



# Лекция 2. Цвет и изображение.

1. Теория цвета.
2. Цветовая модель. Классификация цветовых моделей.
3. Аддитивная цветовая модель (RGB).
4. Субтрактивная цветовая модель (CMY и CMYK).
5. Перцепционные цветовые модели.



## 1. Теория цвета

**Цвет** — качественная субъективная характеристика электромагнитного излучения оптического диапазона, определяемая на основании возникающего физиологического зрительного ощущения и зависящая от ряда физических, физиологических и психологических факторов.



## 1. Теория цвета

Ощущение цвета возникает в **мозге** при возбуждении и торможении **цветочувствительных** клеток — **рецепторов** **глазной сетчатки** человека или животного, — **колбочек**.  
У **человека** существует три вида колбочек, различающихся по спектральной чувствительности, — **ρ (условно «красные»)**, **γ (условно «зелёные»)** и **β (условно «синие»)**



## 1. Теория цвета

Все цвета, которые воспринимает наш глаз делятся на **хроматические** (цвета спектра) и **ахроматические** (белый, черный и оттенки серого).



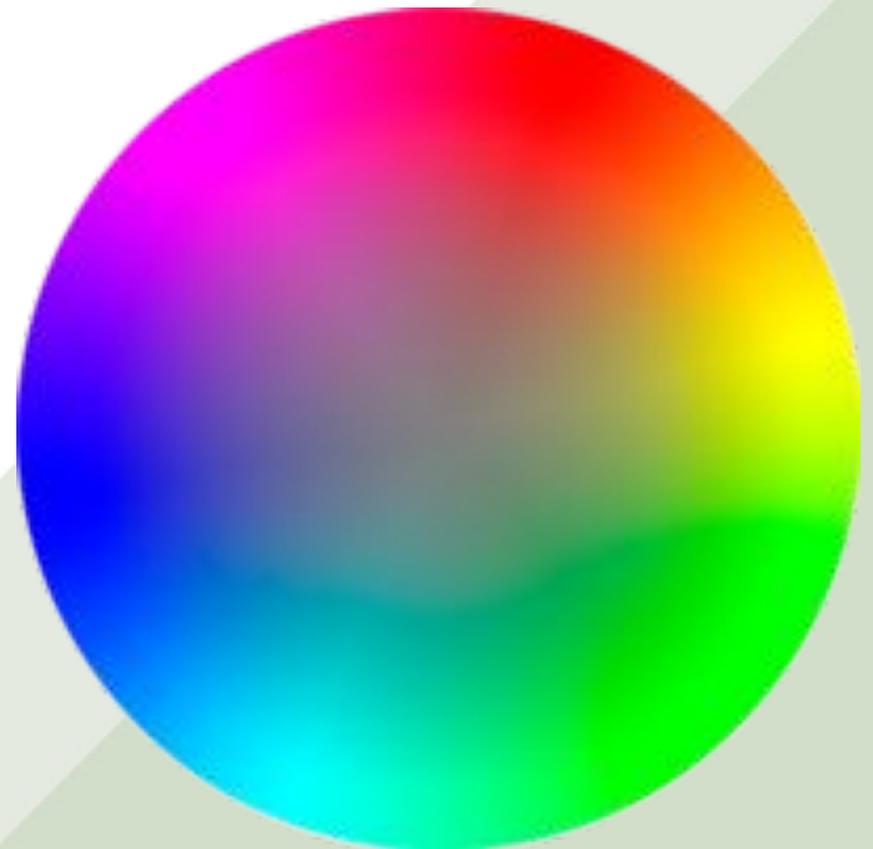
# 1. Теория цвета

Цвет	Диапазон длин волн, нм	Диапазон частот, ТГц
Красный	625—740	405—480
Оранжевый	590—625	480—510
Жёлтый	565—590	510—530
Зелёный	500—565	530—600
Голубой	485—500	600—620
Синий	440—485	620—680
Фиолетовый	380—440	680—790



## 1. Теория цвета

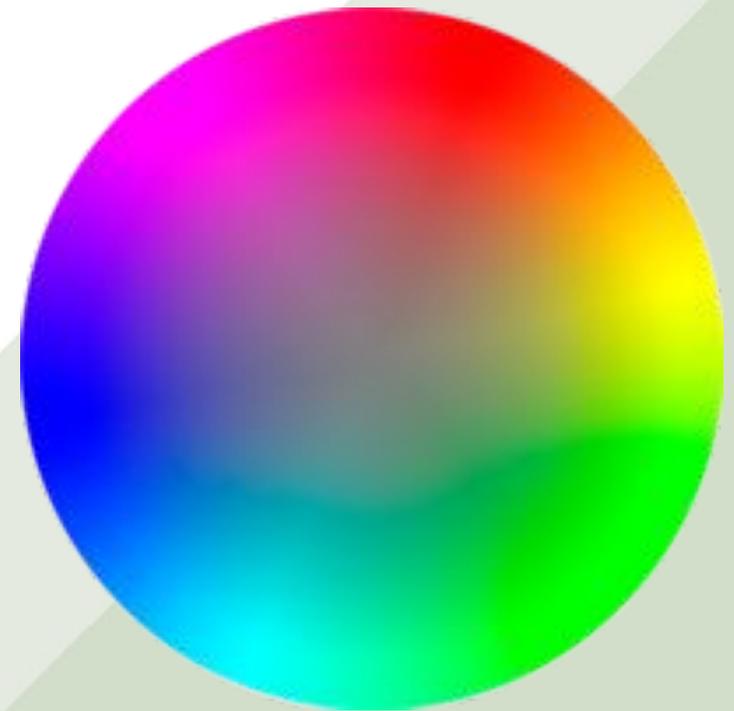
**Цвета спектра,  
начинаясь с красного и  
проходя через оттенки  
противоположные,  
контрастные красному  
(зелёный), затем  
переходят в  
фиолетовый цвет,  
снова приближающийся  
к красному.**





## 1. Теория цвета

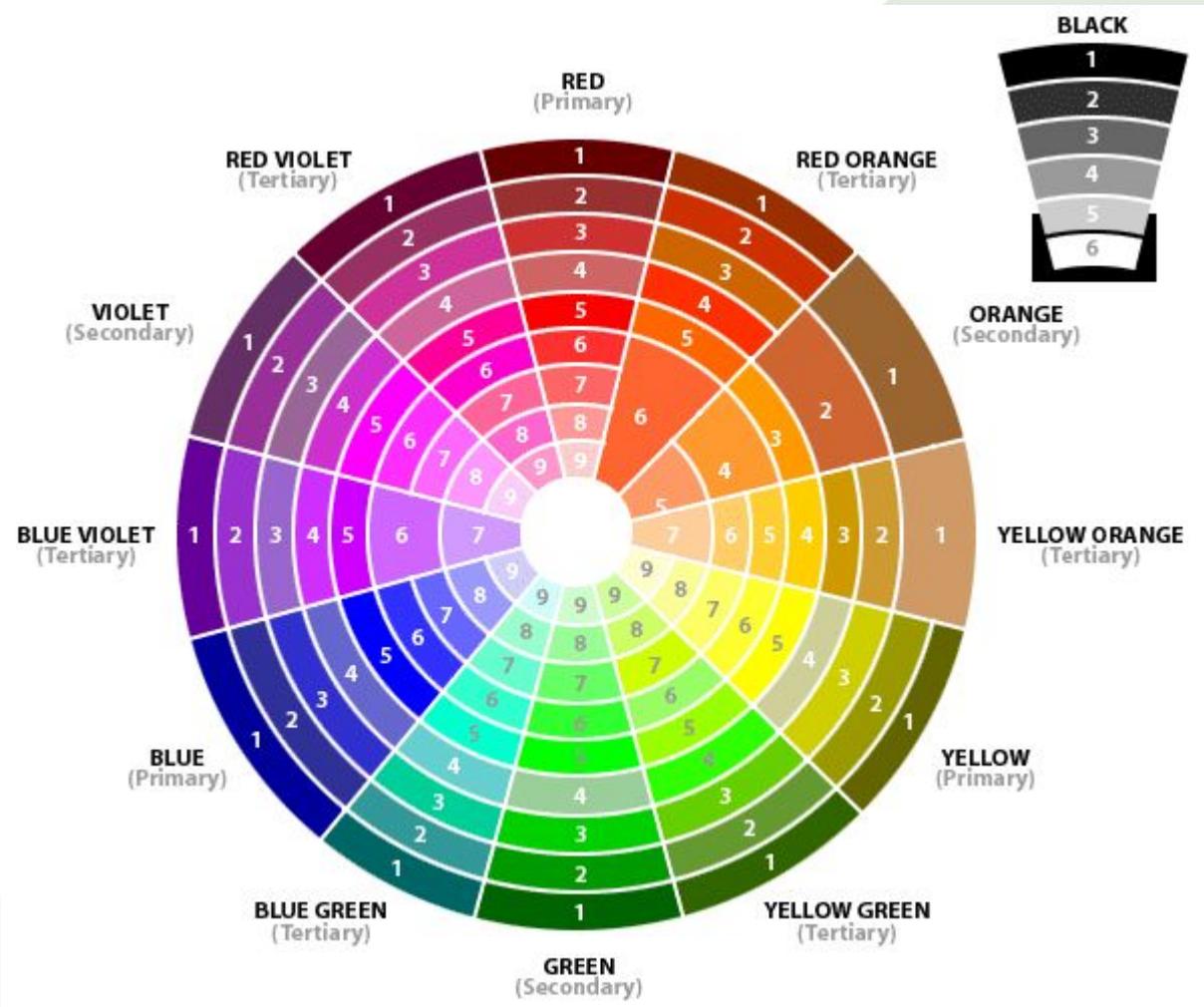
Такая близость видимого восприятия фиолетового и красного цветов связана с тем, что частоты, соответствующие фиолетовому спектру, приближаются к частотам, превышающим частоты красного ровно в два раза. Но сами эти последние указанные частоты находятся уже вне видимого спектра, поэтому мы не видим перехода от фиолетового снова к красному цвету, как это происходит в цветовом круге.





# 1. Теория цвета

Хроматические и ахроматические цвета не существуют отдельно - они взаимодействуют. Благодаря этому мы получаем всю палитру возможных цветов.





## 1. Теория цвета

Каждый цвет обладает количественно  
измеряемыми физическими  
характеристиками:

- цветовой тон,
- яркость,
- насыщенность,
- светлота.



## Цветовой тон

**Цветовой тон** — характеристика цвета, отвечающая за его положение в спектре: любой хроматический цвет может быть отнесён к какому-либо определённому спектральному цвету. Оттенки, имеющие одно и то же положение в спектре (но различающиеся, например, насыщенностью и яркостью), принадлежат к одному и тому же **тону**.





## Яркость

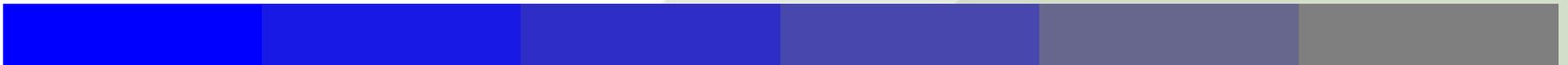
Одинаково насыщенные оттенки, относимые к одному и тому же цвету спектра, могут отличаться друг от друга степенью яркости. К примеру, при уменьшении яркости любой цвет постепенно приближается к чёрному





## Насыщенность

**Насыщенность** — степень отличия хроматического цвета от равного ему по светлоте ахроматического или «глубина цвета». Два оттенка одного тона могут различаться степенью блёклости. При уменьшении **насыщенности** каждый хроматический цвет приближается к серому.





