамерии.

Так например, метамерия позволяет отображать желтые или телесные оттенки на компьютерном мониторе без применения специального люминофора желтого или телесного цвета.

Она дает также возможность воспроизводить зеленую окраску хлорофилла (пигмента большинства растений) без соответствующей краски или даже вообще без зеленой краски!

# Материал печати

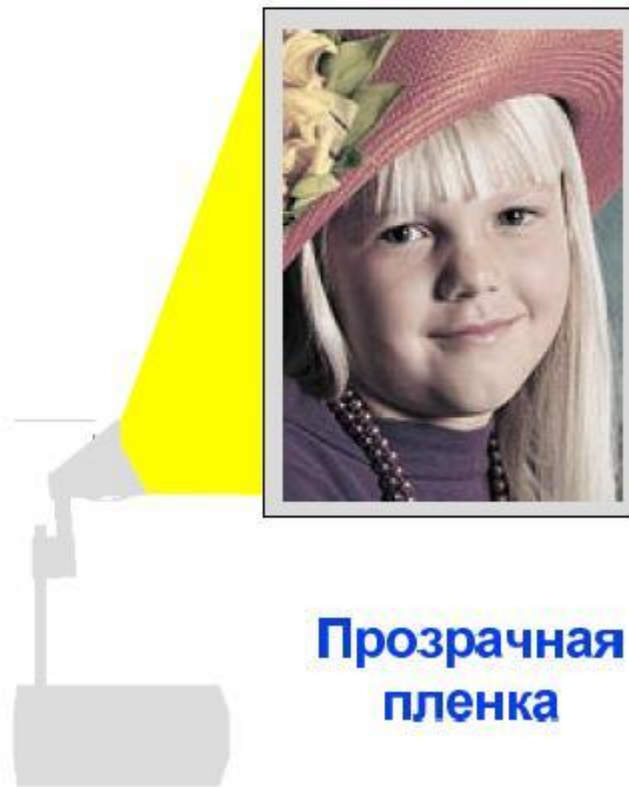
- Вид изображения может меняться в зависимости от **материала**



Белая  
бумага с  
покрытием



Газетная  
бумага



Прозрачная  
пленка

# Цвет – это ощущение

ЦВЕТ – это ощущение, возникающее у человека как реакция его зрительной системы на свет определенного спектра, попавшего в его глаз.

С точки зрения физики и физиологии у источника излучения и объекта цвета нет, цвет – это ощущение в голове наблюдателя.

Там где ЦВЕТ – одни ощущения и эмоции.

Там где СВЕТ – измерения и технологии.

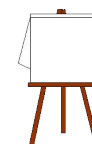
# Измерение цвета



## Мы можем измерить свет, но не цвет

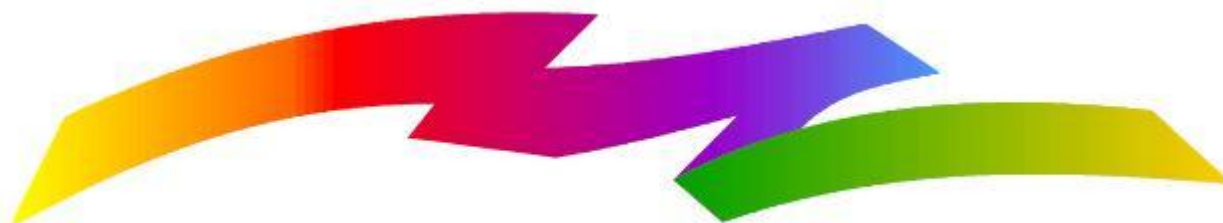
Фраза "измерение цвета" по сути своей неверная. Как упоминалось выше, цвет представляет собой некоторое событие с тремя составляющими: источником света, объектом и наблюдателем, однако сам цвет фактически возникает лишь в воображении наблюдателя. Пока что существует лишь возможность измерить возбуждающее воздействие, или стимул, т. е. свет, попадающий в глаз наблюдателя и создающий восприятие цвета.

- **Денситометры** — измеряют оптическую плотность, т. е. способность отражающих поверхностей отражать свет, а прозрачных поверхностей — пропускать его.
- **Колориметры** — измеряют колориметрические величины, т.е. количество света в областях R, G и B отраженного света, моделирующие реакцию колбочек человеческого глаза на свет.
- **Спектрофотометры** — измеряют спектральные свойства поверхности, т. е. количество света каждой длины волны, отражаемого или пропускаемого поверхностью.

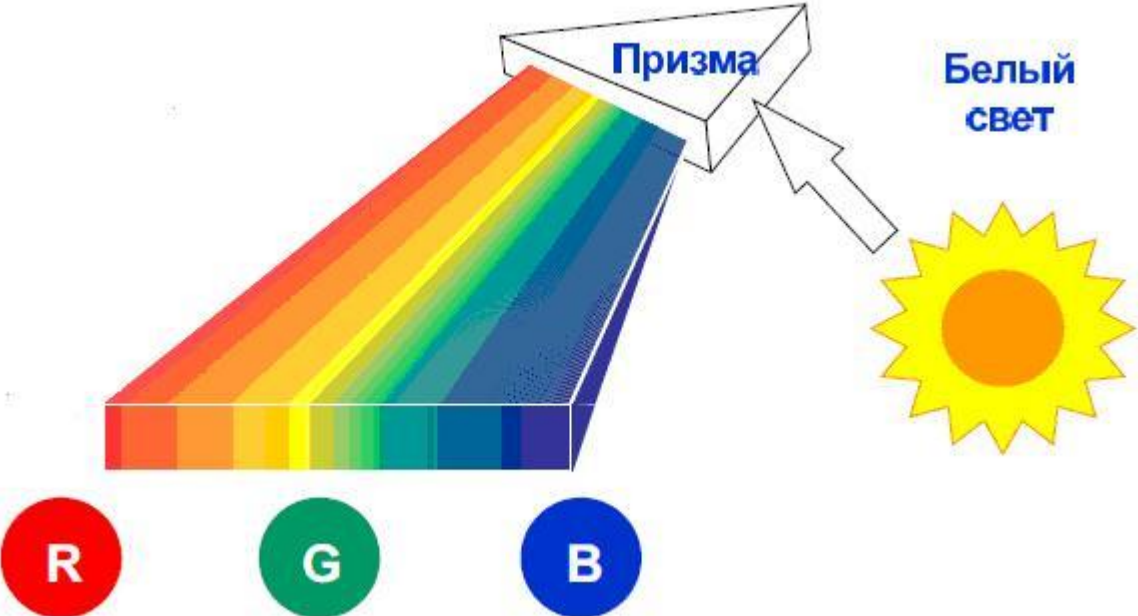




# Модель RGB

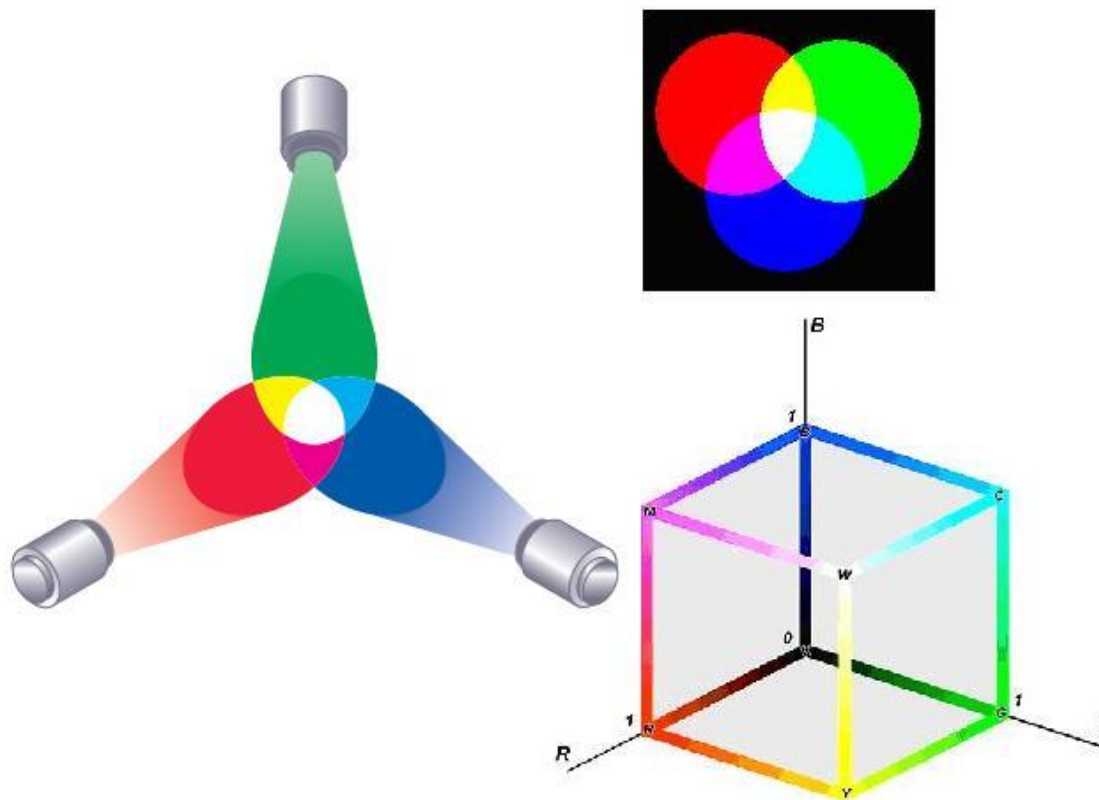


# RGB



# RGB

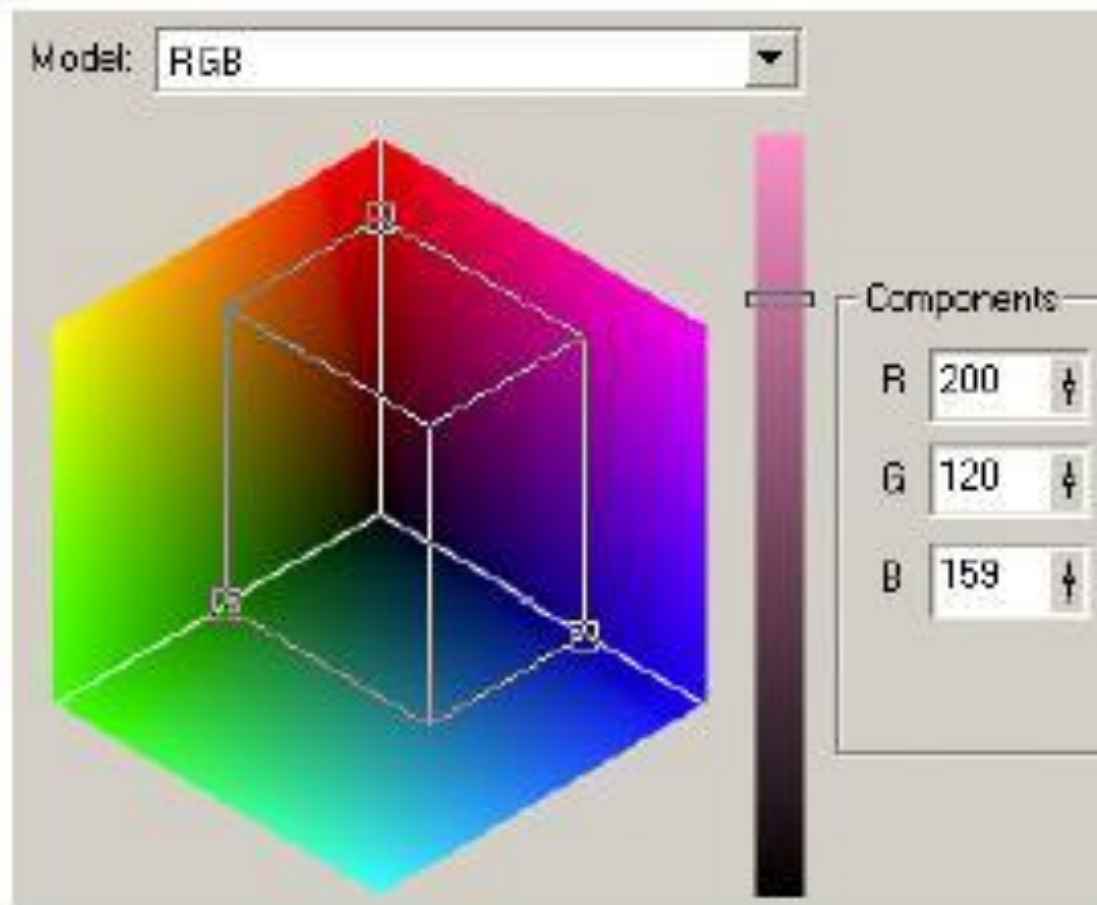
## Аддитивная цветовая модель RGB



Цветовая система CIE RGB дала теоретическое обоснование для создания многих новых направлений в технике и повседневной жизни.

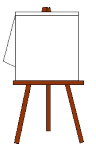
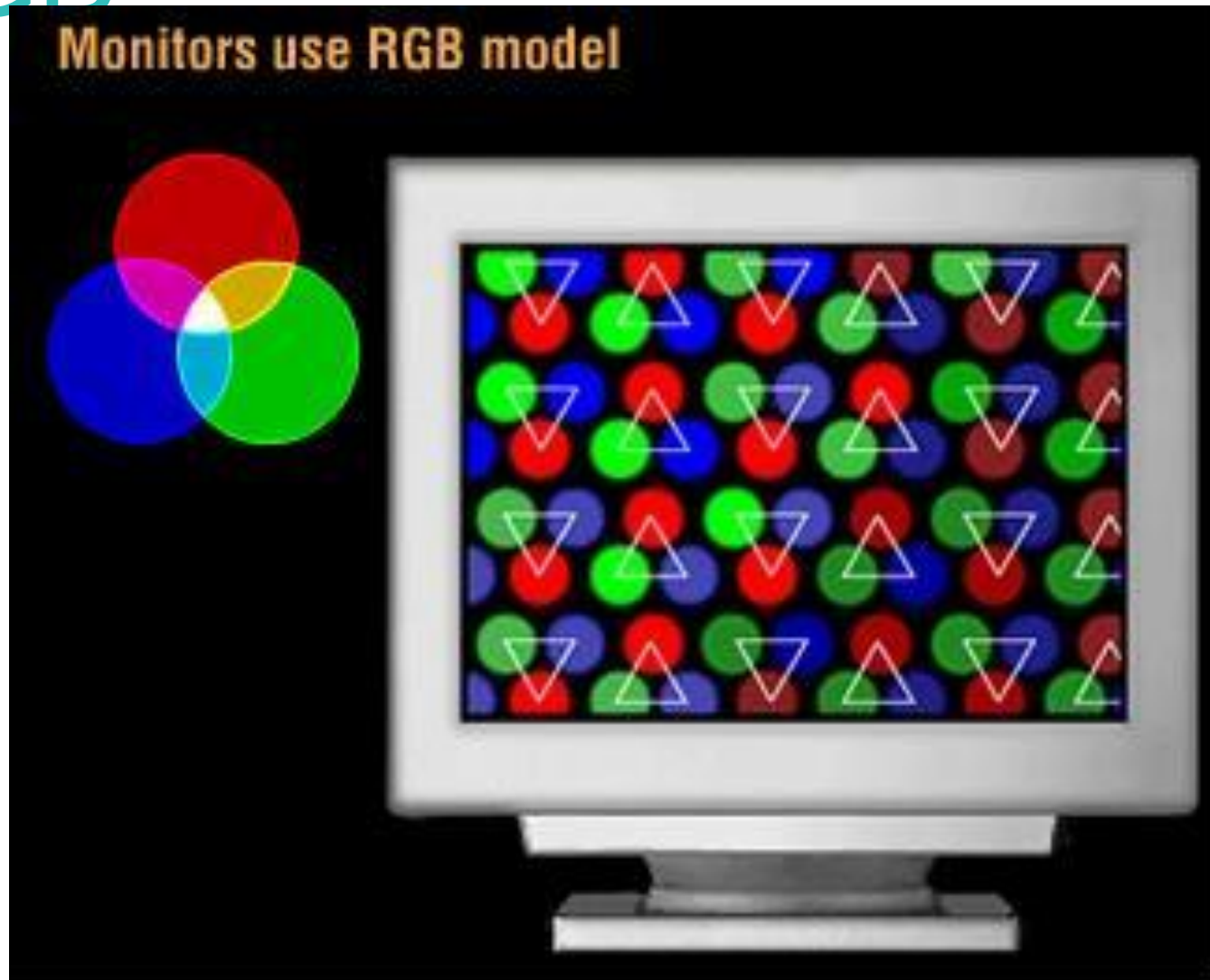
**Аддитивный синтез цвета** - воспроизведение цвета в результате оптического смешения **излучений** базовых цветов (красного, зелёного и синего - R, G, B).

# RGB



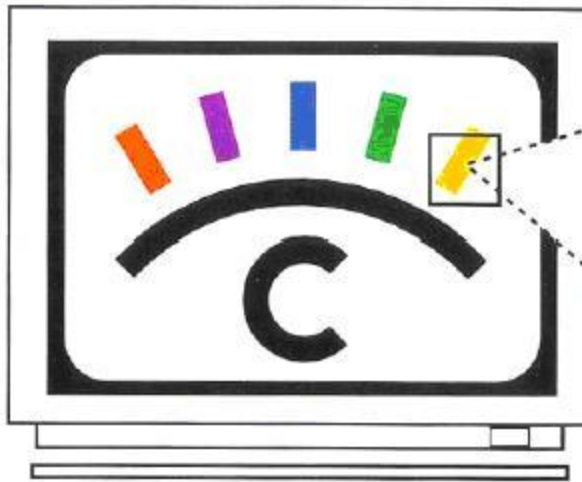
Любой воспринимаемый человеком цвет в этой трехмерной модели можно отобразить числовыми значениями трех составляющих R,G,B в диапазоне от 0 до 255. Выбор именно этих значений обусловлен удобством расчетов в виде байта информации.

# RGB



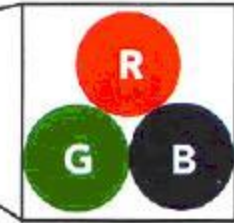
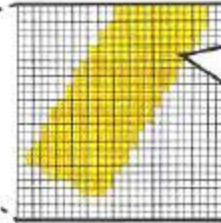


# RGB



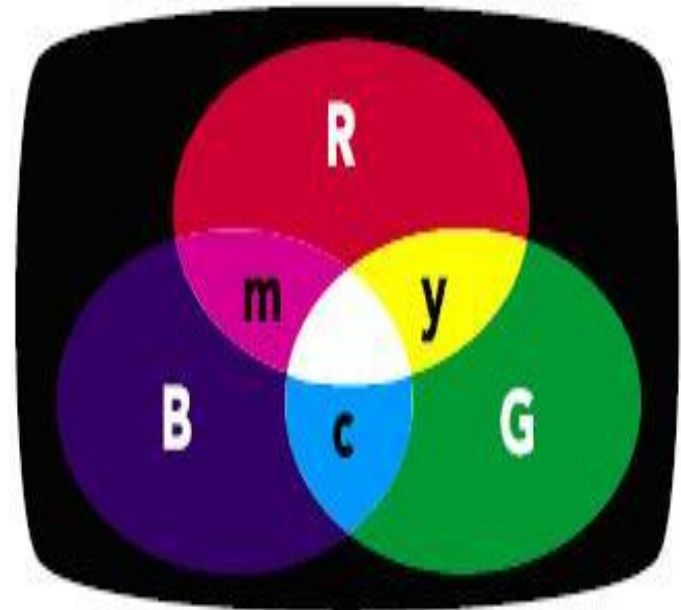
Экран покрыт микроскопическими пикселями (элементами изображения).

Каждый пиксел содержит люминофоры RGB.



R: 255  
G: 143  
B: 5

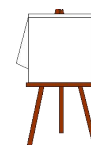
Под воздействием электронов люминофоры заряжаются с различной разностью потенциалов и порождают различные цвета.



# RGB

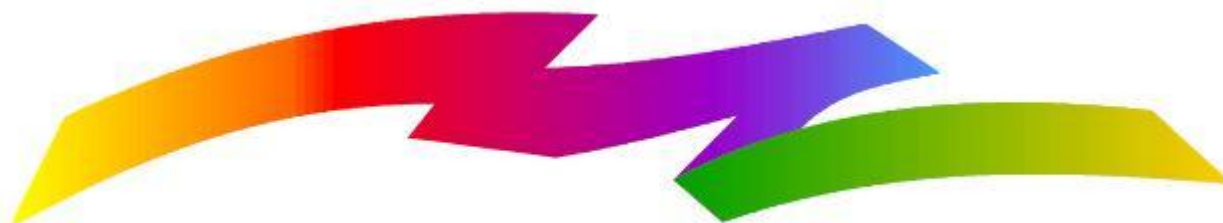
Аппаратно-зависимые цветовые пространства RGB

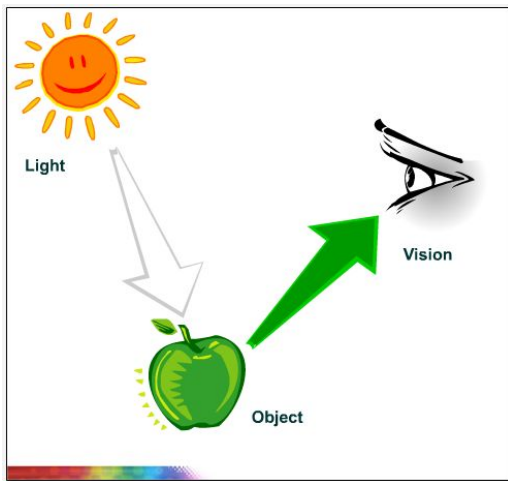
- **sRGB, AppleRGB** - усредненные мониторы PC и MAC.
- **AdobeRGB** – большой цветовой охват.



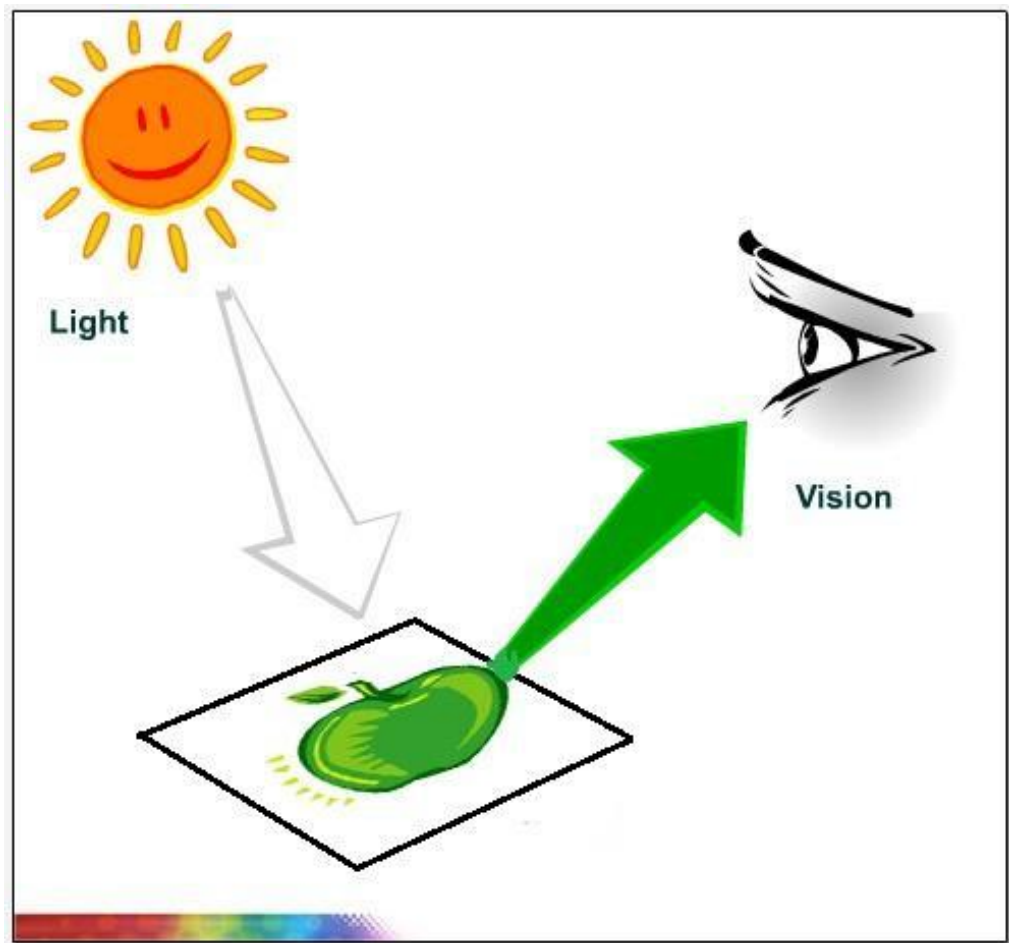


# Модель CMY (CMYK)



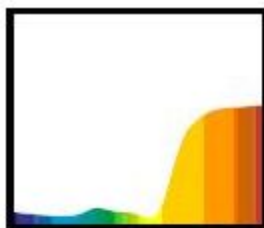


Теперь попробуем напечатать на бумаге изображение зеленого яблока.

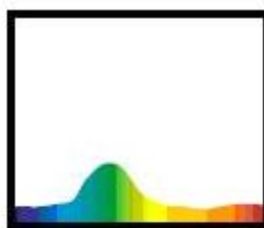


Цветовая модель СМУ поможет нам разобраться в идее технологического процесса печати. При этом желательно, чтобы цветовосприятие человеком реального объекта (зеленого яблока) и его репродукции на бумаге не сильно отличались. Вот такая стоит перед нами непростая задача.

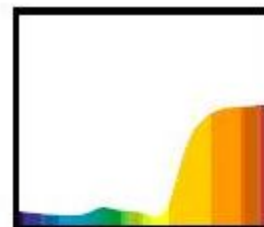
# О происхождении СМУ



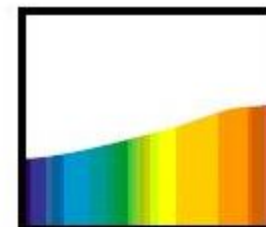
**Ярко-красный**



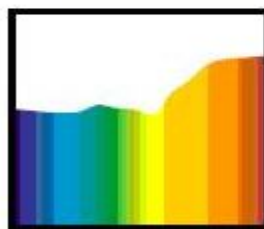
**Темно-зеленый**



**Ярко-красный**



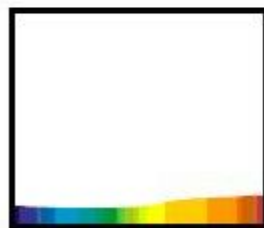
**Грязно-красный**



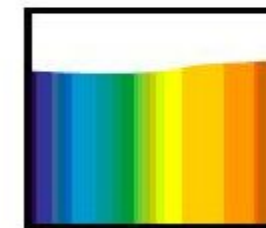
**Светло-красный**



**Темно-красный**



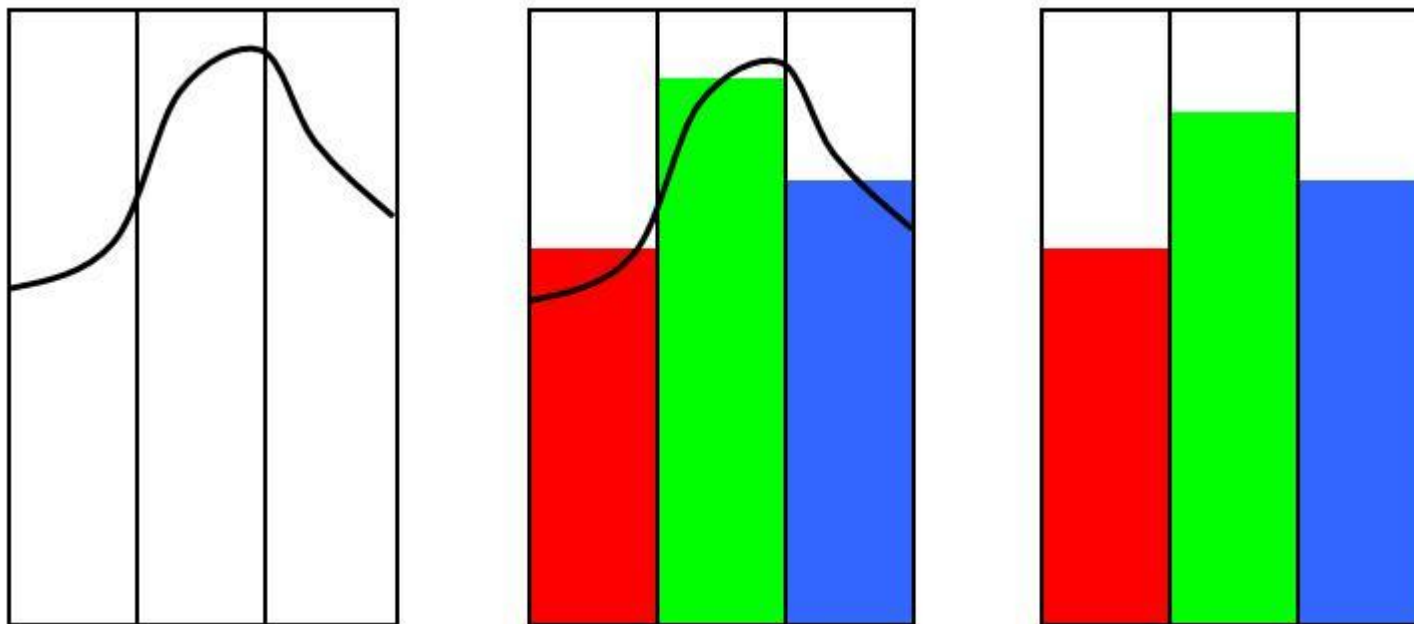
**Темно-серый**



**Светло-серый**

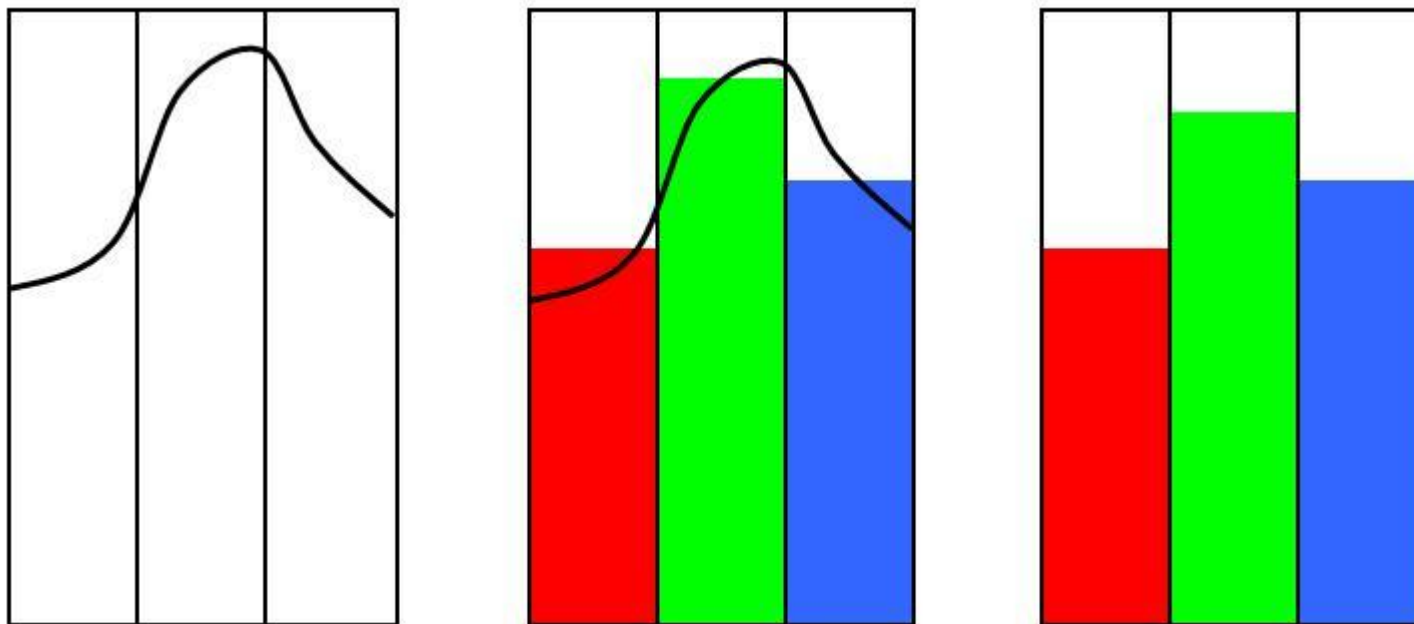
Человек видит света с различными спектрами как разные цвета.

# О происхождении СМУ



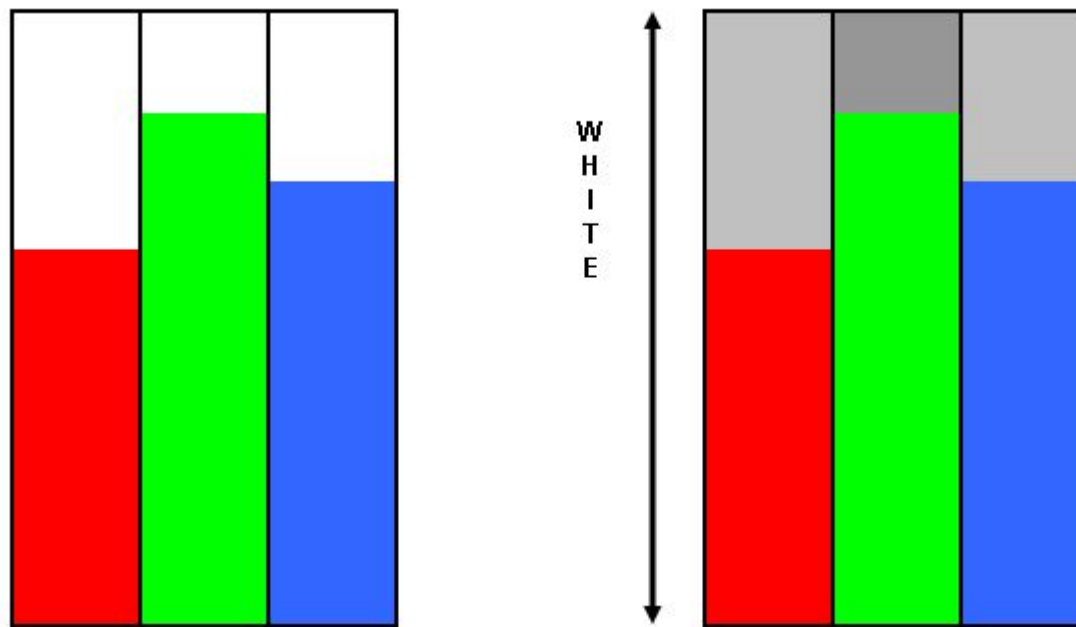
Допустим, мы имеем спектр света, отраженного от конкретного объекта. Спектральная кривая имеет форму, показанную на рис. слева. Благодаря метамерии мы можем «обмануть» зрение человека, заменив спектральную кривую комбинацией интегральных составляющих R,G,B.

