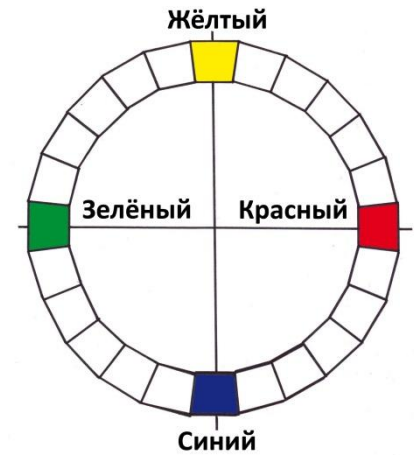
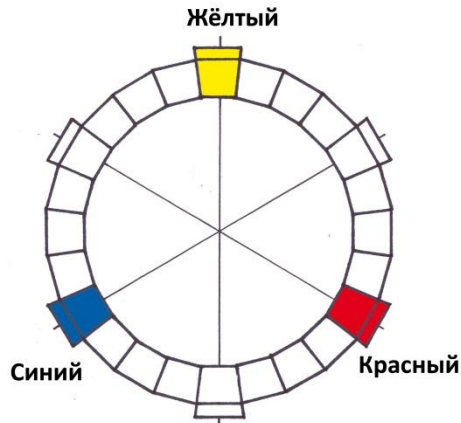
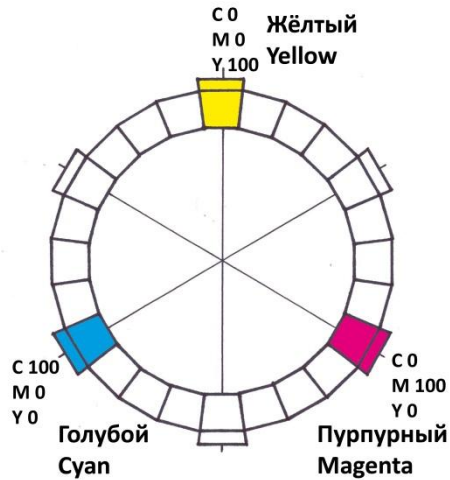


Тема 1.

Поиск гармоничных цветовых сочетаний с использованием схемы «Цветовой круг».

Презентация 1.

Схема «Цветовой круг».



Тема1 «Поиск гармоничных цветовых сочетаний с использованием схемы «Цветовой круг»

включает 6 презентаций:

1.Схема «Цветовой круг». Подготовлено 2021.12.19

2.Направления поиска гармоничных цветовых сочетаний с использованием схемы «Цветовой круг».

3.Родственные цвета (аналогичные гармонии).

Поиск гармоничных цветовых сочетаний с использованием цветовых кругов, построенных в рамках систем определения цвета RGB и CMYK.

4.Дополнительные цвета (противоположные гармонии).

Поиск гармоничных цветовых сочетаний с использованием цветовых кругов, построенных в рамках систем определения цвета RGB и CMYK.

5.Родственно-контрастные цвета (гармонии равнобедренного треугольника).

Поиск гармоничных цветовых сочетаний с использованием цветовых кругов, построенных в рамках систем определения цвета RGB и CMYK.

6.Триады.

Поиск гармоничных цветовых сочетаний с использованием цветовых кругов, построенных в рамках систем определения цвета RGB и CMYK.



Об авторе:

Попова Ирина Игоревна, 1964 г. Popova Irina

Окончила Физический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова в 1987 г.

В 1999 г. прошла курс росписи по ткани в Школе ремёсел при Всероссийском музее декоративно-прикладного и народного искусства.

Прошла курс обучения в Центре Батика Сергея Давыдова и получила свидетельство в 2014 году.

Если Вам понравился подготовленный текст, напишите, пожалуйста, отзыв на электронную почту.

Готова предоставить свои материалы по теме «Цветоведение» для совместных публикаций.

e-mail: Irina-popova64@mail.ru

Свет и цвет.

Глаз – орган, способный реагировать на раздражитель в виде электромагнитных волн, поступающий из внешней среды. Глаз человека может воспринимать электромагнитное излучение с длинами волн в диапазоне приблизительно от 390нм до 590нм.

Светом называют электромагнитное излучение видимого диапазона, то есть только те электромагнитные волны, на которые может реагировать глаз.

Источник света - физическое тело, испускающее электромагнитные волны видимого диапазона. Источники света могут быть различными. В том числе, излучать свет могут нагретые до высоких температур тела. На Земле основным источником света является Солнце – звезда, представляющая собой огромную массу вещества, имеющего очень высокую температуру. Спектр излучения Солнца можно считать непрерывным. Это значит, что в потоке солнечного света есть электромагнитные волны всех длин видимого диапазона.

Цвет – это ощущение, формируемое мозгом после того, как на рецепторы глаза подействовало электромагнитное излучение.

Установлено, что электромагнитные волны с длиной волны 620-770 нанометров ($1\text{нм} = 10^{-9}\text{м}$) формируют у нас ощущение красного цвета. **Условно излучение в диапазоне 620-770 нм называют красным.** Может идти речь, например, о световом луче красного цвета, или о красном световом луче, или о «красной» части спектра, но это лишь чистая условность, позволяющая дать явлению более краткое описание. Далее:

590-620 нм – формируют ощущение оранжевого цвета (**условно – оранжевые лучи**),

570-590 нм – формируют ощущение жёлтого цвета (**условно – жёлтые лучи**),

490-570 нм – формируют ощущение зелёного цвета (**условно – зелёные лучи**),

470-490 нм – формируют ощущение голубого цвета (**условно – голубые лучи**),

450-470 нм – формируют ощущение синего цвета (**условно – синие лучи**),

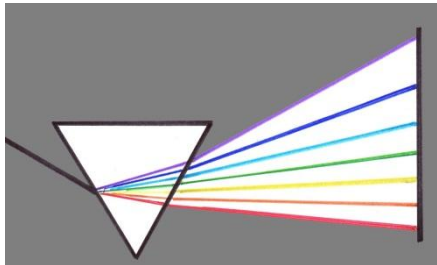
390-450 нм – формируют ощущение фиолетового цвета (**условно – фиолетовые лучи**).

После прохождения через призму (опыт Ньютона) световые лучи, характеризующиеся разными длинами волн, разделяются, поскольку показатель преломления зависит от длины волны. **Опыт Ньютона заключается в следующем: в затемнённой комнате с помощью отверстия в чёрном экране выделяется луч дневного света, пропускается через стеклянную призму и на экране появляется цветная полоса, в которой один цвет плавно переходит в другой.** Лучи «красной» части спектра преломляются меньше, «фиолетовые» – больше. Поэтому при разложении солнечного света в спектр мы видим цвета в такой последовательности: красный, оранжевый, жёлтый, зелёный, голубой, синий, фиолетовый (цвета радуги).

Спектральные цвета – цвета, наблюдаемые при разложении в спектр солнечного света.

Спектральные цвета – цвета, наблюдаемые при разложении в спектр солнечного света.

На электромагнитные волны длиннее, чем красные (длина волны больше 620 нм) и короче, чем фиолетовые (длина волны меньше, чем 450 нм) глаз человека не реагирует.



Слагательный (аддитивный) метод смешения цветов.