## Светлота

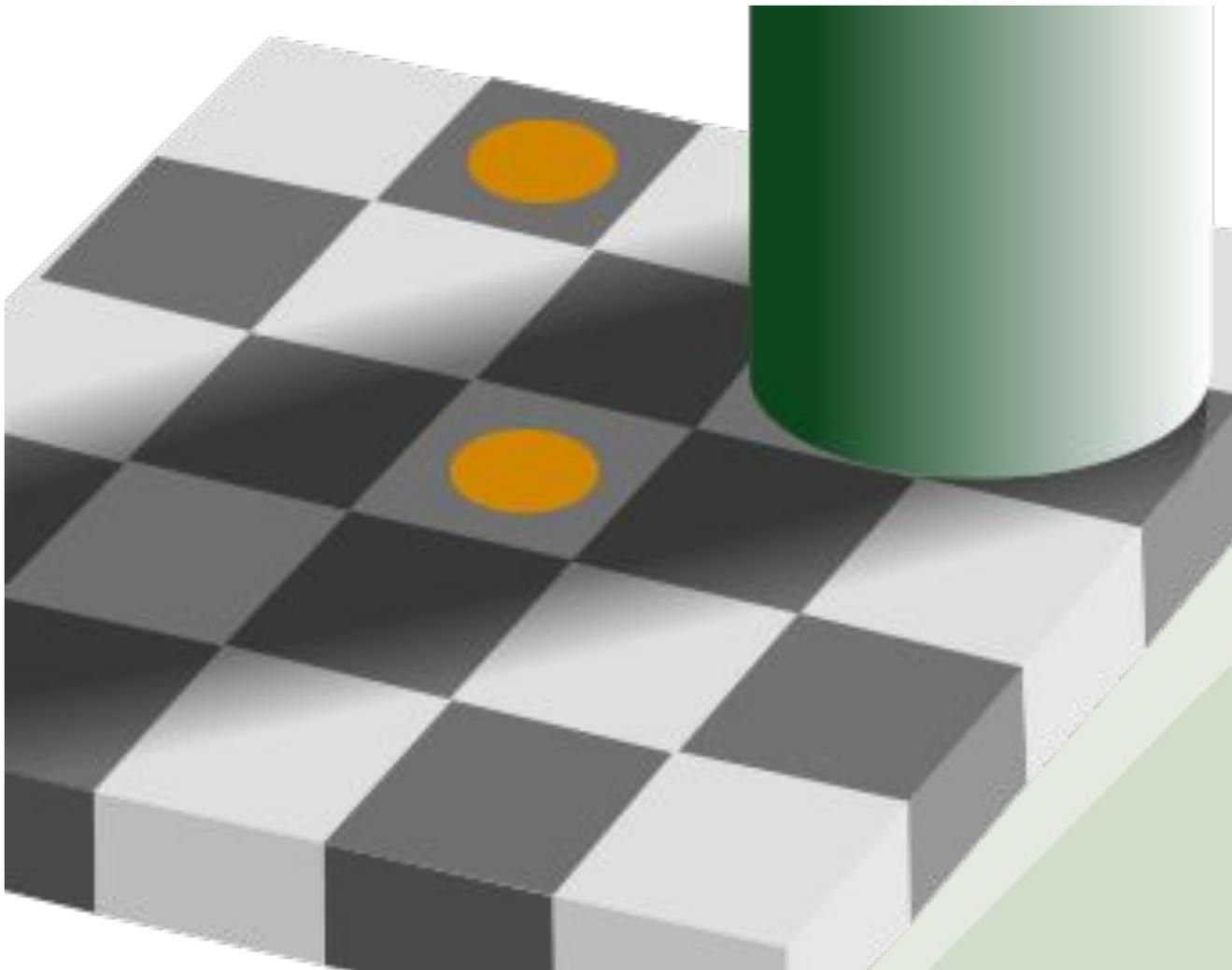
Степень близости цвета к белому  
называют **светлотой**.

Любой цвет при максимальном  
увеличении светлоты становится белым.





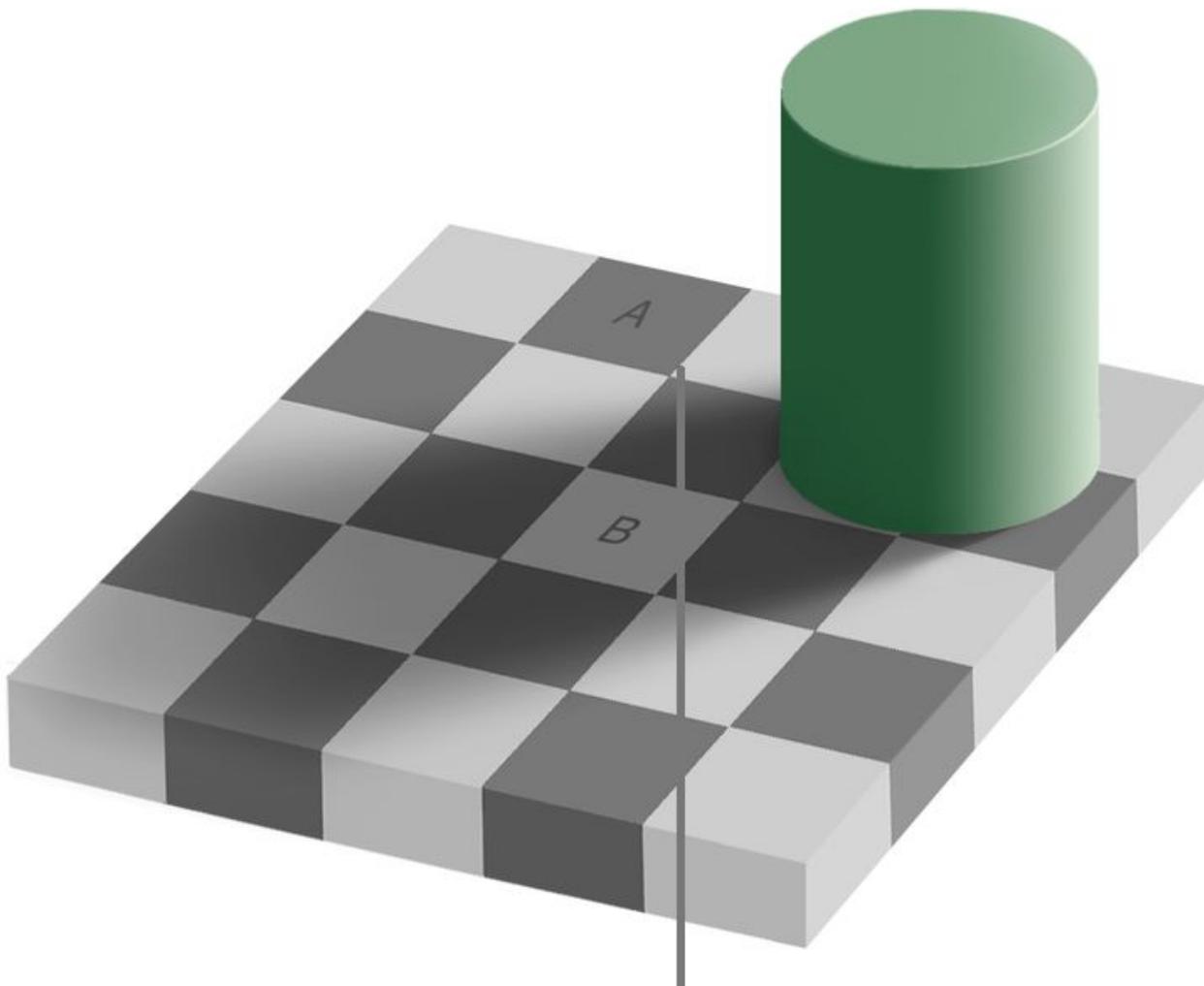
## Цветовые иллюзии



Верхний  
эллипс и  
нижний  
эллипс —  
одного цвета



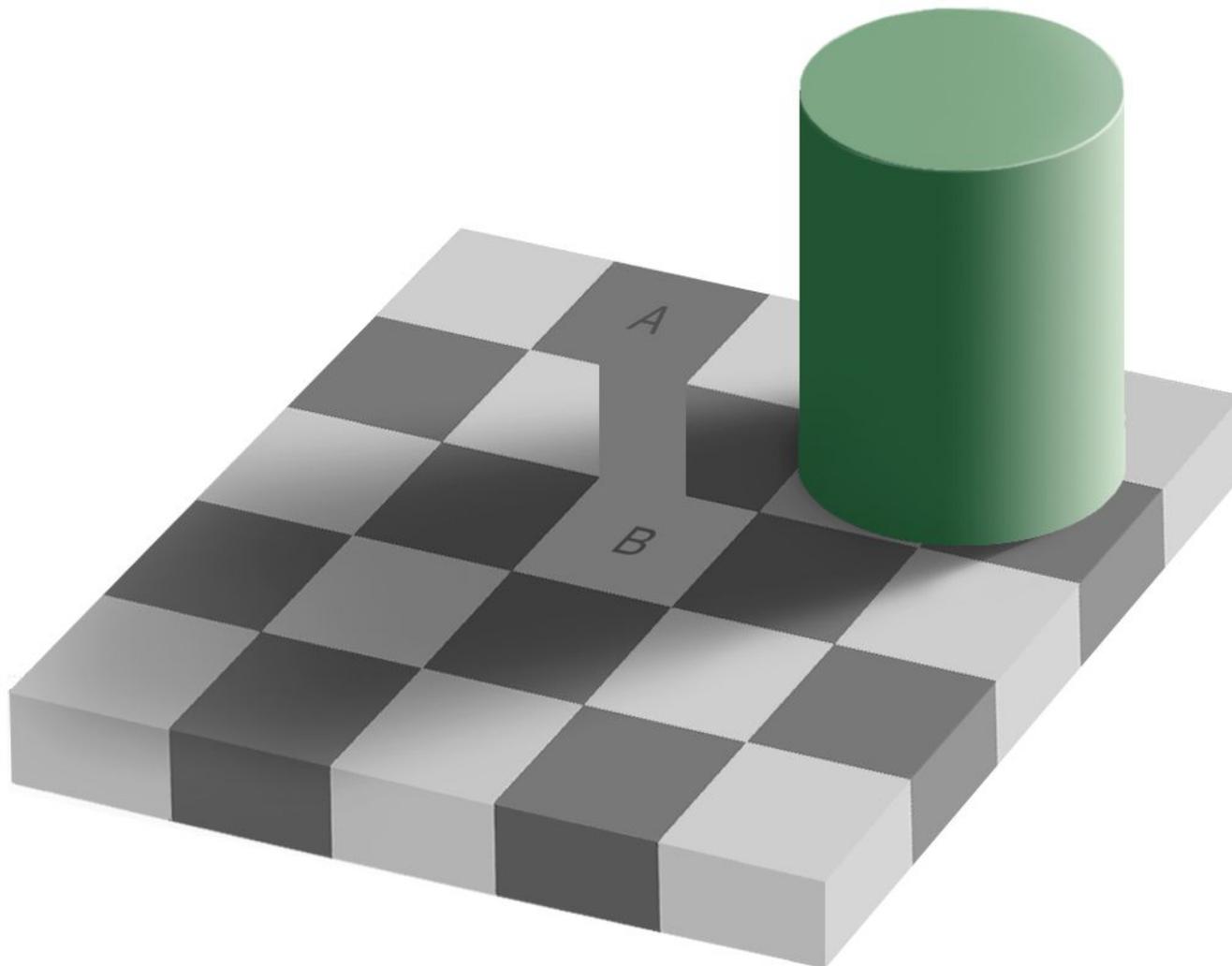
## Цветовые иллюзии



Параллелограммы А и В,  
линия,  
проходящая  
через них —  
всё одного  
цвета



## Цветовые иллюзии



Другой  
параллелограмм  
того же самого  
цвета соединяет те  
же два  
параллелограмма



## 2. Цветовая модель. Классификация цветовых моделей

**Цветовая модель** - это система представления широкого диапазона цветов и оттенков с помощью концептуального и количественного его описания (например, на основе ограниченного числа доступных красок в полиграфии или цветовых каналов в мониторах)



## 2. Цветовая модель. Классификация цветовых моделей

Цветовые модели позволяют с помощью математического аппарата описать определенные цветовые области спектра. Цветовые модели описывают цветовые оттенки с помощью смешивания нескольких основных цветов.