# О происхождении СМУ



Теперь необходимо воспроизвести в голове наблюдателя нужный цвет. Для монитора данная задача легко решается, потому что мы можем изменять интенсивность свечения R,G,B люминофоров в требуемой комбинации мощностей по каждому каналу.

# О происхождении CMY



Сложнее с печатью, когда на бумагу наносим краски или тонер. Они не «энергетические» и не могут излучать в RGB.

Для того, чтобы от бумаги отразилось желаемое R,G,B, необходимо в красном, зеленом и синем каналах поглотить часть энергии освещения, чтобы оставшаяся часть соответствовала желаемому R,G,B, т.е. Цвету.

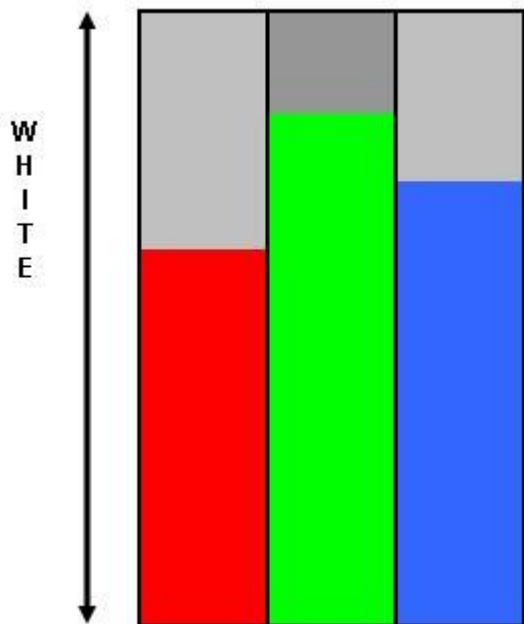
# Начальные условия для модели СМУ

1. Белый лист бумаги
2. Освещение белым светом

При отражении белого света от белой бумаги мы видим белый (ахроматический) цвет.

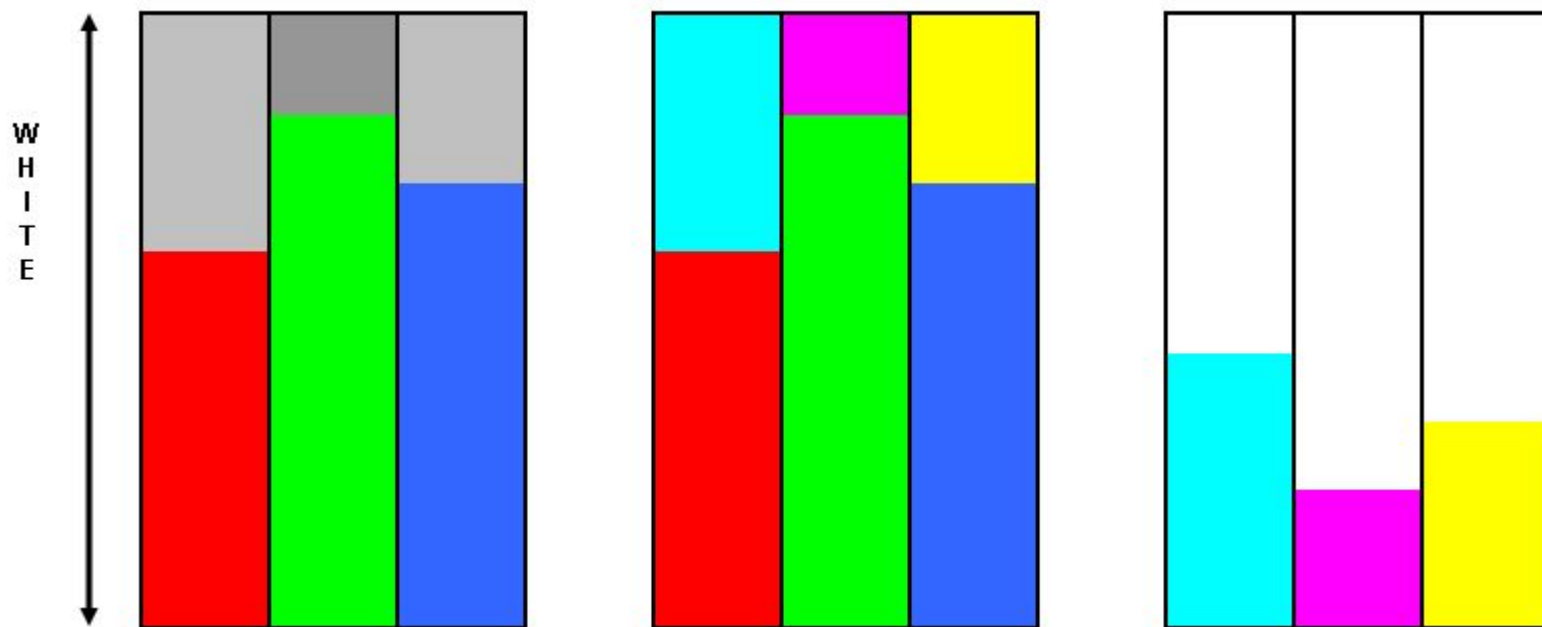


# О происхождении СМУ



Чтобы решить эту задачу поглощения, необходимо найти такие фильтры, которые бы вычитали из падающего белого света составляющие красного, зеленого и синего спектра длин волн соответственно.

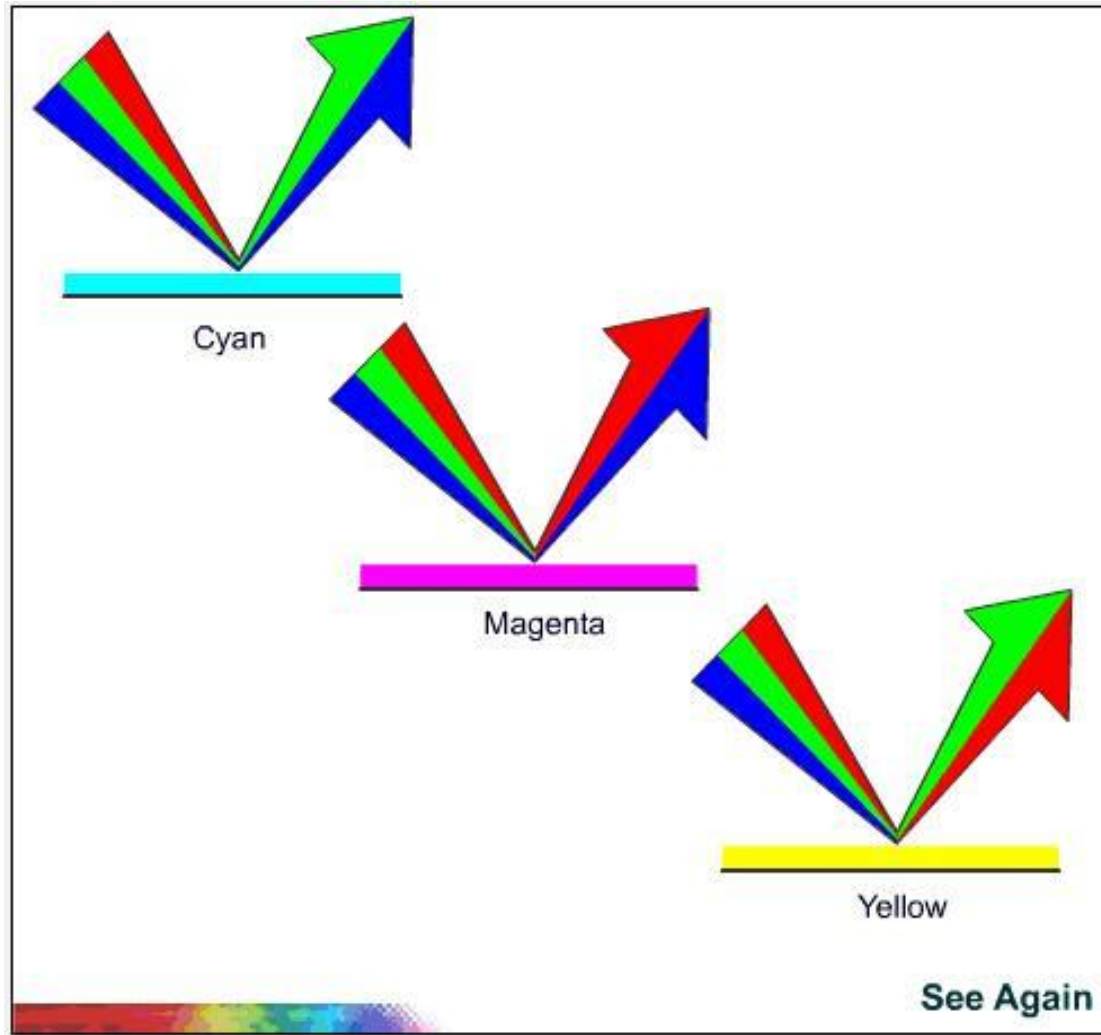
# О происхождении СМУ



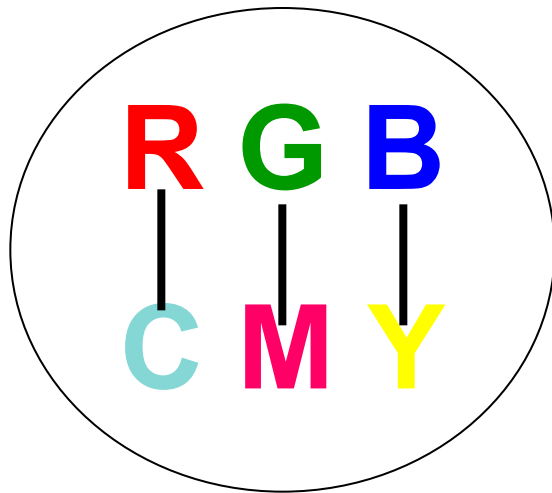
Такие фильтры-краски были найдены.

Это CYAN (циан) для красного канала, MAGENTA (маджента) для зеленого канала и YELLOW (желтый) для синего.

# Cyan, Magenta, Yellow



Основная идея субтрактивной цветовой модели CMY – вычитание из падающего спектра белого света противоположных составляющих длин волн

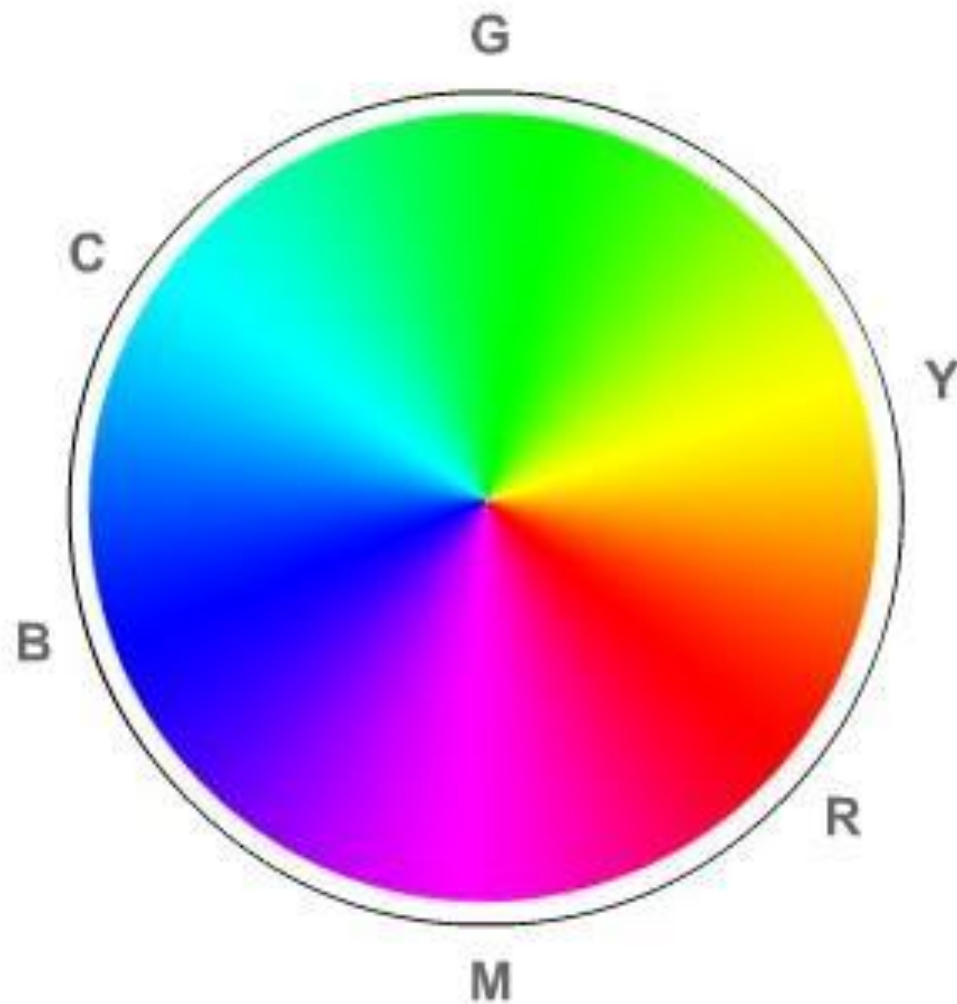


**C** – нет красного в спектре отраженного света

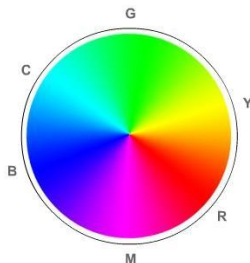
**M** – нет зеленого

**Y** – нет синего в спектре отраженного света

# Цветовой круг

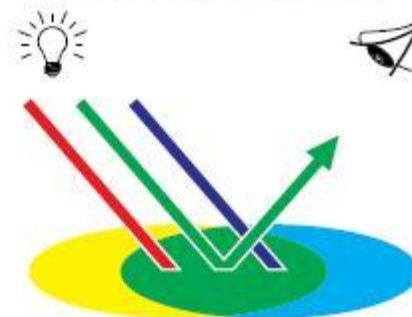
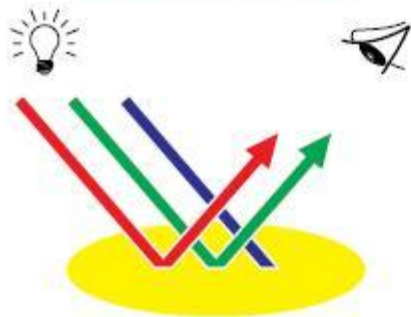
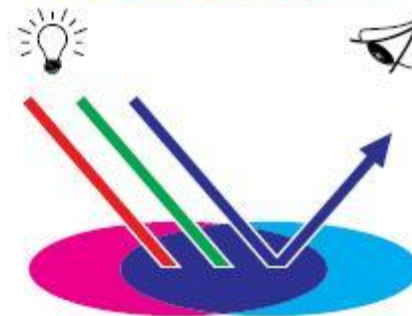
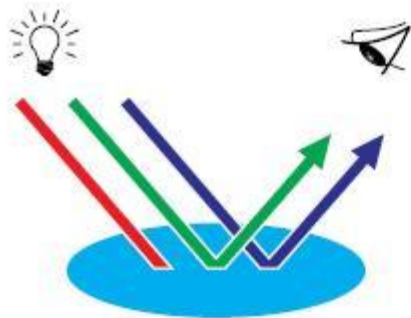
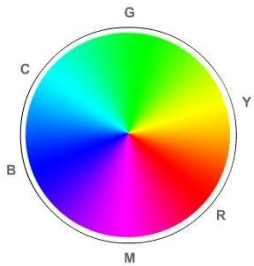


# CMY



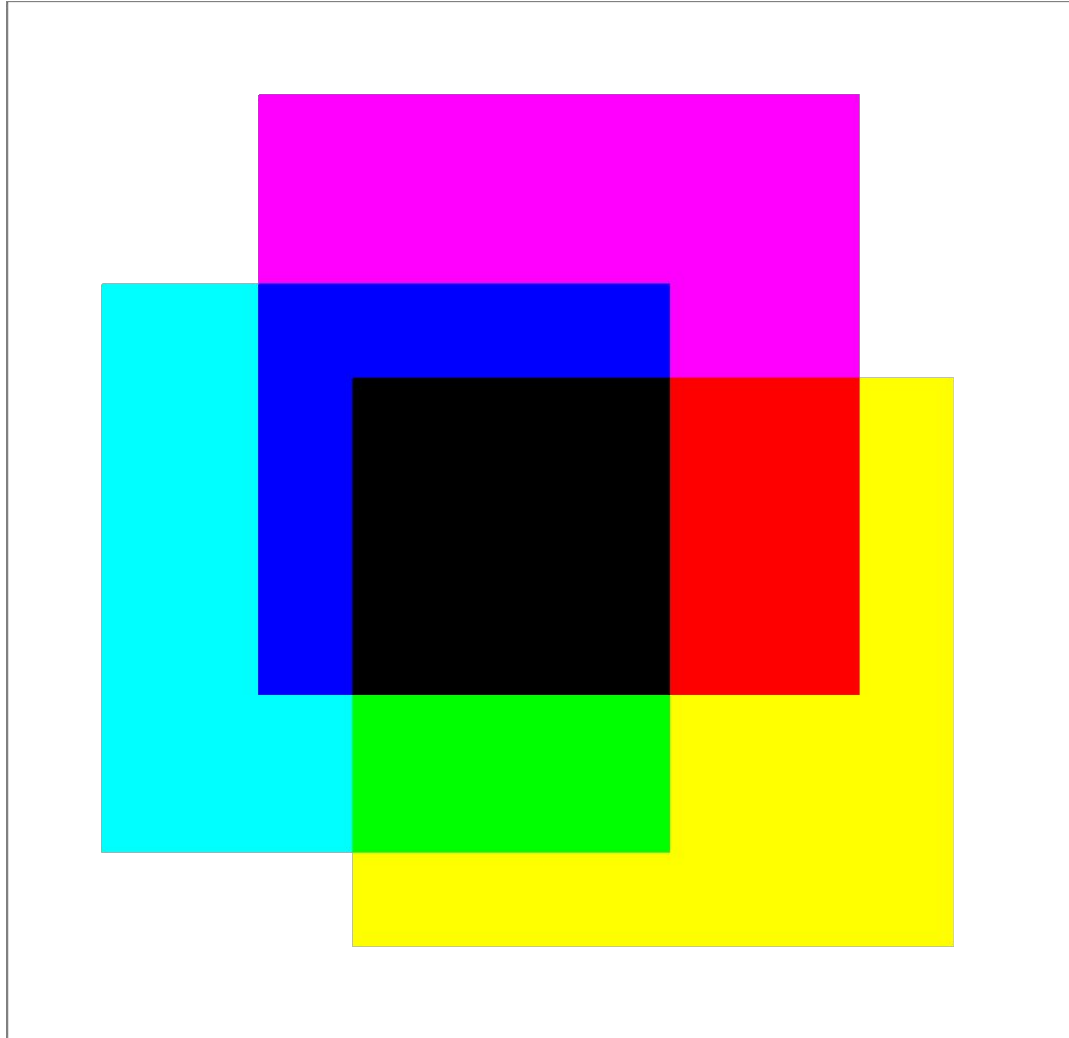
|                    | Краситель      | Поглощает        | Отражает        | Выглядит |
|--------------------|----------------|------------------|-----------------|----------|
| <b>Одна краска</b> |                | ▷                | ▷               | ▷        |
|                    |                | ▷                | ▷               | ▷        |
|                    |                | ▷                | ▷               | ▷        |
| <b>Наложение</b>   |                | ▷                | ▷               | ▷        |
|                    |                | ▷                | ▷               | ▷        |
|                    |                | ▷                | ▷               | ▷        |
|                    |                | ▷                | ▷ (не отражает) | ▷  *     |
|                    | (нет пигмента) | ▷ (не поглощает) | ▷               | ▷        |

# CMY





# CMY



# CMY

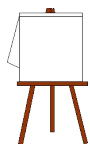
## Аппаратно-зависимые CMYK цветовые пространства:

**Fogra 27 (39)** – Евростандарт офсетной печати, разработанный Fogra

**SWOP** – стандарт офсетной рулонной печати США

**Euroscale** – Синтетический профиль европейского офсета.

**GRACoL** – стандарт офсетной печати, разработанный Idealliance.

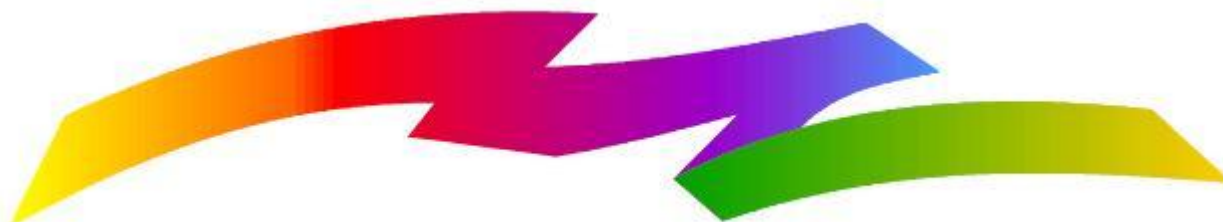


# Задача для полиграфии

Следующей задачей является определение способа управления интенсивностью отраженного от отпечатка светового потока.

Данная задача успешно решается с помощью растровой технологии печати.

# Растровая печать



# История Halftone

Первая растриванная фотография была напечатана 2 декабря 1873 г. Идея такой печати принадлежала Вильяму Фокс Талботу ещё в начале 1850-х годов.

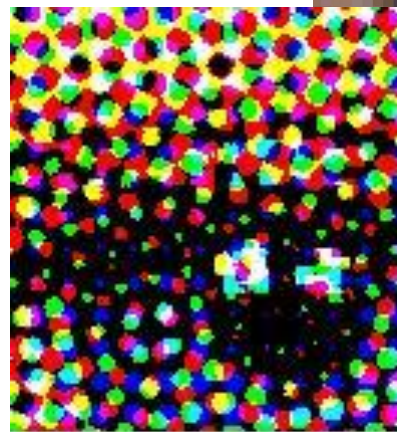
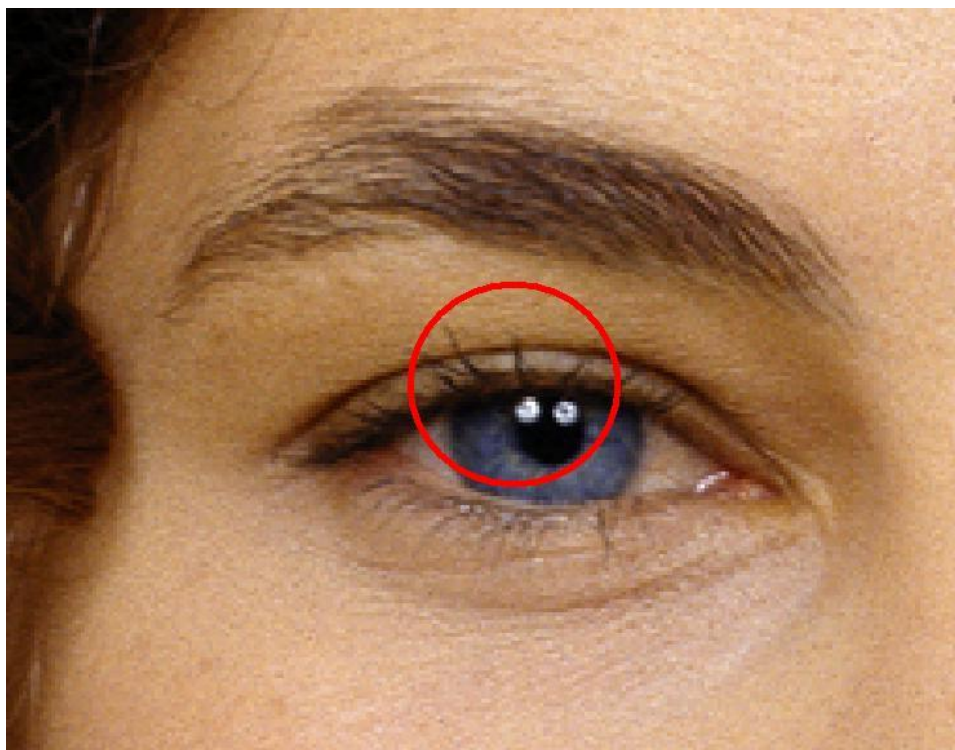


# Пиксели

**Pixel – picture element**

**Пикселями** обозначаются элементы изображения.

Пример пикселей файла изображения на мониторе и растровых точек на отпечатке:



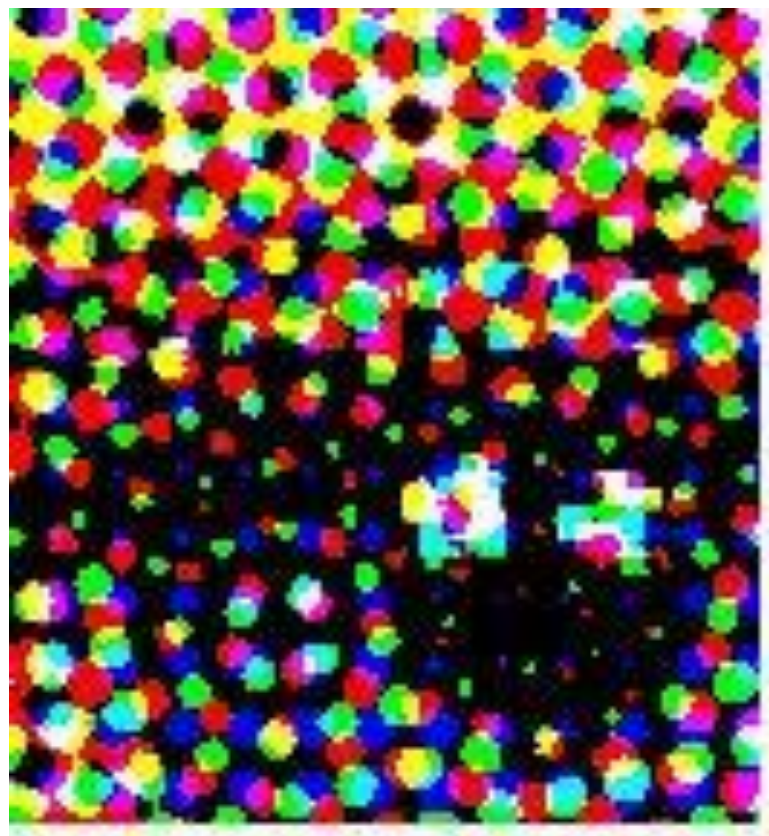


# Пиксели и растровые точки

На мониторе

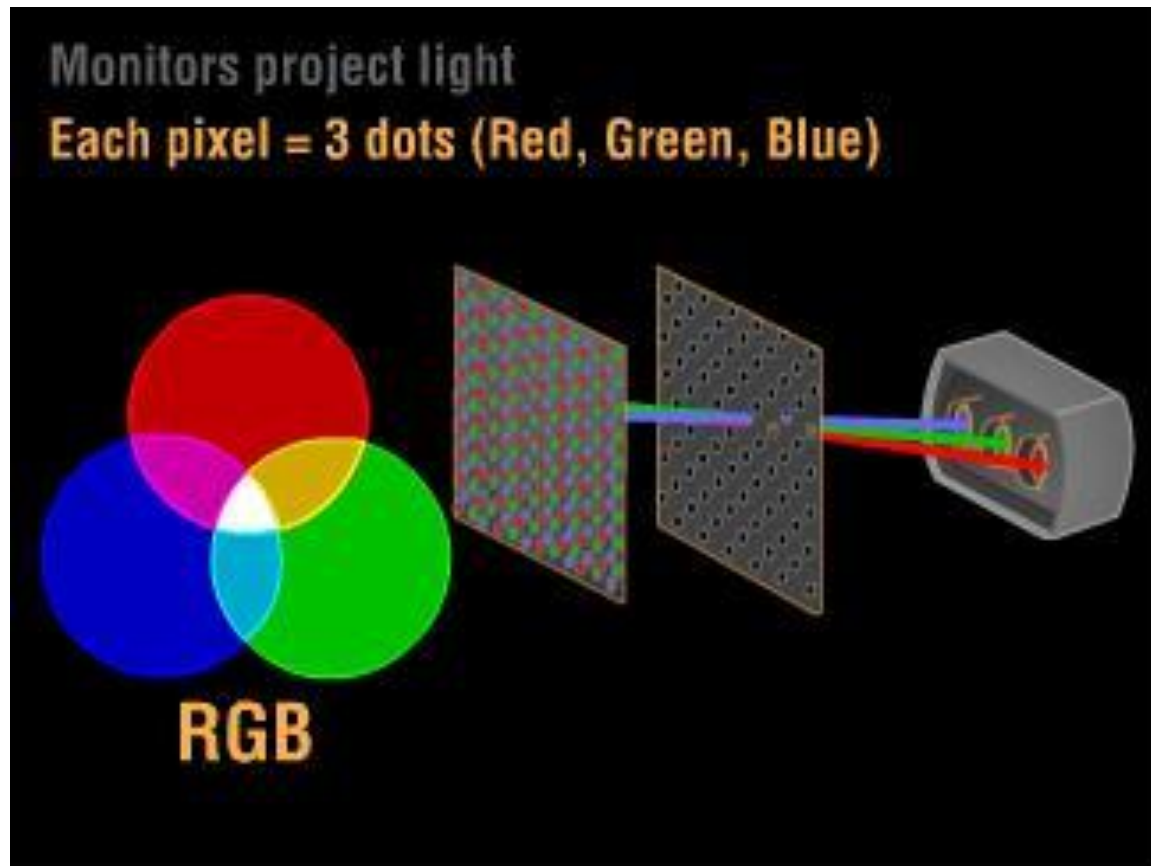


На отпечатке

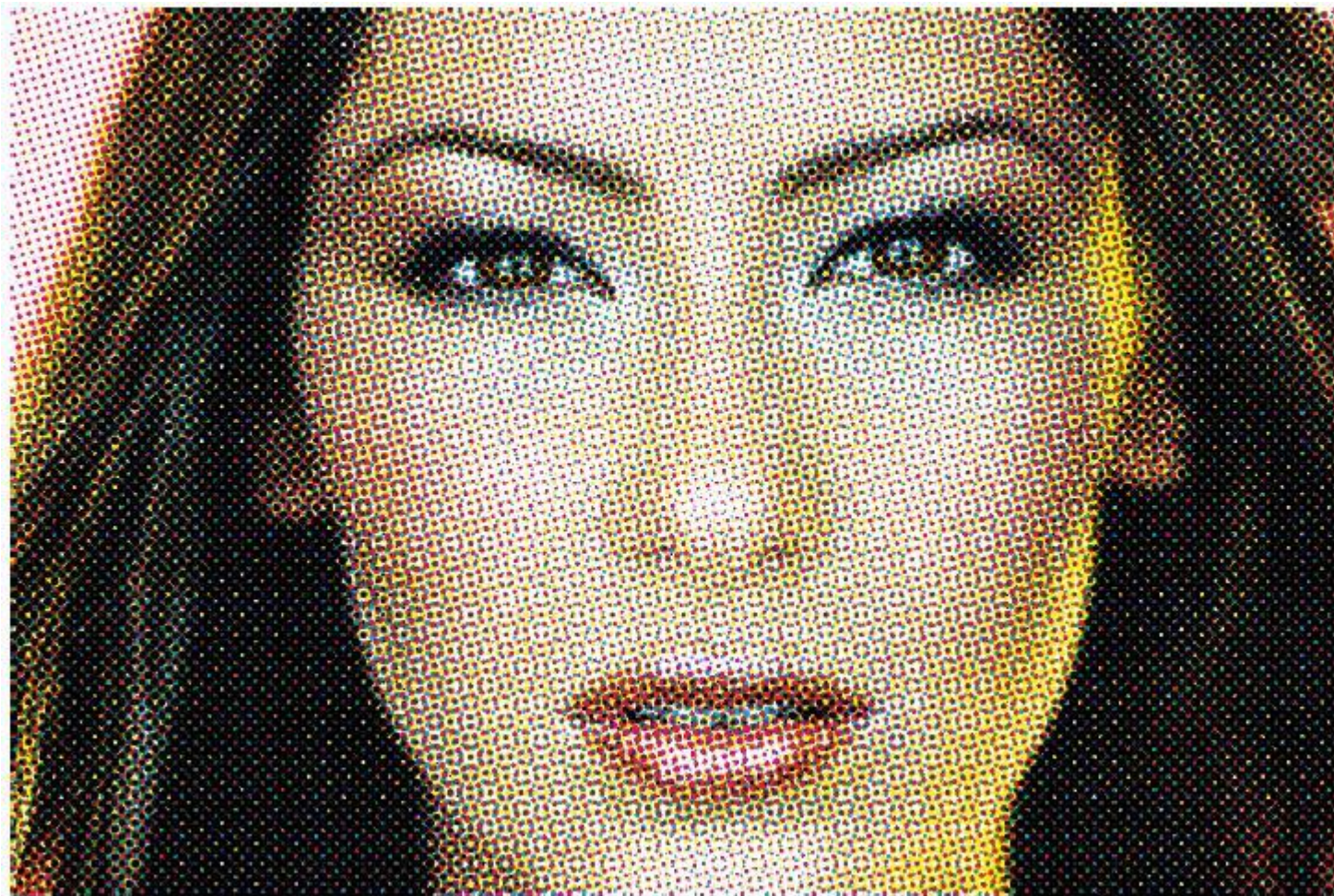




# Пиксели на мониторе



# Цифровая печать



# Технологии цифровой печати

Существует две основных технологии цифровой печати:

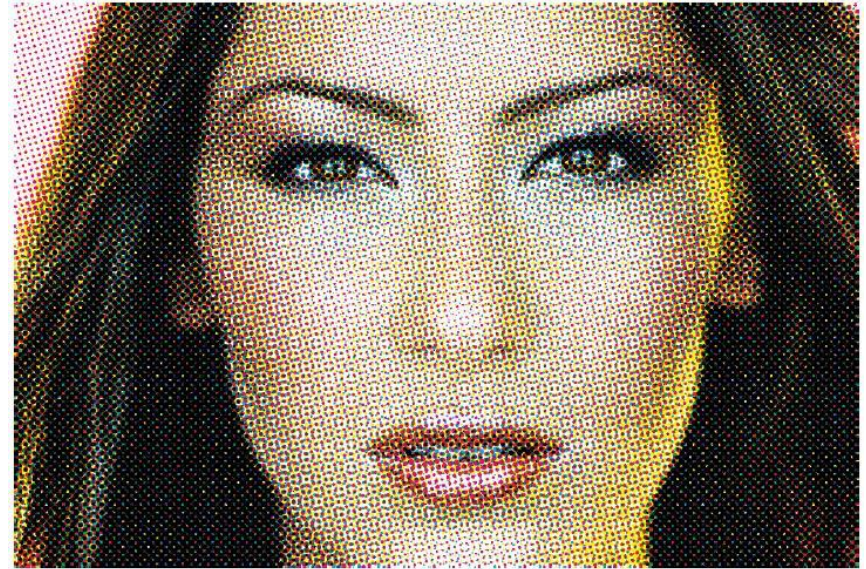
1. **Halftone** (полутонное растрирование)
2. **Contone** (растр непрерывного тона)

В свою очередь в технологии Halftone применяется два способами растрирования:

- *Линейный растр* (AM-растр)
- *Стохастический растр* (FM-растр)



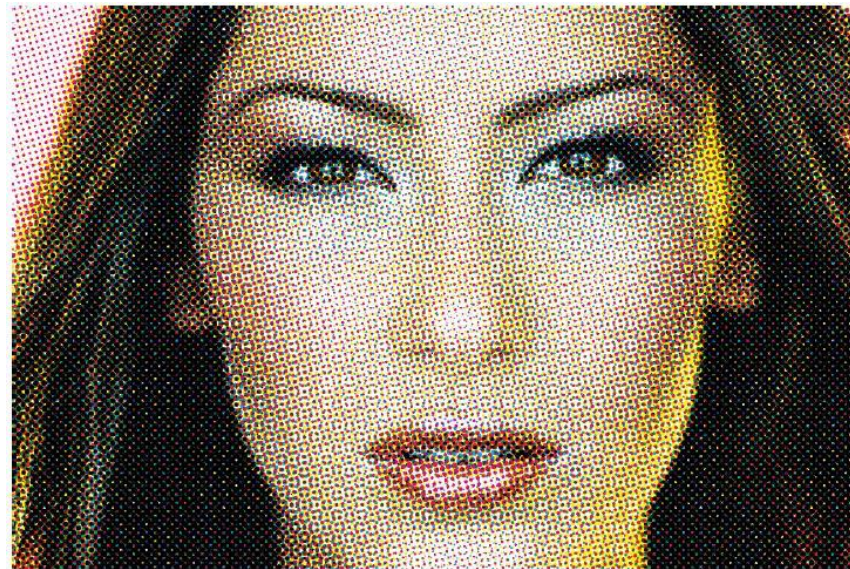
# Растрирование



**Растрирование** – это особый способ подготовки данных для печати, при котором оригинальное изображение разбивается на растровые точки определенной формы, размер которых зависит от плотности цвета в данном месте изображения.