Опыт Ньютона с разложением солнечного света показывает, что в спектре присутствуют лучи разных длин волн. Солнечный свет воспринимается нами как белый. Это говорит о том, что **воздействие на глаз лучей света разных длин волн суммируется**. В этом случае говорят о сложении цветов световых лучей, или о слагательном (аддитивном) методе смешения цветов. Возможно, правильнее говорить о слагательной схеме смешения цветов. В любом случае, это лишь условное обозначение явления.

Подчеркнём, что **суммируется именно воздействие на орган зрения световых волн разной длины волны**. Сложение цветов световых лучей надо понимать именно как сложение их воздействия, а ни в коем случае не как сложение волн, характеризующихся разной длиной волны.

Слагательный метод смешения цветов основан на том, что после того, как на рецепторы органа зрения (глаза) подействовало электромагнитное излучение нескольких разных длин волн, мозг формирует некоторое **суммарное ощущение**, которое назовём суммарным цветом.

Одновременное воздействие на глаз всех световых лучей, присутствующих в спектре солнечного света (условно – сложение световых лучей всех цветов радуги) **даёт ощущение белого цвета**.

Из опыта известно следующее явление. Имея источники излучения в трёх узких частях спектра – красной, зелёной и синей, при оптическом смешении их лучей можно получить ощущение белого цвета, а варьируя интенсивность излучения таких источников, можно добиться ощущения всех возможных цветов из цветовой гаммы. Для этого надо разместить источники этих лучей близко, а наблюдать их издалека. В этом случае говорят о точечном источнике света. **Точечный источник света** – источник, который так мал или удалён на такое большое расстояние от глаза, что световые лучи от него можно считать исходящими из одной точки. Говорят, что при этом происходит **оптическое смешение лучей**, или, что то же самое, реализуется **слагательный метод смешения цветов** световых лучей.

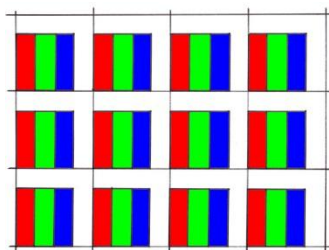
Почему именно **красный, зелёный и синий цвета оказались особыми, выделенными цветами для глаза человека**, пока остаётся не вполне понятным. Точно известно лишь одно: сетчатка состоит из миллионов чувствительных клеток, которые при воздействии на них света генерируют нервные импульсы. Есть клетки, называемые палочками, и есть три (только три!) вида клеток, называемых колбочками. Считается, что эти три вида клетки-колбочек отвечают за цветное зрение. Существует **трёхкомпонентная теория цветоощущения Юнга-Гельмгольца**, согласно которой клетки-колбочки имеют максимум восприятия одни в «красной» области спектра, другие в «зелёной» области спектра а третьи в «синей» области спектра. Сегодня можно сказать, что, эта теория не вполне подтверждается опытом. Есть научные данные, которые противоречат этой теории. Существуют и другие теории цветоощущения.

Однако, в современной жизни широко используются устройства, которые используют эту особенность зрения – своеобразную трёхкомпонентность. Эти устройства – цветные телевизоры и цветные жидкокристаллические мониторы. **Человеческий мозг можно «обмануть», имея только три световых луча: красный, зелёный и синий. Глаз будет получать раздражение только от трёх монохроматических источников, а мозг будет формировать в ответ ощущение всех возможных цветов.**

Модель RGB. Цвет на экране монитора.

Общим в устройстве цветного телевизора и жидкокристаллического монитора является **пиксельное строение экрана**.

Пиксель формируется из трёх участков, которые являются источниками красных, зелёных и синих лучей. Количество пикселей велико – не менее 1024x68 таких маленьких участков. Предполагается, что пиксель формирует отдельную точку изображения, то есть является точечным источником света. Происходит оптическое смешение цветов



На схеме условно показано пиксельное строение экрана. Эта картинка не имеет ничего общего с тем, как реально располагаются цветовые участки, она нужна только для разъяснения принципа. Каждый пиксель формирует точку изображения, отличаемую глазом от соседней точки. А цвет каждой такой светящейся точки экрана определяется в рамках слагательного метода смешения цветов световых лучей, а именно сложением трёх базовых, первичных цветов - красного, зелёного и синего. Таким образом, суммарный цвет каждой точки экрана будет определяться соотношением интенсивности свечения трёх световых лучей (красного, зелёного и синего), которые формируют эту точку.

Система определения цвета RGB привязана к устройствам, использующим оптическое смешение трёх световых лучей: красного, зелёного, синего (**Red, Green, Blue**). В этой системе каждый цвет может быть однозначно задан тремя цифрами, которые определяют долю каждого из трёх базовых цветов в суммарном цвете.

В модели RGB каждый базовый цвет характеризуется яркостью (интенсивностью), которая может принимать 256 (это 2^8 , удобное для вычислительной техники число) дискретных значений от 0 до 255. Можно смешивать цвета в различных пропорциях, изменяя яркость каждой составляющей. Таким образом, получаем $256 \times 256 \times 256$ цветов. Каждому цвету соответствует код, который содержит значения яркости трёх базовых составляющих. Десятичное представление – это тройка десятичных чисел, разделённых запятыми. Первое число соответствует яркости красной составляющей, второе – зелёной, а третье – синей.

Белый цвет – все составляющие при максимальной яркости (255,255,255). Чёрный цвет – полное отсутствие сигнала (0,0,0)

В рамках системы RGB будет верно, что цвета, значения параметров которых одинаковы, образуют шкалу из 256 оттенков (градаций) серого цвета – от чёрного до белого.

Например: (191,191,191) – свето-серый, (127,127,127) – средний серый, (67, 67, 67) – тёмно-серый.

(255, 0, 0) Красный

(255,255,0) Жёлтый

(0, 255,0) Зелёный

(0, 255,255) Голубой

(0, 0, 255) Синий

(0, 255,255) Пурпурный

Красный и зелёный при максимальной яркости дают жёлтый цвет.

Зелёный и синий при максимальной яркости дают голубой.

Синий и красный при максимальной яркости дают пурпурный.

Цветовой круг – схема, позволяющая систематизировать многообразие цветов.

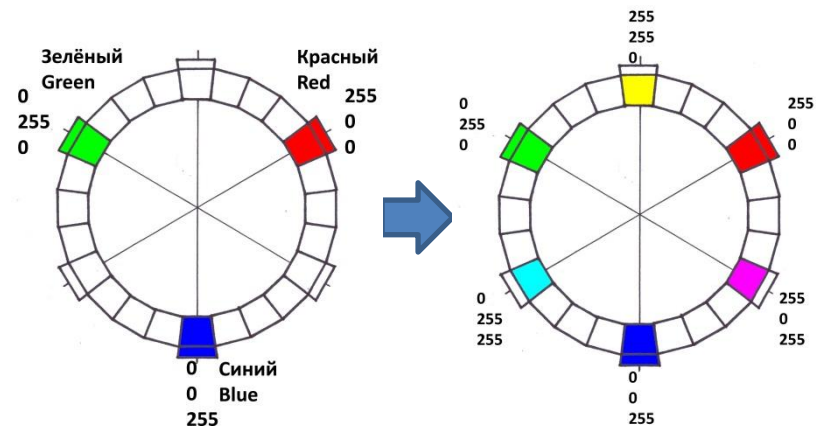
Предпринятое исследование имеет цель – поиск гармоничных цветовых сочетаний. Понятие «гармоничное сочетание» весьма расплывчато. Можно сказать, что это такое сочетание, в котором нет желания ничего изменить, которое в целом вызывает положительные эмоции. Понятие гармонии также связывают с понятием равновесия, «разумной соразмерности начал» (Н.А. Заболоцкий).