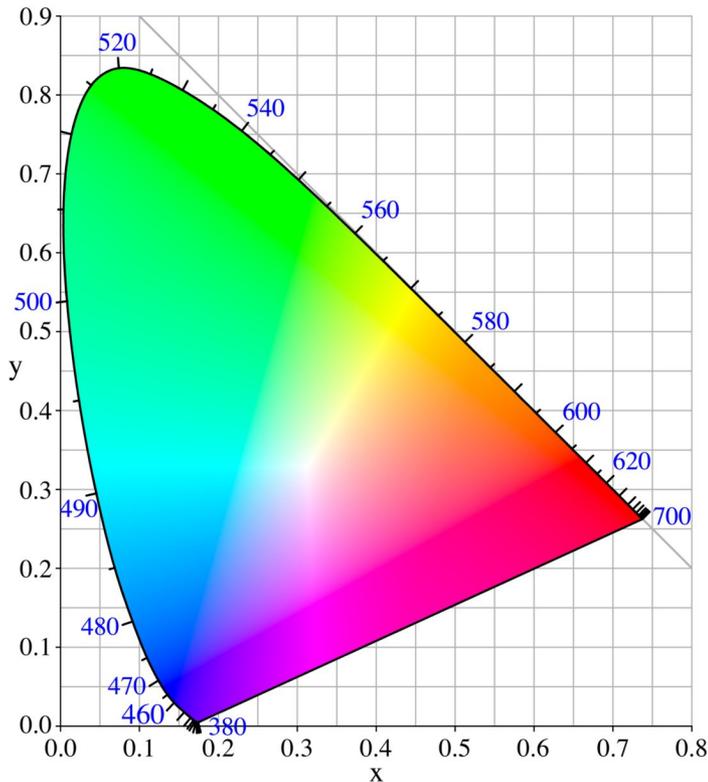


## 2. Цветовая модель. Классификация цветовых моделей

Основные цвета разбиваются на оттенки по яркости (от темного к светлому), и каждой градации яркости присваивается цифровое значение (например, самой темной – 0, самой светлой – 255). Считается, что в среднем человек способен воспринимать около 256 оттенков одного цвета. Таким образом, любой цвет можно разложить на оттенки основных цветов и обозначить его набором цифр – цветовых координат.



## Диаграмма цветности или цветового пространства CIE (Международная комиссия по освещению)



Яркость, тон,  
насыщенность или  $z$ ,  $x$ ,  $y$ .  
Внешняя изогнутая граница  
спектральный (или  
монохромные лучи) locus,  
с длинами волн,  
показанных в нанометрах.



## 2. Цветовая модель. Классификация цветовых моделей

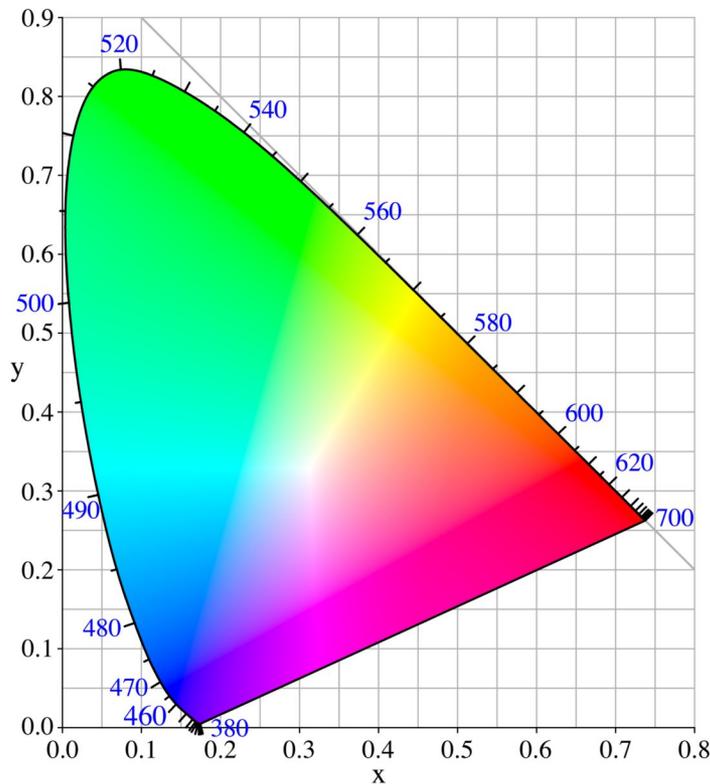
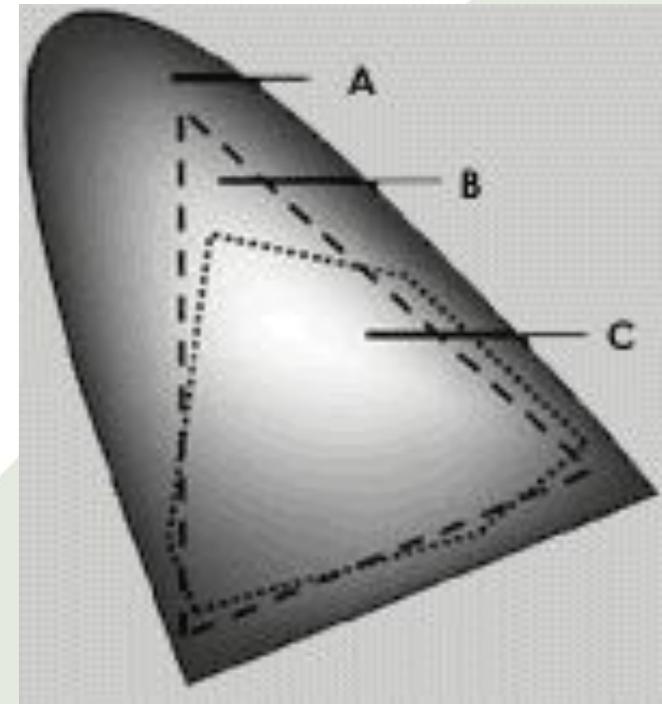


Диаграмма цветового пространства CIE 1931.



Цветовой охват человеческого глаза (A), монитора (B) и печатающей машины (C)



## 2. Цветовая модель. Классификация цветовых моделей

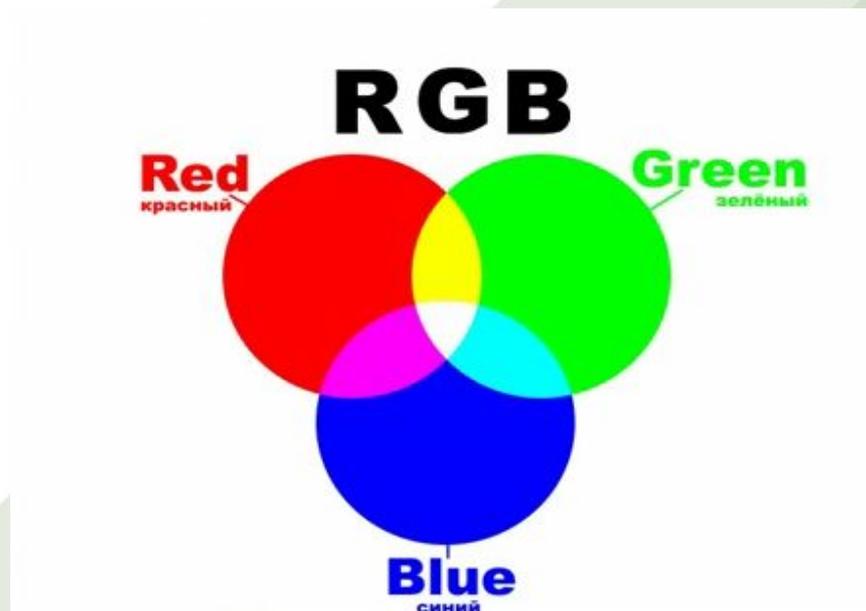
По принципу действия все цветовые модели разделяются на три класса:

- аддитивные,
- субтрактивные,
- перцепционные.



### 3. Аддитивная цветовая модель (RGB)

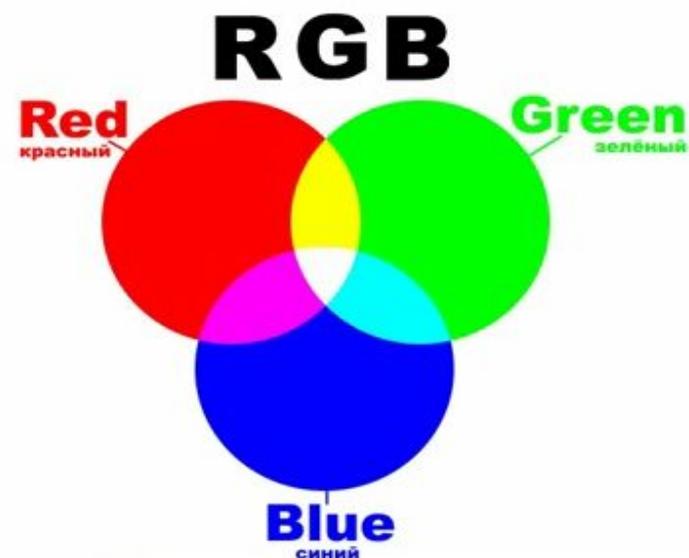
В основе этой модели лежит тот факт, что большинство цветов видимого спектра можно получить путем смешения трех цветов, называемых первичными. Этими цветами являются **красный (Red)**, **зеленый (Green)** и **синий (Blue)**, а модель, соответственно, получила название RGB.





### 3. Аддитивная цветовая модель (RGB)

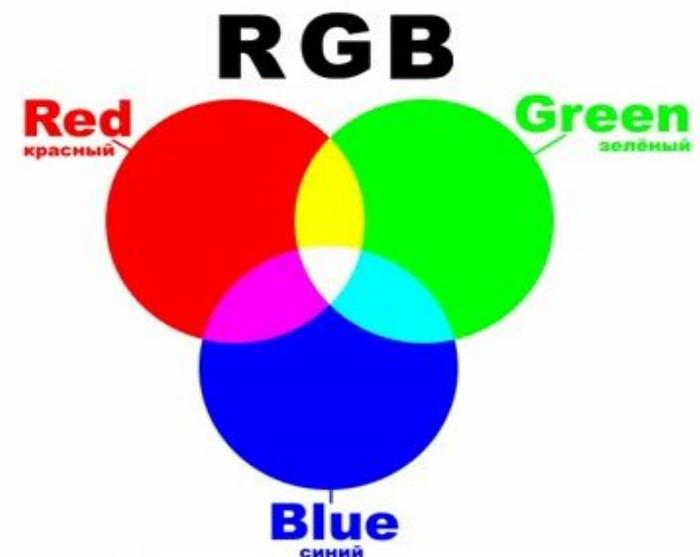
Когда все три  
компоненты  
принимают  
максимальное  
значение, получается  
яркий белый цвет.