Растровые точки внутри растровых полутоновых ячеек образуют линии растра, которые для разных триадных цветов поворачиваются на определенные технологические углы.

# Halftone

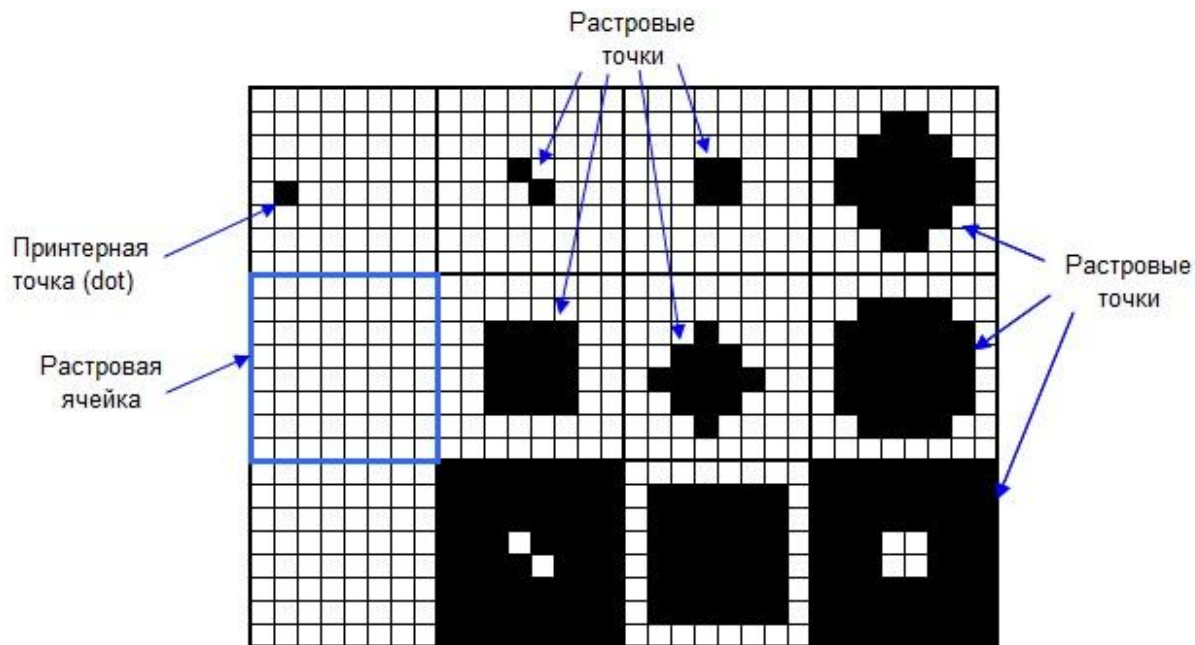


Такое взаимное расположение растров приводит к тому, что при совмещении они образуют сбалансированный узор, который обеспечивает естественное восприятие изображения человеческим глазом.

Данная технология называется “**Halftone**” от “Half” – половина/да-нет

# Растр

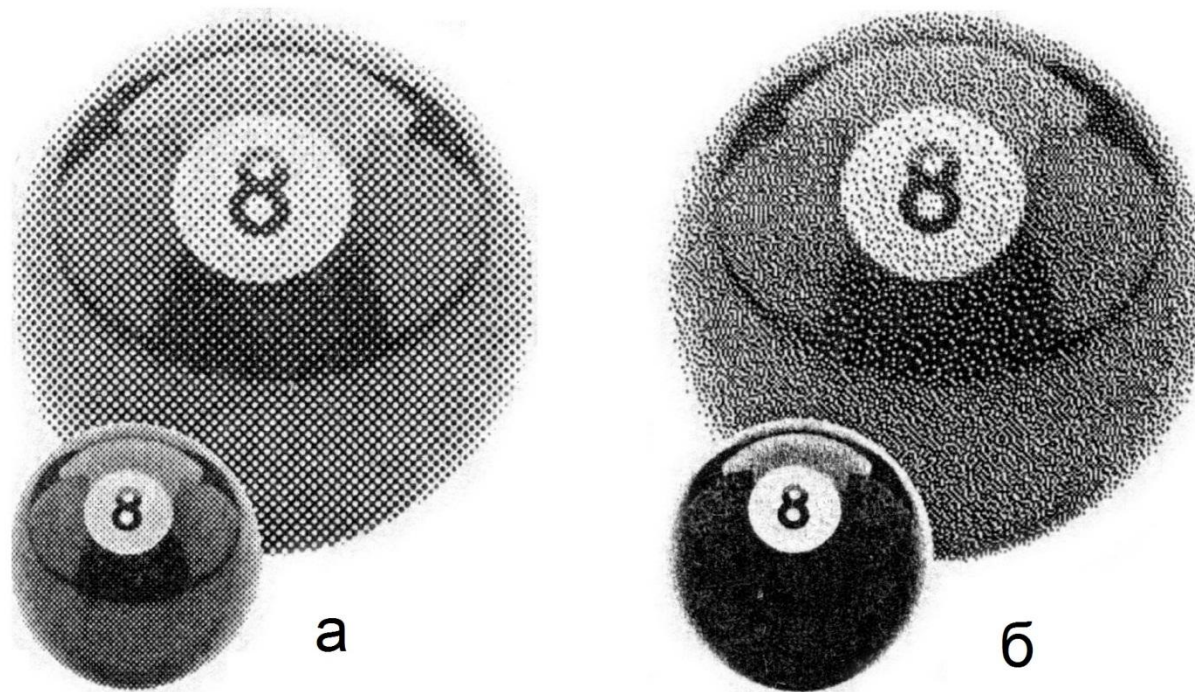
В технологии *Halftone* (от слова «half» - половина: да/нет) растривание цифровым методом организовано следующим образом. Изображение в принтерах создается лазерным лучом или печатающей головкой (LPH) в виде *принтерных точек* (dots) одинакового размера. Растр представляет собой совокупность квадратных *растровых ячеек*. Каждая растровая ячейка отводится для одной *растровой точки*. Растровая точка состоит из группы принтерных точек (dots), создаваемых принтером.





# Растр

Наиболее часто растровые точки на отпечатке располагаются регулярно, на одинаковом расстоянии друг от друга, формируя *линейный растр* (AM-растр). Иногда применяется нерегулярное расположение растровых точек. Формируемый ими растр называется *стохастическим*, а способ растрирования называют *частотно-модулированным растрированием* (FM-растр).



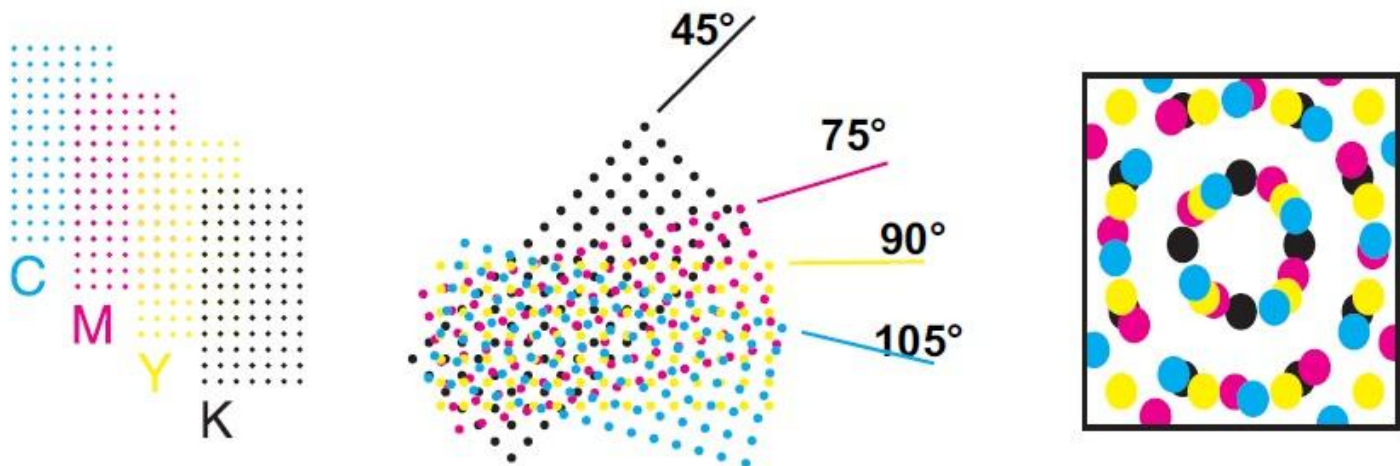
Растрированное изображение с линейным (а) и FM-растром (б)



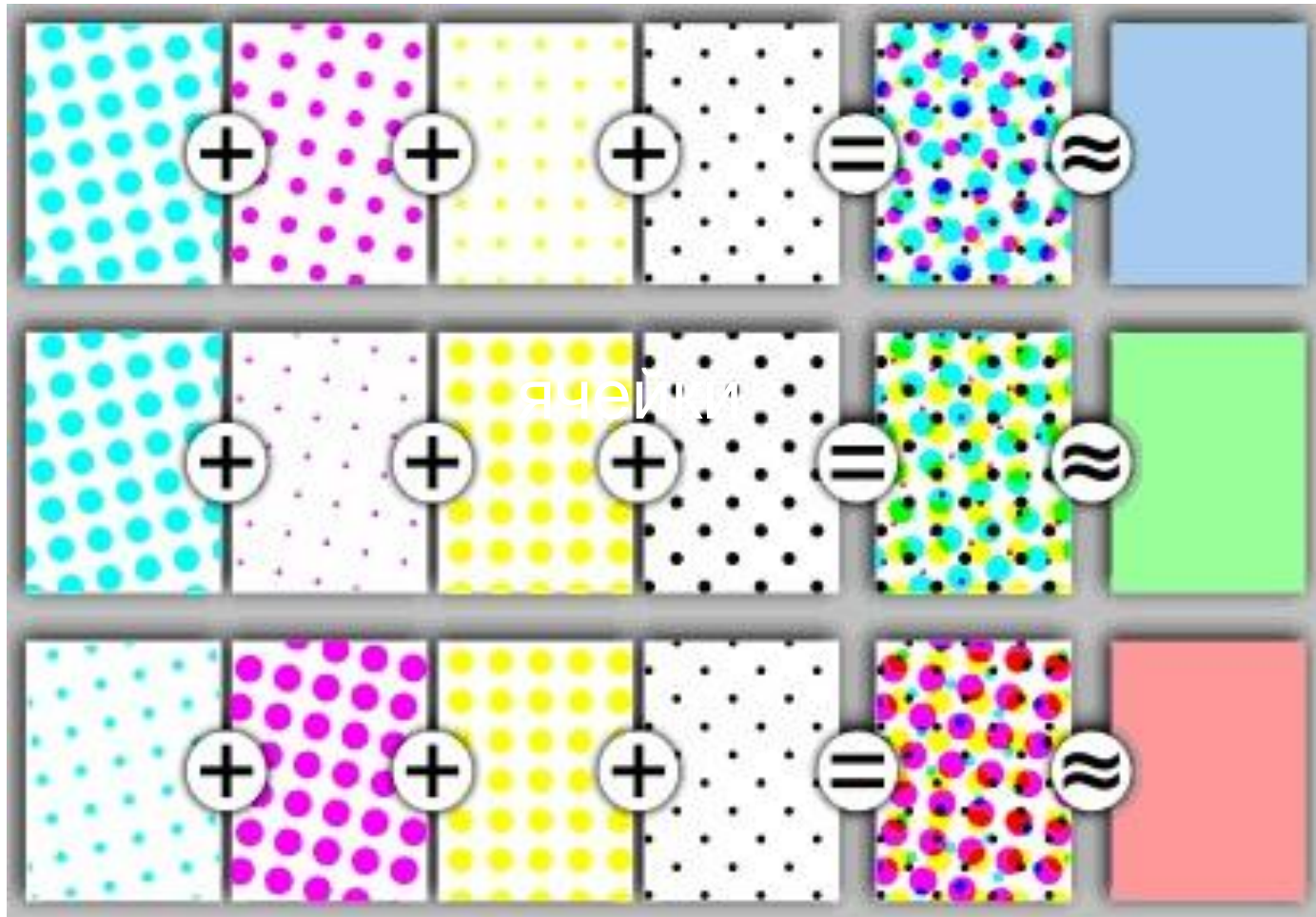
# Растр

**Растром** называется расположение упорядоченным образом «узора» или «мозаики» точек цифровым устройством при печати.

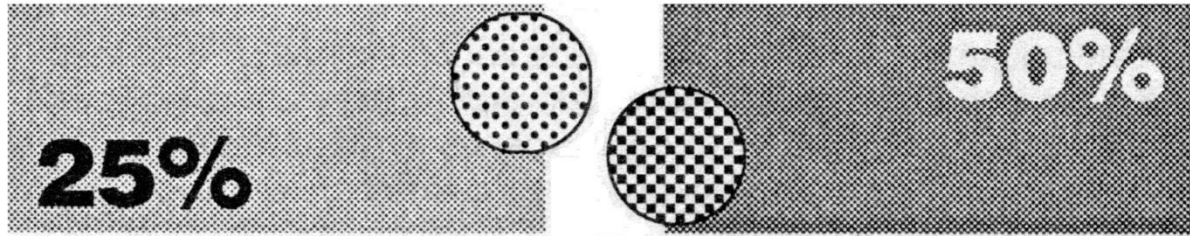
- При печати в четыре цвета (СМУК) полутоновые структуры наносятся **под углом друг к другу**
  - Благодаря повороту цвета становятся видимыми
  - Благодаря вращению не образуется **муар**
  - Точки образуют набор небольших кругов, называемый **розетками**



# Растр

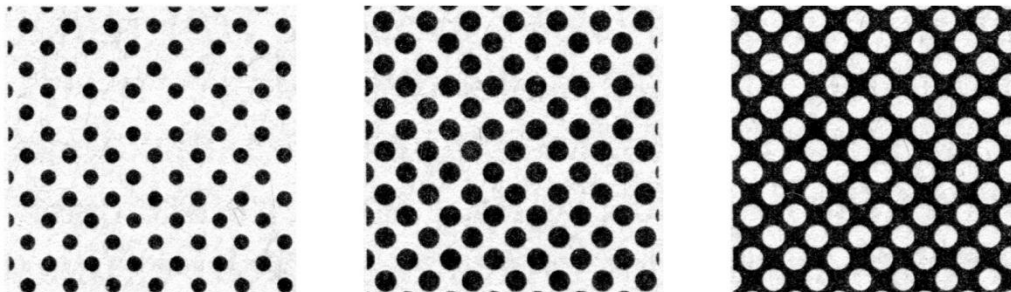


Пример монохромной печати. Чем большая часть растровой ячейки заполнена принтерными точками, тем больший размер имеет формируемая ими растровая точка и тем более темный оттенок серого она передает.



Например, чтобы добиться заливки изображения 50 % серым, программа растривания заполнит этот участок растровыми точками, каждая из которых будет представлять собой наполовину заполненную ячейку растра. При необходимости передать заливку участка изображения 25 % серым цветом ячейки растра будут заполнены только на четверть.

Таким образом, изменяя процент заполнения принтерными точками внутри растровой ячейки, тем самым изменяя размер растровой точки, в технологии Halftone передаются оттенки серого при печати. Аналогично происходит и при печати тонером C, M, Y

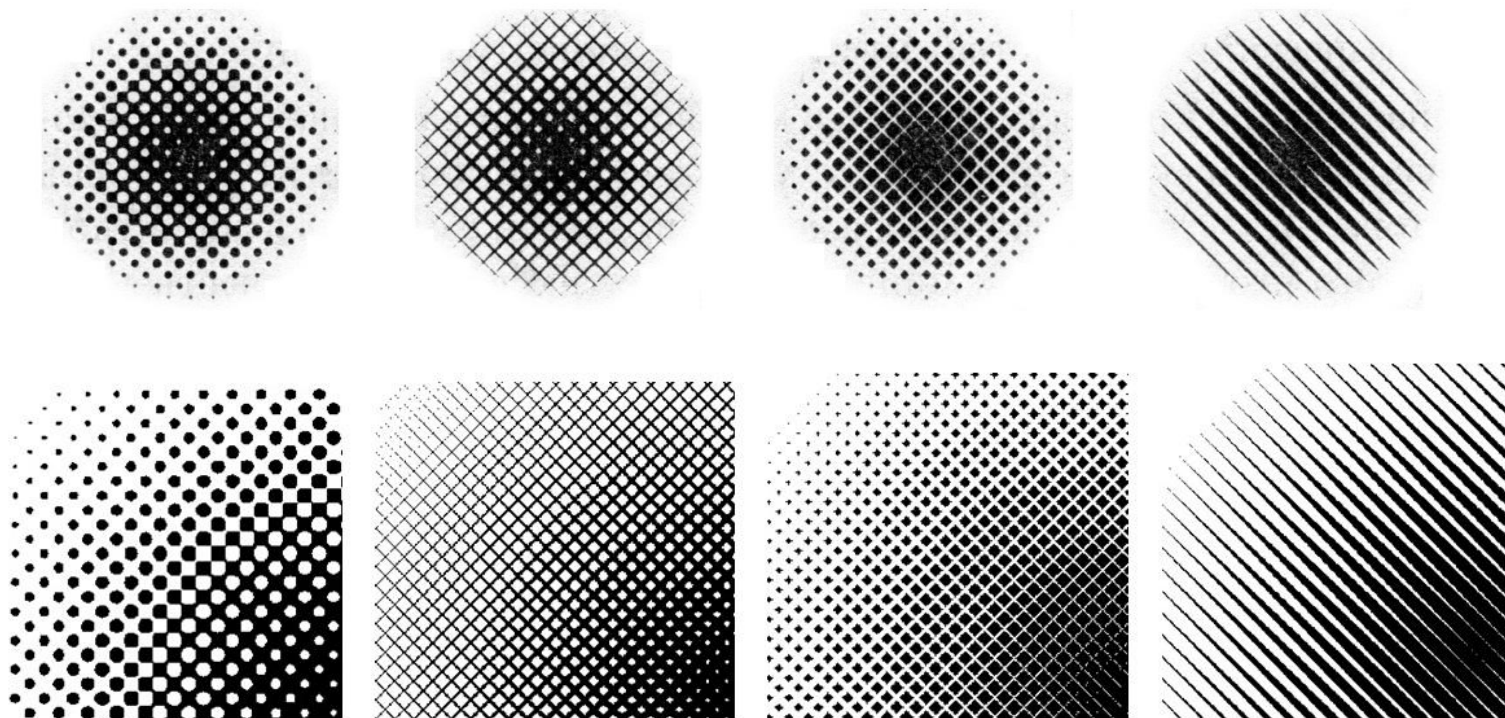




# Растр

Принтерные точки в ячейке растра могут занимать различные положения. От этого будет зависеть форма растровой точки.

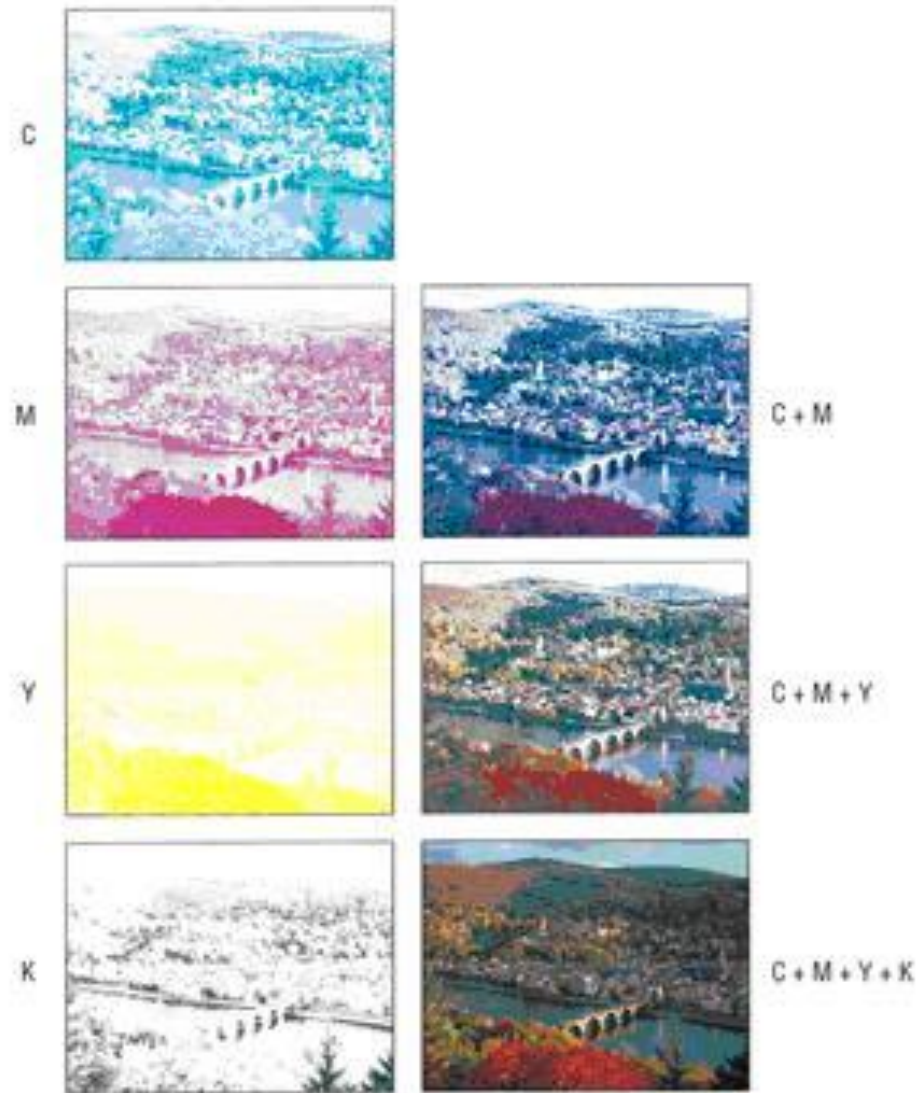
В полиграфии используются различные формы растровых точек, но наиболее традиционная и широко распространенная – круглая (рис. слева).



# Цветоделение

В технологии растровой полноцветной печати используется **цветоделение** изображения на четыре канала – С, М, У и К.

Каждый канал растеризуется и печатается по отдельности, а затем в результате сложения (субтрактивного синтеза) благодаря метамерии зрения получается целостная картинка полноцветного изображения на отпечатке.



- Измеряется в количестве точек на дюйм (**dpi**)
  - Количество различных точек, которое может различаться на каждом дюйме выводимого изображения
- Примеры разрешения различных устройств
  - Разрешение монитора  
72 - 90 пикселей на дюйм (ppi)
  - Разрешение цветного принтера  
1200-2400 точек на дюйм (dpi)

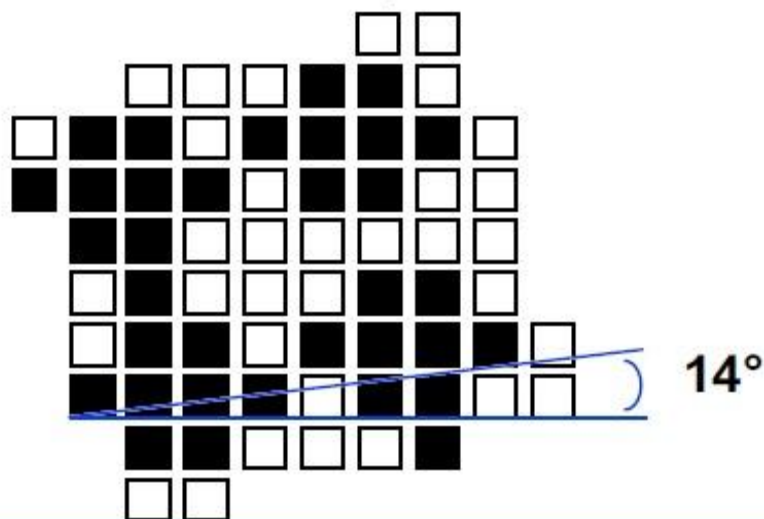
Таким образом, разрешение **dpi** – это количество **принтерных точек (dots)** на дюйме изображения (отпечатка);

**ppi** – количество пикселей изображения, выводимого на дюйм экрана монитора.





- Запатентованная Xerox технология амплитудной модуляции
  - Построение полутоновых ячеек с разными центрами
  - Более размазанный переход от светлого к темному
  - Структура изображения гораздо менее различима, даже если промежуточных оттенков гораздо больше
- Дает отличное качество фотографий и других изображений с изменяющейся плотностью цвета



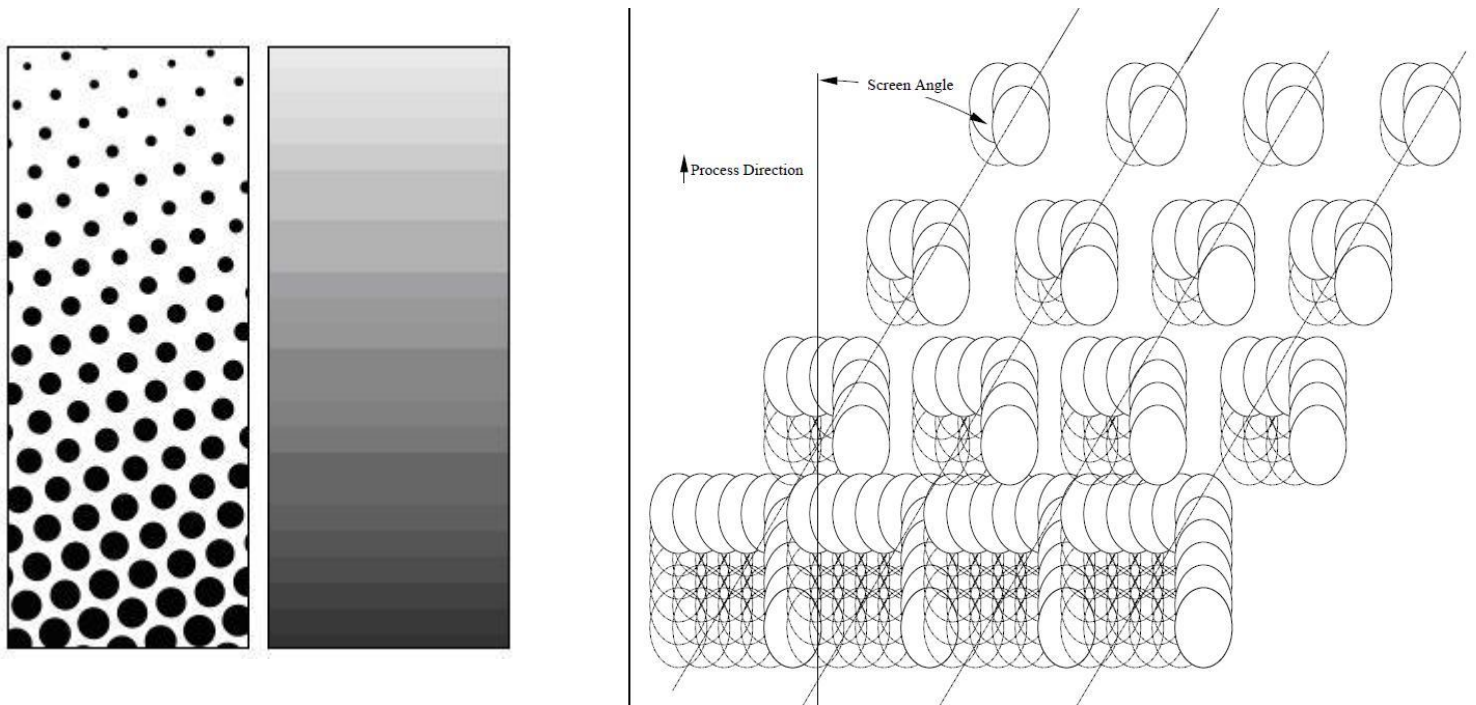


# Линиатура

lpi

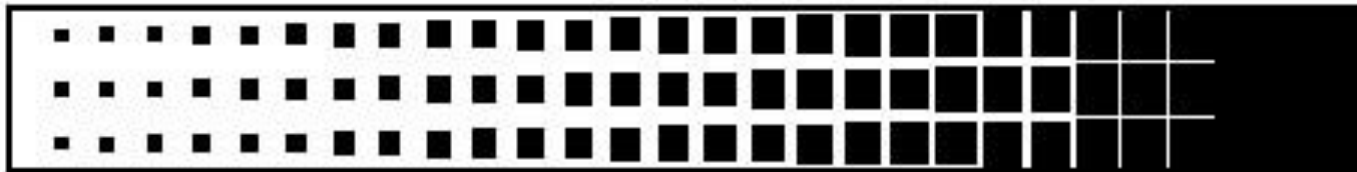
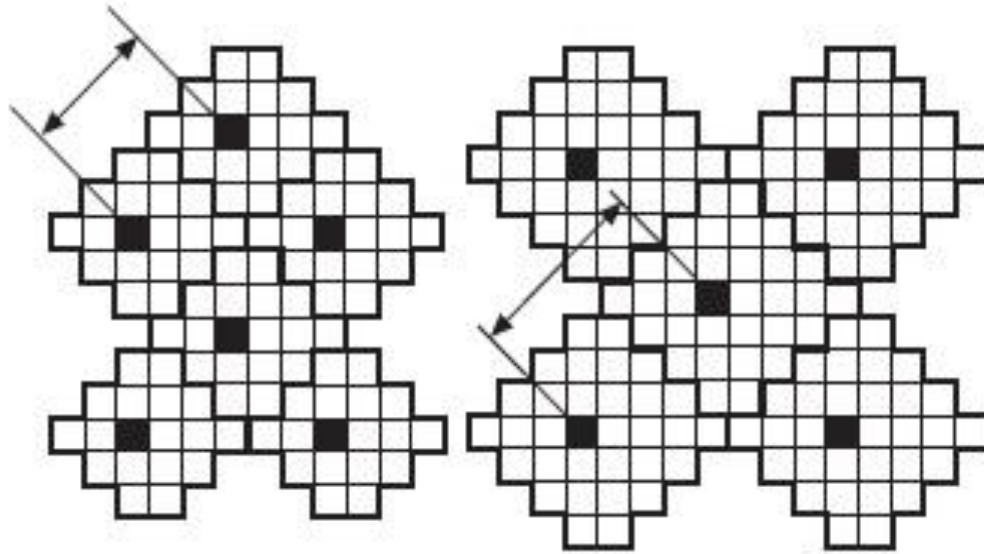
**Линиатура раstra** - это количество строк (линий) растровых полутоновых ячеек на дюйме изображения.

Размерность lpi – lines per inch. Диапазон практических линиатур – от 80 до 300 lpi.



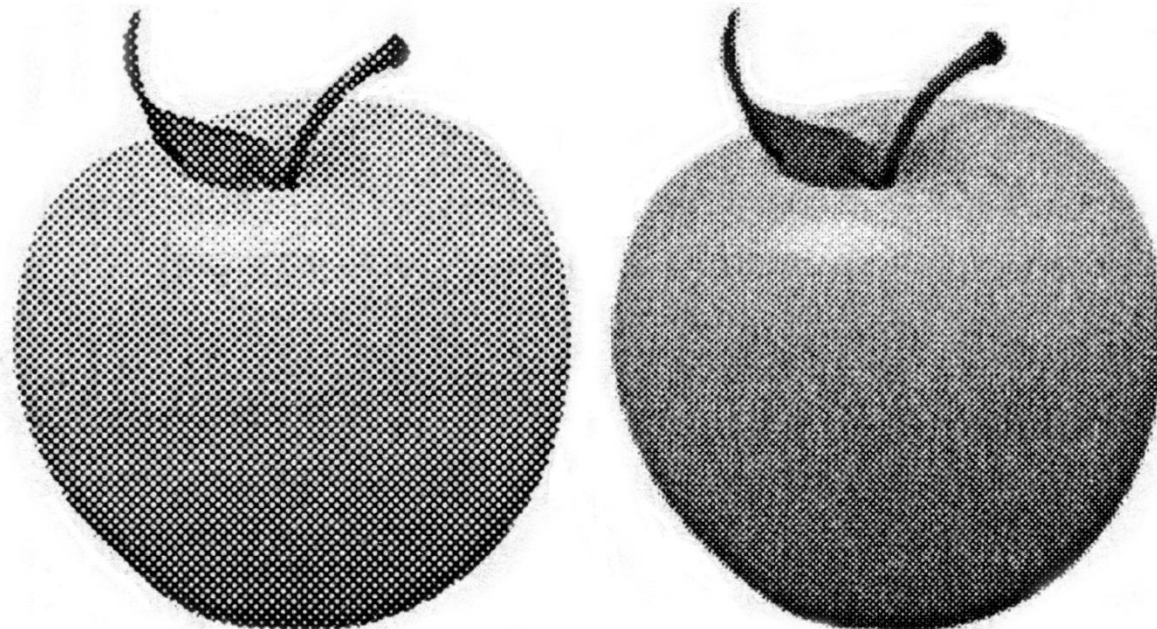
# Линиатура

Ірі



# Линиатура

От линиатуры растра зависит видимое качество иллюстрации (отпечатка). Чем выше линиатура, тем менее заметны растровые точки и тем более ближе отпечаток к фотографическому оригиналу.