В декоративно-прикладном искусстве поиск гармоничных цветовых сочетаний бывает важен. Возможны два пути: первый – положиться на интуицию, второй – попытаться систематизировать цветовые сочетания, разбить их на группы по каким-то признакам. Первый шаг – уложить все цвета в какую-то схему. Такой схемой традиционно является «Цветовой круг».

Цветовой круг – схема, позволяющая систематизировать многообразие цветов. Как любая схема, это условное построение, приспособленное к конкретным нуждам. Это – как попытка навести порядок в некоем многообразии. Каждый хозяин имеет право наводить свой порядок. В основу построения схемы могут быть заложены разные принципы. Далее будут приведены несколько возможных схем. Их объединяет одно: каждая такая схема – круговая диаграмма, при обходе которой против часовой стрелки цвета располагаются в том порядке, в котором мы их видим в спектре солнечного света (цвета радуги). Нужно оценить достоинства и недостатки каждой из этих схем – во-первых, с точки зрения того, насколько хорошо они соответствуют физическим представлениям о цвете, и во-вторых, насколько они могут быть полезны для выбора гармоничных цветовых сочетаний.

Первая схема, которую мы рассмотрим, это **цветовой круг, построенный в рамках системы определения цвета RGB.**

Это легко сделать, воспользовавшись программой PhotoShop. В рамках этой программы каждый цвет можно задать тремя цифрами в системе RGB. Будем постепенно раскрашивать заранее подготовленную диаграмму и посмотрим, к чему это приведёт. Опорными точками для построения выберем цвета красный, зелёный и синий (Red, Green, Blue).



Сразу видим большое достоинство такой схемы: в построенной модели цвета, лежащие напротив, по диаметрам круга, формально дополняют друг друга до белого цвета.

Красный (255, 0, 0) – голубой (0, 255, 255)

Зелёный (0, 255, 0) – пурпурный (255, 0, 255)

Синий (0, 0, 255) – жёлтый (255, 255, 0)

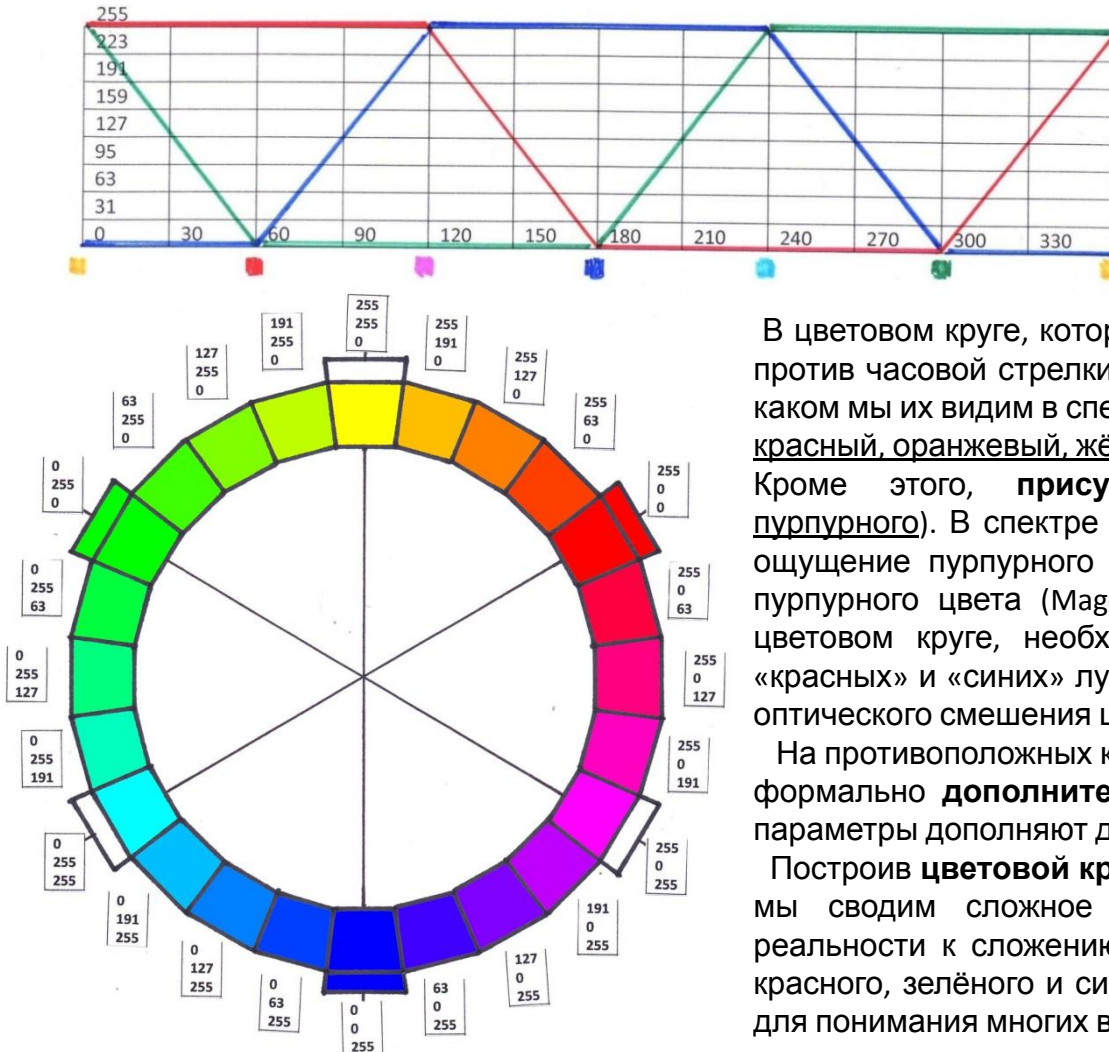
Дополнительными называют цвета световых лучей, которые при оптическом смешении дадут впечатление белого цвета.

Однако, подтвердить физическим экспериментом то, что два цвета действительно являются дополнительными, трудно и не всегда возможно.

В построенной модели цвета, лежащие напротив, являются дополнительными формально, по цифровым значениям параметров.

Цветовой круг, построенный в рамках системы определения цвета RGB.

В рамках системы задания цвета RGB цветовой круг можно рассматривать как некое математическое построение. Опорными точками будут базовые цвета красный (**Red**) (255, 0, 0), зелёный (**Green**) (0, 255, 0) и синий (**Blue**) (0, 0, 255). Красный и зелёный при максимальной яркости дают жёлтый цвет (**Yellow**) (255, 255, 0). Зелёный и синий при максимальной яркости дают голубой (**Cyan**) (0, 255, 255). Синий и красный при максимальной яркости дают пурпурный (**Magenta**) (255, 0, 255).



У нас, таким образом, есть шесть точек для построения схемы. Для простоты будем считать, что между этими точками параметры, задающие цвет, меняются линейно. Построим схему и посмотрим, насколько она будет соответствовать действительности.

В цветовом круге, который построился таким образом, при обходе его против часовой стрелки от красного встречаем цвета в том порядке, в каком мы их видим в спектре солнечного света (**спектральные цвета**): красный, оранжевый, жёлтый, зелёный, голубой, синий, фиолетовый.