### 3. Аддитивная цветовая модель (RGB)

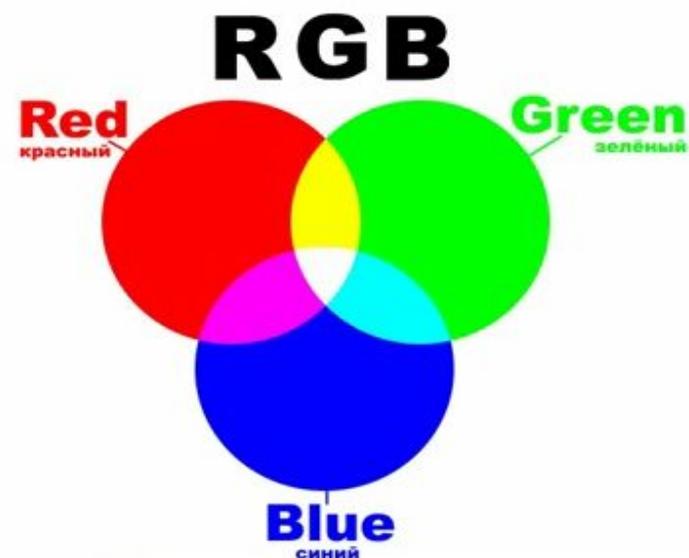
Одинаковые нулевые значения образуют абсолютно черный цвет (точнее, отсутствие света), а одинаковые ненулевые значения соответствуют шкале серого цвета.





### 3. Аддитивная цветовая модель (RGB)

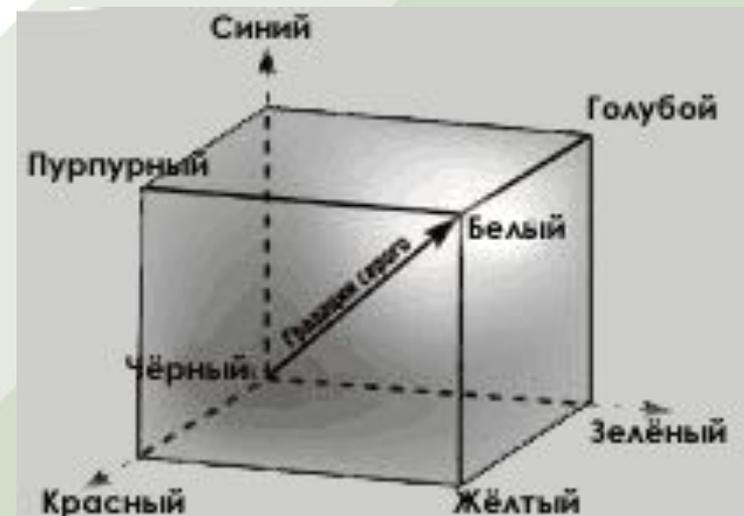
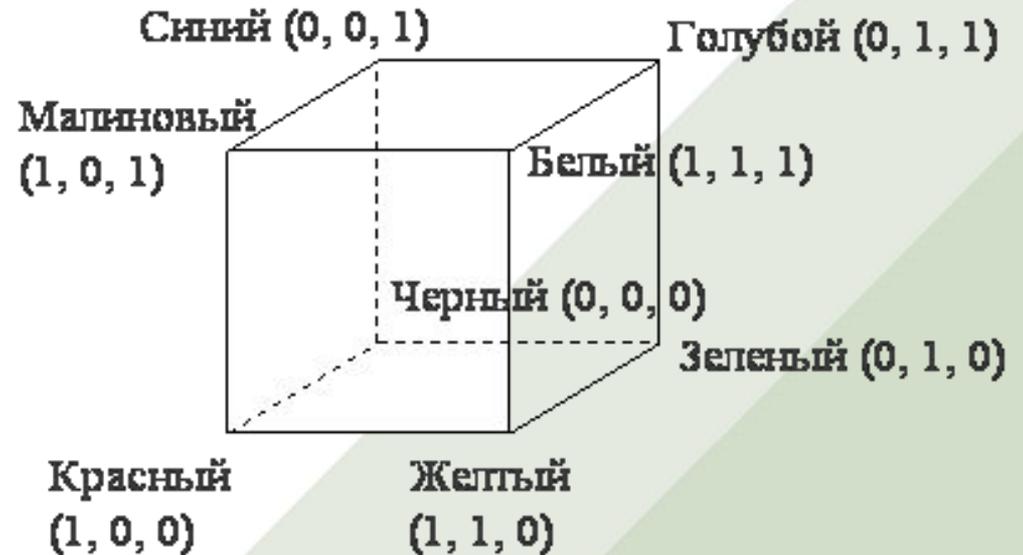
Сочетания компонент, где их значения не равны, образуют соответствующий цветовой тон. При этом попарное смешение первичных цветов образует вторичные цвета: голубой (Cyan), пурпурный (Magenta) и желтый (Yellow). Первичные и вторичные цвета относятся к базовым цветам.





### 3. Аддитивная цветовая модель (RGB)

Математически цветовую модель RGB удобнее всего представлять в виде куба. В этом случае каждому цвету однозначно можно сопоставить точку внутри куба, соответствующую значениям координат X (Red), Y (Green) и Z (Blue). Тогда направление вектора, исходящего из начала координат, однозначно определяет цветность, а его модуль выражает яркость.

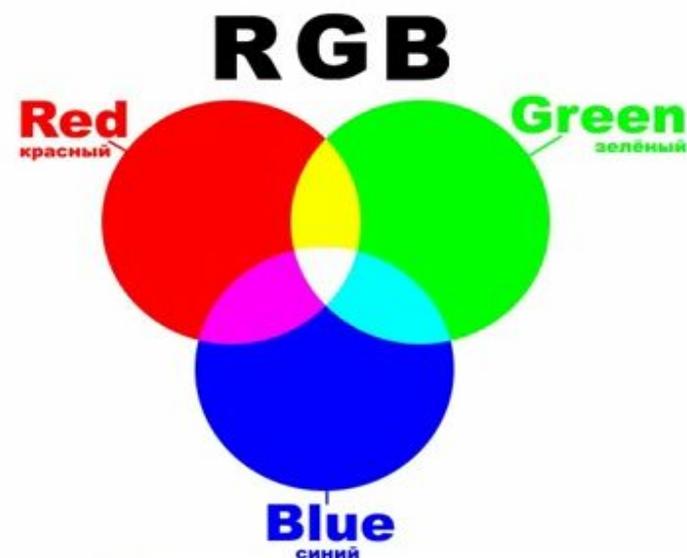




### 3. Аддитивная цветовая модель (RGB)

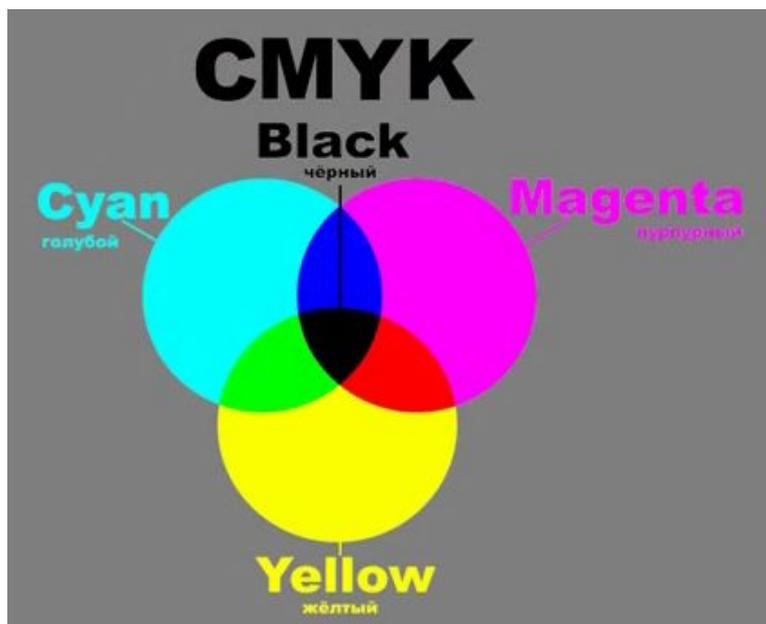
Модель RGB имеет два  
существенных недостатка:

- аппаратная зависимость  
(например, использование  
различных люминофоров и его  
элементарное старение в  
мониторах);
- ограниченный цветовой охват  
(невозможность получения  
всех цветов видимого спектра)





## 4. Субтрактивные цветовые модели (СМУ и СМУК)

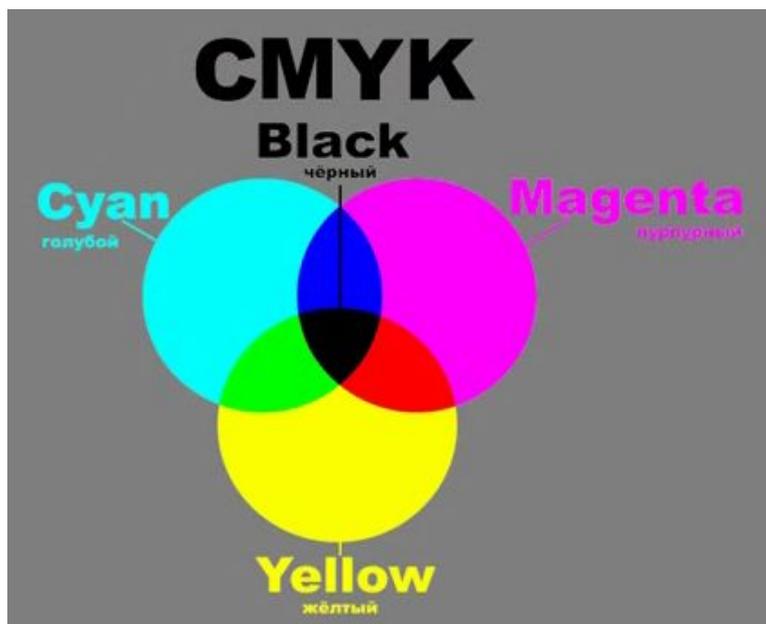


Как называют  
и произносят СМУК по-  
русски?  
Как правило,  
аббревиатуру СМУК  
произносят, как «ЦМИК»,  
«ЦМУК», «ЦМЮК» или «СМИК»,

**правильно произносить -  
"Си-Эм-Вай-Ки"**



## 4. Субтрактивные цветовые модели (СМУ и СМУК)

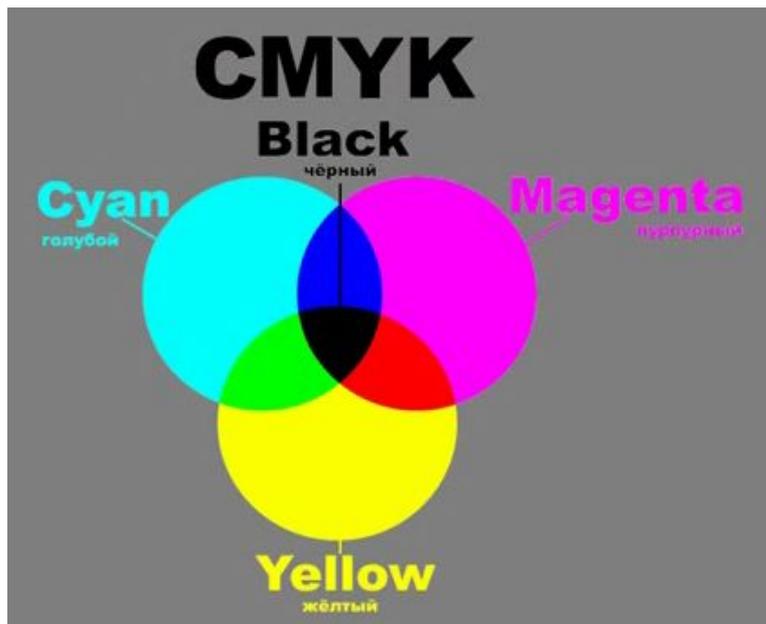


Для описания отраженного от объекта цвета используется субтрактивная цветовая модель. Субтрактивные цвета, в отличие от аддитивных, получаются путем поглощения (**вычитания - subtract**) одного из первичных цветов из белого цвета, что соответствует физике процессов поглощения и отражения света от поверхности объекта:

- белый - красный = голубой;
- белый - зеленый = пурпурный;
- белый - синий = желтый.