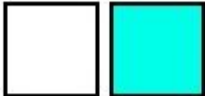


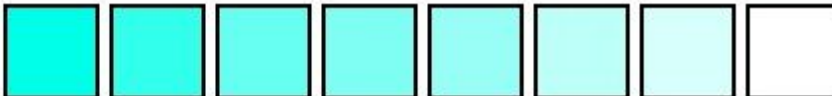
Изображение, отпечатанное с линиатурой 50 lpi и 85 lpi

Для передачи 256 оттенков изображения ( $256 = 16 \times 16$ ) с линиатурой 150 lpi разрешение принтера должно в 16 раз превышать линиатуру, т.е. должно быть  $150 \times 16 = \mathbf{2400 \text{ dpi}}$

# Глубина цвета

- Единица измерения - **биты**
  - Количество цветов, которое может быть представлено 1 пикселем
- Цвет каждого пикселя описывается одним или более **битом** информации
  - 1 бит —  $2^1 = 2$  цвета (наличие или отсутствие 1 цвета)
  - 4 бита —  $2^4 = 16$  оттенков серого или другого цвета
  - 8 бит —  $2^8 = 256$  оттенков серого или другого цвета
  - 24 бита —  $2^{24} = \mathbf{R} 2^8 \times \mathbf{G} 2^8 \times \mathbf{B} 2^8 =$  более 16,7 МИЛЛИОНОВ ЦВЕТОВ

1 бит   $2^3 = 8$  оттенков

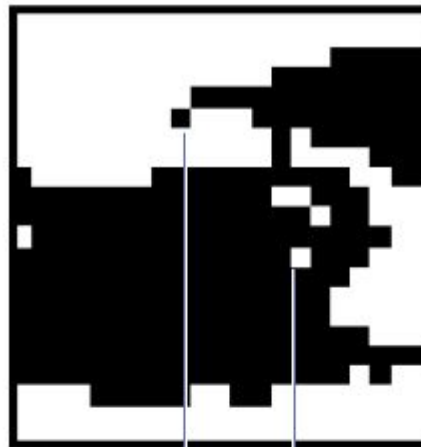
3 бита 

# Глубина цвета

Примеры пикселей изображения с разной глубиной цвета.

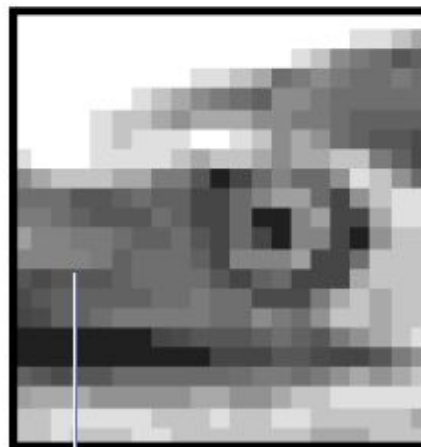
Сверху – режим “Bitmap” - 1 бит.

Снизу – режим “Grayscale” для передачи 64 оттенков – 6 бит.



1 бит

0 1



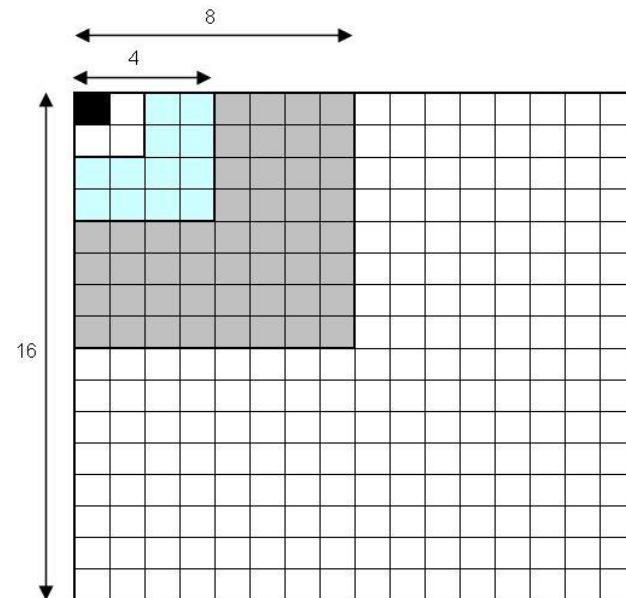
6 бит

( $2^6 = 64$   
ОТТЕНКОВ)

101110

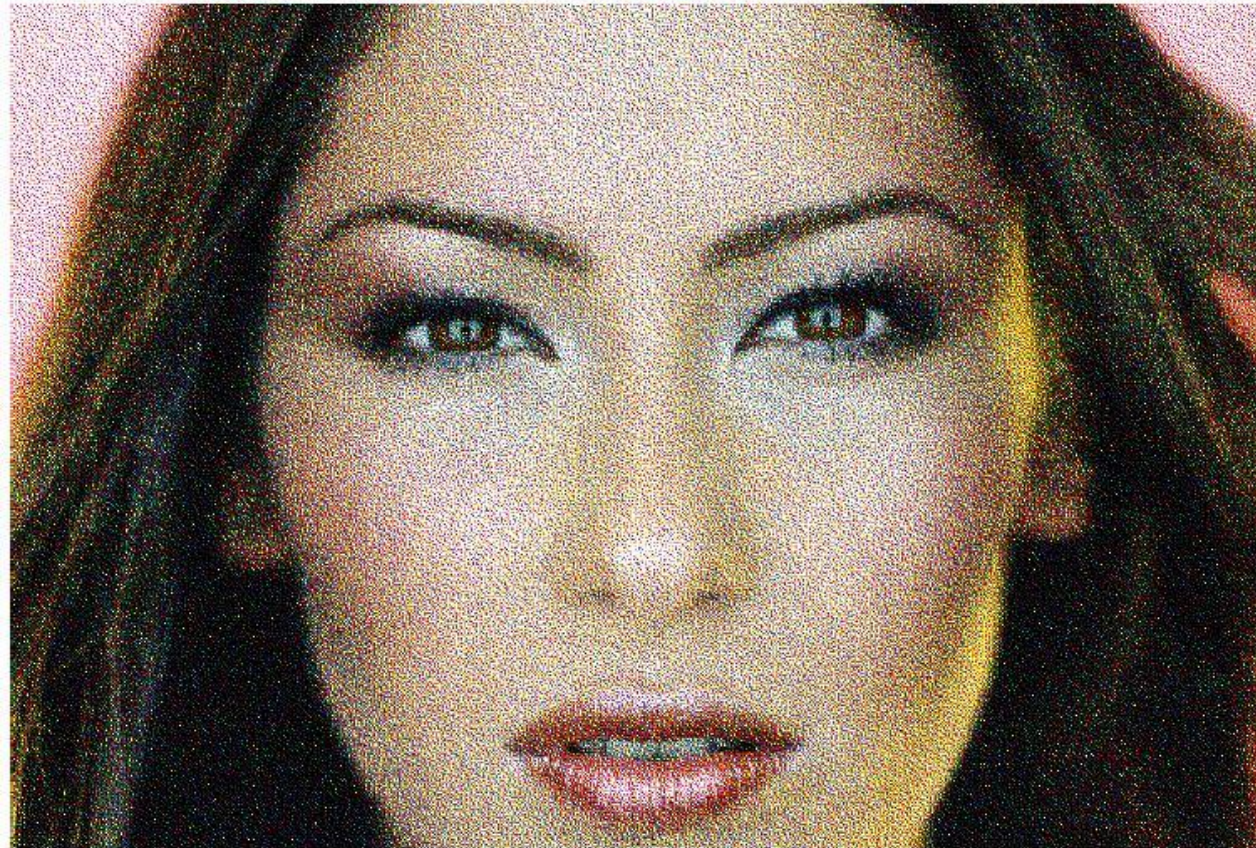


# Взаимосвязь между dpi, глубиной цвета и lpi



| Физическое разрешение печати | Глубина цвета, n (бит) | Количество оттенков ( $2^n$ ) | Размер растровой ячейки | Линиатура растра           | Разрешение печати в режиме «фото» |
|------------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 1200 dpi                     | <b>2</b>               | $2^2 = 4$                     | <b>2 x 2</b>            | $\frac{1200}{2} = 600$ lpi | 600 x 600 x 2 bit                 |
| 1200 dpi                     | <b>4</b>               | $2^4 = 16$                    | <b>4 x 4</b>            | $\frac{1200}{4} = 300$ lpi | 300 x 300 x 4 bit                 |
| 1200 dpi                     | <b>6</b>               | $2^6 = 64$                    | <b>8 x 8</b>            | $\frac{1200}{8} = 150$ lpi | 150 x 150 x 6 bit                 |
| 1200 dpi                     | <b>8</b>               | $2^8 = 256$                   | <b>16 x 16</b>          | $\frac{1200}{16} = 75$ lpi | 75 x 75 x 8 bit                   |

# Стохастическое растрирование



**При стохастическом растрировании** выходное изображение создается с помощью нерегулярных структур – точек фиксированного размера, заполняющих площадь с частотой, соответствующей плотности красителя.

*Преимущества стохастического растра:*

- отсутствие муара;
- отсутствие розеток и гладкие градации;
- улучшенная детальность изображения;

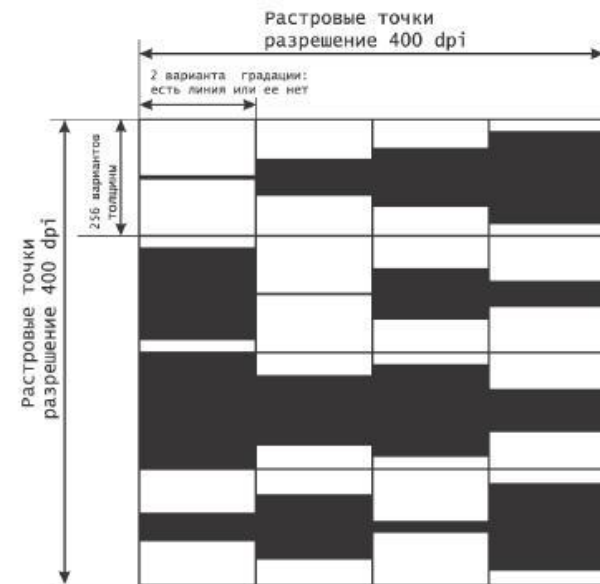
*Недостаток стохастического растра:*

- трудности при печати на немелованной бумаге из-за высокого растискивания растровой точки;
- зернистость в слабоконтрастных участках изображения.

Такое растрирование часто используется в струйных принтерах, а также иногда в полиграфии.



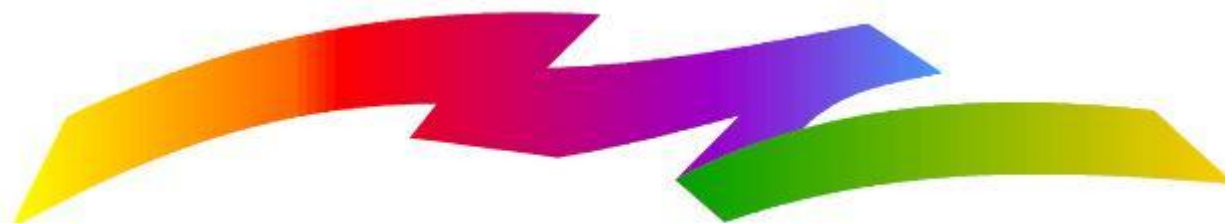
# Contone (continuous tone)



В цифровых копиях часто применяется технология растривания **Contone (continuous tone)** – растр непрерывного тона.

Растр непрерывного тона состоит из точек (растровых ячеек). Тональность в каждой точке определяется высотой заполнения тонером площади растровой ячейки, т.е. формирование оттенков производится для каждой растровой точки.

# Оптическая плотность



# Density

**Оптической плотностью** называется отношение падающего потока света к отраженному.

Оптическая плотность – это важный параметр, который используется для измерения светового потока, отраженного от объекта или отпечатка. Контролируя этот отраженный световой поток, мы можем управлять интегральными значениями RGB для формирования требуемого цветового ощущения у наблюдателя за счет метамерии.

# Density

Оптическая плотность рассчитывается с помощью логарифмической функции.

Дело в том, что человеческий глаз обладает нелинейной логарифмической характеристикой чувствительности к силе света, поэтому логарифмическая функция оптической плотности в большей степени соответствует воспринимаемой человеком яркости света. Наше зрение одинаково хорошо подстраивается и к сумеркам, и к свету в яркий солнечный день.



# Density

| Density |
|---------|
| 0.00    |
| 0.30    |
| 1.00    |
| 2.00    |
| 3.00    |
| 4.00    |
| 5.00    |

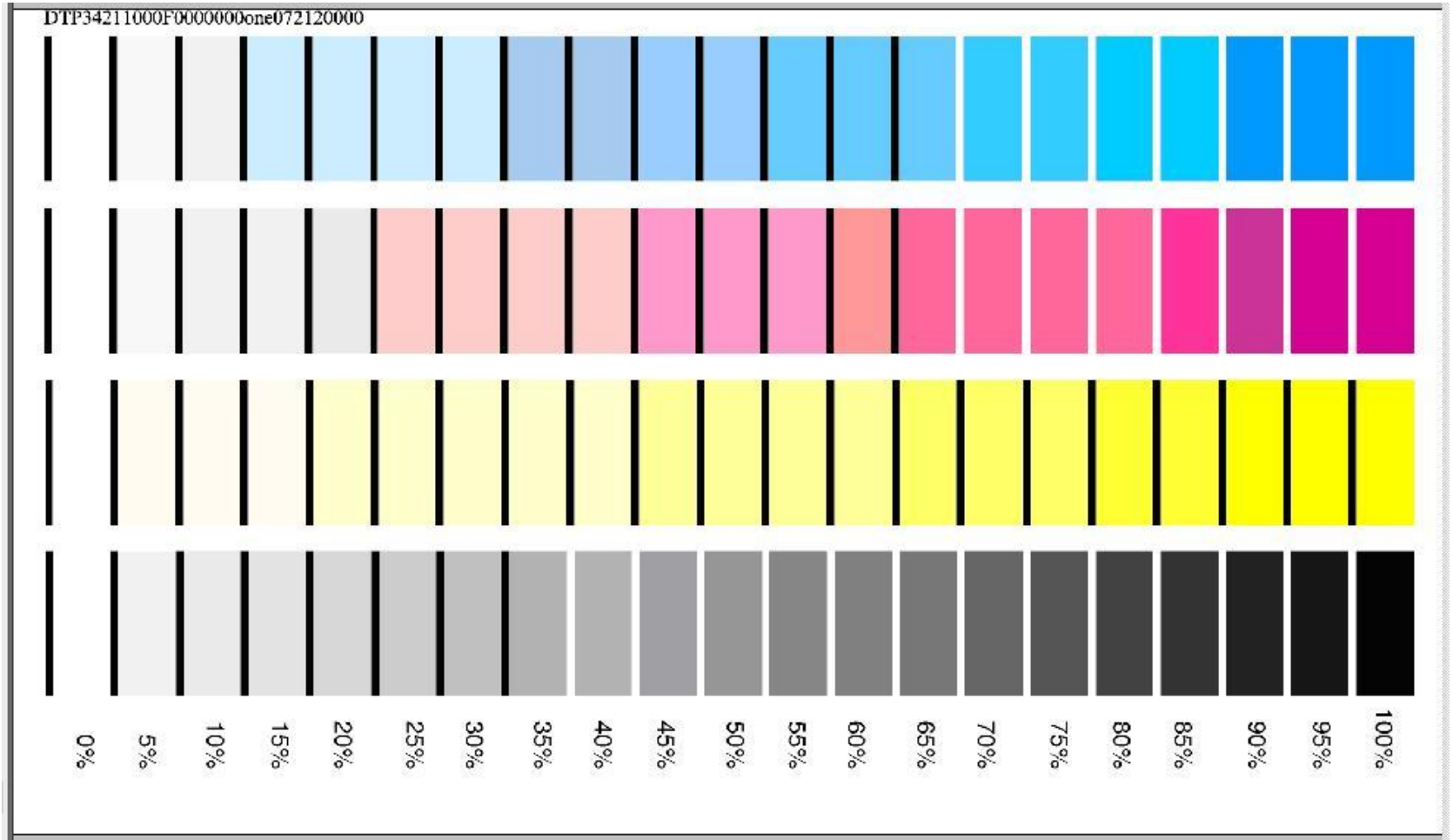
$$D = \lg \frac{\varphi_{nad}}{\varphi_{omp}}$$

$$10^D = \frac{\varphi_{nad}}{\varphi_{omp}}$$

If  $\Rightarrow$

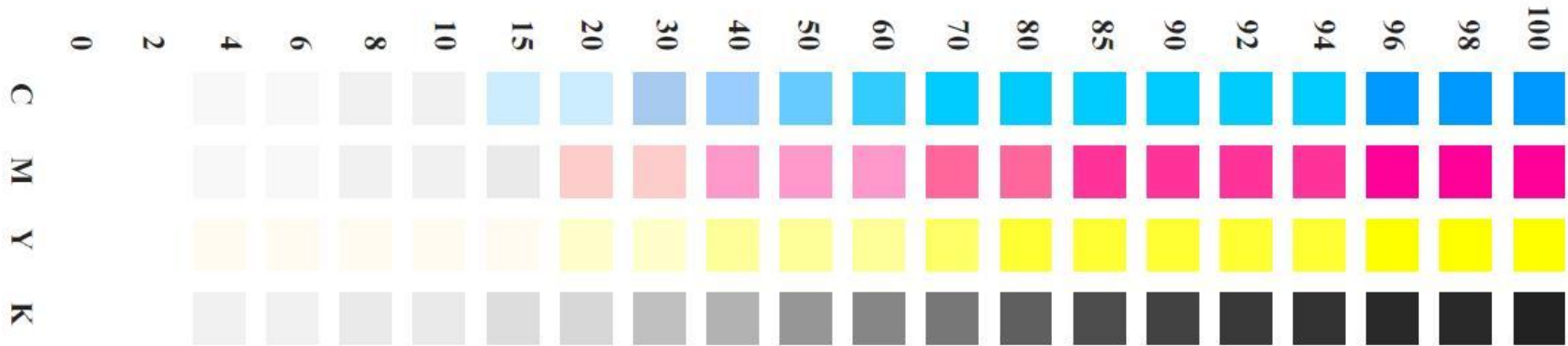
| $\frac{\varphi_{nad}}{\varphi_{omp}}$ | D |
|---------------------------------------|---|
| 1                                     | 0 |
| 10                                    | 1 |
| 100                                   | 2 |

# Density





# Density



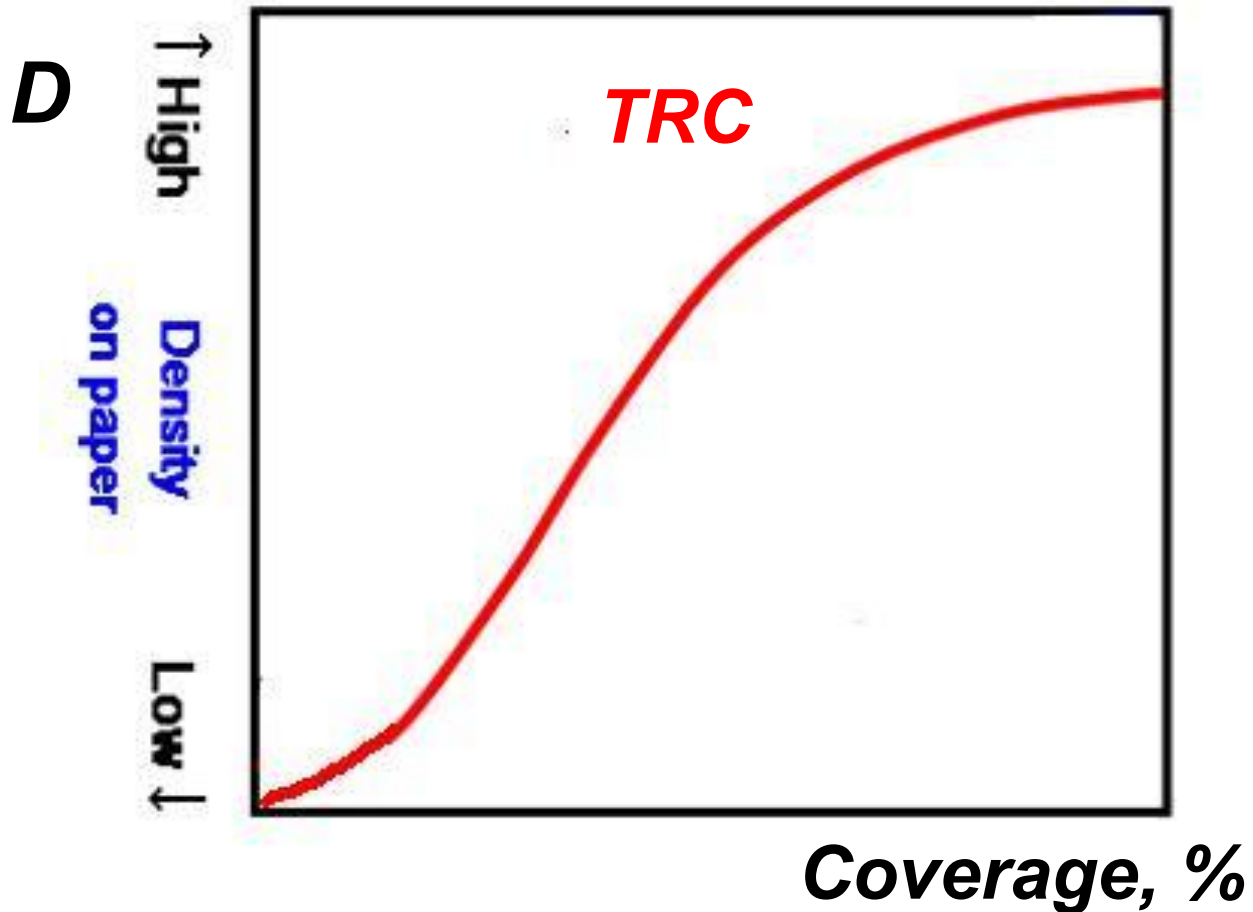
# Density

Из приведенных выше фрагментов печати тестов видно, что оптическая плотность напрямую зависит от процента заполнения тонером (по площади).

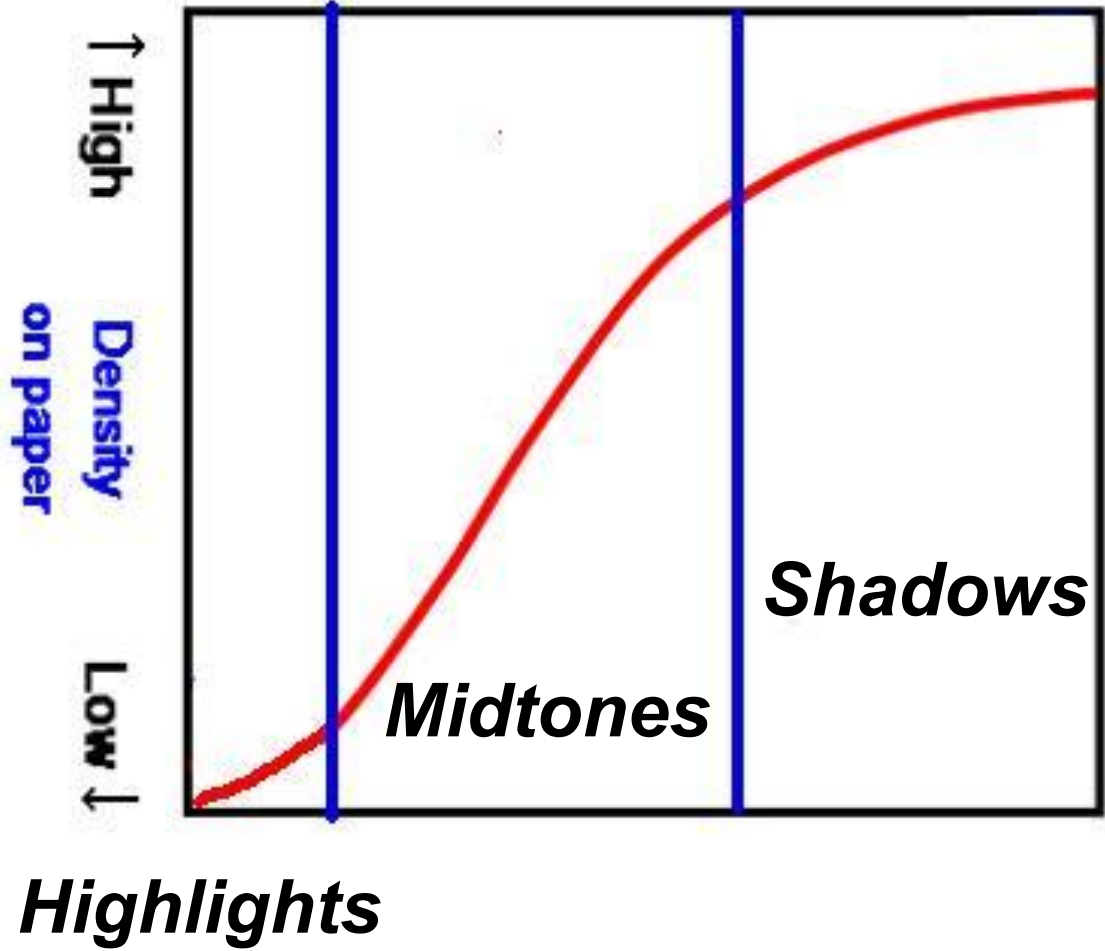
Чем больше наносим тонера в растровой ячейке, тем меньше отраженный световой поток и, следовательно, выше оптическая плотность .

Но эта зависимость **нелинейная**.

# Tone Reproduction Curve



# *Tone Reproduction Curve*



# *Tone Reproduction Curve*

Ручная регулировка TRC в малых, средних и больших плотностях (Highlights, Midtones, Shadows) обеспечивает корректировку **баланса серого**, что очень важно для полноцветных аппаратов.

Автоматическая регулировка TRC реализована в системе Process Control для поддержания стабильного качества печати.

# СМУК

Откуда взялся **ЧЕРНЫЙ** цвет ?

**Key** (ключевой цвет)

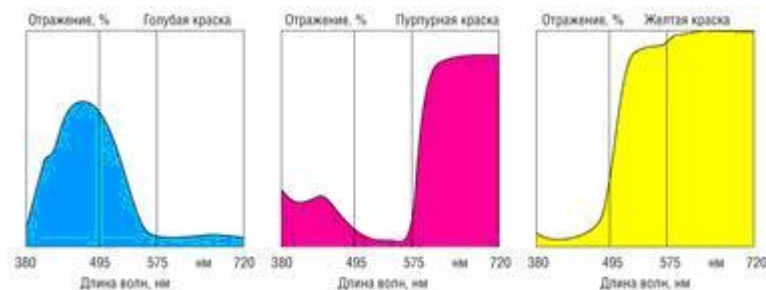
**Black**



# СМУК

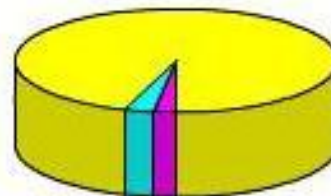
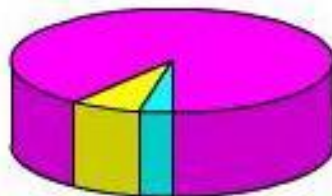
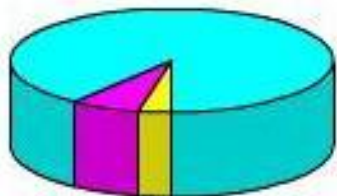
В действительности, применяемые на практике печатные краски – лишь несовершенное приближение к идеальным. На рис. показаны характерные спектральные кривые реальных основных красок многокрасочного полиграфического синтеза вместе с П-образными профилями идеальных красок.

Можно видеть, что реальные основные краски отражают или поглощают не в отдельной части спектра; имеются также нежелательные побочные спектральные эффекты. Из этого следует, что в многокрасочной репродукции теоретически возможный цветовой охват недостижим.



# CMYK

Краски (тонер) CMY – **не идеальные фильтры**. Даже запечатав 100% площади каждой краской CMY, мы не поглощаем весь спектр RGB, и в результате вместо черного получается **грязно-коричневый оттенок**.



# СМУК



СМУК



СМУ

Поэтому для достижения черного используется черный тонер К («скелетный» черный). Это позволяет, **во-первых**, увеличивать контраст и четкость, **во-вторых** - уменьшить расход дорогих цветных тонеров.

# СМУК



СМУК



СМУ

Существует несколько способов управления цветоделенным изображением для черной краски, т.е. замены сочетания циана, мадженты и желтой четвертой краской – черной, основными из которых являются:

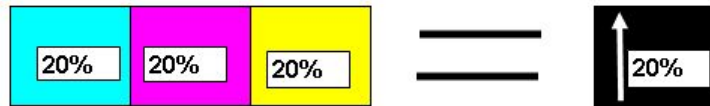
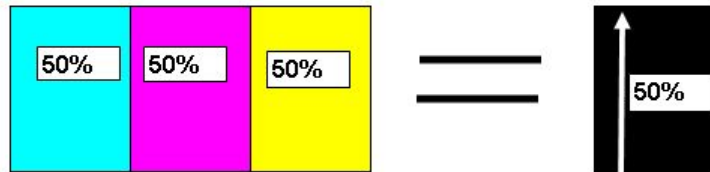
**UCR** (Under Color Removal) – при подготовке растра RIP'ом в каждом канале сравниваются уровни СМУ и, если они одинаковые, то СМУ не печатаются, а заменяются черным. Технологию UCR применяют главным образом к темным цветам, что практически не влияет на воспроизведение остальных оттенков.

**GCR** (Gray Component Replacement). Даже если уровни СМУ не совпадают, но есть общий минимум чуть ниже которого и выставляется уровень К (замена серой составляющей).

**UCA** (Under Color Addition). Если плотность черной краски недостаточна для усиления нейтрально-серых теней изображения, в ахроматическую составляющую вновь вводят циан, мадженту и желтую краски.

# UCR

## UCR (Under Color Removal)



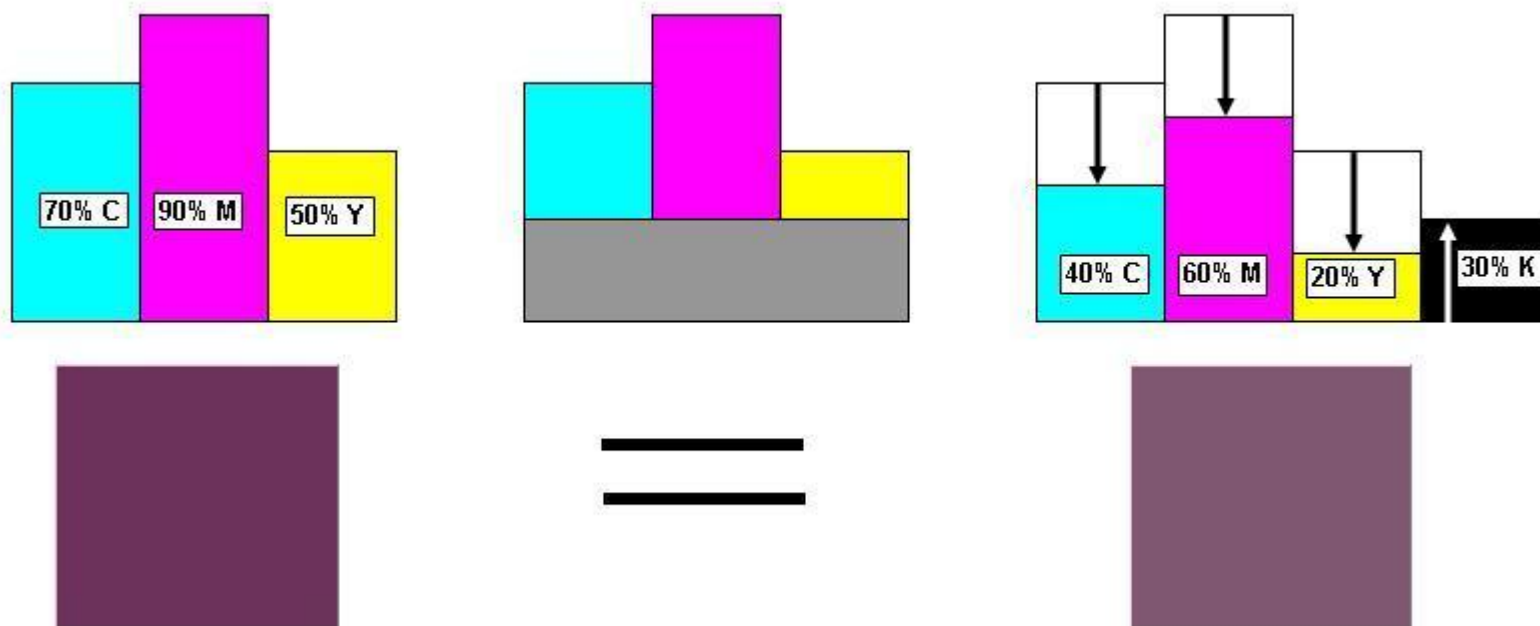
Одинаковые доли C+M+Y =  
K

**UCR** в общем случае занимается частичным замещением триадных красок одной черной краской. Это производится в теневых областях изображения: там, где достаточно большой процент суммарного содержания краски. На выходе цветоделенного изображения мы получаем 'ОЧЕНЬ СКЕЛЕТНЫЙ ЧЕРНЫЙ', который содержится только в глубоких тенях, образуя как бы остов изображения, его контур, подчеркивающий глубокие тени (отсюда и произошло данное название).