Кроме этого, **присутствуют неспектральные цвета (вокруг пурпурного)**. В спектре нет таких лучей, которые создавали бы у нас ощущение пурпурного цвета (Magenta) и цветов, находящихся рядом с ним в цветовом круге, необходимо одновременное воздействие на глаз «красных» и «синих» лучей, то есть в этом случае мы видим результат оптического смешения цветов световых лучей.

На противоположных концах любого диаметра в этой схеме находятся формально **дополнительные цвета**. Это значит, что их численные параметры дополняют друг друга до белого цвета (255, 255, 255).

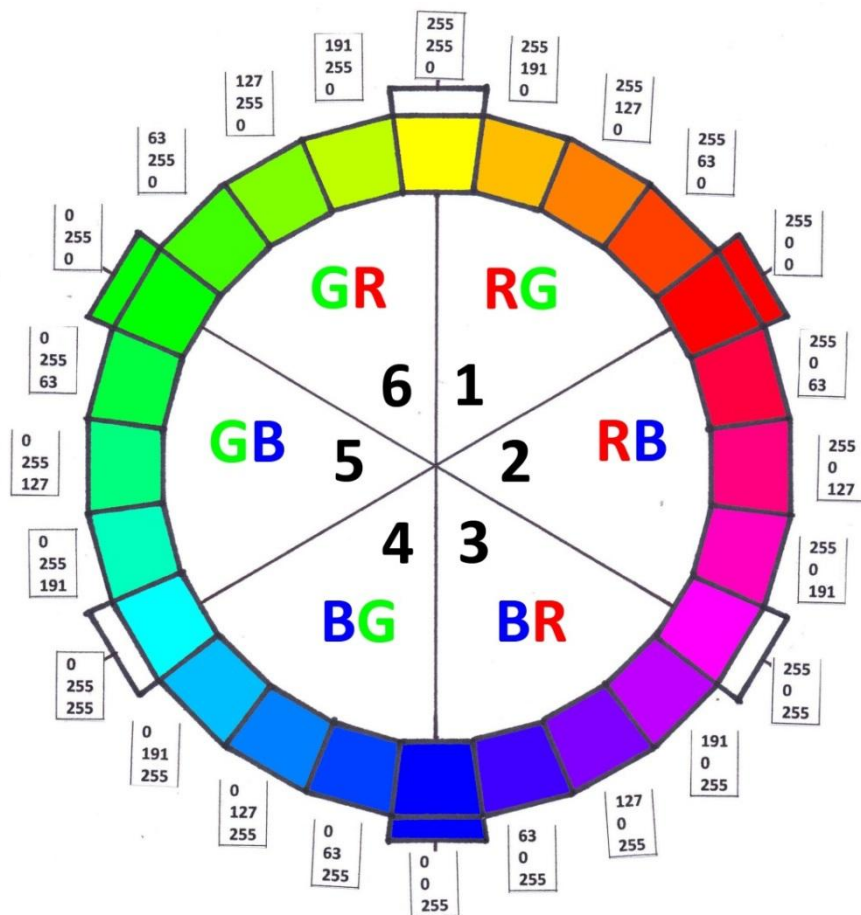
Построив **цветовой круг в рамках системы определения цвета RGB** мы сводим сложное явление оптического смешения цветов в реальности к сложению воздействия на глаз трёх базовых цветов – красного, зелёного и синего. Однако, эта схема оказывается полезной для понимания многих вопросов, связанных с цветом.

Симметрия в цветовом круге, построенном в рамках системы определения цвета RGB.

Гармония – это, в сущности, равновесие. Поэтому, если искать гармоничные цветовые сочетания, то нужно, в первую очередь, поискать какую-нибудь симметрию. Цветовой круг, который построен в рамках системы определения цвета RGB включает цвета полной насыщенности (цветовой тон выражен максимально). С помощью этой схемы можно попробовать поискать гармоничные сочетания цветов только по цветовому тону (без учёта светлоты).

Каждый цвет в круге задан тремя цифрами. Это значит, что с помощью этой схемы можно попробовать поискать какие-то математические закономерности, которыми будут описываться гармоничные сочетания цветов полной насыщенности. По крайней мере, можно разбить цвета на группы, объединённые какими-то признаками.

Такой цветовой круг имеет видимое деление на 6 сегментов. Можно увидеть следующие моменты симметрии:



1-2 сегменты. Объединяющий цвет – полный красный.

Симметрия относительно оси красный-голубой.

В сторону жёлтого цвета наблюдается постепенное нарастание зелёной компоненты, в сторону пурпурного цвета – симметричное нарастание синей компоненты.

3-4 сегменты. Объединяющий цвет – полный синий.

Симметрия относительно оси синий-жёлтый.

5-6 сегменты. Объединяющий цвет – полный зелёный.

Симметрия относительно оси зелёный-пурпурный.

6-1 сегменты. Объединяющий момент – отсутствие синего.

Симметрия относительно оси жёлтый-синий.

В сторону зелёного цвета наблюдается снижение красной компоненты при максимальном значении зелёной, в сторону красного цвета – симметрично происходит снижение зелёной компоненты при максимальном значении красной.

2-3 сегменты. Объединяющий момент – отсутствие зелёного.

Симметрия относительно оси пурпурный-зелёный.

4-5 сегменты. Объединяющий момент – отсутствие красного.

Симметрия относительно оси голубой-красный.

Вычитательный (субтрактивный) метод смешения цветов.

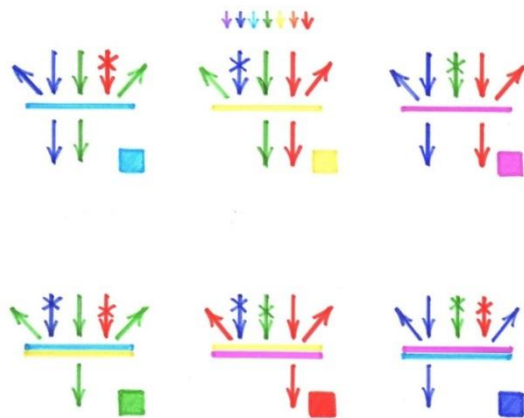
Предметы, которые сами не излучают свет, представляются нам имеющими цвет благодаря явлению, которое называют **вычитанием цветов**. Объект «отнимает» у падающего на него белого света часть спектра и поглощает её, а оставшая часть спектра отражается. **Цвет предмета будет зависеть от того, в лучах какого источника света мы его наблюдаем.** Когда говорят о собственном цвете предмета, имеют в виду его цвет в лучах дневного солнечного света.

В спектре солнечного света есть световые лучи всех длин волн. Упростим явление для того, чтобы проще было его объяснить, и представим себе, что на предмет падают только красные, зелёные и синие лучи. Воздействуя на глаз одновременно, они дадут ощущение белого цвета. Тогда создастся модель, которая будет зеркальным отражением уже рассмотренной модели аддитивного смешения цветов. Представим себе гипотетические фильтры, каждый из которых поглощает (вычитает из потока света) лучи одного из основных цветов.

Фильтр поглощает красные лучи - зелёные и синие частично проходят через него, частично отражаются. Пропускаемый свет будет видаться голубым, поскольку из потока света «вычтены» красные лучи, а сам **фильтр будет голубого цвета (Cyan)**, поскольку он отражает зелёные и синие лучи.

Фильтр поглощает синие лучи - зелёные и красные частично проходят через него, частично отражаются. Пропускаемый свет будет видаться жёлтым, поскольку из потока света «вычтены» синие лучи, а сам **фильтр будет жёлтого цвета (Yellow)**, поскольку он отражает зелёные и красные лучи.