## 4. Субтрактивные цветные модели (СМУ и СМУК)

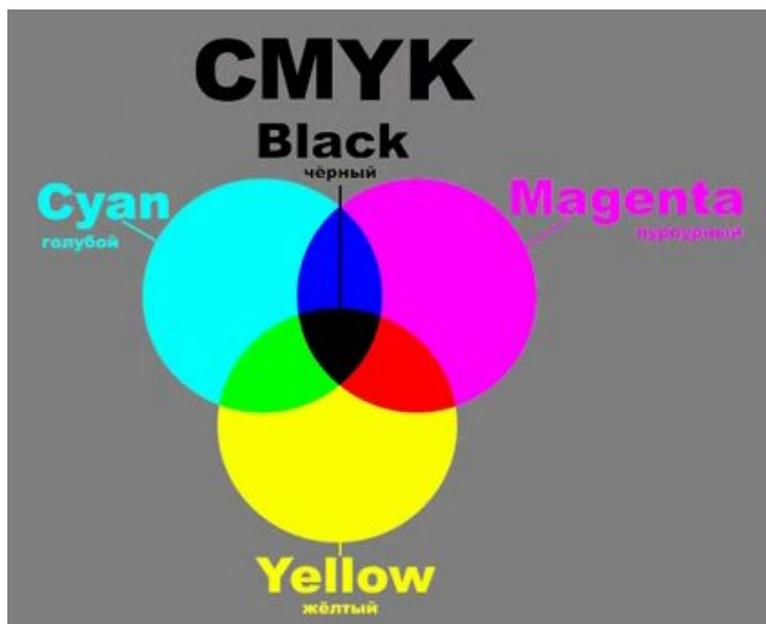


Таким образом, для описания этих процессов используется модель СМУ, в которой используется три основных субтрактивных цвета, а именно голубой (Cyan), пурпурный (Magenta) и желтый (Yellow).



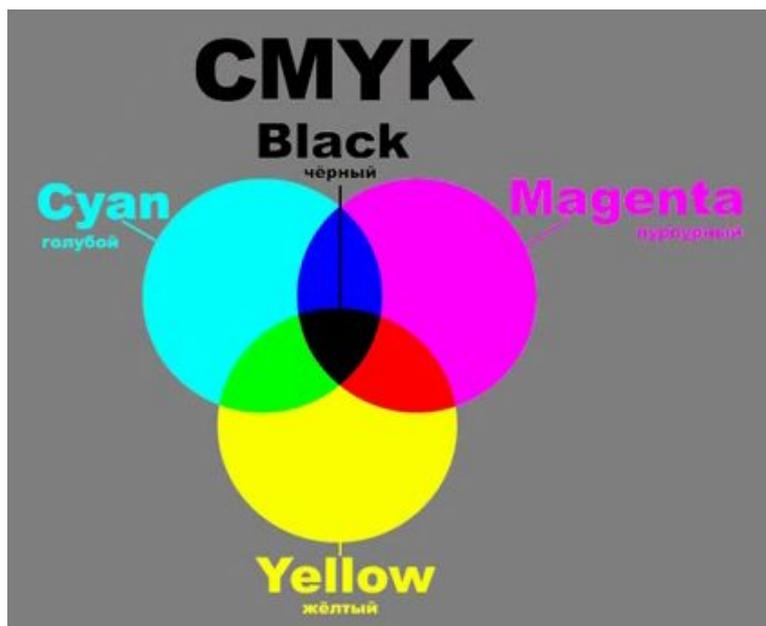
## 4. Субтрактивные цветовые модели (СМУ и СМУК)

В результате при смешении двух субтрактивных красок результирующий цвет затемняется (положено больше краски - поглощено больше света). Смешивание равных значений трех компонент дает оттенки серого цвета. Белый цвет получается при отсутствии всех цветов (отсутствии краски), тогда как их присутствие в полном объеме теоретически дает черный цвет.





## 4. Субтрактивные цветовые модели (СМУ и СМУК)



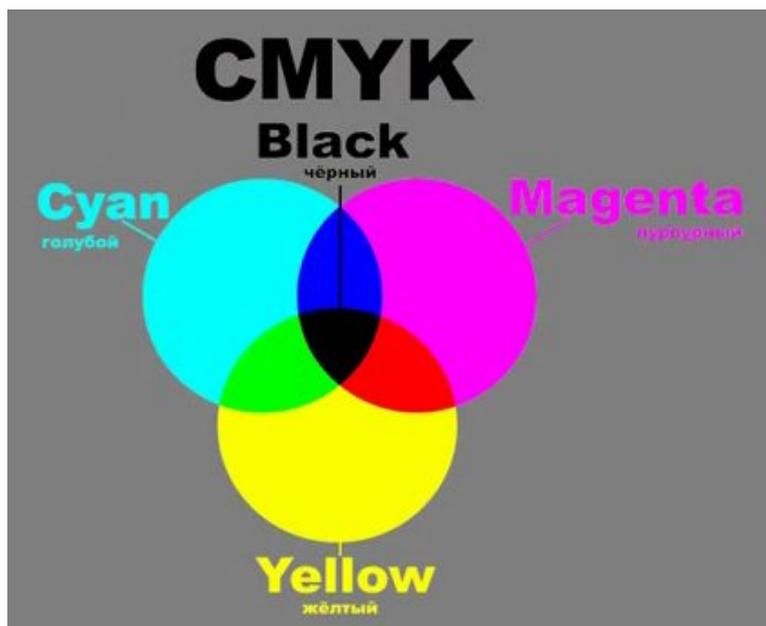
В реальном технологическом процессе получение черного цвета путем смешения трех основных (вторичных) цветов на бумаге не эффективно.

1. Практически невозможно создать идеально чистые пурпурные, голубые и желтые краски. В результате при смешении этих цветов получается не чистый черный цвет, а грязно-коричневый.

2. Неэкономный расход красок на создание черного цвета и это при том, что любые цветные краски дороже обычных черных



## 4. Субтрактивные цветовые модели (СМУ и СМУК)

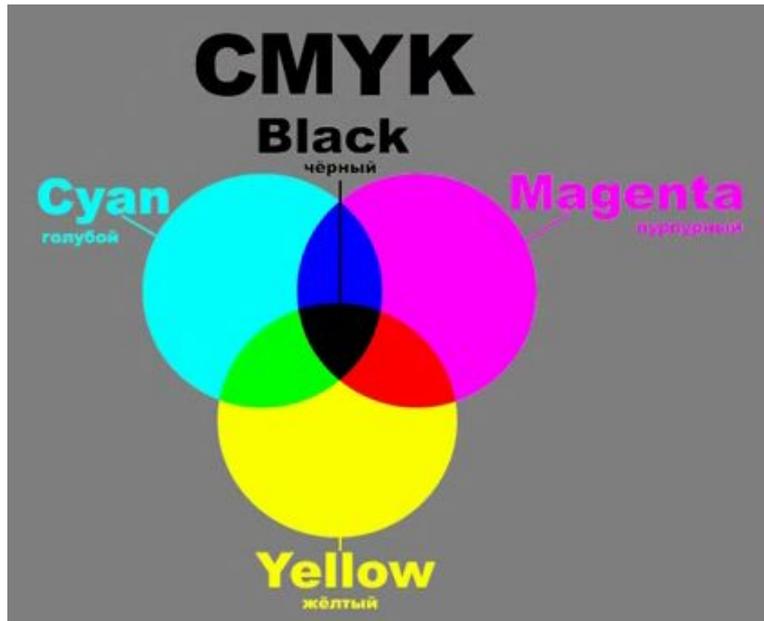


Как следствие, на практике широкое распространение получила иная субтрактивная цветовая модель, называемая СМУК и использующая дополнительную, четвертую, **черную краску.**

**К** - Key (ключ, ключевой), т.к. эта краска является главной в процессе цветной печати и последней наносится на бумагу



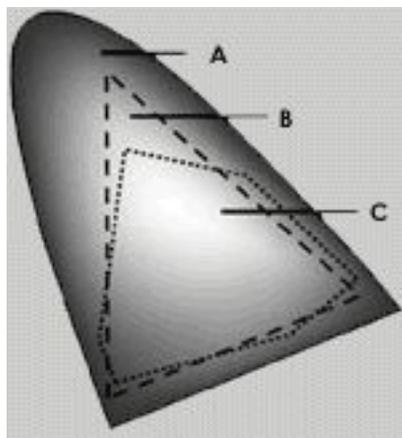
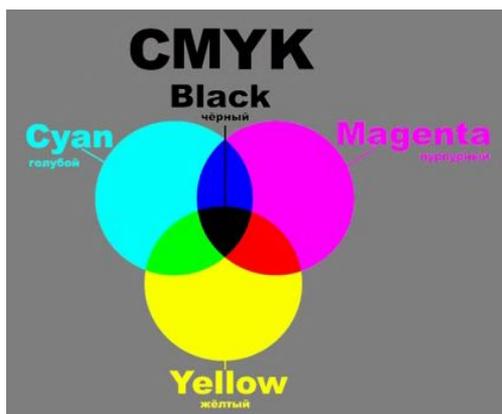
## 4. Субтрактивные цветные модели (СМУ и СМУК)



Цветовая модель СМУК имеет те же ограничения, что и RGB-модель - аппаратная зависимость и ограниченный цветовой диапазон. Причем она даже более аппаратно-зависима и цветовой диапазон еще уже, чем у RGB-модели, т.к. цветные красители имеют худшие характеристики по сравнению с люминофором в мониторах.



## 4. Субтрактивные цветные модели (СМУ и СМУК)



Об экранных цветах, которые невозможно воссоздать при печати, говорят, что они лежат вне цветового охвата модели СМУК.