# GCR (Gray Component Replacement)

Одинаковые доли  $C+M+Y = K$

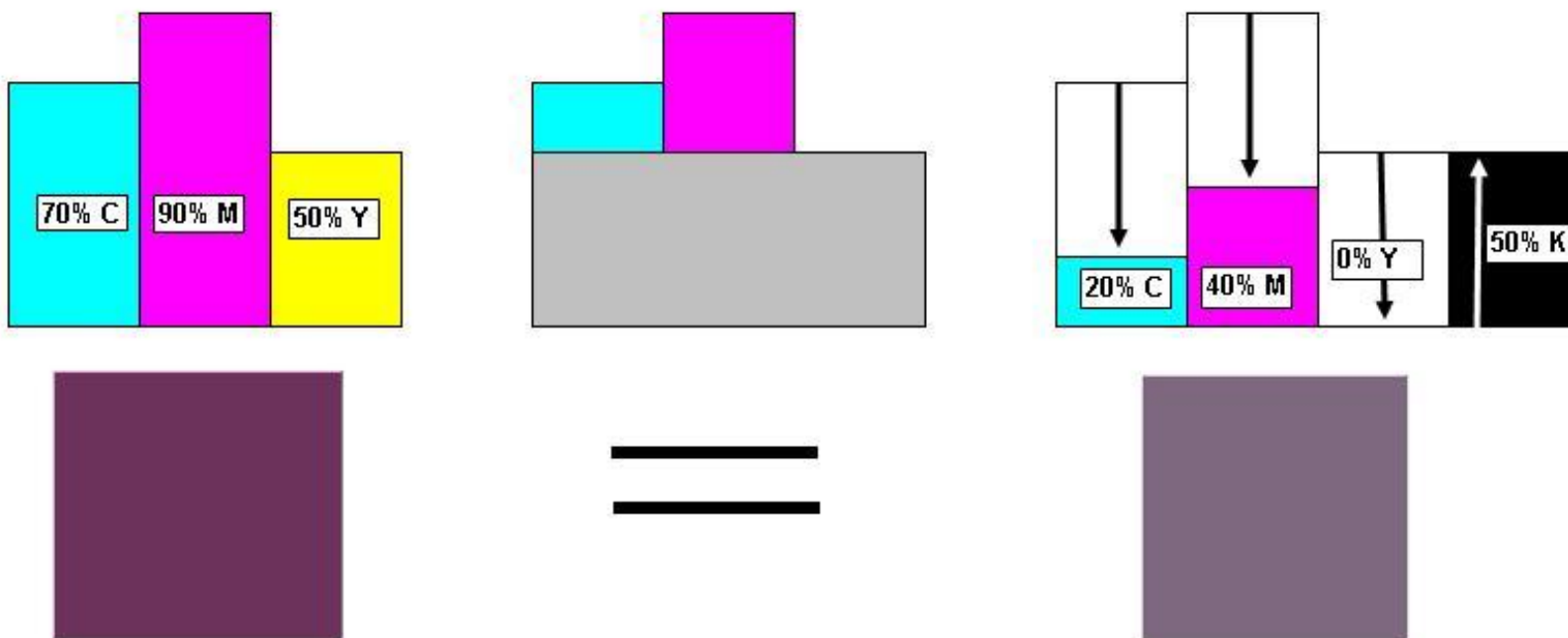


**GCR** - замещение цветов оттенками серого; вариант перевода: замена серой составляющей) - метод формирования черного цвета, при котором определенное соотношение трех цветов (CMY) заменяется эквивалентным количеством черного (K) на всем цветовом пространстве изображения.

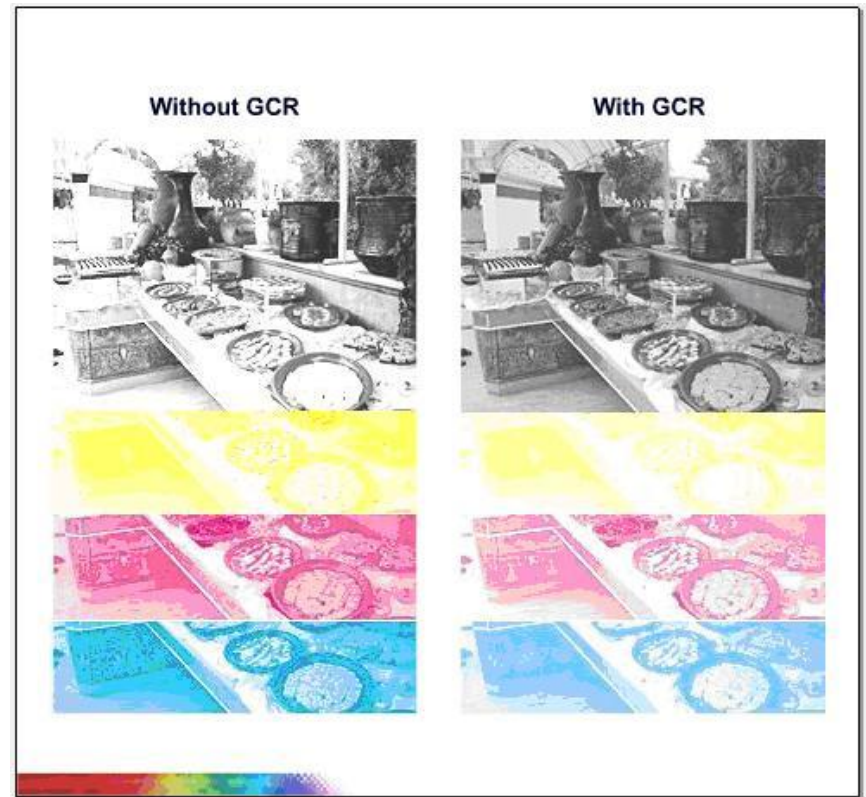
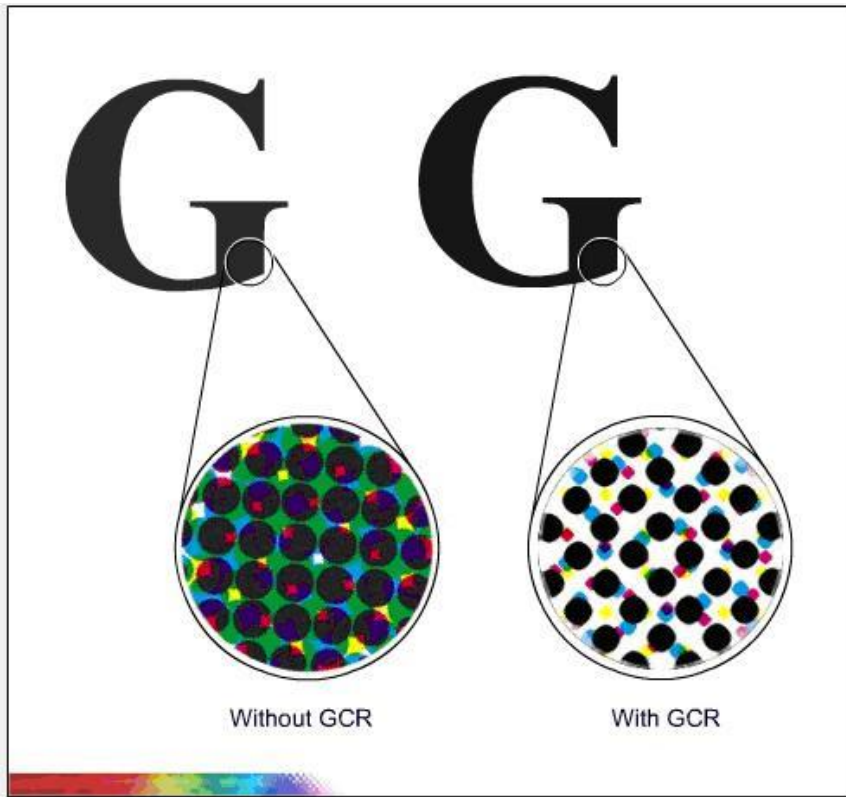
# GCR

**GCR (Gray Component Replacement) – 100%**

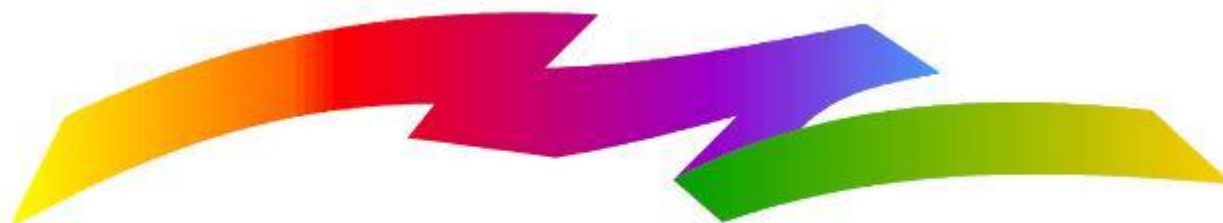
Одинаковые доли  $C+M+Y = K$



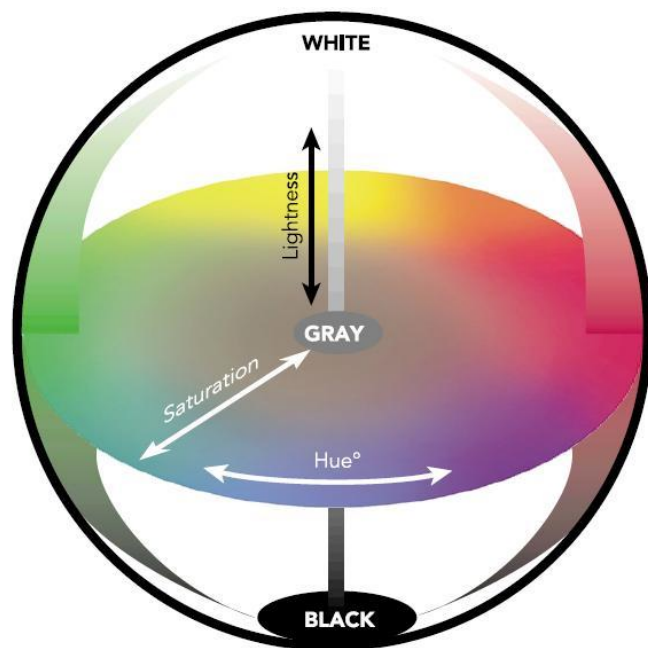
# GCR



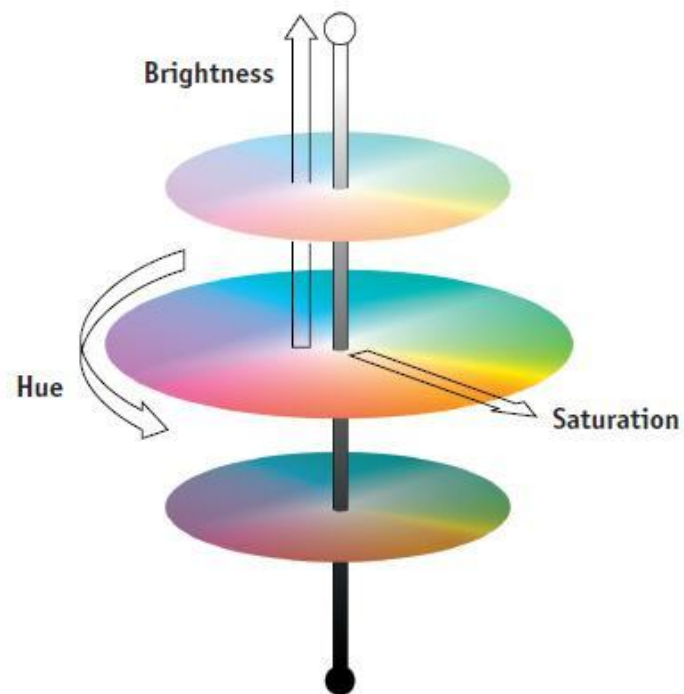
# Модель HSL (HSB)



# HSL



# HSB



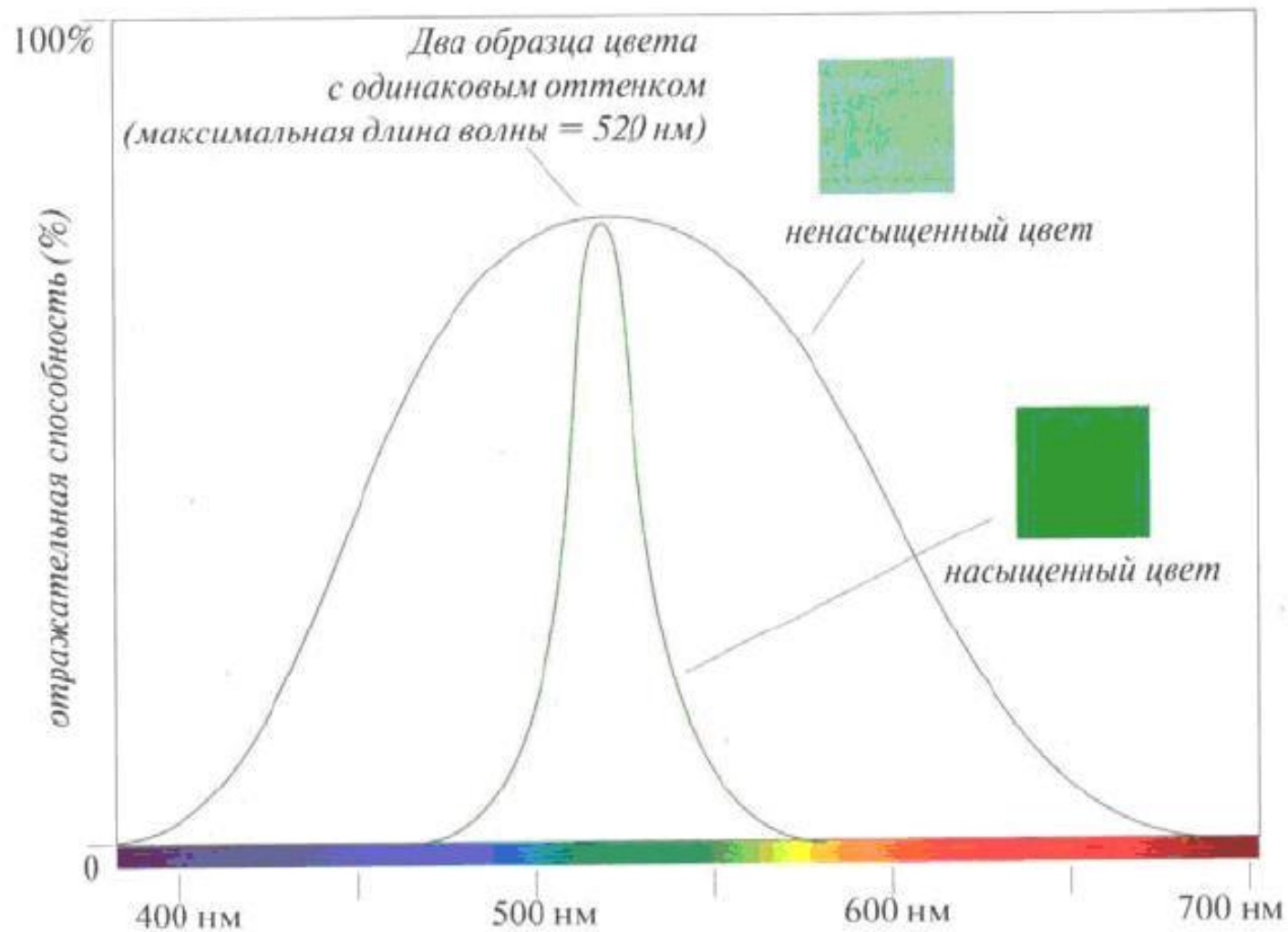
Имеется ещё одна модель, описывающая цвет в терминах восприятия его человеком.

**Тон, насыщенность и яркость**, которые образуют цветовую модель **HSL (HSB)**.

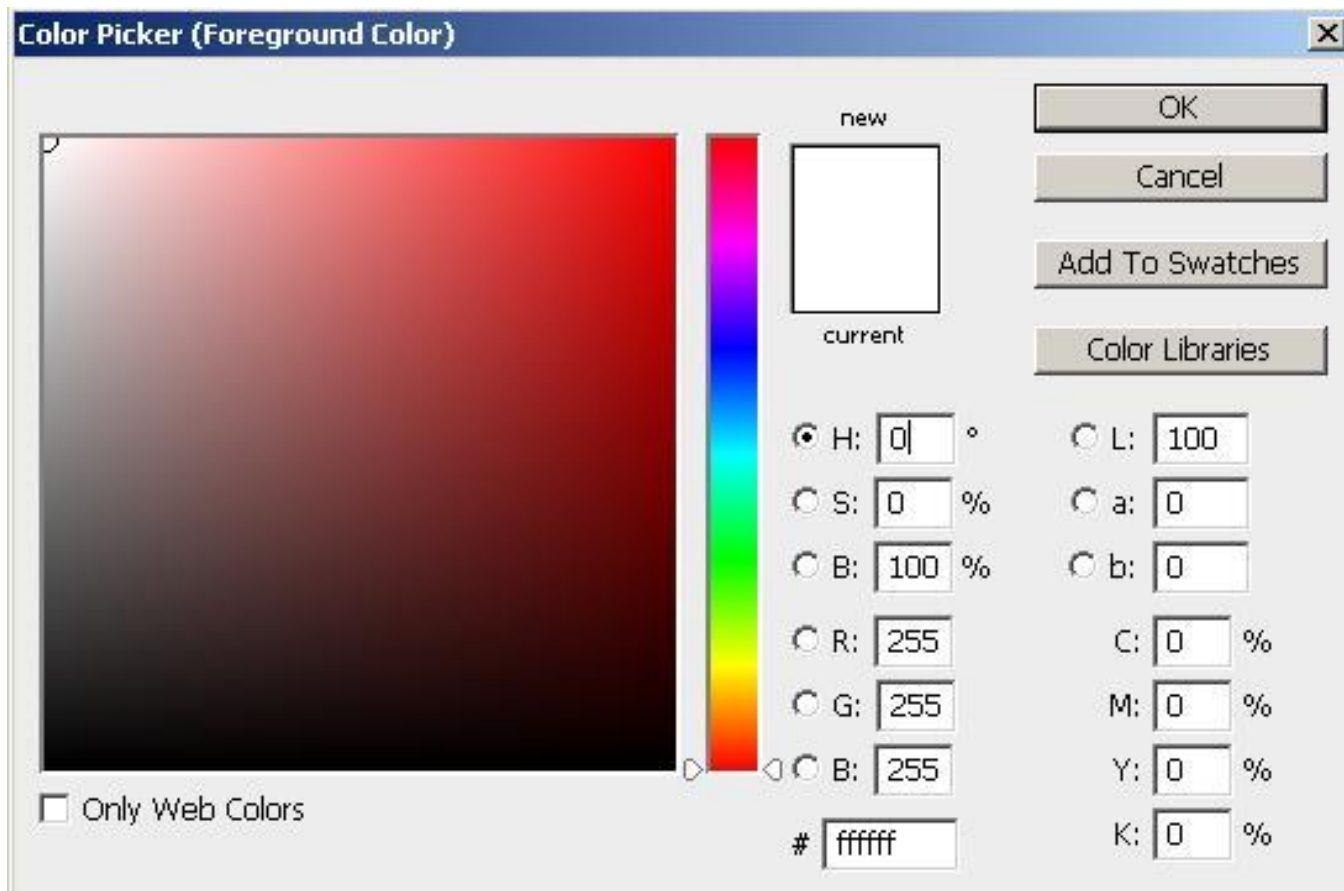
- **Тон (Hue)** — характеристика собственно цвета — красный, зеленый или оранжевый и т.п.
- **Насыщенность (Saturation)** — характеристика, определяющая спектральную чистоту света. Чем уже спектр света, тем он насыщеннее.
- **Светлота (Lightness)** — относительное положение яркости цвета между черным и белым.



# HSI

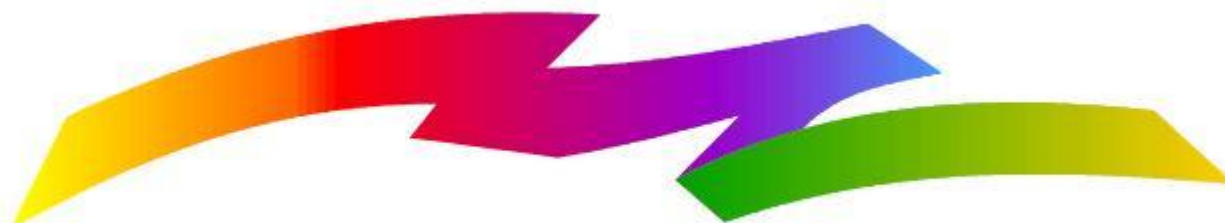


# HSL

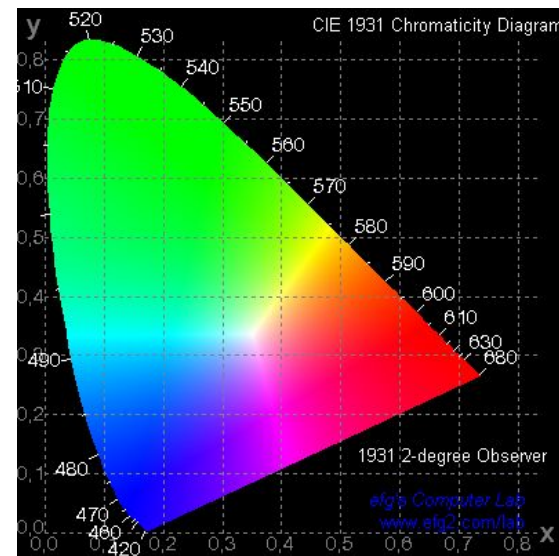
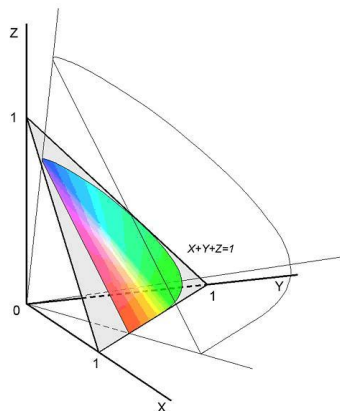


Многие компьютерные программы имеют диалоговые окна, в которых вы можете выбрать цвет, управляя его оттенком, насыщенностью или яркостью. Например, в программе Photoshop используется инструмент Color Picker для выбора цвета, который можно переконфигурировать в соответствии с вашими предпочтениями.

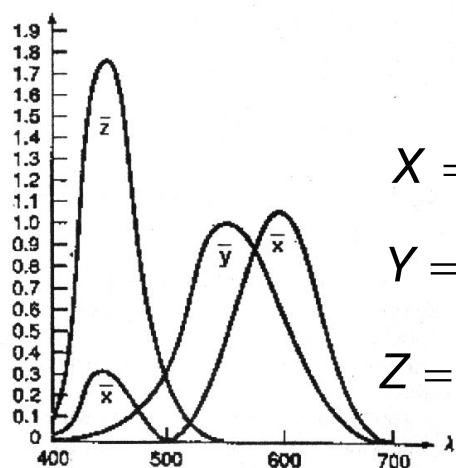
# Аппаратно-независимая модель CIE Lab



# CIE xyz CIE xyY



Модель CIE XYZ позволяет описывать все видимые цвета при помощи неотрицательных коэффициентов



$$X = \int I(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda,$$

$$Y = \int I(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda,$$

$$Z = \int I(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda.$$

В эксперименте CIE часть чистых спектральных цветов уравнивать не удалось, в результате чего в цветовой координатной системе CIE RGB некоторые цвета имеют отрицательные координаты. Это неудобно при математических расчетах. Вскоре после возникновения CIE RGB, была предложена другая цветковая координатная система, полученная математическим пересчетом из исходной CIE RGB. Эта система и получила название **CIE XYZ** по трем координатным осям — XYZ. Отрицательных значений в этой системе уже нет.

Имея значения цветковых координат для спектрально-чистых цветов, можно вычислить цветковые координаты и для цветковых ощущений, вызываемых светом сложного спектрального состава.

Система CIE xyY получена путем пересчета из системы XYZ. Оси x, y – оси цветности, ось Y – светосилы.

# CIE Lab

Хорошо сбалансированная структура модели CIE L\*a\*b\* основана на той теории, что цвет не может быть одновременно зеленым и красным или желтым и синим. Следовательно, для описания атрибутов "красный/зеленый" и "желтый/синий" можно воспользоваться одними и теми же осями.

В CIE L\*a\*b\*, величина L\* обозначает светлоту (Luminance, Light), a\* - величину красной/зеленой составляющей, b\* - величину желтой/синей составляющей. "Звездочки" означают разработку системы именно специалистами CIE.

CIE L\*a\*b\* наиболее широко применяется для всех математических расчетов, производимых компьютерами при работе с цветом. Кроме того, при цветокоррекции цифровых изображений кривые L\*a\*b\* дают пользователю комплект возможностей, дополняющих традиционный инструментарий растровых редакторов.

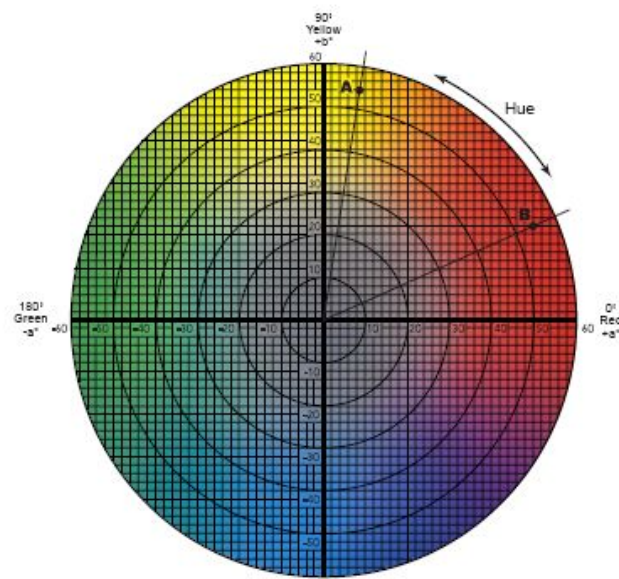


Figure 11: CIE LAB color chart

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16$$
$$a^* = 500 [(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}]$$
$$b^* = 200 [(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}]$$

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16$$
$$C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$$
$$h^* = \arctan (b^*/a^*)$$

$X_n, Y_n, Z_n$  are values for a reference white for the illumination/observer used.

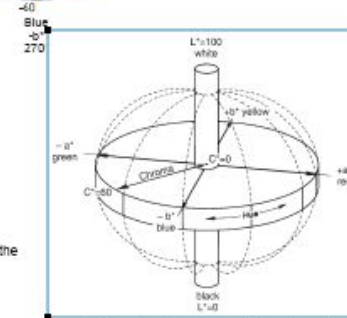
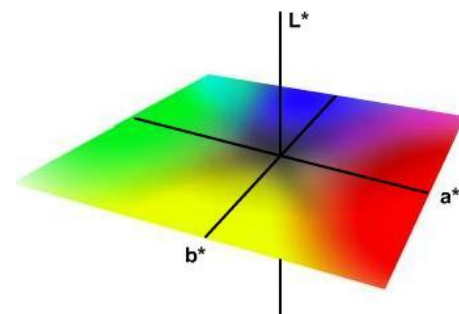


Figure 12: The L\* value is represented on the center axis. The a\* and b\* axes appear on the horizontal plane.



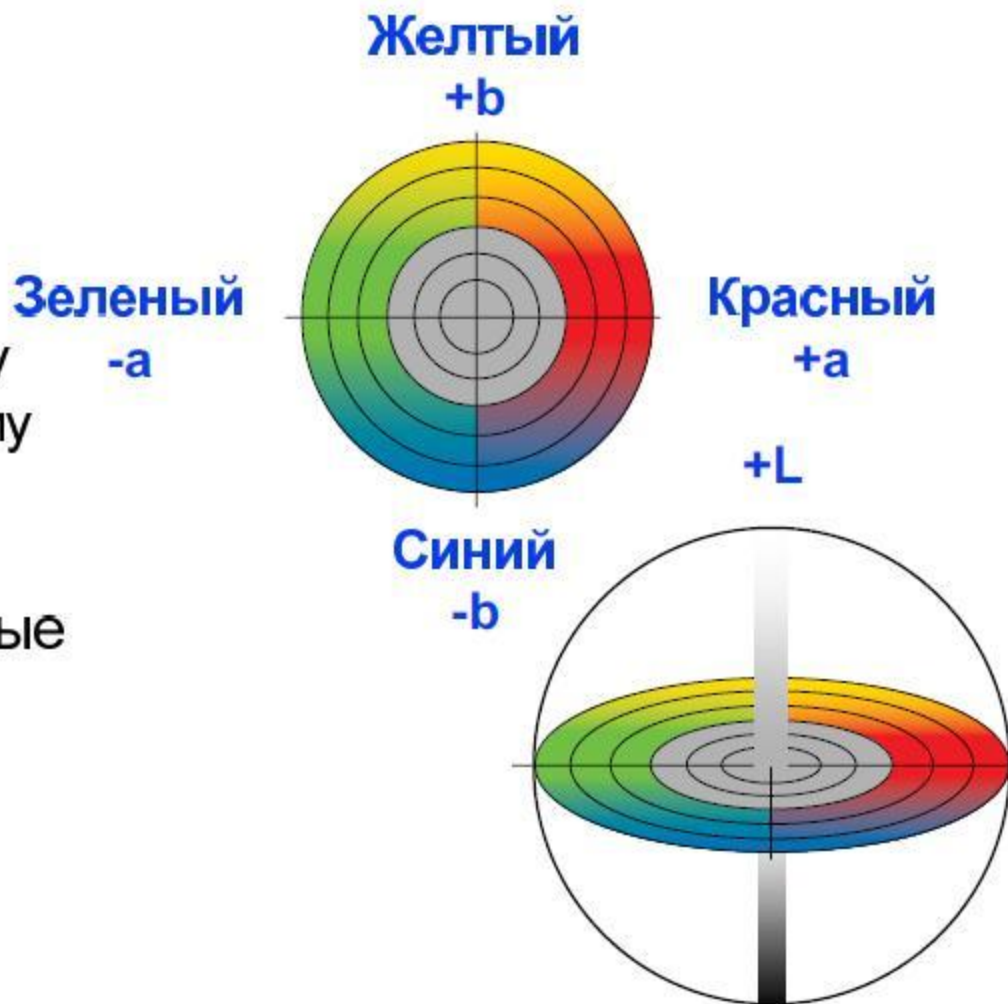
# CIE Lab



## Цветовое пространство

$L^*a^*b^*$

- Не зависит от прибора  
Цвета CIE, но однородно  
расположенные
  - $L^*$  = от светлого к темному
  - $a^*$  = от красного к зеленому
  - $b^*$  = от желтого к синему
- Одинаково  
“воспринимаемые” цветовые  
шаги
- Промышленный  
графический стандарт



# CIE Lab

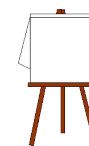
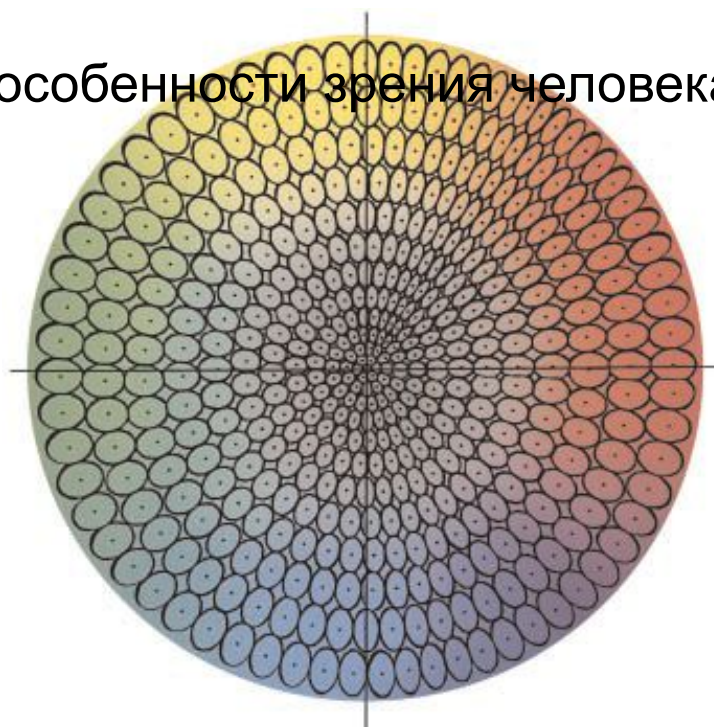
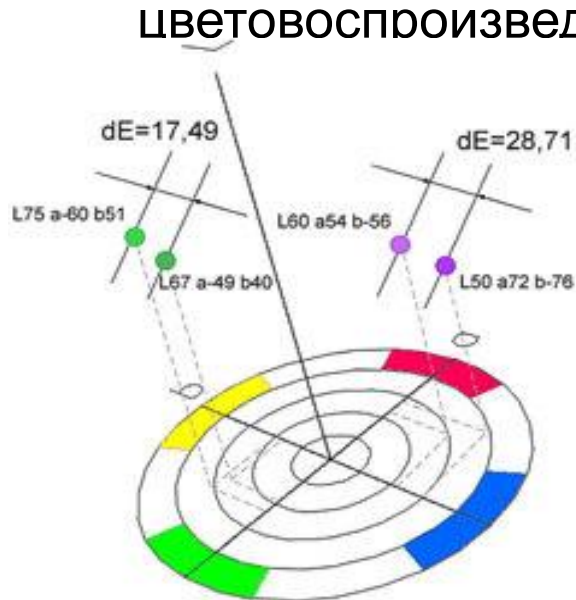
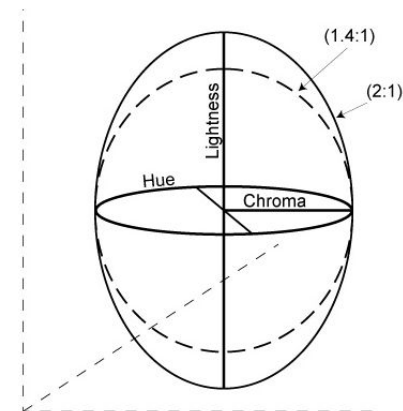
## Цветовое отличие

$dE = 1$  – порог зрительного отличия.

“дельта E” характеризует величину несовпадения двух цветов.

“дельта E” является критерием точности цветовоспроизведения

появляет особенности зрения человека



# Gamut



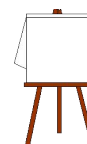
# Цветовой охват (Gamut)

Все современные устройства ввода и вывода изображения, к сожалению, не в состоянии воспринять или воспроизвести все цвета, которые видит человек.

- Совокупность всех цветовых ощущений, которые может воспроизвести данное устройство, называется **цветовым охватом** этого устройства (**gamut**).
- Очень важен и **динамический диапазон** - диапазон уровней яркости от самого темного до самого светлого



На рисунке показана фигура, приблизительно описывающая цветовое пространство человека в  $L^*a^*b^*$ .



# Цветовой охват (Gamut)

Цветовые охваты реальных устройств обычно отображают в цветовых координатах.

Эта трехмерная фигура, расположенная в соответствующей координатной системе и будет определять, какие цвета матрица или любое другое устройство (от фотопленки до монитора) может воспринять или воспроизвести.

Чем больше объем этой фигуры – тем больший цветовой охват.