Фильтр поглощает зелёные лучи - синие и красные частично проходят через него, частично отражаются. Пропускаемый свет будет видаться пурпурным, поскольку из потока света «вычтены» зелёные лучи, а сам **фильтр будет пурпурным (Magenta)**, поскольку он отражает синие и красные лучи.



При наложении фильтров:

Голубой и жёлтый фильтры, перекрываясь, пропускают и отражают только зелёные лучи – получаем **зелёный цвет**.

Жёлтый и пурпурный фильтры, перекрываясь, пропускают и отражают только красные лучи – получаем **красный цвет**.

Пурпурный и голубой фильтры, перекрываясь, пропускают и отражают только синие лучи – получаем **синий цвет**.

Это - **вычитательный метод смешения цветов**, модель, обратная методу аддитивного смешения цветов. В этой новой модели **основными цветами становятся голубой, пурпурный и жёлтый (Cyan, Magenta, Yellow)**, а красный, зелёный и синий будут рассматриваться как результат попарного смешения основных цветов.

Несмотря на то, что при создании этой модели допускается очень грубое приближение (белый дневной свет условно представляется суммой красных, синих и зелёных лучей, тогда как в спектре присутствуют лучи всех длин волн), эта модель оказывается достаточной для описания реальных физических явлений.

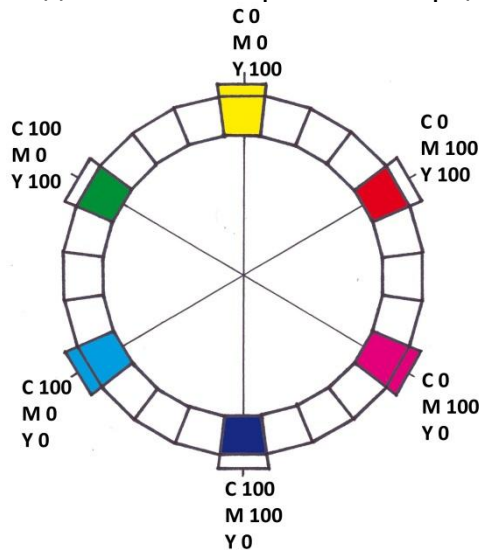
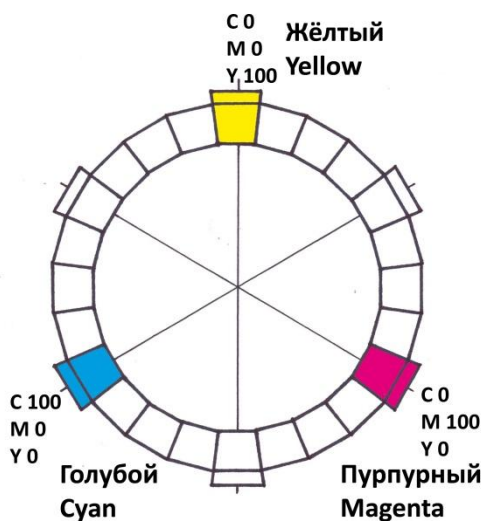
Цвет в полиграфии. Модель СМУК.

В рамках вычитательного метода смешения цветов голубой (Cyan) получается в результате вычитания красного цвета из белого, пурпурный (Magenta) – вычитанием зелёного цвета из белого, жёлтый (Yellow) – вычитанием синего цвета из белого.

Голубой, пурпурный и жёлтый цвета (Cyan, Magenta, Yellow) составляют так называемую полиграфическую триаду. В современной полиграфии цветная печать осуществляется при помощи красок этих трёх цветов. Поскольку названия цветов – вещь очень расплывчатая, эти три цвета будем считать цветами картриджей цветного принтера. На бытовом уровне эти цвета назвались бы ярко-голубой, ярко-розовый и лимонно-жёлтый. Называть цвет Magenta пурпурным не совсем правильно, но для описания цветов в языке недостаточно слов.

Цветное изображение на белом листе бумаги, которое получается при печати тремя красками полиграфической триады, состоит из трёх слоев – голубой слой, жёлтый слой и пурпурный слой. На белом листе как-бы лежат три световых фильтра. Насыщенность каждого цвета регулируется. Меньше краски – меньше насыщенность цвета, он стремится к белому. В идеале при совмещении трёх основных цветов в максимальной насыщенности их смесь должна выглядеть чёрной, то есть поглощать все световые лучи и ничего не отражать. В реальности этого не происходит, наложение всех трёх красок даст грязно-коричневый цвет. Чтобы получить чёрный цвет придётся воспользоваться чёрной (Black) краской, обеспечивающей максимальное поглощение всех световых лучей.

Каждый цвет в полиграфии определяется по системе СМУК (Cyan, Magenta, Yellow + Black) (голубой, пурпурный, жёлтый + чёрный). Количество краски для печати каждой точки изображения определяется цифрой от 0 до 100.



Цвет	С	М	У	К
Красный	0	100	100	0
Жёлтый	0	0	100	0
Чёрный	0	0	0	100

Будем строить цветовой круг, привязываясь теперь к системе задания цвета СМУК – возьмём сначала три опорные точки, к ним добавим ещё три - цвета, получающиеся смешением основных.

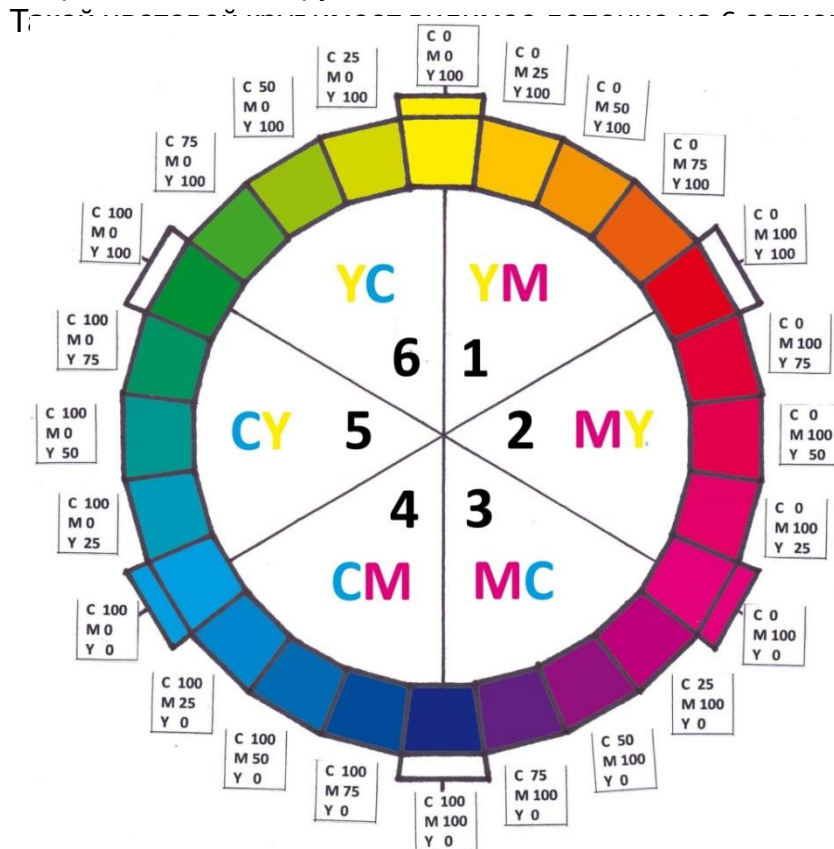
Цвет	С	М	У	К
Жёлтый	0	0	100	0
Красный	0	100	100	0
Пурпурный	0	100	0	0
Синий	100	100	0	0
Голубой	100	0	0	0
Зелёный	100	0	100	0

Цветовой круг, построенный в рамках системы определения цвета СМУК.