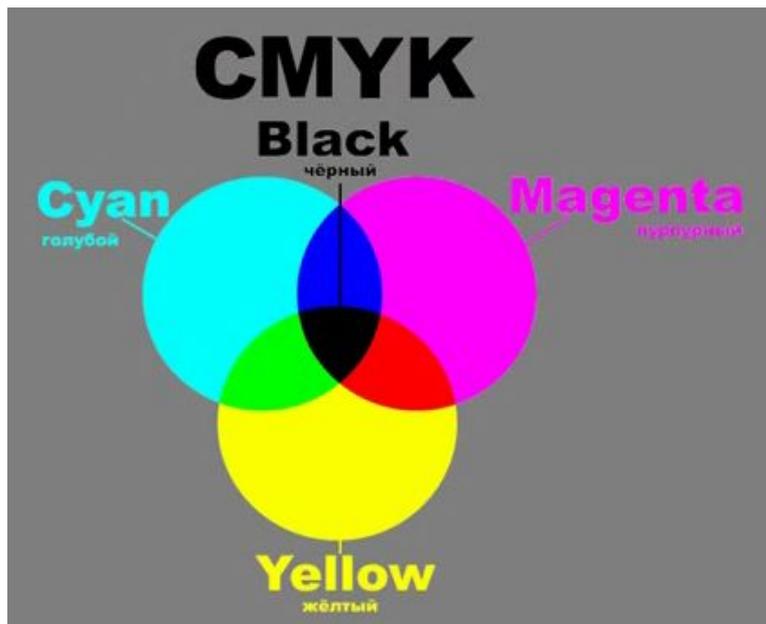
Для предотвращения таких ситуаций обычно используют комплекс специальных мер, включающий выявление и исключение (заменой близким) несоответствующих цветов еще на этапе создания и редактирования изображений или расширением цветового охвата модели путем добавления новых или плашечных

**ЦВЕТОВ**

Цветовой охват человеческого глаза (А), монитора (В) и печатающей машины (С)



## 4. Субтрактивные цветовые модели (СМУ и СМУК)

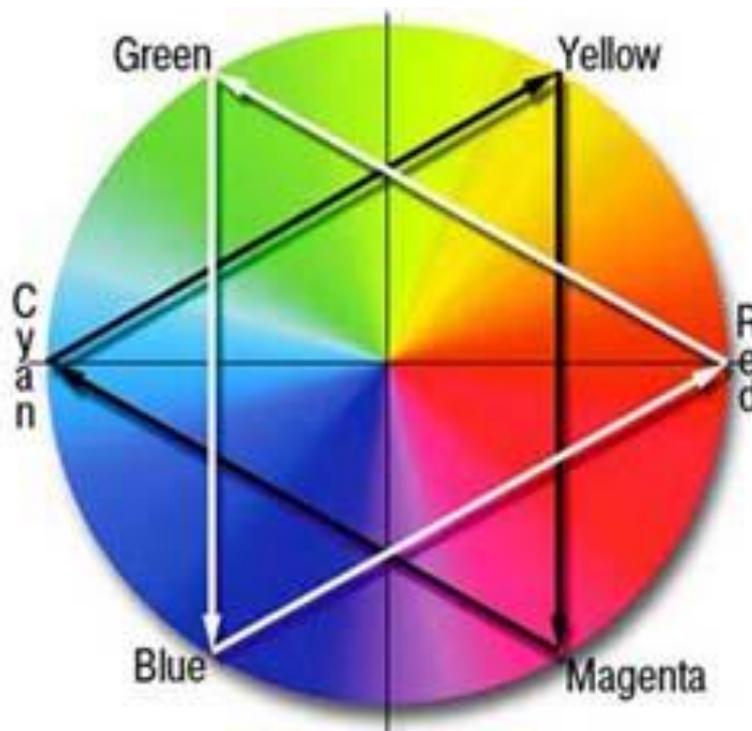
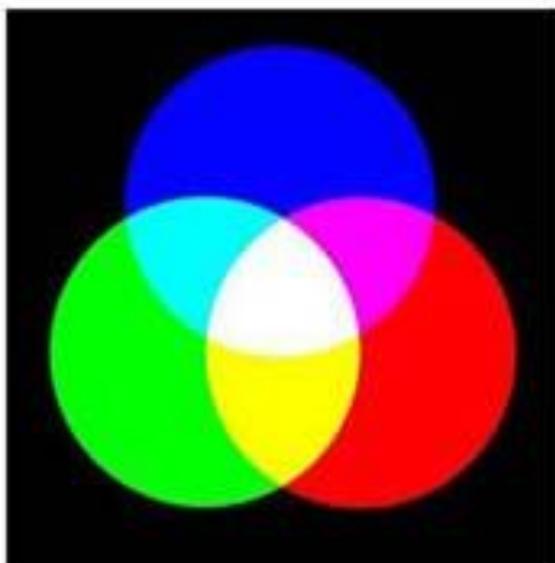


Плашечными называются цвета или краски, созданные с помощью специальных технологий и на основе использования для каждого цвета уникальных красителей или чернил. Например, к краскам СМУК добавляются еще зеленая и оранжевая краски (шестицветная печать), что позволяет существенно расширить диапазон воспроизводимых цветов



## 4. Субтрактивные цветные модели (СМУ и СМУК)

RGB



CMYK





## Изображение построенное с использованием разных цветовых моделей



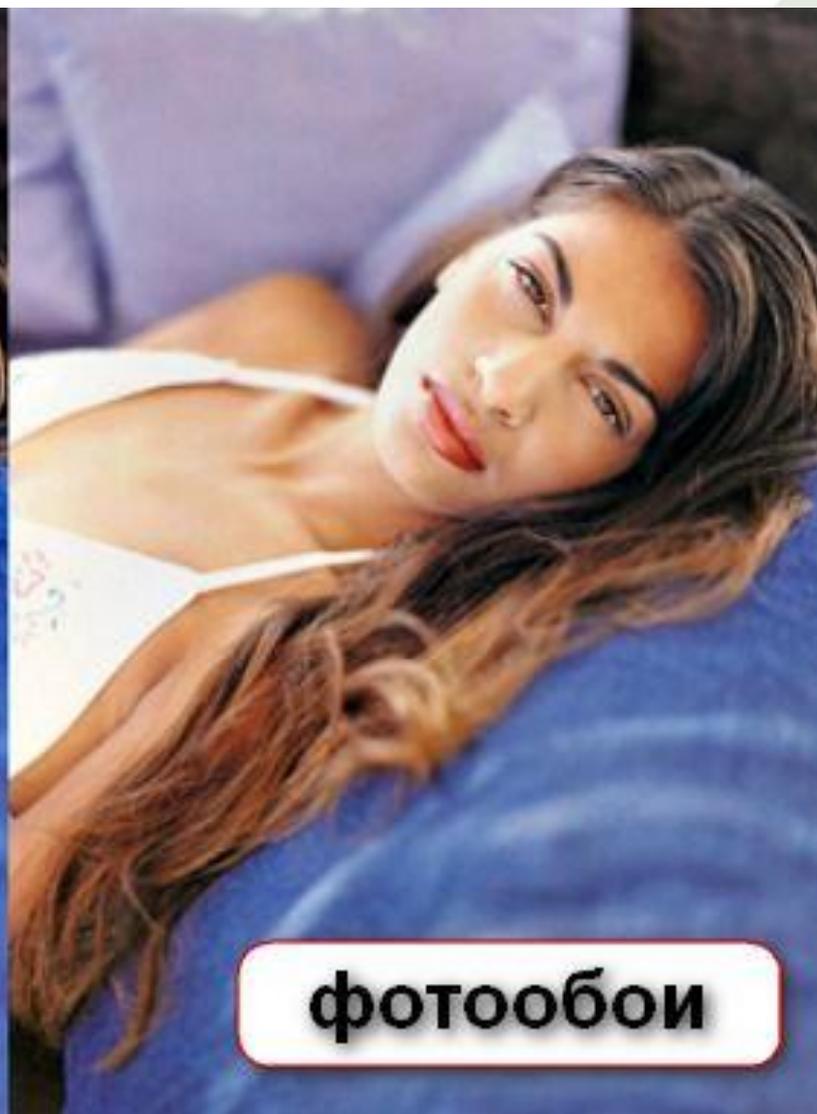
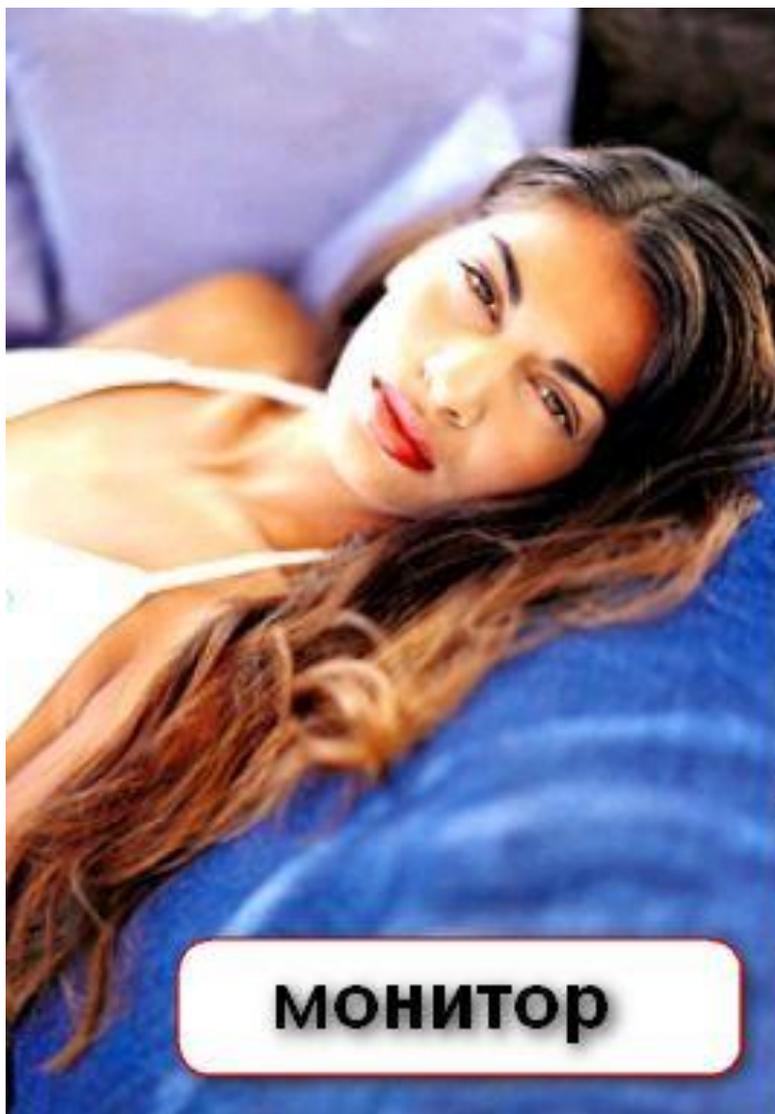
CMYK



RGB



## Изображение построенное с использованием разных цветовых моделей





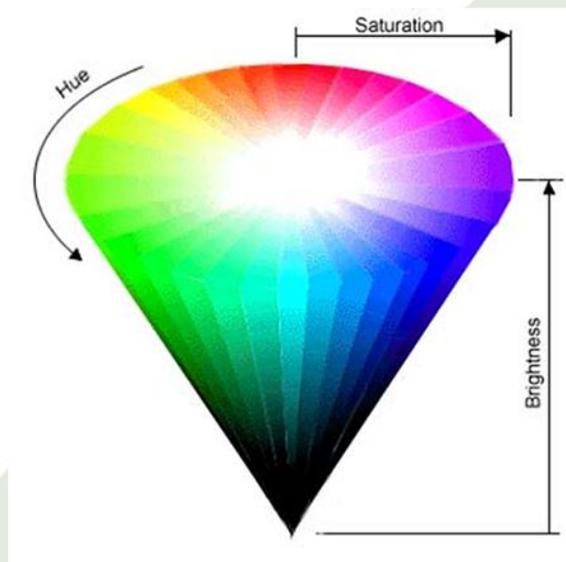
## 5. Перцепционные цветовые модели

Для устранения аппаратной зависимости, присутствующей в аддитивных и субтрактивных цветовых моделях, были разработаны ряд **перцепционных (интуитивных)** цветовых моделей, в основу которых положено раздельное восприятие цветности и яркости света, как воспринимает свет глаз человека.