Примерное представление может дать рисунок в системе Lab

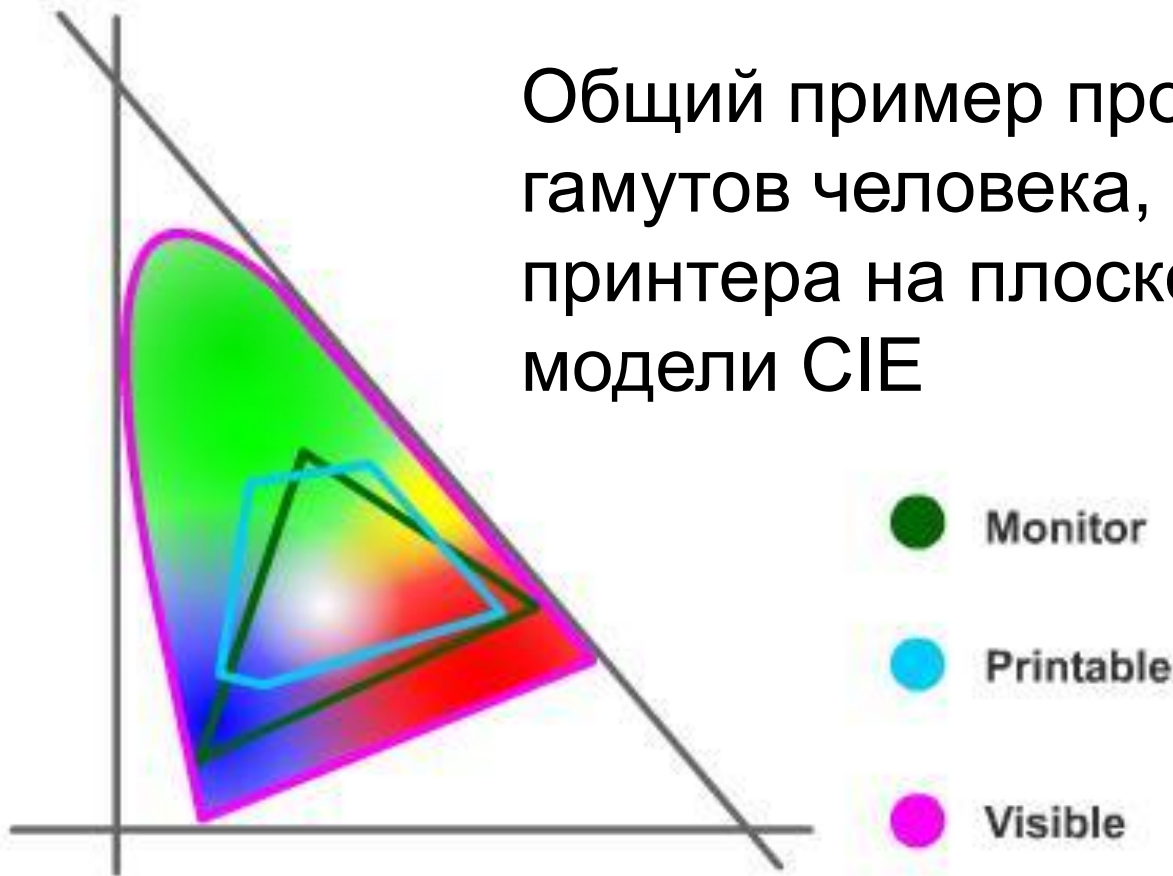


На рисунке показана фигура, приблизительно описывающая цветное пространство человека в  $L^*a^*b^*$ .



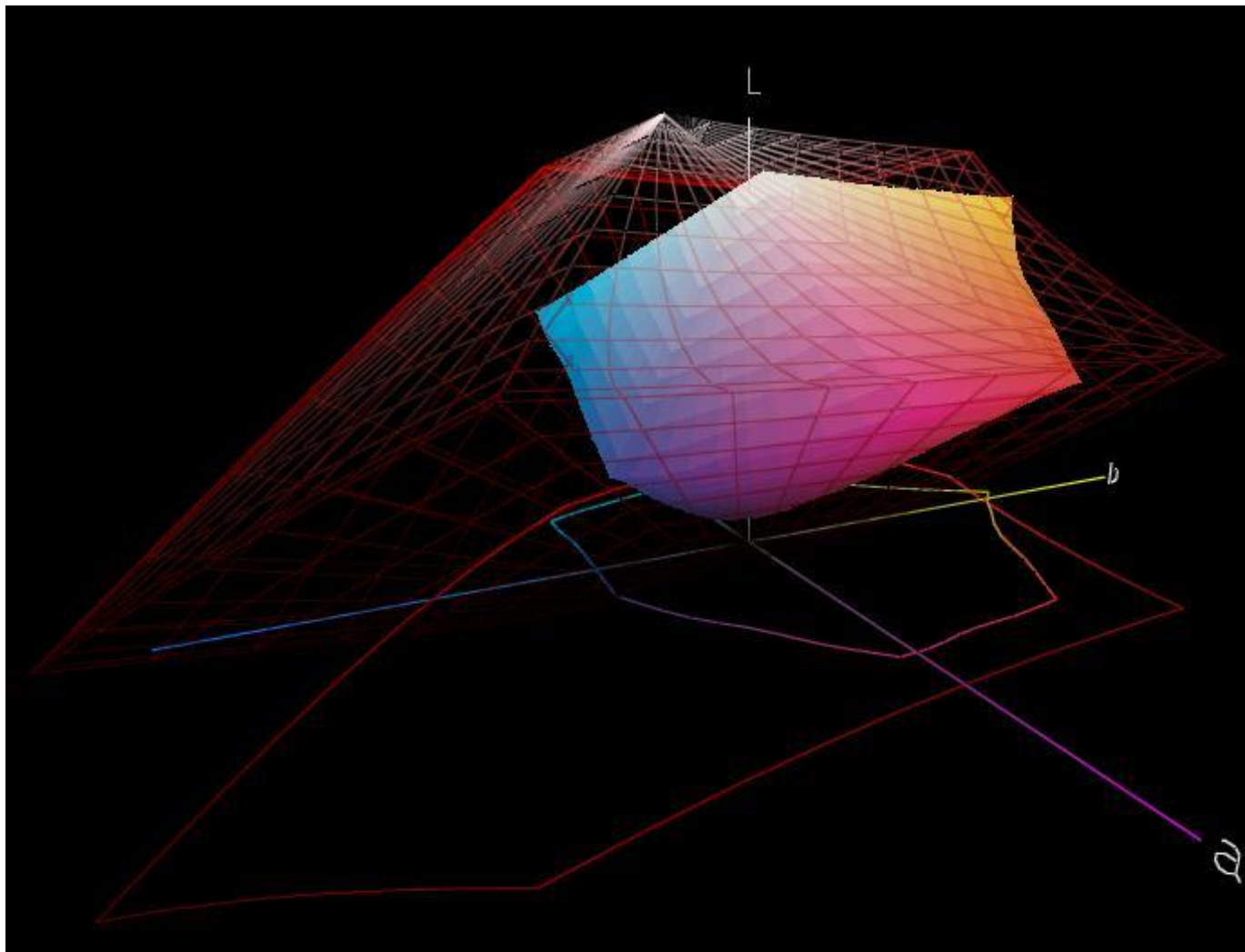
# Цветовой охват (Gamut)

Общий пример проекций гамутов человека, монитора и принтера на плоскость  $x-y$  модели CIE

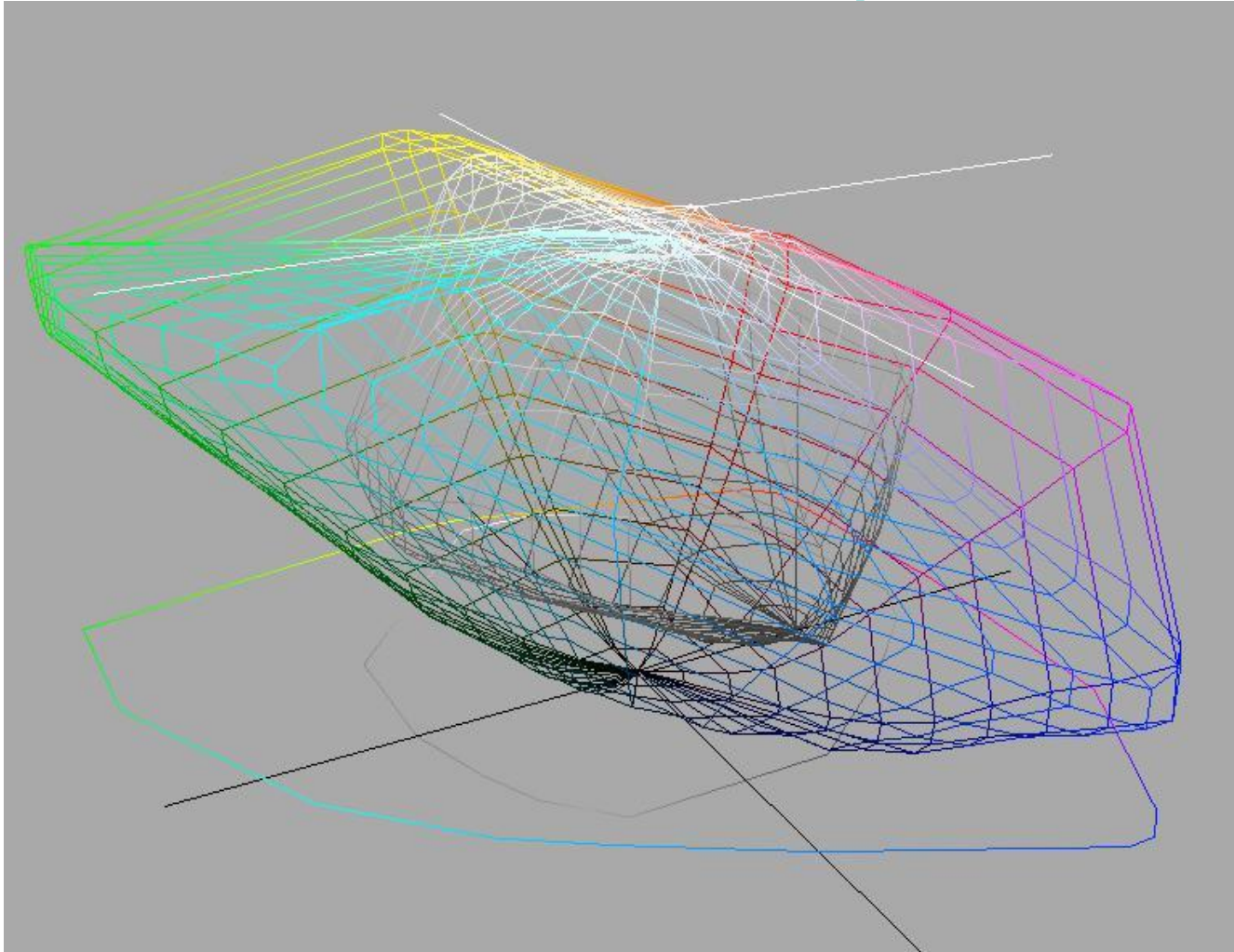


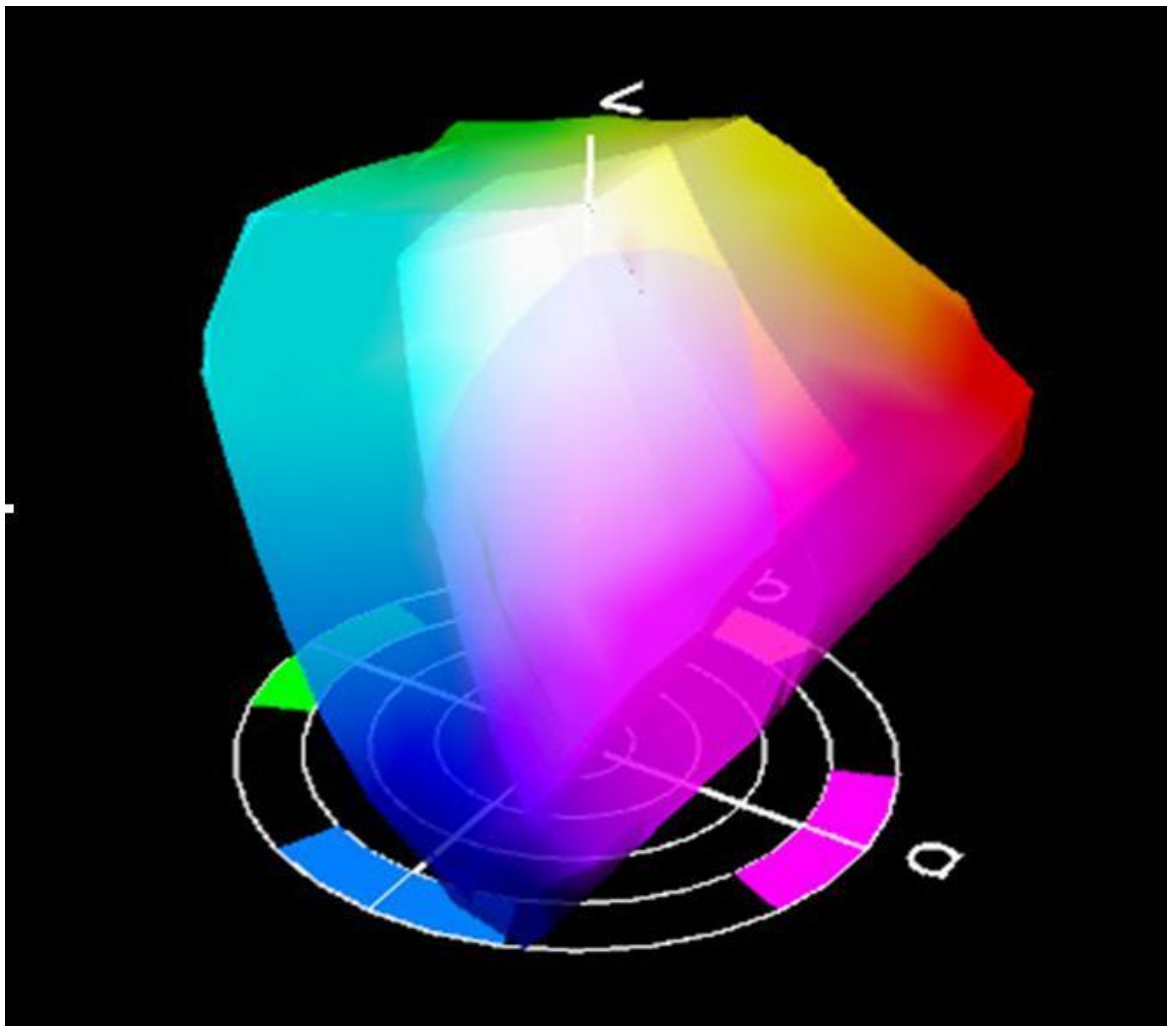
Цветовой охват человеческого глаза на сегодня недостижим ни для одного из существующих типов технических сенсоров.

# Цветовой охват (Gamut)



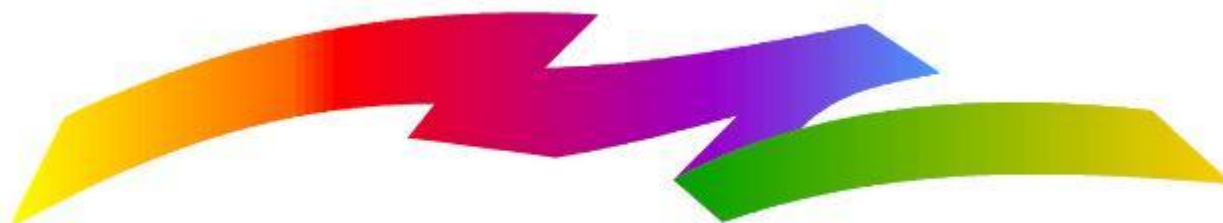
# Цветовой охват (Gamut)





Самая большая фигура – примерный охват человеческого зрения, внутри него – охват стандарта sRGB (на него сейчас ориентируются все массовые мониторы и цифровые фотокамеры). Внутри sRGB – синяя область – это охват принтера. Видно как уменьшается цветовой охват по мере перехода от реального изображения к отпечатку?

# Process Control, LUT таблицы





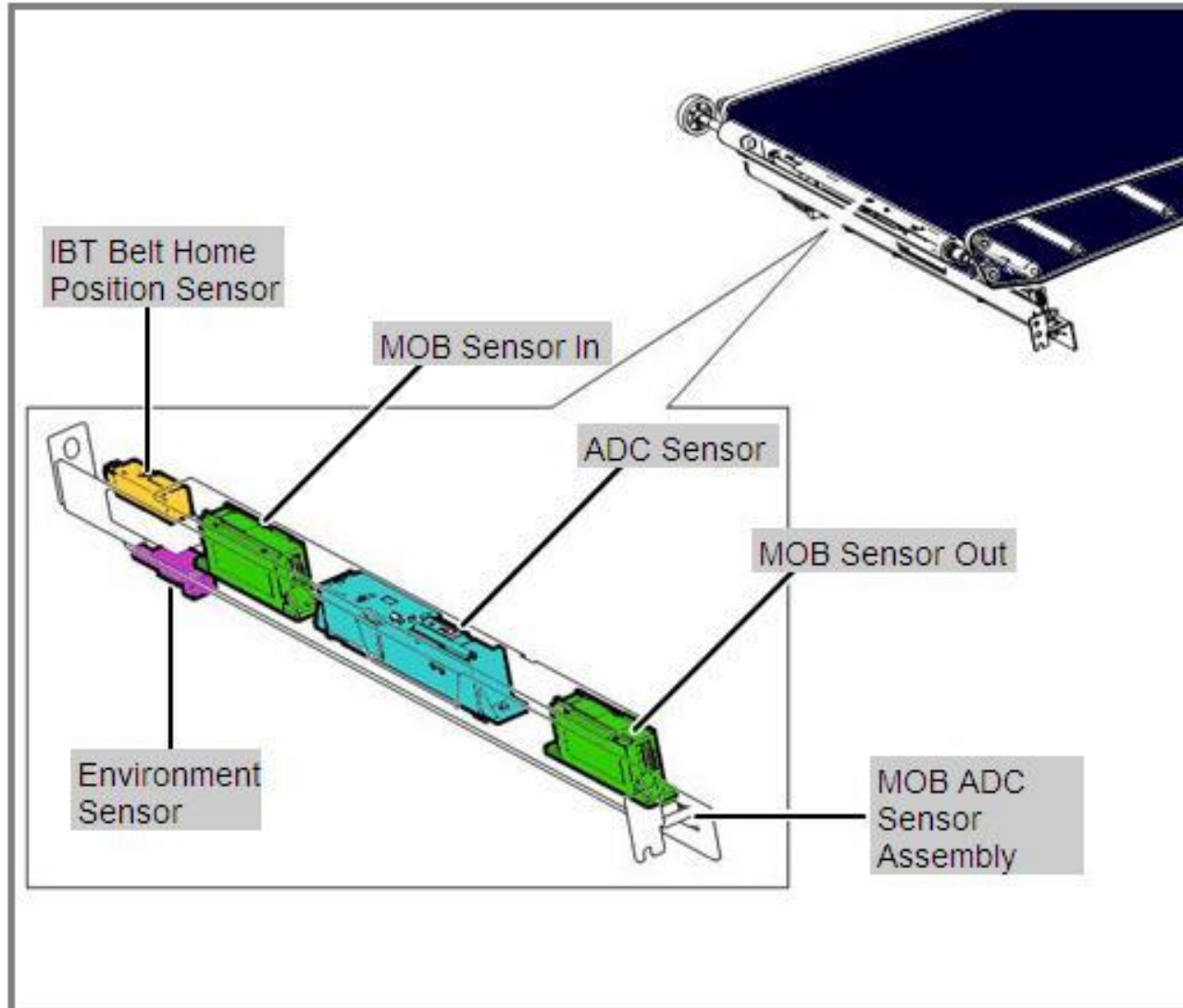
# Process Control

**Process Control** – это система, которая позволяет автоматически поддерживать постоянные плотности заливок С, М, Y и К в различных условиях эксплуатации.

В качестве источников входной информации используются датчики:

- ADC Sensor (оптической плотности)
- Environment Sensor (температура, влажность)
- ATC Sensor (концентрации тонера)

# Process Control

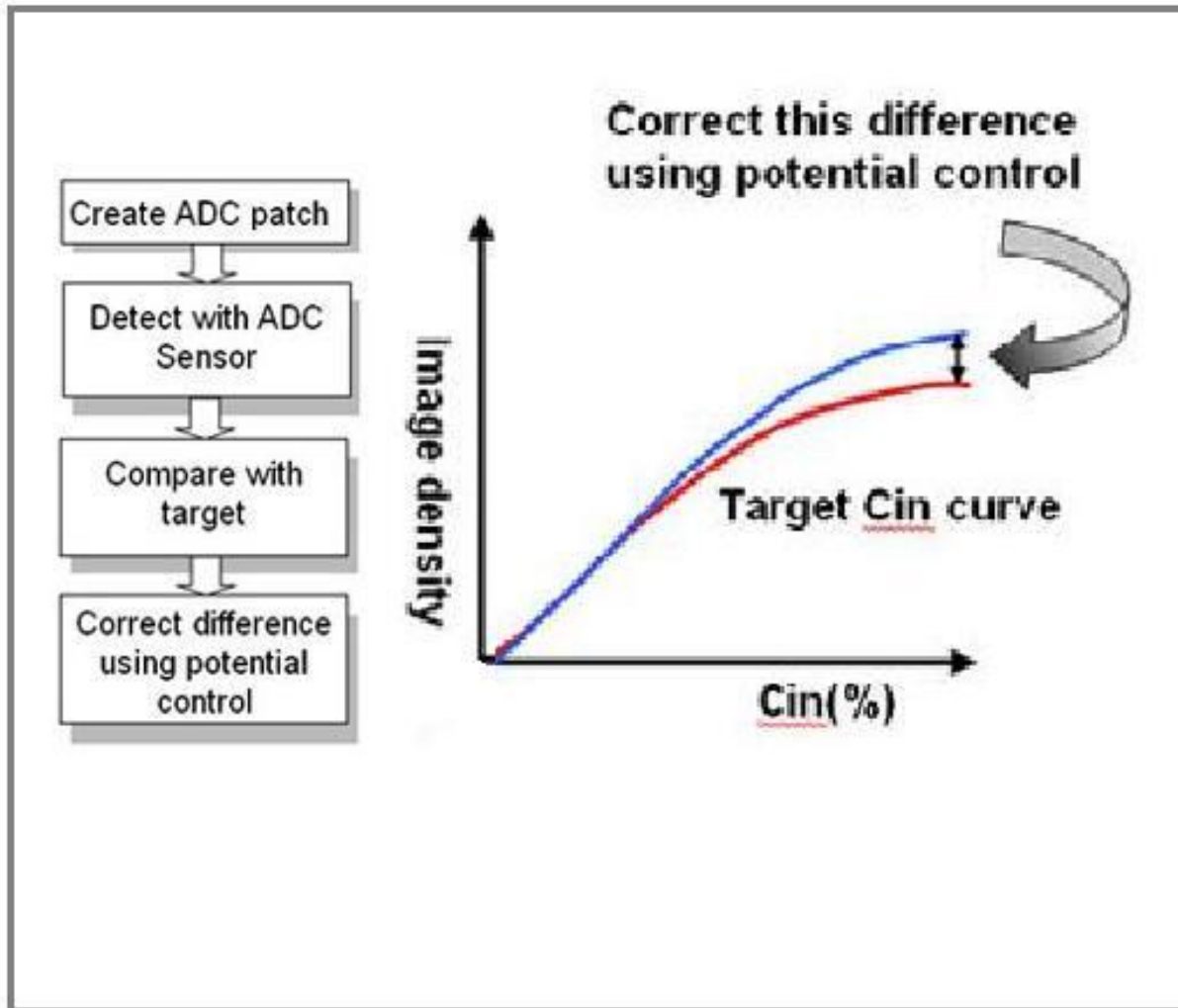


# Process Control

На выходе регулируются:

- Площадь заполнения тонером в растровых ячейках («узкий коридор» - управление цифрой в RIP, ESS)
- Электростатические параметры  $V_{high}$ ,  $V_{low}$ ,  $V_{bias}$  («средний коридор»). Эффективней управлять на малых плотностях TRC зарядом  $V_{high}$ , на средних плотностях - смещением магнитного вала  $V_{bias}$ , на высоких плотностях – разрядом фоторецептора  $V_{low}$  (скважностью Duty Cycle)
- Концентрация тонера («широкий коридор» - инерционное звено управления).

# Process Control

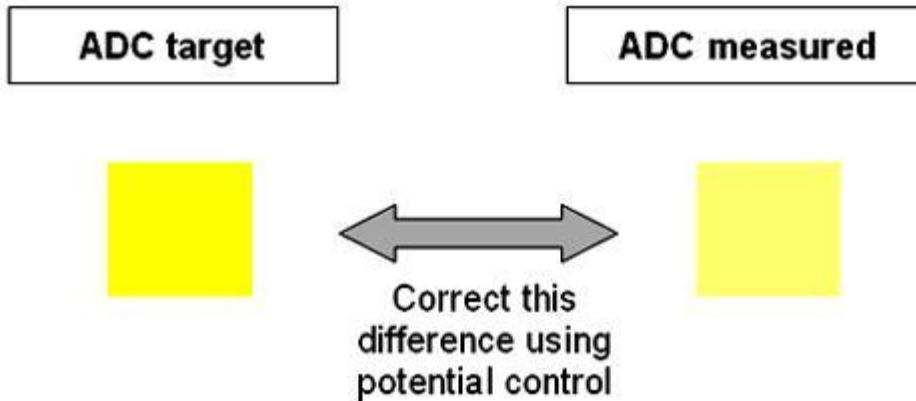
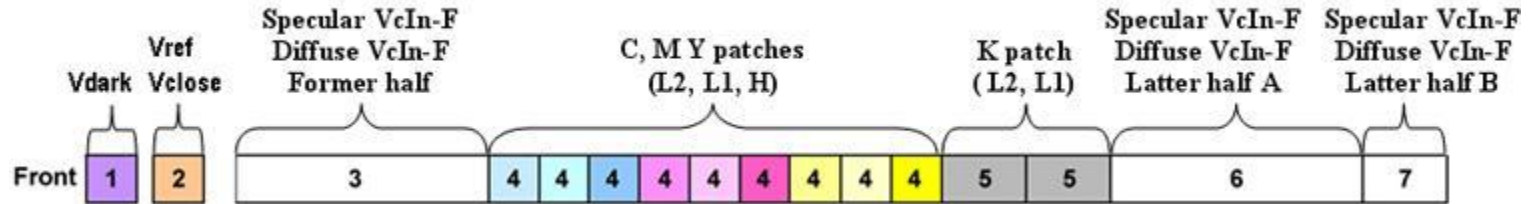


# Process Control

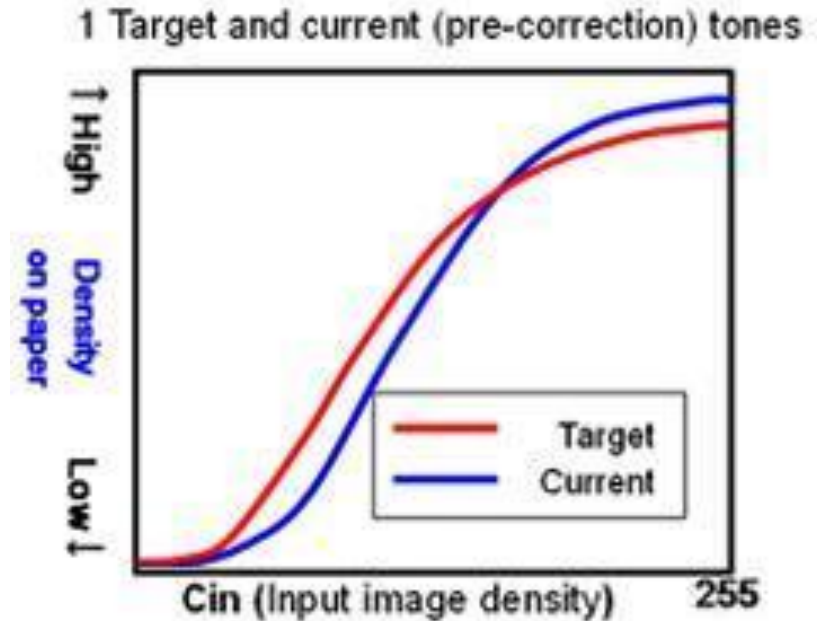
На ремне промежуточного переноса IBT формируются «патчи» различной плотности заполнения тонером по каждому цвету отдельно. С помощью датчика ADC Sensor измеряется текущее реальное значение оптической плотности каждого «патча» (Measured). Логикой управления это значение сравнивается с целевым значением плотности (Target), вычисляются поправки и заносятся в таблицу Look Up Table (**LUT**). С помощью LUT затем корректируется кривая TRC.



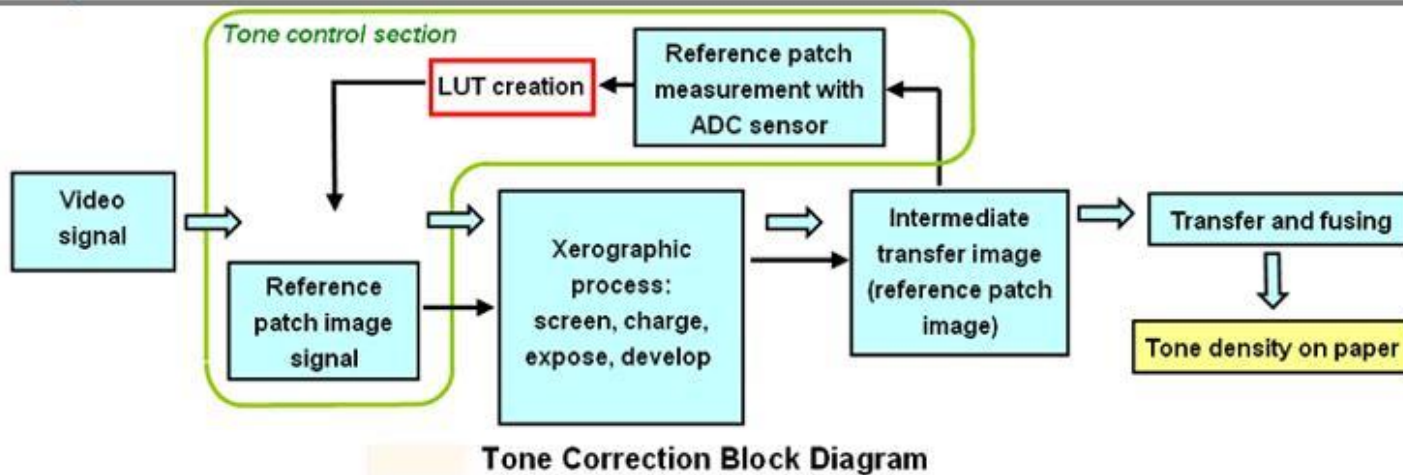
# Process Control



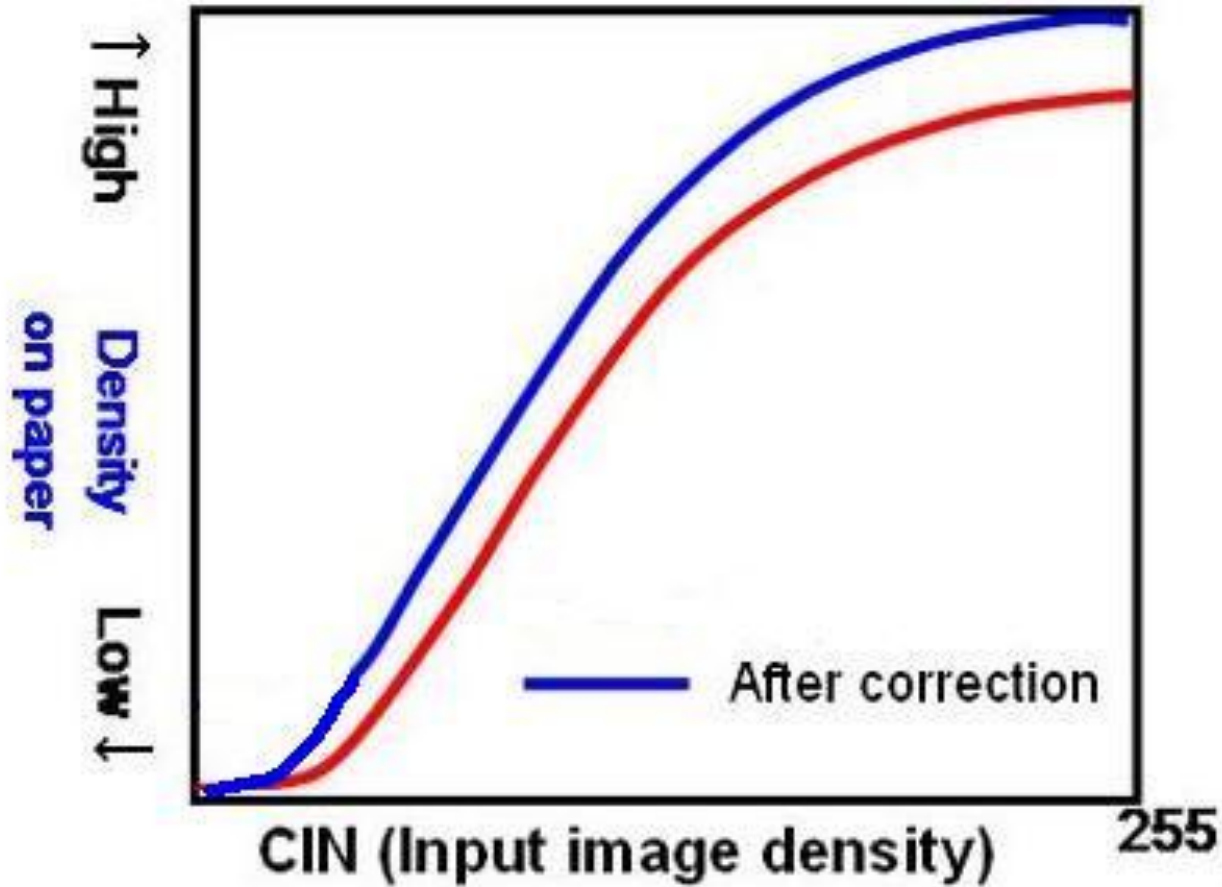
# Process Control LUT



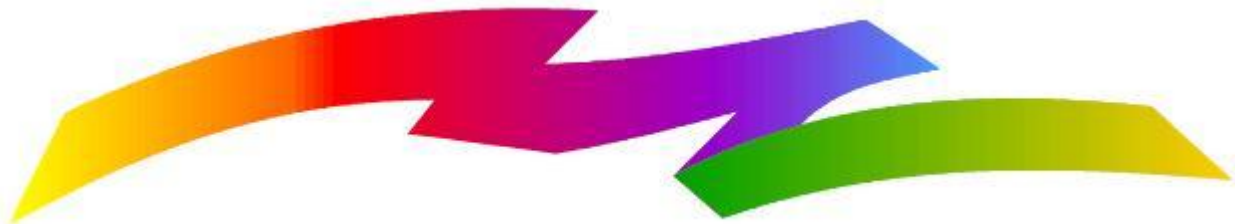
Process Control: Tone Adjustment



# Process Control



# Color Management System (CMS)



# Color Management System

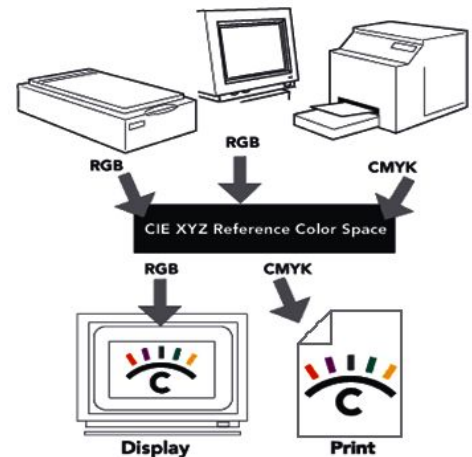
## Система управления цветом (CMS ).