В модели RGB при уменьшении числовых значений компонентов цвет стремился к чёрному за счёт угасания световых лучей. В модели СМУК при уменьшении числовых значений компонентов цвет стремится к белому – в предельном случае имеем отсутствие краски, белый лист. Стремление к чёрному в модели СМУК достигается добавлением чёрной краски, ростом численного значения чёрного компонента. В цветовом круге, который мы строим, все цвета будут в максимальной насыщенности (цветовой тон выражен максимально), поэтому чёрная краска не используется, для задания цвета достаточно будет трёх цифр.

Вспользуемся программой Photoshop для построения цветового круга в рамках системы определения цвета СМУК. В этой программе цвет может задаваться и в системе RGB, и в системе СМУК.

Будем считать, что в точках, промежуточных между заданными опорными точками, параметры изменяются линейно, и построим цветовой круг полностью.



Можно увидеть следующие моменты симметрии:
1-2 сегменты. Объединяющий момент – отсутствие голубого.

Симметрия относительно оси красный-голубой.

От жёлтого цвета к красному – постепенное нарастание присутствия пурпурного цвета в составе краски.

От пурпурного к красному – постепенное нарастание присутствия жёлтого цвета в составе краски.

3-4 сегменты. Объединяющий момент – отсутствие жёлтого.

Симметрия относительно оси синий-жёлтый.

5-6 сегменты. Объединяющий момент – отсутствие пурпурного.

Симметрия относительно оси зелёный-пурпурный.

6-1 сегменты. Объединяющий цвет – жёлтый.

Симметрия относительно оси жёлтый-синий.

В сторону зелёного цвета – постепенное нарастание присутствия голубого цвета в составе краски.

В сторону красного цвета – постепенное нарастание присутствия пурпурного цвета в составе краски.

2-3 сегменты. Объединяющий цвет – пурпурный.

Симметрия относительно оси пурпурный-зелёный.

4-5 сегменты. Объединяющий цвет – голубой

Схема «Цветовой круг», выполненная реальными красками, основываясь на вычитательном методе смешения цветов.

Схема «Цветовой круг», построенная в рамках системы определения цвета СМУК, даёт подсказку, как выстроить схему «Цветовой круг», пользуясь реальными красками, цвета которых визуально похожи на цвета картриджей, заправляемых в цветной принтер – жёлтый, голубой и пурпурный. На фотографии – цветовой круг, нарисованный в технике «батик» на шёлке. Текстильные краски жидкие, они хорошо смешиваются. Есть промышленные краски подходящих цветов, которые можно взять как основные.

1-2 сегменты. Объединяющий момент – отсутствие в составе голубого цвета.

Симметрия относительно оси красный-голубой: от жёлтого к красному – нарастание компоненты М, от пурпурного к красному – нарастание компоненты Y.

Желая выстроить эти сегменты круга реальными красками, поступаем так: постепенно к жёлтой краске добавляем пурпурную, пока не придём к красному цвету. Идя со стороны пурпурного цвета, постепенно добавляем жёлтую краску к пурпурной, и, пройдя оттенки красного цвета, который называют «красный холодный», придём к тому же алому цвету.

В теории – жёлтая краска полностью поглощает синие лучи, пурпурная – зелёные. Когда к жёлтой подмешиваем пурпурную краску, смесь красок приобретает способность поглощать зелёные лучи. Когда смесь красок станет красного цвета – она имеет способность поглощать синие и зелёные лучи, и отражает только красные.

Симметричная ситуация, когда идём со стороны пурпурного цвета, который поглощает зелёные. Когда к пурпурной краске подмешиваем жёлтую, смесь красок приобретает способность поглощать синие лучи. Постепенно увеличивая присутствие жёлтой краски, придём к тому же красному цвету – отражаться будут только красные, а синие и зелёные лучи краска красного цвета поглощает.

Аналогично выстраиваются другие сегменты круга.

3-4 сегменты. Объединяющий момент – отсутствие в составе жёлтого цвета.

Симметрия относительно оси синий-жёлтый: от пурпурного к синему – нарастание компоненты С, от голубого к синему – нарастание компоненты М.

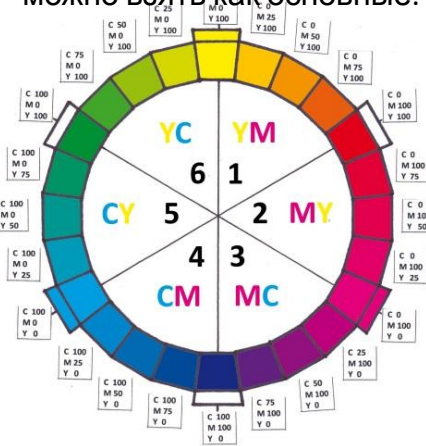
Идя со стороны пурпурного цвета, постепенно добавляем голубую краску, пока не получим синий цвет. Идя со стороны голубого цвета, постепенно добавляем пурпурную краску, пока не придём к тому же синему.

5-6 сегменты. Объединяющий момент – отсутствие в составе пурпурного цвета.

Симметрия относительно оси зелёный- пурпурный: от голубого к зелёному – нарастание компоненты Y, от жёлтого к зелёному – нарастание компоненты С.

Идя со стороны голубого цвета, постепенно добавляем жёлтую краску, пока не получим зелёный цвет. Идя со стороны жёлтого цвета, постепенно добавляем голубую краску, пока не придём к тому же зелёному.

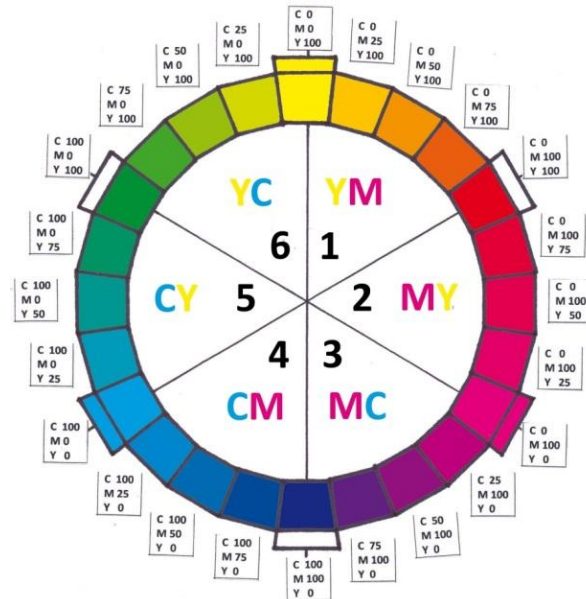
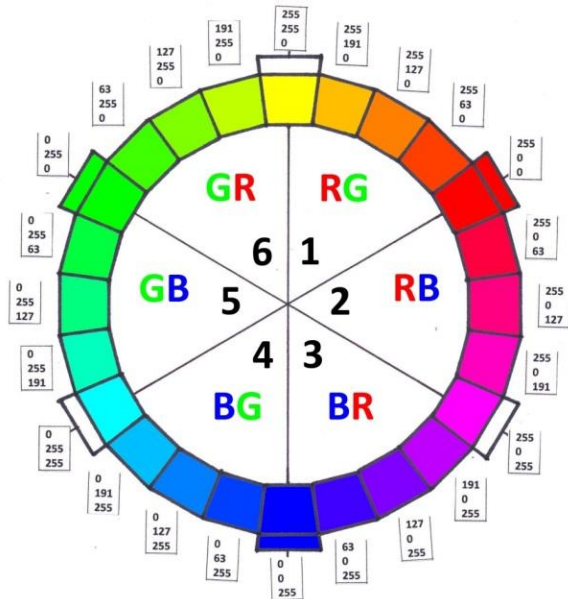
Тот факт, что удаётся с помощью реальных красок трёх основных цветов: жёлтой, пурпурной и голубой, выстроить полный цветовой круг, в котором присутствуют все остальные цвета, говорит о том, что вычитательный метод смешения цветов годится, по крайней мере, в некоторых пределах, для описания физических явлений, происходящих в реальности. Если взять три краски, визуально похожие на Yellow, Cyan, Magenta, можно в любой художественной технике получить все остальные цвета цветового круга.