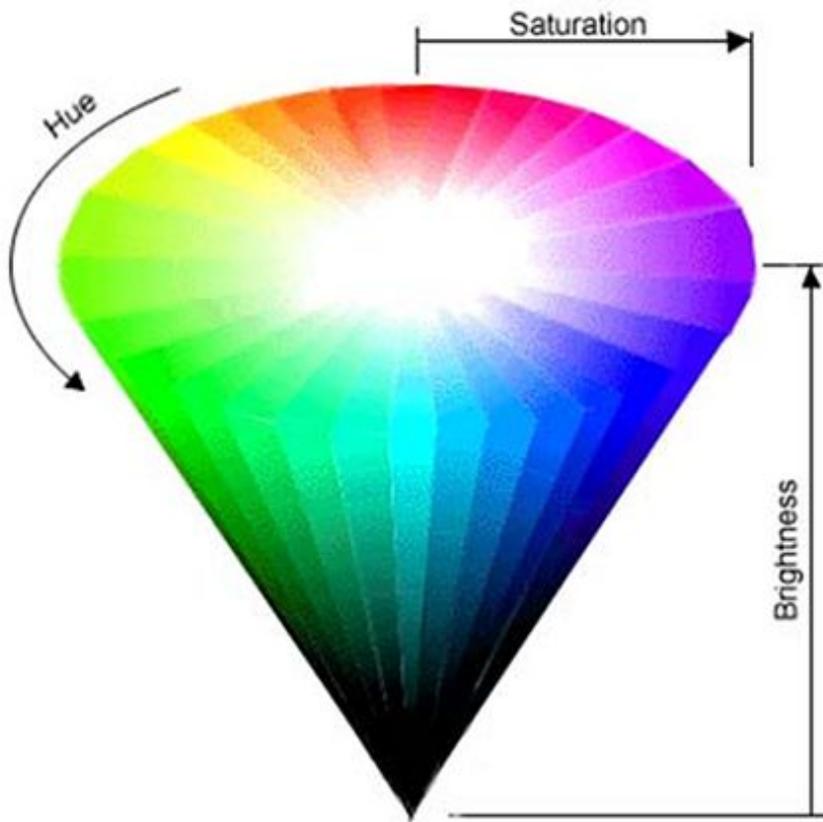
## 5. Перцепционные цветовые модели

**Прототипом большинства цветовых моделей, использующих эту идею, является HSV-модель, на основе которой позже появились HSB, HSL и другие модели.**





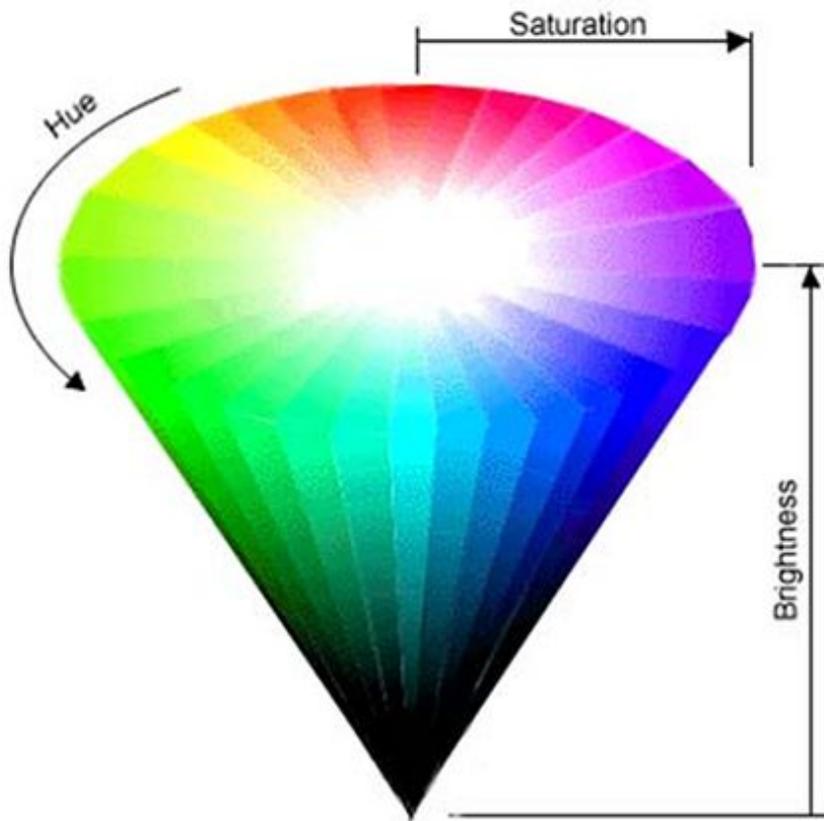
## 5. Перцепционные цветовые модели



Общим для них является то, что цвет в них задается не в виде смеси трех основных цветов, а путем задания двух компонентов (например, в модели HSB это цветовой тон - Hue, и насыщенность - Saturation). Третий параметр во всех этих моделях различными способами задает яркость изображения и обозначается как B (Brightness - в модели HSB), L (Lightness - в HSL) или V (Value - в HSV)



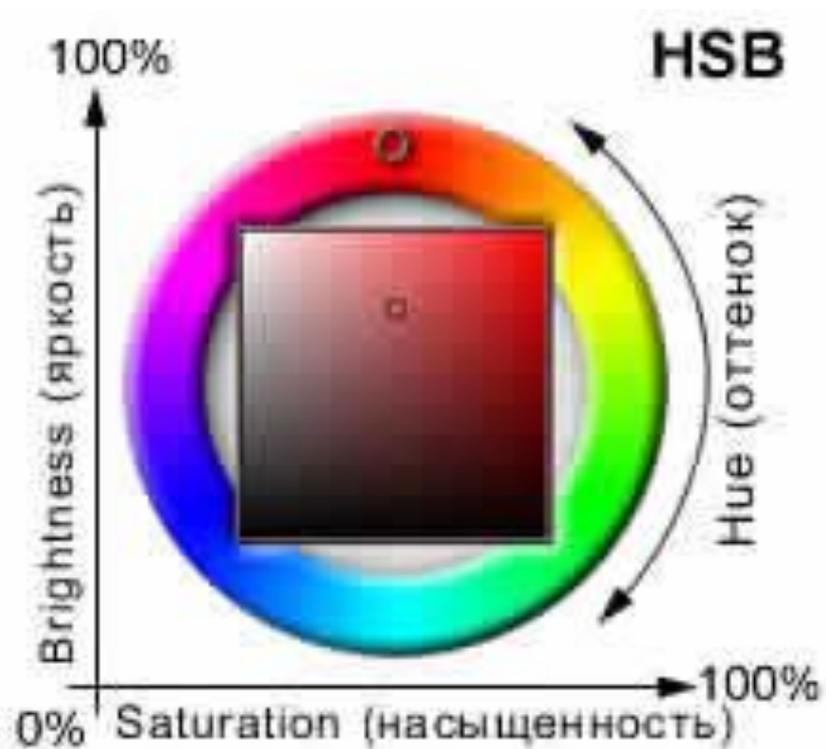
## 5. Перцепционные цветовые модели



Модель HSB или ее ближайший аналог - HSL - представлены в большинстве современных графических редакторов.



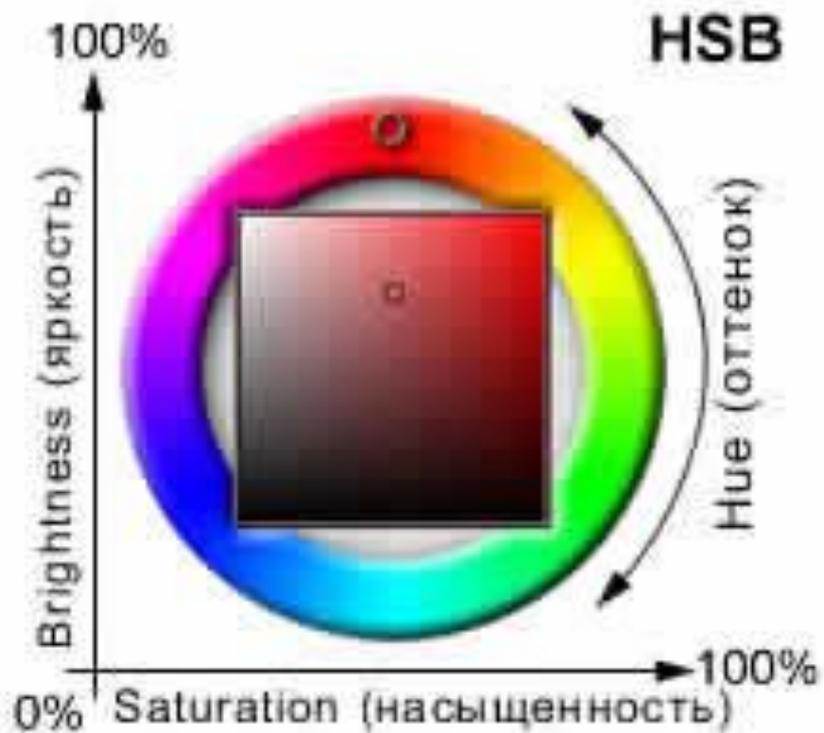
## 5. Перцепционные цветовые модели



Под **цветовым тоном (H - Hue)** понимается свет с доминирующей длиной волны и для его описания обычно используется, собственно, название цвета, например, синий или желтый. В графической интерпретации этой модели каждый цвет занимает определенное место на окружности и описывается углом в диапазоне 0-60.



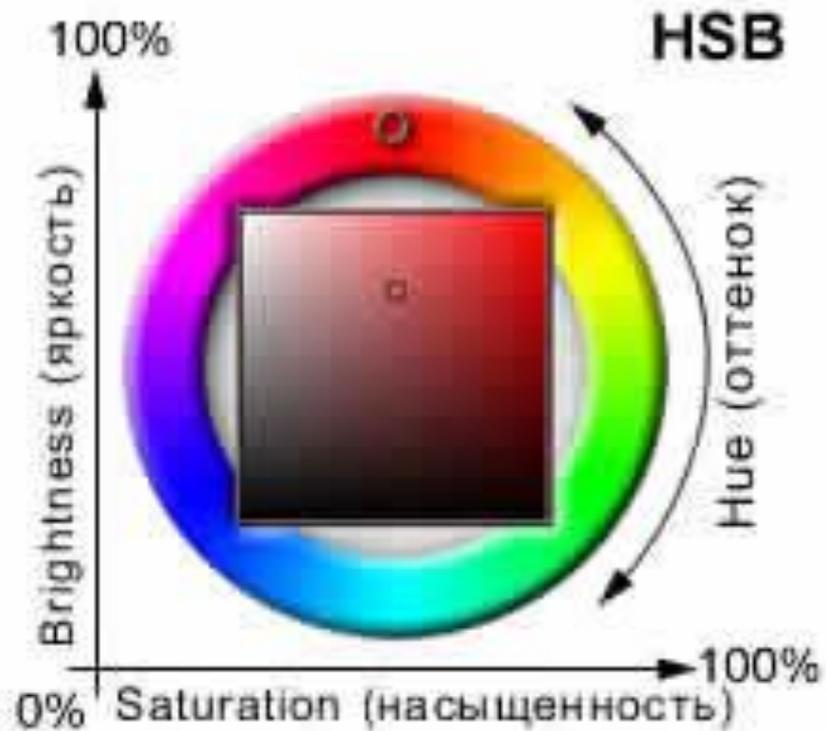
## 5. Перцепционные цветовые модели



В положении 0 находится красный цвет, 120 - зеленый цвет, 240 - синий (это первичные цвета). Вторичные цвета находятся между ними. Дополнительные цвета находятся на диаметрально противоположных сторонах цветового круга. При их смешении образуется черный цвет (при печати красками) или белый (при излучении на мониторе). Это максимально контрастные цвета и действуют они на глаз раздражающе.