CMS - это программно-аппаратный комплекс, позволяющий анализировать и производить необходимые преобразования с цветом обрабатываемых данных, для обеспечения повторяемости вывода изображения в различных условиях.

## Зачем нужна CMS?

Для того чтобы воспроизвести цвет созданный в одном цветовом пространстве с помощью устройства, работающего в другом пространстве.

(например, RGB изображение напечатать на CMYK принтере).

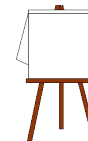




# Color Management System

## Задачи CMS:

- Обеспечение предсказуемости цветопередачи;
- Инструмент для обеспечения повторяемости цветопередачи;
- Согласование цветопередачи различных устройств с заданным уровнем достоверности.

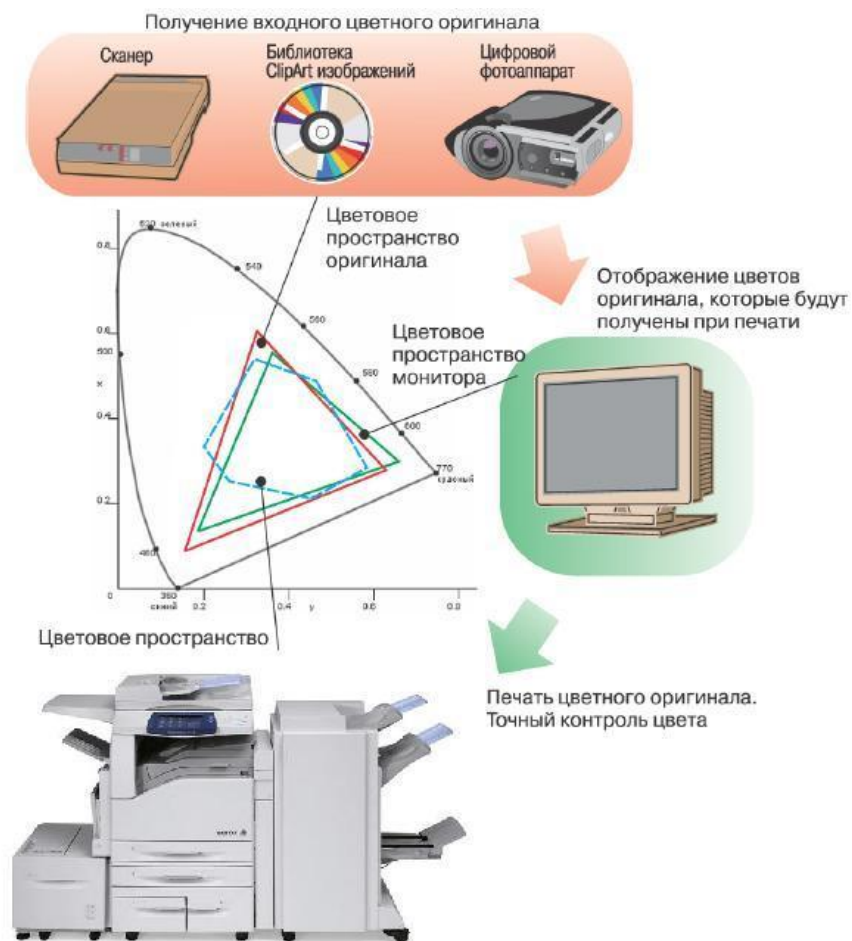


# CMS

Система управления цветом (Color Management System, CMS) помогает уменьшить или устранить проблемы с цветом и сделать цвет предсказуемым при передаче его между устройствами, его воспроизводящими.

CMS – совокупность программных и аппаратных средств, разработанных для согласования различий воспроизведения цвета сканерами, мониторами, принтерами и печатающими машинами, чтобы гарантировать стабильное воспроизведение цвета в течение всего процесса. В идеале это означает, что цвета оригиналов точно представляют цвета, полученные на оттиске.

На практике каждое устройство воспроизводит цвет по-своему, поэтому можно сказать, что цвет, который мы видим, зависит от устройства, производящего его. Таким образом, можно сказать, что каждое устройство имеет свое особое цветовое пространство.



ICC



*International  
Color Consortium®*

## Международный консорциум по цвету (ICC)

Международный консорциум по цвету (ICC) был сформирован в 1991г. с целью развития стандарта профайлов и управления им. Основатели консорциума: компании Apple Computer Inc, Adobe Systems Inc, Agfa, Kodak, FOGRA, Microsoft Corporation, Silicon Graphics Inc, Sun Microsystems и Taligent Inc.

Была успешно решена задача перемещения конечным пользователем изображений с прикрепленными профайлами между различными компьютерными платформами. Теперь изготовителю принтера достаточно построить один общий профайл для разных операционных систем.

# Составляющие управления ЦВЕТОМ

Все системы управления цветом, основанные на стандарте ICC (International Color Consortium), содержат **четыре основных составляющих**:

**PCS (Profile Connecting Space)** — пространство привязки профилей, позволяющее присвоить цвету однозначные числовые значения из цветовых пространств CIE XYZ и CIE LAB вне зависимости от особенностей различных устройств, применяющихся для воспроизведения этого цвета, а с точки зрения его восприятия человеком.

# Составляющие управления ЦВЕТОМ

**Профили, профайлы (Profiles)** — описывают зависимость между сигналами RGB или CMYK, управляющими устройством и конкретными цветами, воспроизводимыми с помощью этих сигналов. В частности, профайлы определяют значения CIE LAB, которые соответствуют заданному набору числовых значений RGB или CMYK.

У каждого устройства есть Gamut (цветовой охват). Профайл (Profile) – это также и табличное описание гамута устройства.

# Составляющие управления ЦВЕТОМ

**CMM (Color Management Module)** — программное обеспечение, выполняющее все расчеты, необходимые для преобразования значений RGB или CMYK. Модуль CMM обрабатывает данные, хранящиеся в профайле.



# Составляющие управления ЦВЕТОМ

**Способы цветопередачи (Rendering Intent)** — описание стандарта ICC, содержащее четыре способа цветопередачи или четыре способа интерпретации цветов при преобразовании цветового пространства одного устройства в цветовое пространство другого.

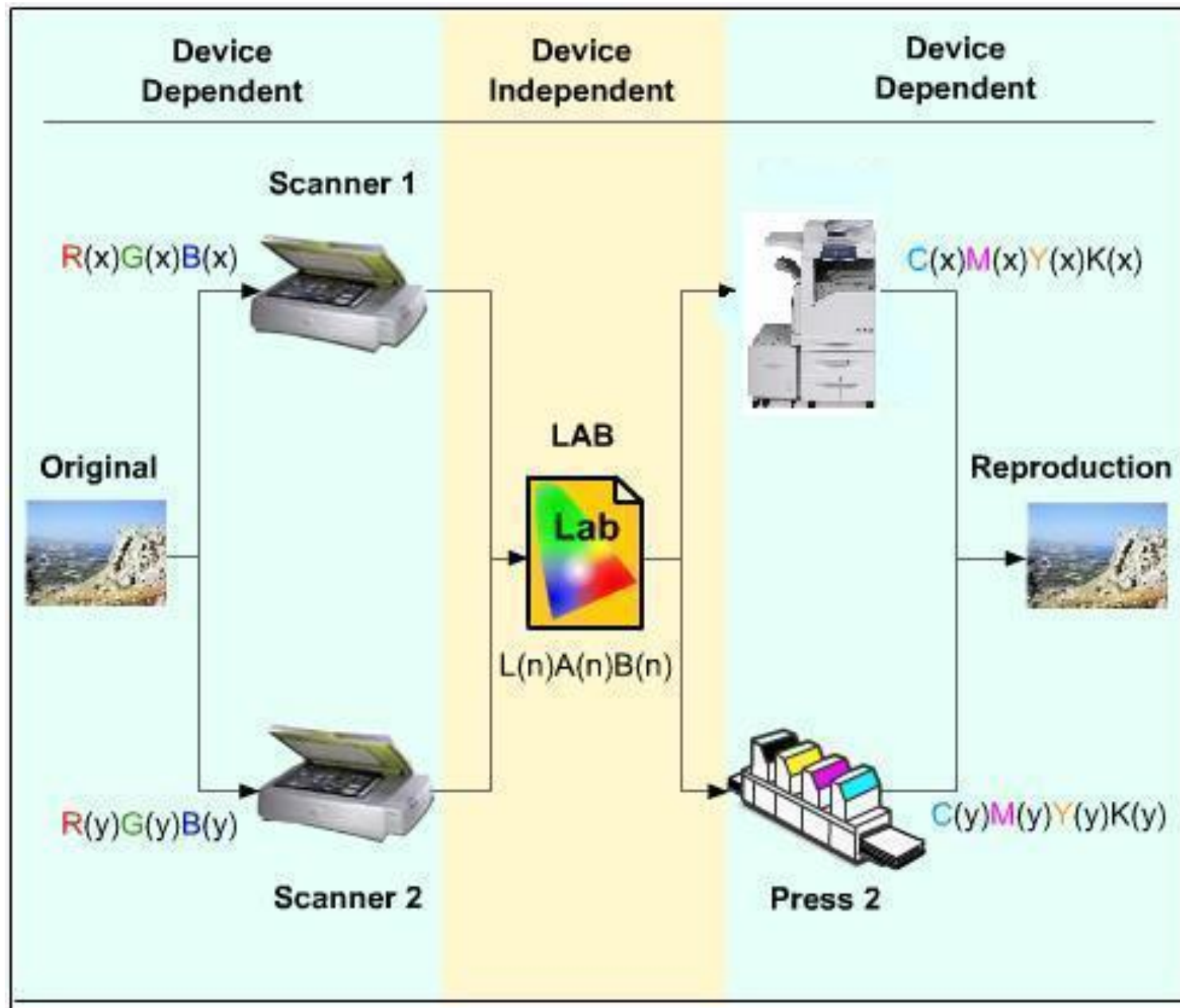
# Color Management System



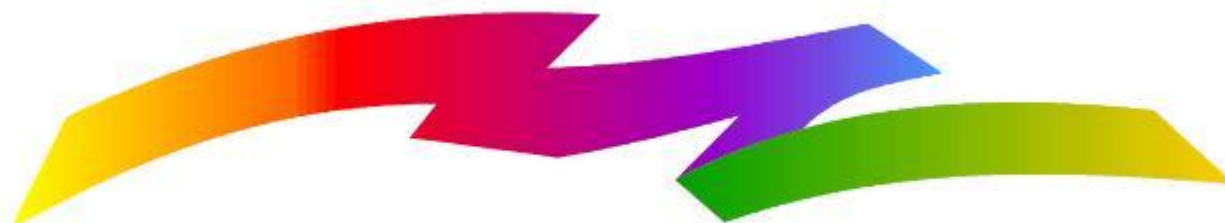
## Принцип работы CMS в первом приближении:

информация из исходного цветного пространства преобразуются в Profile connection space (PCS - аппаратно независимое цветное пространство, например CIE XYZ или CIE Lab) с помощью модуля СММ.

Затем информация преобразуется из PCS в выходное цветное пространство (например, sRGB, или в CMYK выходного устройства, например в выходной профиль WC 7435).



# Пространство привязки профилей (PCS)

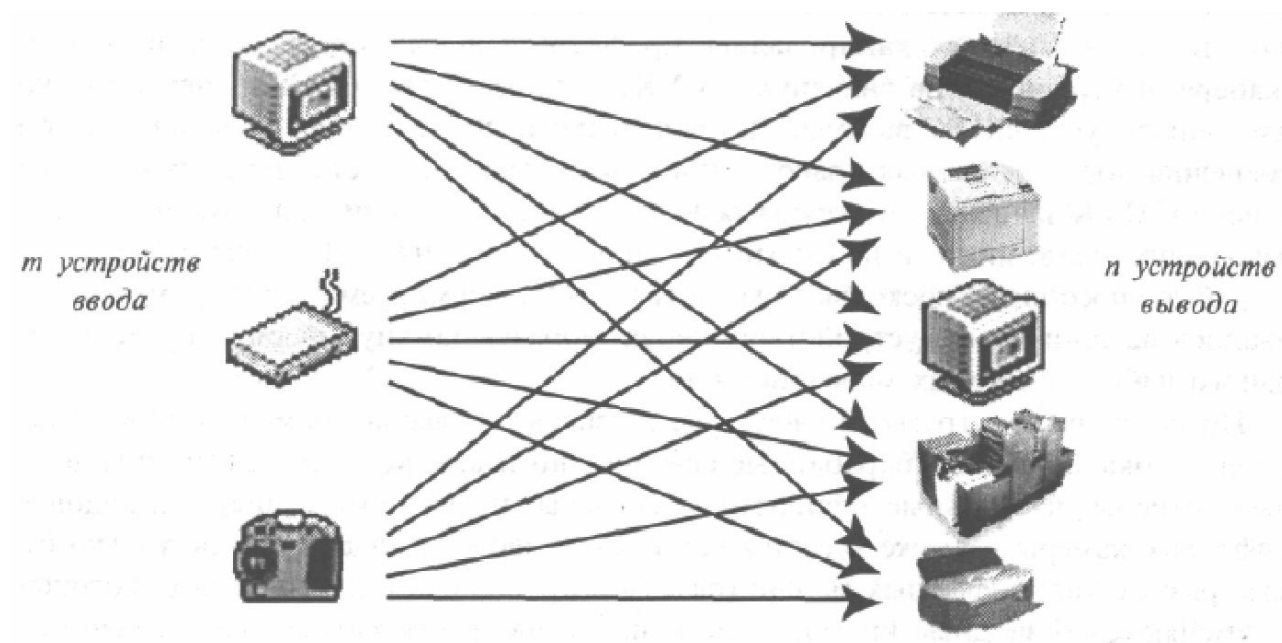


# PCS

Раньше жить было намного проще, поскольку управление цветом не требовалось в так называемом *технологическом процессе с одним вводом и одним выводом*. Все изображения сканировались профессиональным оператором на одном сканере, настроенном на значения CMYK, которые были **предназначены только для одного устройства вывода**. О мониторах, точно воспроизводящих цвета, никто и не слыхивал. Такой технологический процесс был вполне работоспособным, поскольку значения CMYK, формируемые сканером, настраивались на конкретное устройство вывода, образуя замкнутый цикл применения одного набора числовых значений цвета.

# PCS

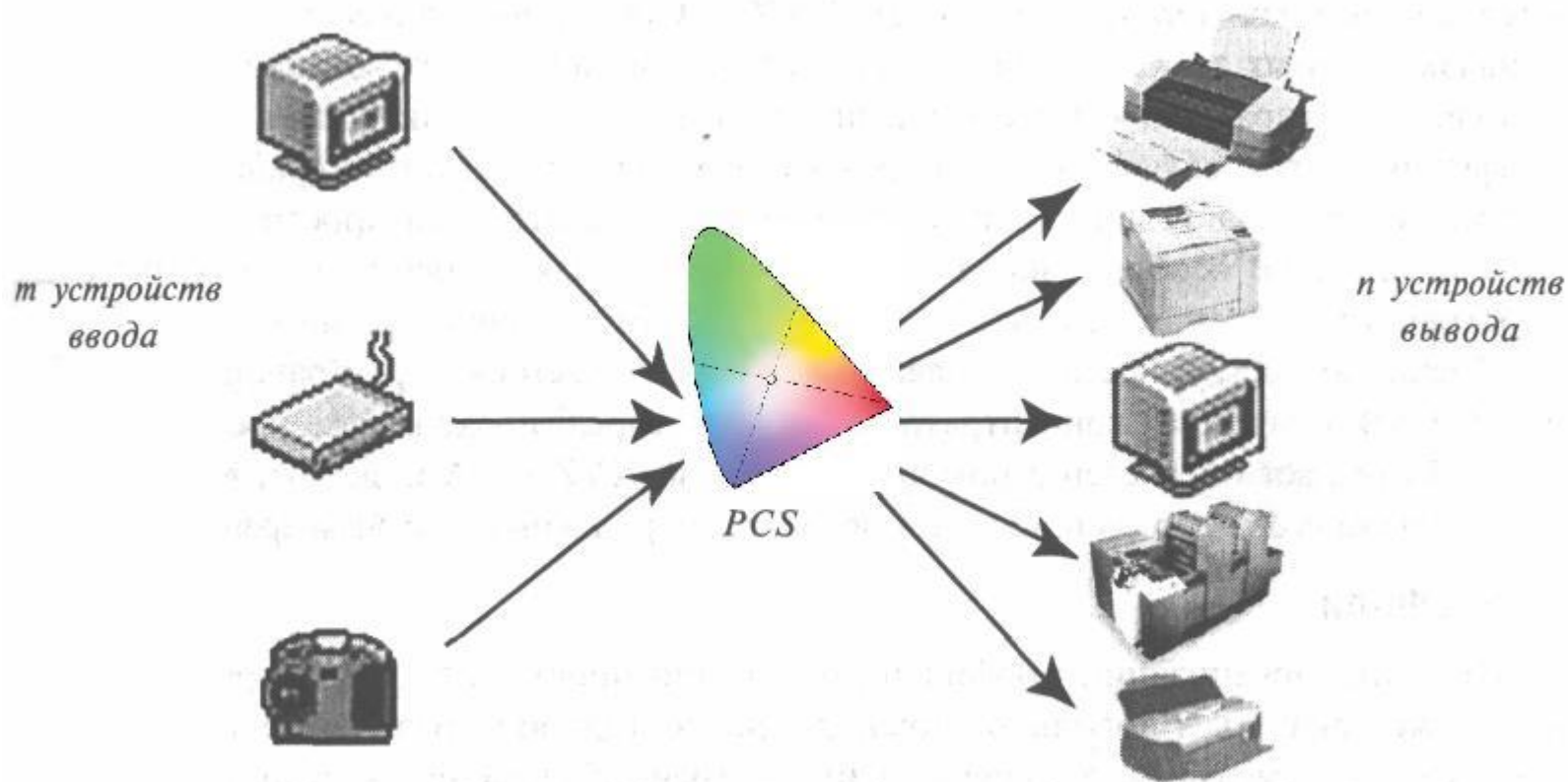
Для технологического процесса с  $t$ -кратным вводом и  $n$ -кратным выводом требуется  $t \times n$  разных преобразований ввода-вывода, что сразу же усложняет дело.





# PCS

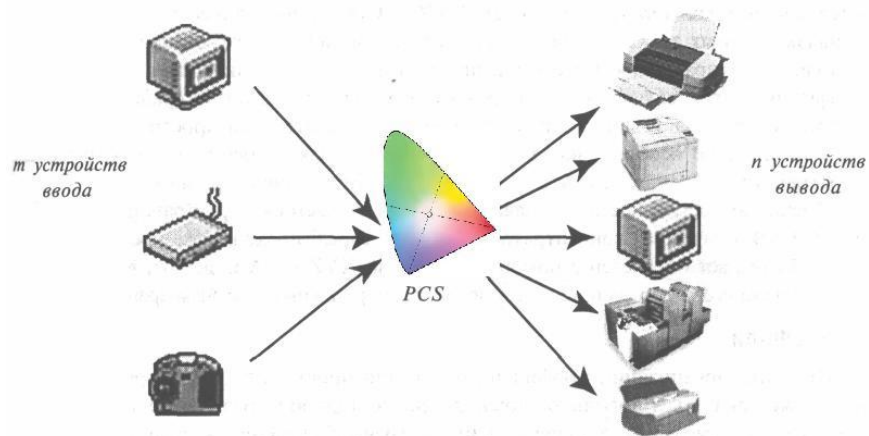
Оригинальное решение, которое предоставляет управление цветом, заключается во введении промежуточного представления требуемых цветов, называемого *пространством привязки профилей* (Profile Connecting Space - **PCS**).



# PCS

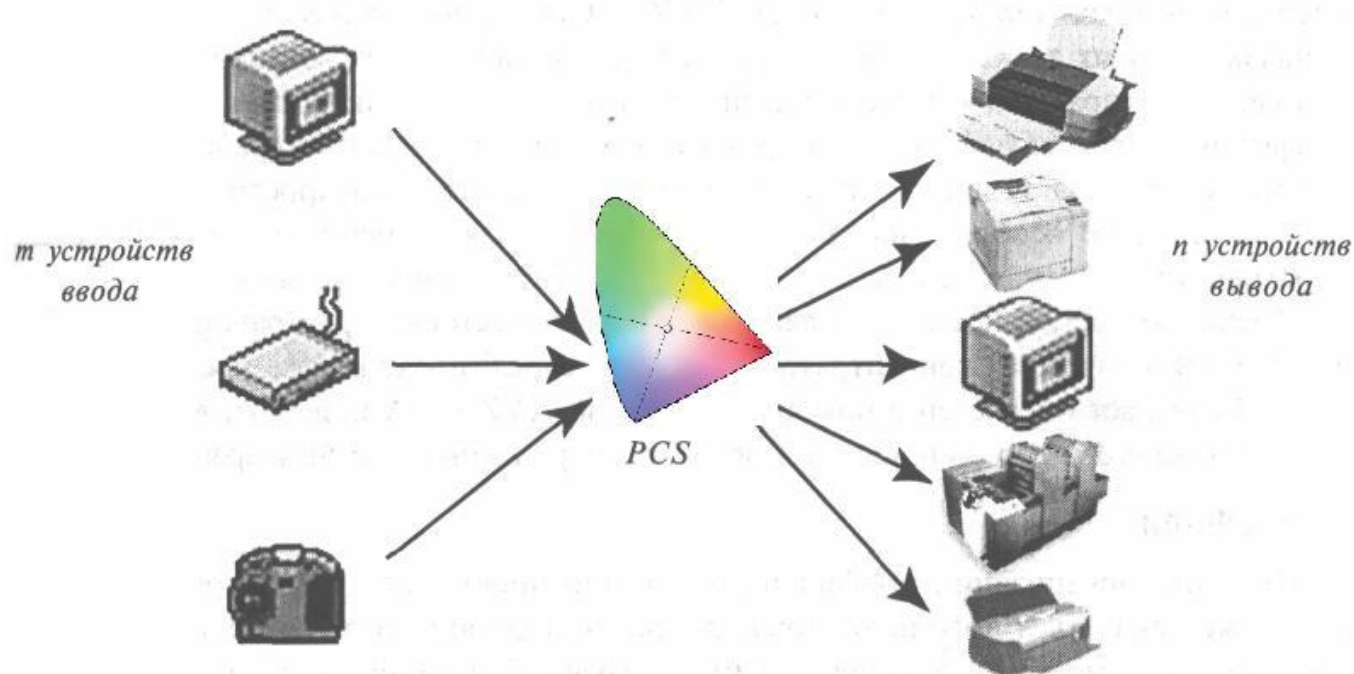
Замечательная особенность пространства PCS состоит в том, что оно сводит проблему  $m \times n$  связей между устройствами ввода-вывода к  $m + n$  связям.

На каждое устройство приходится лишь одна связь.



Каждая связь, по существу, описывает режим воспроизведения цвета для конкретного устройства. Подобные связи называются *профилями (Profile)* устройств.

# PCS



Пространство PCS служит мерилom для определения цвета. В описании стандарта ICC фактически используются два разных пространства (CIE XYZ и **CIE LAB**) в качестве пространства привязки разных типов профилей.

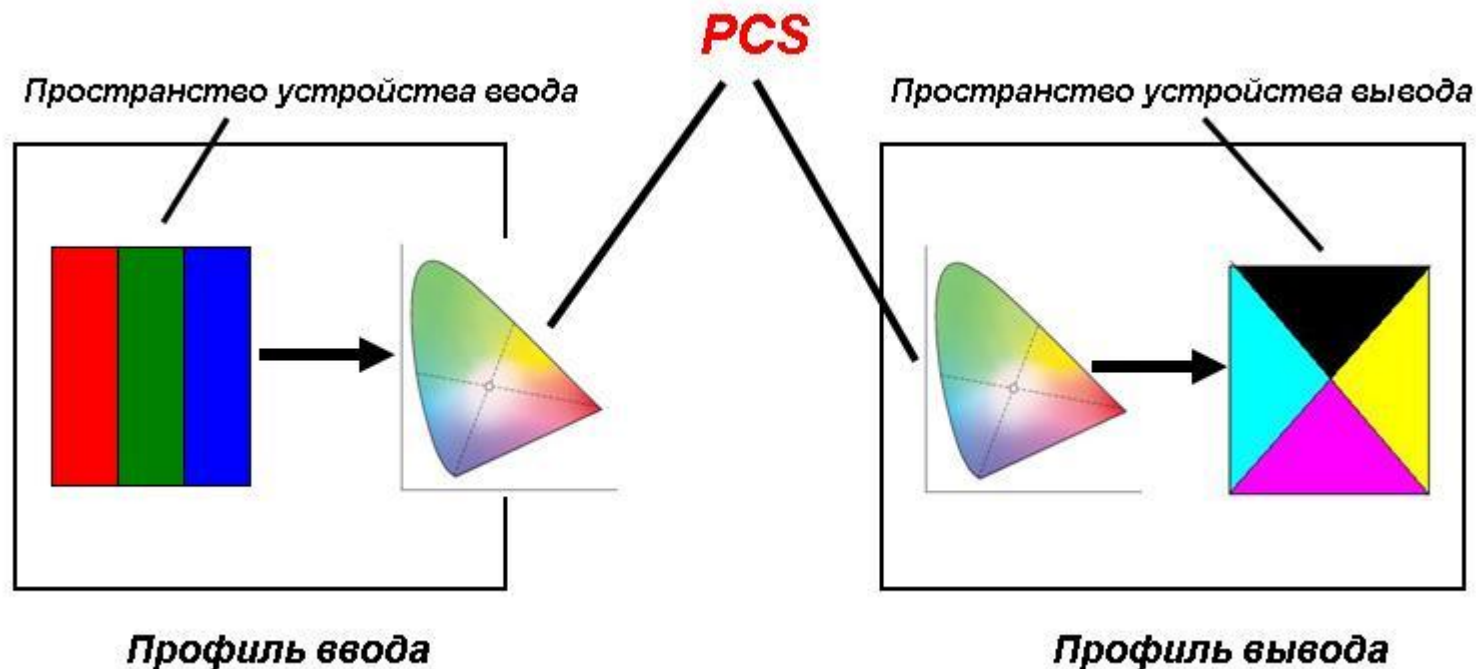
Главная особенность этих цветовых пространств состоит в том, что они **представляют цвет так, как он воспринимается средним наблюдателем.**

# ICC Profile



# Profile


Профиль (профайл) может описывать единственное устройство (конкретный сканер, монитор или принтер), класс устройств (дисплеи Apple Cinema и др.) или абстрактное цветовое пространство (Adobe RGB (1998), CIE LAB).




# Profile

Профиль играет роль **справочной таблицы**, содержащей один столбец со значениями управляющих сигналов (числовыми значениями RGB или CMYK) и другой столбец с конкретными цветами, выраженными в пространстве PCS (CIE LAB) и полученными с помощью этих управляющих сигналов.

| R   | G   | B   |
|-----|-----|-----|
| 255 | 255 | 255 |
| 255 | 255 | 223 |
| ... | ... | ... |
| 0   | 0   | 31  |
| 0   | 0   | 0   |




| L    | a   | b   |
|------|-----|-----|
| 100  | 0   | 0   |
| 99   | -3  | 11  |
| ...  | ... | ... |
| 1.09 | 12  | -30 |
| 0.98 | 0   | 0   |




*Таблица преобразования для ICC-профиля монитора.*

| C   | M   | Y    | K   |
|-----|-----|------|-----|
| 0   | 0   | 0    | 0   |
| 0   | 0   | 12.5 | 0   |
| ... | ... | ...  | ... |
| 100 | 100 | 87.3 | 0   |
| 100 | 100 | 100  | 0   |



| L    | a   | b   |
|------|-----|-----|
| 100  | 0   | 0   |
| 99.1 | -3  | 11  |
| ...  | ... | ... |
| 1.09 | 12  | -30 |
| 0.98 | 0   | 0   |



*Таблица преобразования для ICC-профиля печатной системы.*



# Profile

По сути профиль устройства - это набор таблиц перекодировки из аппаратно-зависимого пространства в аппаратно-независимое. (RGB ↔ Lab (XYZ); Lab (XYZ) ↔ RGB; CMYK ↔ Lab (XYZ); Lab (XYZ) ↔ CMYK...)

Формат профиля может поддерживать возможность преобразования только в одну сторону, например RGB ↔ Lab (обычно сканер, камера) или в обе (RGB ↔ Lab)

Цветовой профиль может быть представлен как в виде отдельного файла ICC или ICM (что на самом деле одно и то же), так и находится внутри самого файла с изображением (**CSA**), в этом случае он ограничен только одним направлением преобразования (Lab) и одним алгоритмом рендеринга, указанным при создании файла.

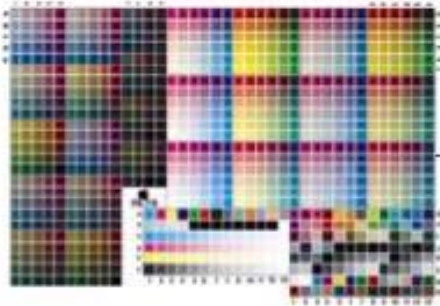
| C   | M   | Y    | K   | L    | a   | b   |
|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|
| 0   | 0   | 0    | 0   | 100  | 0   | 0   |
| 0   | 0   | 12.5 | 0   | 99.1 | -3  | 11  |
| ... | ... | ...  | ... | ...  | ... | ... |
| 100 | 100 | 87.3 | 0   | 1.09 | 12  | -30 |
| 100 | 100 | 100  | 0   | 0.98 | 0   | 0   |

Таблица преобразования для ICC-профиля печатной системы.

# Profile



Printer CMYK



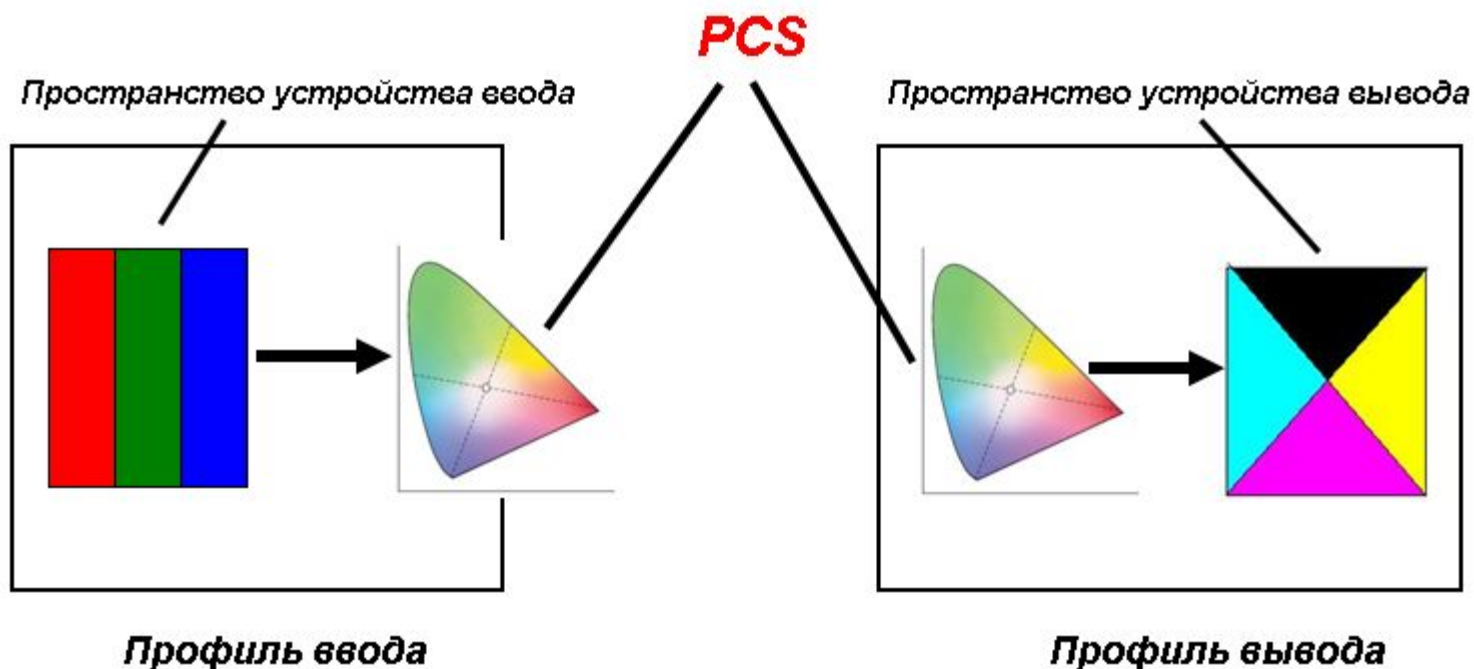
Sample L\*a\*b\*



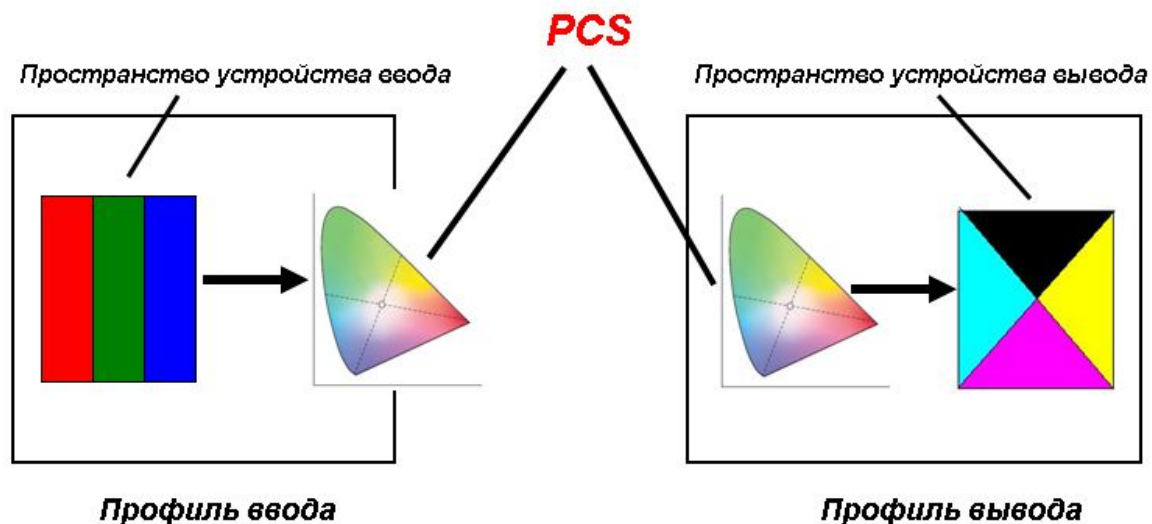
ICC Printer Profile

# Profile

Для преобразования цвета всегда требуются два профиля: **исходный** и **целевой**. Исходный профиль сообщает системе управления цветом, какие цвета содержит документ, а целевой профиль — какие новые управляющие сигналы требуются для воспроизведения этих цветов на целевом устройстве.