Сравнение цветового круга, построенного в рамках системы определения цвета RGB и цветового круга, построенного в рамках системы определения цвета CMYK.

Вычитательный метод смешения цветов - модель, обратная методу слагательного смешения цветов. В цветовом круге, построенном в рамках системы определения цвета RGB главные цвета – красный, зелёный и синий, а жёлтый, пурпурный и голубой – результат оптического смешения основных цветов. В цветовом круге, построенном в рамках определения цвета CMYK главные цвета жёлтый (краска, поглощающая синие лучи), пурпурный (краска, поглощающая зелёные лучи) и голубой (краска, поглощающая красные лучи). Красный цвет – результат вычитательного смешения жёлтого и пурпурного цветов (поглощаются и синие, и зелёные лучи). Синий цвет – результат вычитательного смешения пурпурного и голубого цвета (поглощаются и зелёные, и красные лучи). Зелёный цвет – результат вычитательного смешения голубого и жёлтого цветов (поглощаются и красные, и синие лучи).

Ожидаемый результат, что цветовые круги, выстроенные с помощью программы Photoshop, когда в одном случае цвета задаются в RGB, а в другом случае цвета задаются в CMYK, будут абсолютно идентичны. Может вызвать удивление, что при печати на бумаге они окажутся не похожи. Интересно, что фотография нарисованного красками цветового круга, визуалью больше похожа на картинку, в которой параметры цвета задавались в системе RGB.



Легко заметить, что, в рамках той же программы Photoshop голубой цвет, заданный параметрами (C100,M0,Y0) в системе RGB будет отображён как (R0, G158, B224), а не как (R0, G255, B255). То же и с другими цветами – то есть, формально соблюдённой симметрии схем не будет. Картины будут похожи, но не идентичны. Формулы перевода параметров цвета из одной системы в другую задаются с какой-то целью и привязаны к возможностям конкретных технических устройств. Эти формулы могут задаваться по-разному. Как как заложено в программу, так и будет.

Главное то, что и при построении цветового круга в RGB, и при построении в CMYK, в основу положен физический принцип – принцип выделенности для зрения человека трёх цветов (красного, зелёного, синего), который связан с особенностями глаза как органа зрения.

Традиционный цветовой круг (круг Гёте).

Опорные точки построения : жёлтый, красный и синий цвета.

Цветовые круги, построенные на компьютере в рамках системы определения цвета RGB и в рамках системы определения цвета CMYK привязаны к законам физики, а также к известным на сегодняшний день законам физиологии (часть медицины), по которым происходит восприятие глазом внешнего раздражителя в виде света (электромагнитных волн светового диапазона). В первом случае мы находимся в рамках применения метода слагательного смешения цветов, во втором – в рамках применения метода вычитательного смешения цветов.

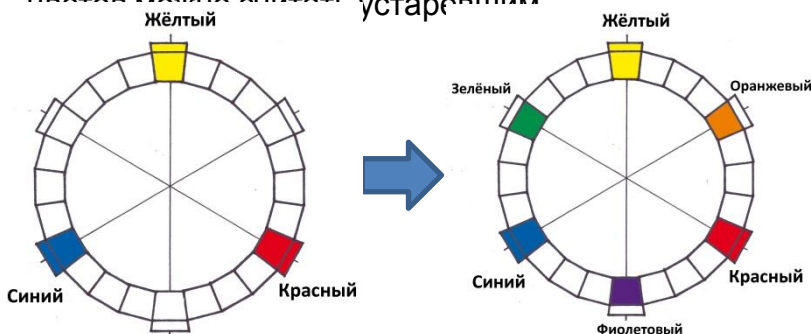
Однако, компьютерные технологии появились недавно, а цветовым кругом как схемой систематизации цветов художники пользуются с очень давних времён. При построении цветового круга ранее не думали о физике восприятия цвета, в основу построения схемы закладывались другие принципы, которые основывались на практике смешивания реальных красок. Между понятиями «смешение цветов» и «смешивание красок таких цветов» ставился знак равенства. Сегодня можно сказать, что при таком подходе мы остаёмся в рамках вычитательного метода смешения цветов

Впервые цветовой круг как способ систематизации цветов был предложен Гёте. Гёте Иоганн Вольфганг (1749-1832), немецкий писатель, автор «Фауста», мыслитель и естествоиспытатель, среди многих своих трудов создал также «Учение о цвете»(1810 год). Обратим внимание на то, что Гёте проводил своё исследование цвета более чем через 100 лет после первого опыта Ньютона, демонстрирующего дисперсию световых лучей. («Оптика» Ньютона – 1704 год.) Ньютон назвал основными цветами те семь цветов, которые ясно видятся в спектре дневного света – красный, оранжевый, жёлтый, зелёный, голубой, синий, фиолетовый. Гёте считал, что основными цветами являются красный, жёлтый и синий на том основании, что краски этих цветов не могут быть получены смешиванием красок других цветов, тогда как краски остальных цветов могут быть получены смешиванием жёлтой, красной и синей красок. Цвета жёлтый, красный и синий являются основными в цветовом круге, предложенном Гёте. Они лежат на вершинах равностороннего треугольника (основная триада). Смешением этих цветов можно получить вторичную триаду – оранжевый, фиолетовый, зелёный. Цветовой круг, построенный таким образом, почти два века был общепринятым, традиционным способом систематизации цветов. До сих пор во многих учебниках цветовой круг представлен в таком виде, хотя такой подход к систематизации цветов можно считать устаревшим.

Само утверждение, что красный и синий цвета нельзя получить, смешивая краски других цветов, сегодня неверно. Во времена Гёте не было таких красок, какие есть сейчас.

Имея современные нам краски на синтетических пигментах, мы можем смешать краску, близкую по цвету к Magenta (ярко-розовую) с лимонной жёлтой краской и получить красный алый цвет. Это противоречит утверждению, что красный цвет нельзя получить смешиванием других цветов.

Можно смешать краску, близкую по цвету к Cyan (ярко-голубую) с краской, близкой по цвету к Magenta и получить синий цвет. Это противоречит утверждению, что синий цвет нельзя получить смешиванием других цветов.