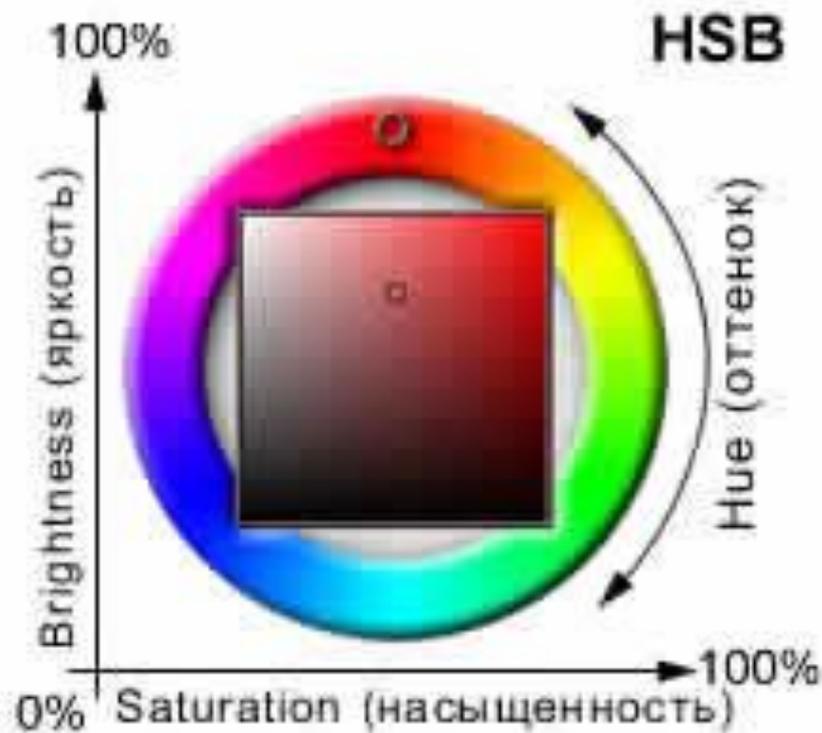
## 5. Перцепционные цветовые модели



Понятие цветового тона не дает полного описания цвета. Кроме доминирующей длины волны, в формировании цвета участвуют и другие длины волн. Соотношение между основной, доминирующей длиной волны и всеми остальными длинами волн, образующими "серые вкрапления", называется насыщенностью. Его значение изменяется от 0 % (серый цвет) в центре круга до 100 % (полностью насыщенный) на окружности



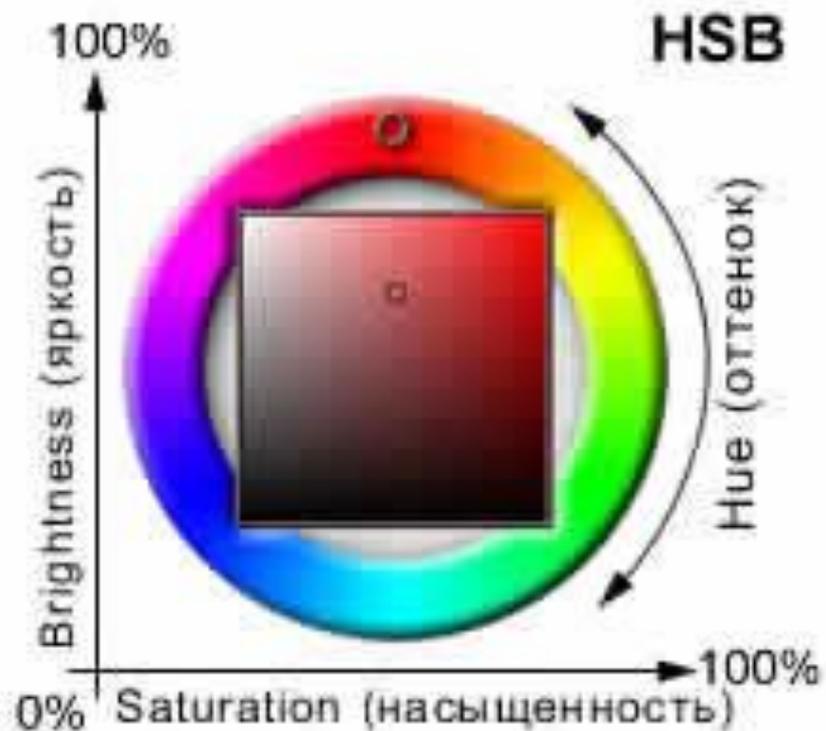
## 5. Перцепционные цветовые модели



Третий параметр - яркость - никоим образом не влияет на цветность, но от нее зависит, как сильно цвет будет восприниматься глазом, т.е. яркость характеризует интенсивность, с которой энергия света воздействует на рецепторы глаза.



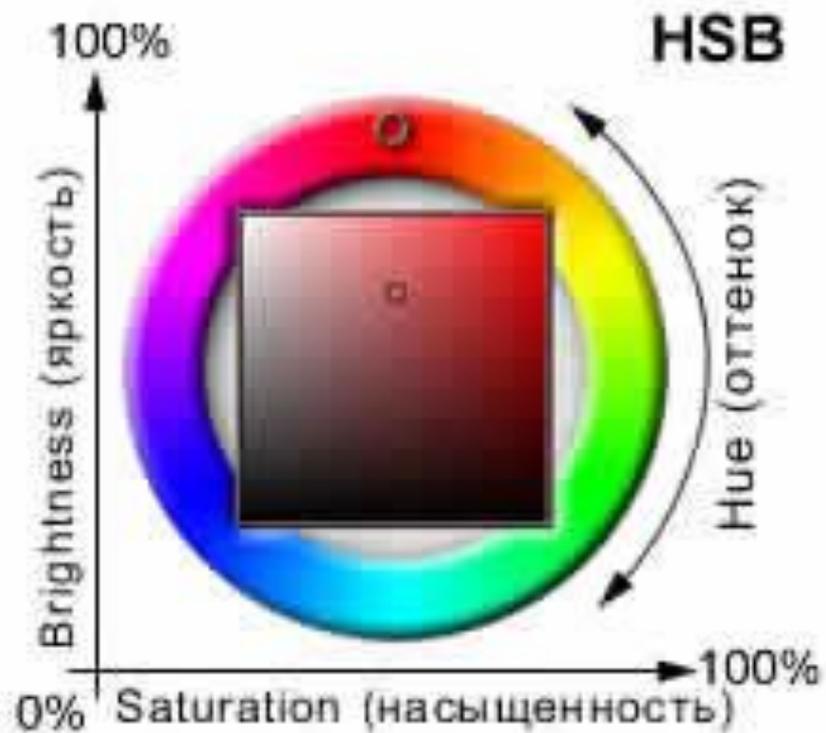
## 5. Перцепционные цветные модели



При нулевой яркости мы не увидим ничего, и любой цвет будет восприниматься как черный, а максимальная яркость вызывает ощущение ослепительно белого цвета. Величина яркости также измеряется в процентах от 0 (черный) до 100 (белый).



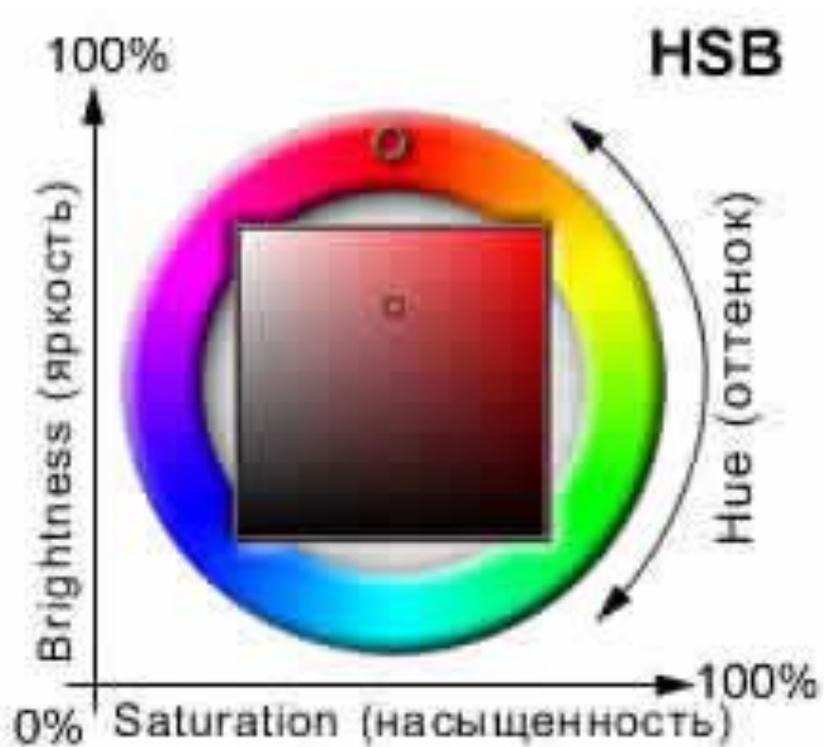
## 5. Перцепционные цветовые модели



Модель HSB носит абстрактный характер, т.к. ее компоненты на практике измерить невозможно. Чаще всего компоненты модели получают путем математического пересчета измеренных значений RGB-модели. Как следствие, в наследство от RGB-модели она получает и ограниченное цветовое пространство.



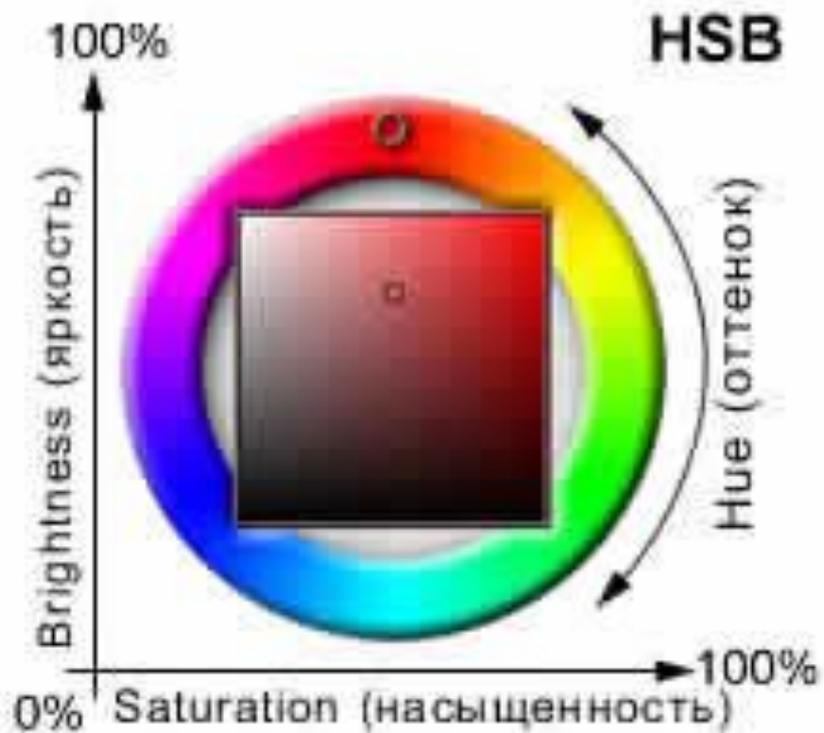
## 5. Перцепционные цветовые модели



Кроме того, яркость и цветовой тон не являются полностью независимыми параметрами, т.к. значительное изменение яркости влияет на изменение цветового тона, что приводит к нежелательным эффектам в виде цветовых отливов (сдвигов).



## 5. Перцепционные цветные модели



Вместе с тем HSB-модель обладает двумя важными преимуществами: большей аппаратной независимостью (по сравнению с двумя предыдущими моделями) и более простым и интуитивно понятным механизмом управления цветом.