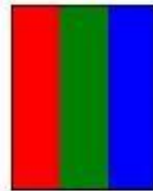
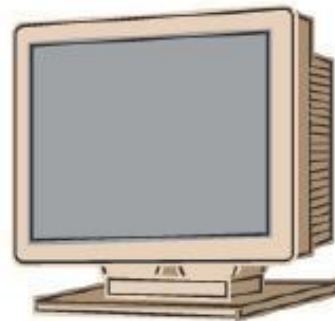


# Profile



Профиль устройства содержит информацию о трех параметрах, описывающих режим работы устройства:

- **Цветовой гамме** — цвете и яркости красителей (основных цветов)
- **Динамическом диапазоне** — цвете и яркости белой и черной точек
- **Характеристиках тоновоспроизведения красителей (TRC)**



Профиль монитора

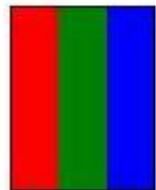
Устройство получения входного оригинала

Входной профиль

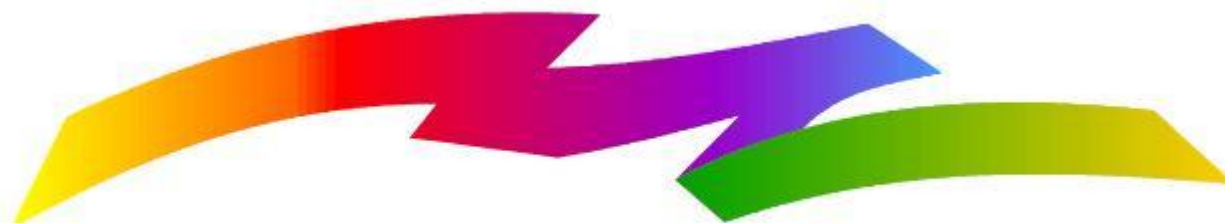
Профиль устройство-независимого пространства

Выходной профиль

устройство печати

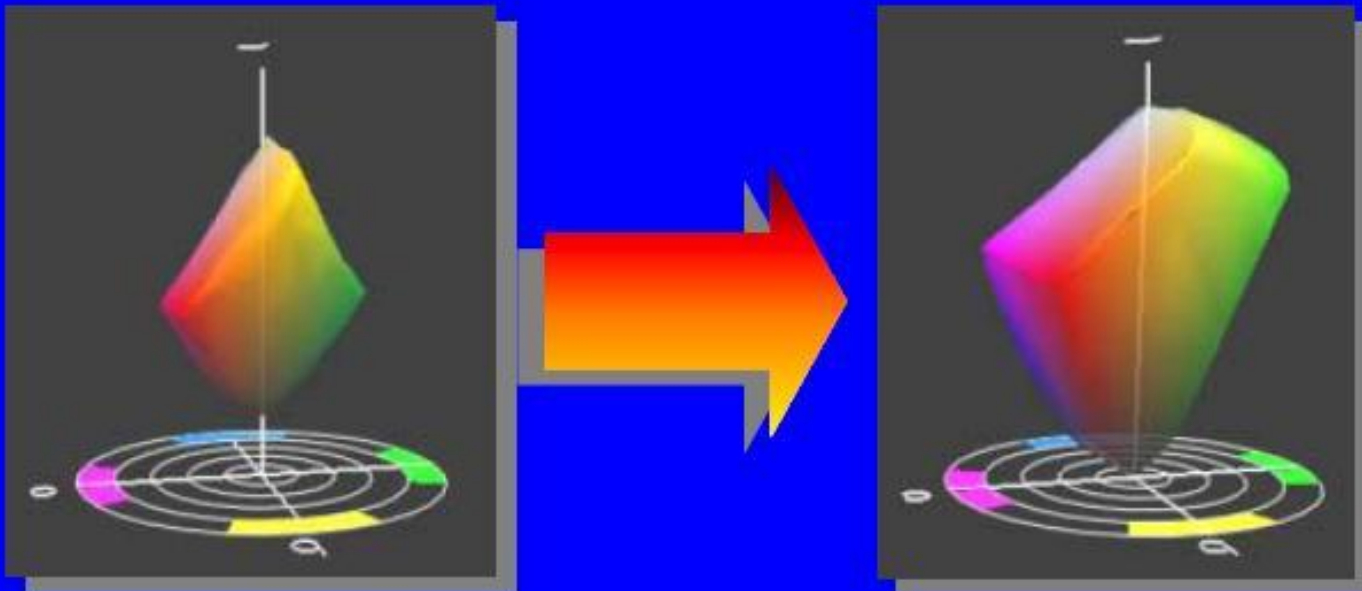


# Модуль управления цветом (СММ)



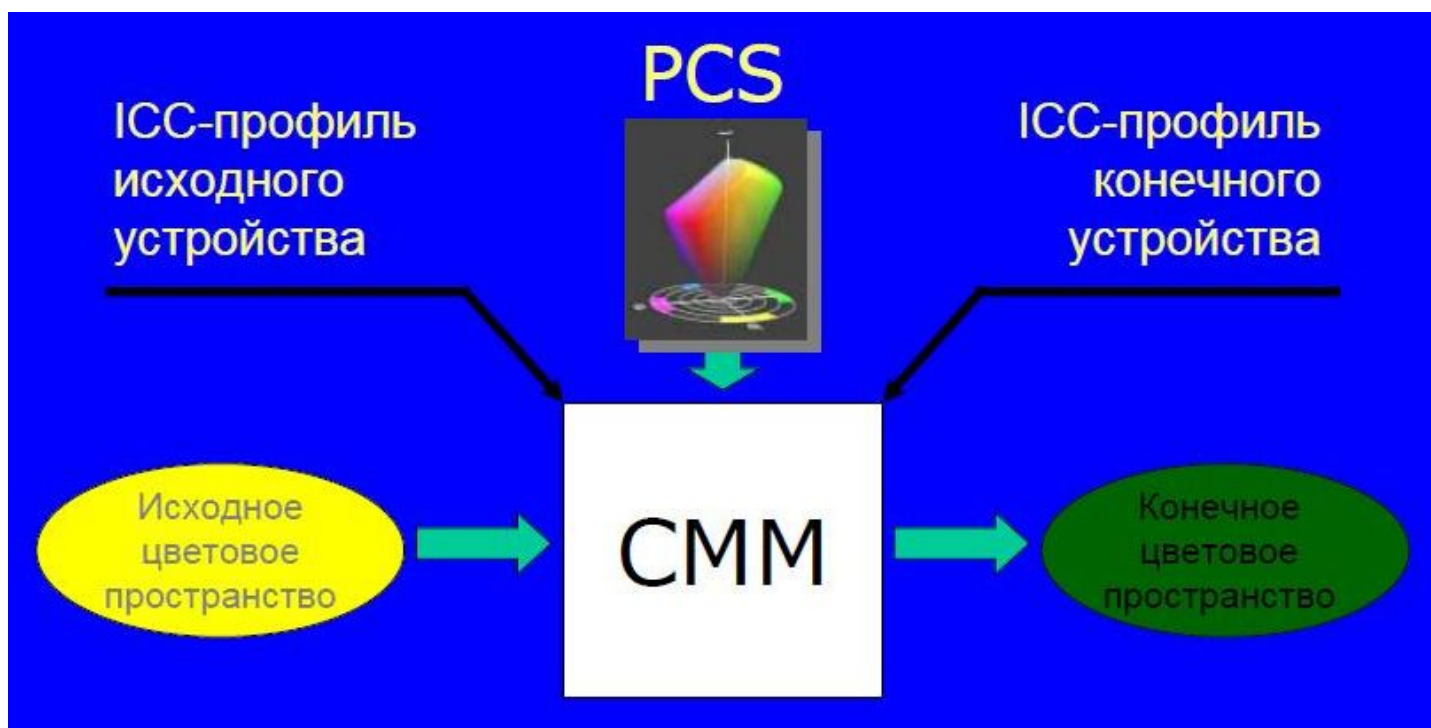


# СММ: пересчет координат цвета между двумя цветовыми пространствами

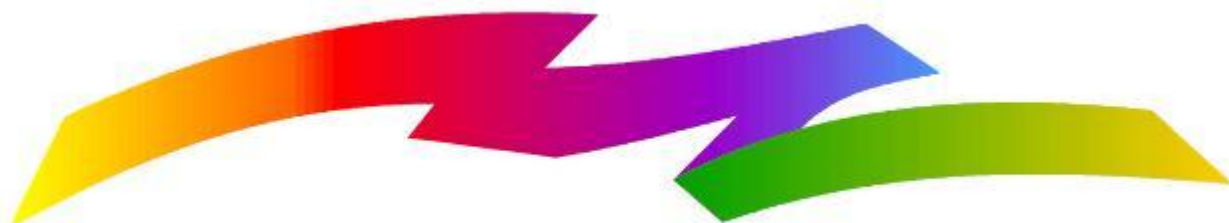


# CMM

Модуль управления цветом (CMM) представляет собой программный механизм преобразования значений RGB или CMYK сначала из исходных цветковых пространств в пространство PCS, а затем из пространства PCS в любые целевые пространства.



# Способы цветопередачи (Rendering Intent)



Описание профиля по стандарту ICC содержит четыре разных метода интерпретации цветов вне доступного цветового охвата — так называемые способы цветопередачи (**Rendering Intent**).

## Rendering Intents – Способы цветопередачи

- Perceptual
- Colorimetric (Relative and Absolute)
- Saturation

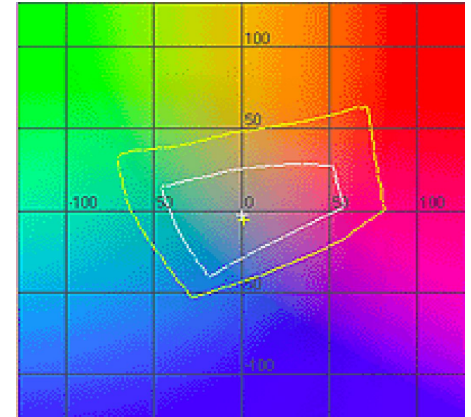




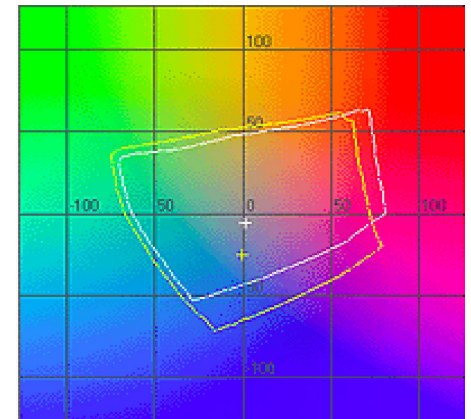
# Rendering Intent

- **Perceptual** (или Photographic) - минимизация потерь цветового содержания исходного изображения.
- **Absolute Colorimetric**. Максимально точная передача цвета, включая цвет бумаги (белой точки).
- **Relative Colorimetric**. Точная цветопередача без компенсации белой точки.
- **Saturation**. Обеспечивает максимальную насыщенность изображений. Используется для векторной графики.

Rendering Intents



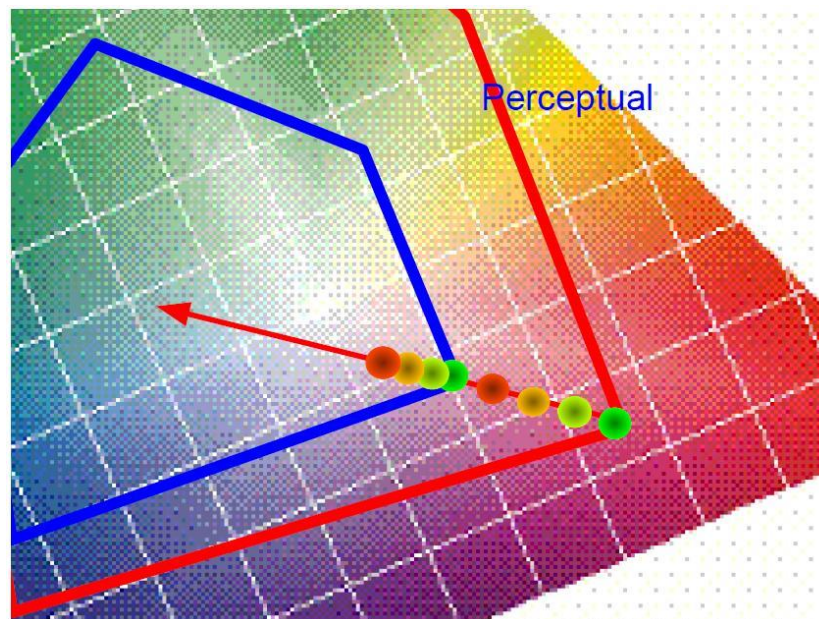
*Рекомендуется Perceptual*



*Рекомендуется Colorimetric*



# Perceptual

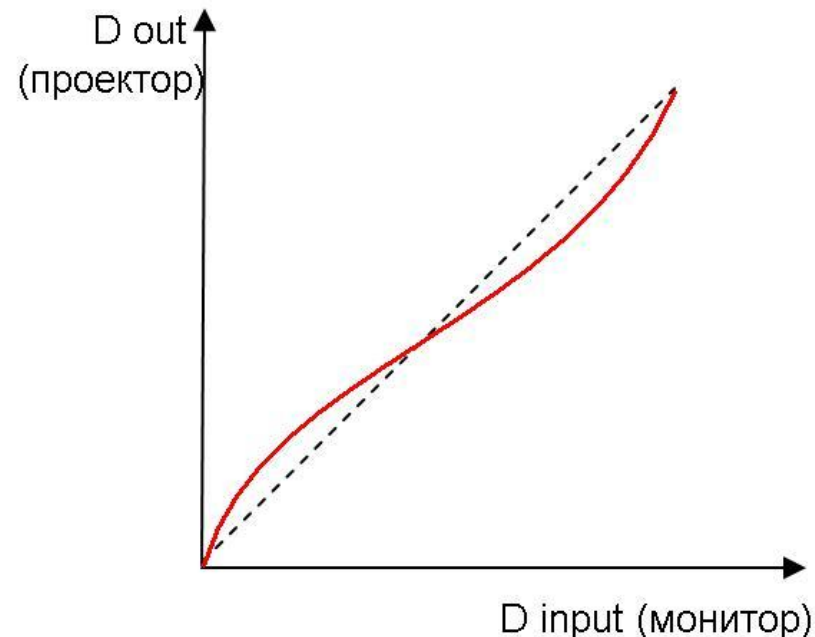


## Perceptual **Воспринимаемая цветопередача (Фото)**

означает попытку сохранить внешний вид всех цветов путем их изменения из исходного цветового пространства таким образом, чтобы они вошли в целевое цветовое пространство, а главное — сохранить общее соотношение цветов, поскольку человеческое зрение на много более восприимчиво к соотношению цветов, чем к их абсолютным значениям. Такой метод вполне пригоден для воспроизведения изображений, содержащих значительное количество цветов вне целевого цветового охвата.



# Saturation



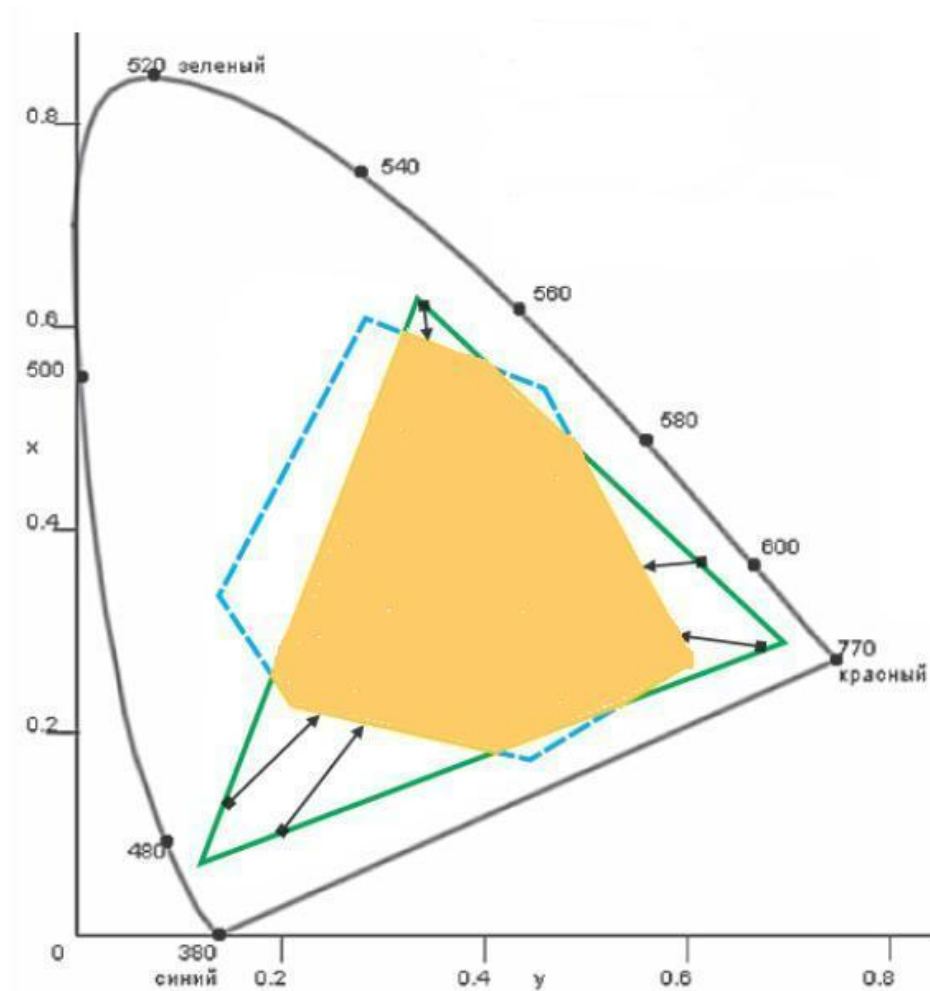
## Saturation **Насыщенная цветопередача (Презентация)**

означает попытку воспроизвести яркие цвета без особой точности путем преобразования насыщенных цветов из исходного цветового пространства в насыщенные цвета целевого цветового пространства. Такой метод вполне пригоден для показа презентаций через проектор, когда из-за его мощной лампы светлые оттенки надо затемнить, а темные – наоборот, осветлить. Однако данный метод непригоден для точного воспроизведения цвета.

# Relative Colorimetric

**Относительная колориметрическая цветопередача** означает стремление учесть тот факт, что человеческое зрение всегда приспособляется к белому цвету наблюдаемого носителя. При этом белый цвет из исходного цветового пространства преобразуется в белый цвет целевого цветового пространства, в результате чего **получается белый цвет бумаги, а не исходного цветового пространства**. Кроме того, все цвета, входящие в доступный цветовой охват, передаются довольно точно, а цвета вне него обрезаются до ближайшего воспроизводимого оттенка. Такой метод лучше подходит для воспроизведения конкретных цветов, например Pantone'ов, чем воспринимаемая цветопередача, поскольку он позволяет сохранить больше исходных цветов.

# Relative Colorimetric

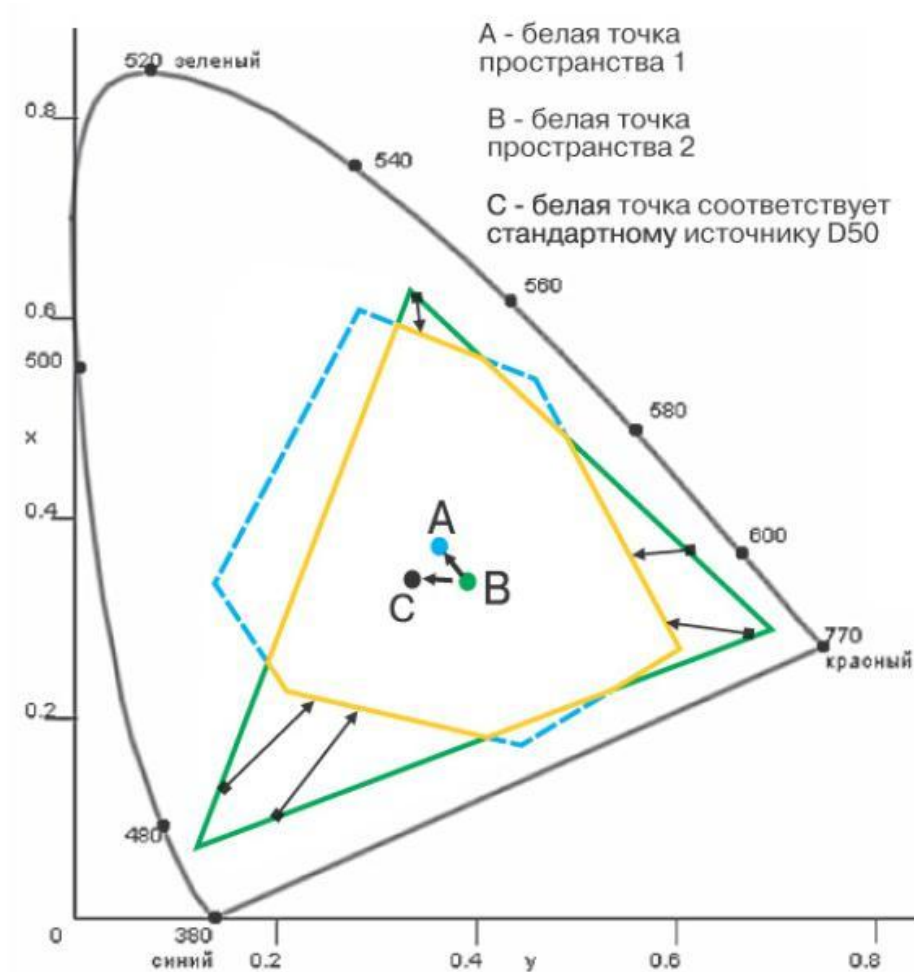


# Absolute Colorimetric

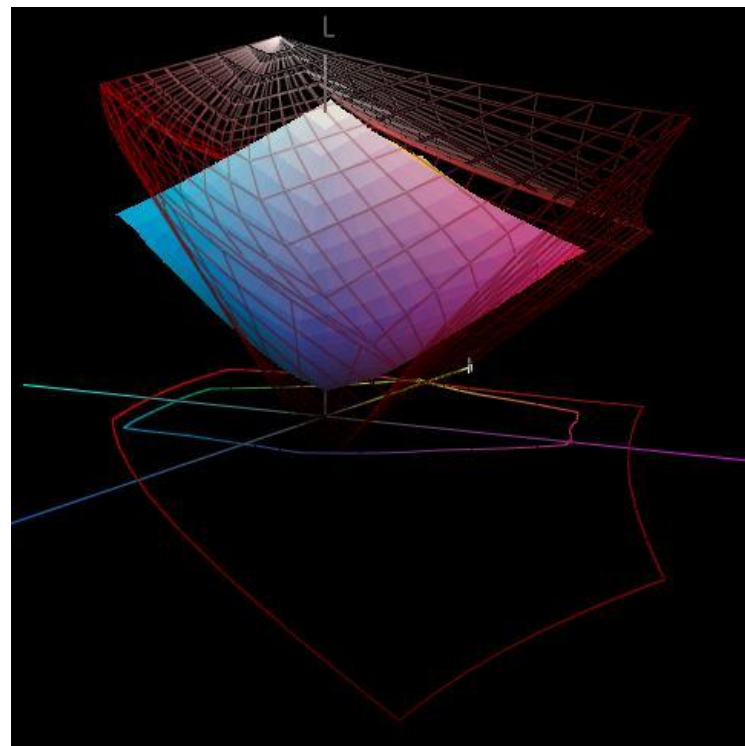
## **Абсолютная колориметрическая цветопередача**

отличается от относительной тем, что в данном методе учитывается сдвиг между белыми точками исходного и целевого цветовых пространств. Так, для преобразования голубовато-белого исходного цвета в желтовато-белый целевой цвет бумаги к голубому цвету красителя подмешиваются белые оттенки для имитации исходного белого цвета. Такой метод пригоден, в основном, для получения пробных отпечатков (цветопроб), назначение которых состоит в имитации результатов печати (включая и белую точку) одного печатающего устройства на другом.

# Absolute Colorimetric



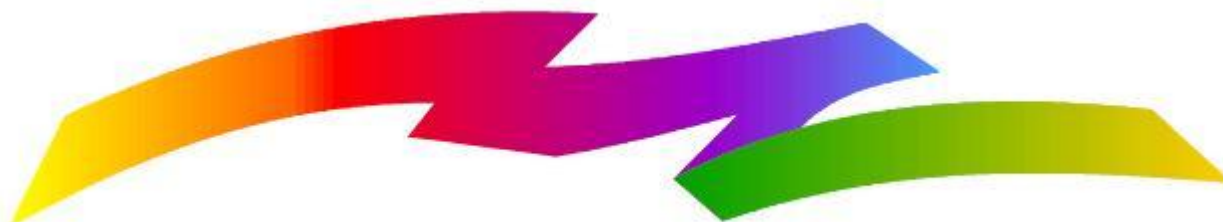
# Rendering Intent



Разница между этими методами преобразования появляется, когда выполняется преобразование широкого цветового пространства в более узкое. В результате происходит сжатие пространства и как результат изменение цветов. **Выбирать необходимо тот метод, который лучше подходит при решении определенной задачи.**



# Калибровка



# Калибровка

**Калибровка** - это процедура, которая проводится для обеспечения постоянства качества цветопередачи печати.

Ее рекомендуется производить каждый день, перед печатью ответственных заданий или после сервисного обслуживания.

В процессе калибровки аппарата печатаются специальные плашки, производится их измерение, и на основании этих измерений при помощи сопровождающего программного обеспечения осуществляются необходимые корректировки.



# Калибровка

## Для чего нужна калибровка?:

Обеспечить повторяемость цветового состояния оборудования в нормальных условиях эксплуатации.

**Линеаризация** – обеспечение соответствия вход-выход (50% на входе = 50% +/- 2% на выходе). Применяется в системах активно использующих CMS.

### *Возможности калибровки и ограничения:*

Калибровка бывает ДЕНСИТОМЕТРИЧЕСКОЙ и СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЙ.

Денситометрическая обеспечивает только нормализацию C M Y K значений плотностей

Спектрофотометрическая не обеспечивает нормализацию C M Y K значений плотностей.

Делается для каждого материала в отдельности.

Делается на разогнанной машине.

**НЕ УСТРАНЯЮТСЯ КАЛИБРОВКОЙ:** Огрехи климатики, неправильной эксплуатации, неправильной цветокоррекции, проблемы печатного модуля («заваленные» света и тени аппарата), и т.д.

# Выходные профили

Выходной профиль или набор профилей, как правило, поставляется производителем контроллера и описывает выходные характеристики аппарата.

Каждый контроллер печати в результате работы CMS системы преобразует изображение в выходной профиль.

Для максимально точной цветопередачи рекомендуется создавать профиль конкретного аппарата на конкретной бумаге.

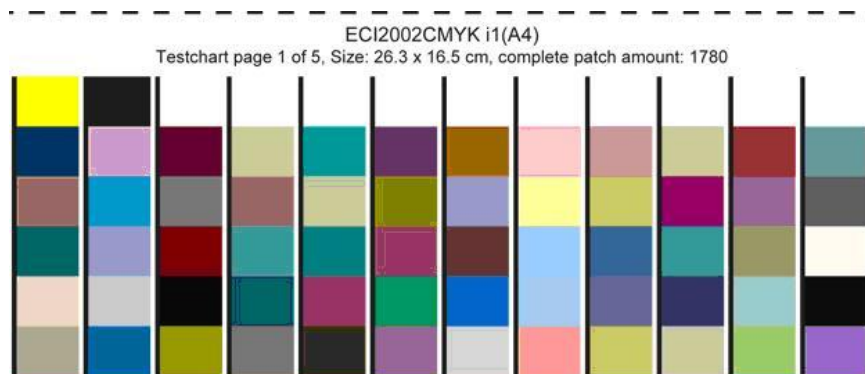
Со временем рекомендуется выполнять профилирование заново, так как характеристики аппарата постепенно меняются.



# Выходные профили

## Последовательность действий при создании профиля:

- Подготовка к печати мишеней;
- Печать мишени (с отключенной CMS);
- Измерение мишени;
- Настройка параметров профиля;
- Создание профиля и запись его в icc файл;
- Загрузка профиля на контроллер печати.



```
ECI2002V CMYK.txt - Notepad
File Edit Format View Help
LOGO_ECI2002
LGOROWLENGTH 33
LGMCCMYKSEPARATION "UseCMYKSep = true Separation = { SepID = 6 StartK =
CREATED "4/30/2004" # Time: 14:34
KEYWORD "SampleID"
KEYWORD "SAMPLE_NAME"
NUMBER_OF_FIELDS 6
BEGIN_DATA_FORMAT
SampleID SAMPLE_NAME CMYK_C CMYK_M CMYK_Y CMYK_K
END_DATA_FORMAT
NUMBER_OF_SETS 1485
BEGIN_DATA
171 A1 0.00 100.00 20.00 0.00
170 A2 0.00 85.00 20.00 0.00
169 A3 0.00 70.00 20.00 0.00
168 A4 0.00 55.00 20.00 0.00
```

# Краски Pantone

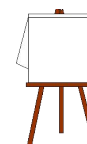
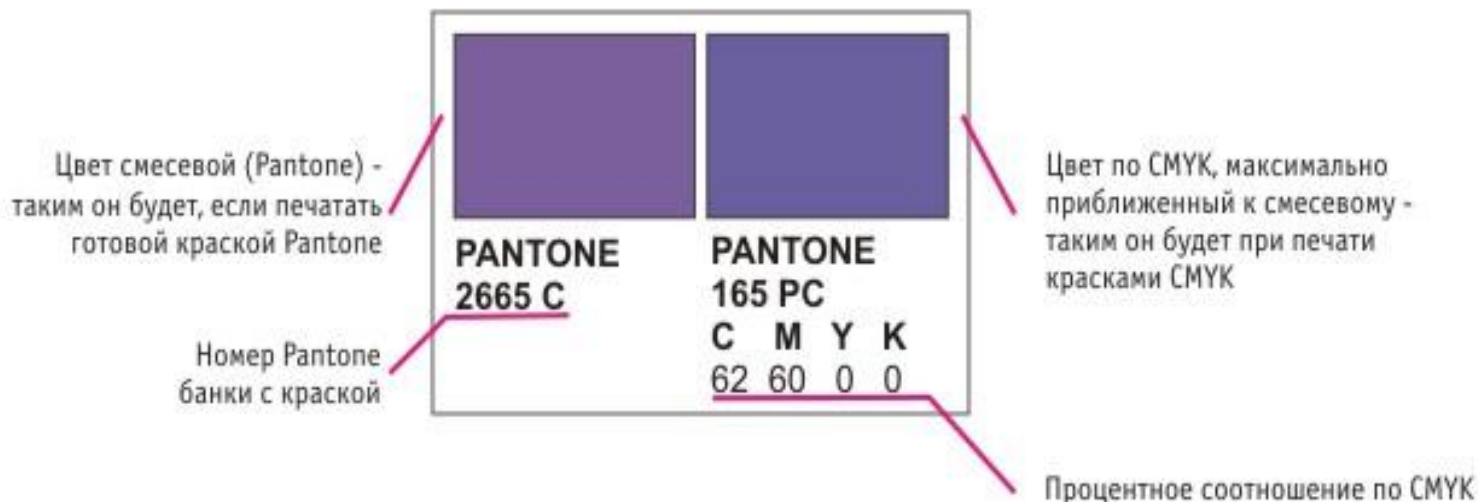




# Pantone



**Цветовая модель Pantone, система PMS** — стандартизованная система подбора цвета, разработанная американской фирмой Pantone Inc в середине XX века. Использует цифровую идентификацию цветов изображения для полиграфии печати как смесевыми, так и триадными красками. Эталонные пронумерованные цвета напечатаны в специальной книге, страницы которой веерообразно раскладываются.



# Pantone

Pantone:

- Solid Coated (C, SC)
- Solid Uncoated (U, SU)
- Process Coated (PC)
- Process Uncoated (PU) и др.

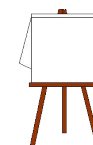
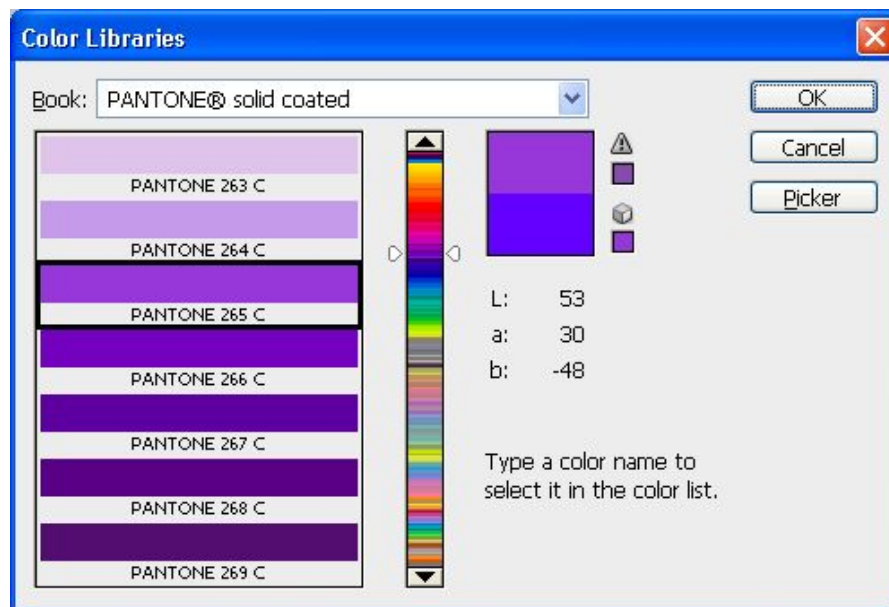
На оборудовании Xerox цвета Pantone воспроизводятся в режиме эмульсии – т.е. в CMYK.

Устройства Xerox воспроизводят примерно 70% цветов Pantone Solid Coated.

Таблицы Pantone  
цветов на  
контроллерах

## Наборы-образцы (веера) Pantone:

Справочники Pantone предназначены для подбора необходимого оттенка. Стандарты, разработанные компанией Pantone, описывают более тысячи цветов, которые можно получить, смешивая в определенных пропорциях два, три или четыре базовые краски.



# Вопросы?

# Color Theory

**Всем спасибо!!**