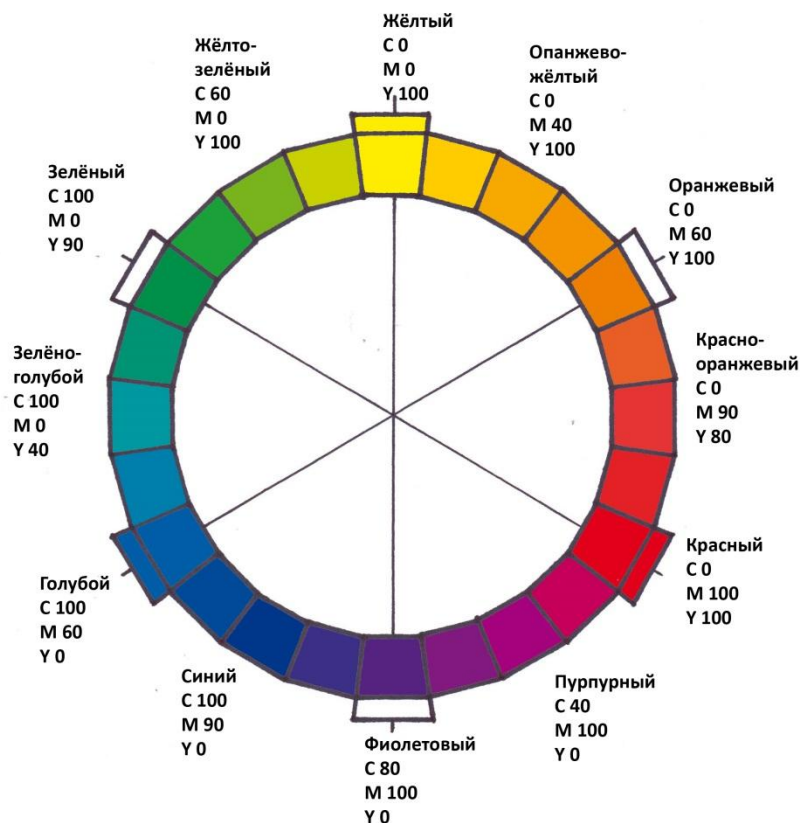


Сравнение цветового круга, построенного в рамках системы определения цвета СМУК и традиционного цветового круга, построенного с опорными точками: жёлтый, красный, синий.

Старая схема цветового круга, построенного на жёлтом, красном и синем цветах, имеет много недостатков.

На самом деле, нарисовать такой цветовой круг, пользуясь реальными красками, нельзя. Смешивая красную краску с синей, будем получать коричневые оттенки, фиолетового цвета не получим. Чтобы появился цвет, похожий на фиолетовый, красная краска должна быть не алой, как это предполагается, а иметь цвет типа «красный холодный», цвет, смещённый в сторону Magenta. Синий тоже должен быть смещён в сторону голубого (Cyan). Важные для человеческого зрения цвета Cyan и Magenta оказываются просто выброшенными из схемы. Они нигде в старой схеме не явятся, потому что это действительно такие цвета, которые нельзя получить, смешивая другие краски.

На противоположных концах диаметров в старой схеме оказываются цвета, которые не могут считаться дополнительными в физическом смысле (дополнительными считаются цвета световых лучей, которые при оптическом смешении создадут впечатление белого цвета).



Тем не менее, классическим цветовым кругом продолжают пользоваться.

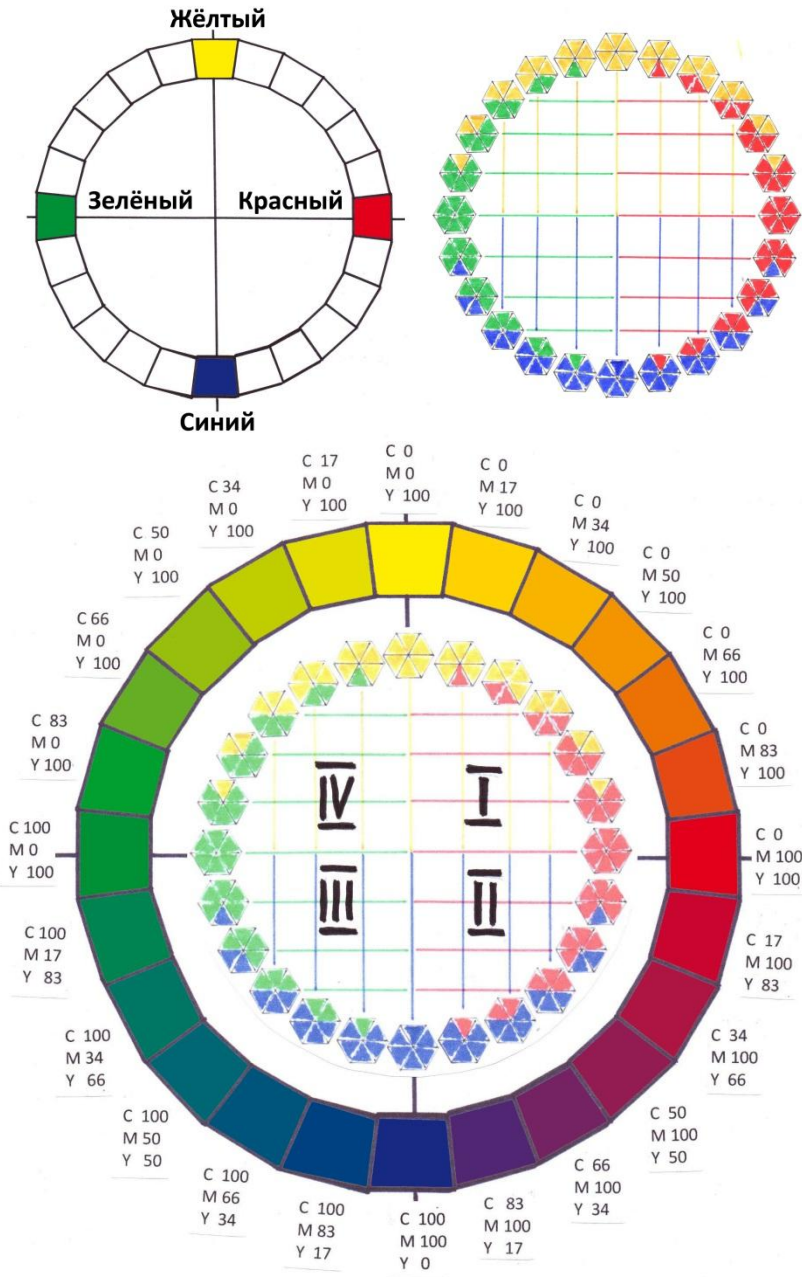
Интересно, что даже в полиграфии, хотя это кажется совсем нелогичным, цветовой круг, по которому предлагают ориентироваться для поиска гармоничных сочетаний, «подгоняют» под классический цветовой круг Гёте.

В книге «Гармония цвета. Природные натуральные цвета.» (Минск, «Харвест», 2006 г.) предлагается цветовой круг, который показан на рисунке. Очевидно, что такая схема является результатом «подгонки» под классический цветовой круг. Из неё выпадают образующие цвета, чистые Magenta и Cyan. Сделано, правда, одно движение в сторону приближения к действительности – основными цветами круга названы не синий, красный и жёлтый, а голубой, красный и жёлтый.

Таким образом, пользуясь старой схемой, мы отдаём дань традиции, но при этом отдаляемся от научного, физического подхода.

Кроме того, как видно из рисунка, оказывается полностью потеряна красивая симметрия в численных значениях параметров, задающих каждый цвет, а это означает, что никаких математических закономерностей, сопутствующих появлению гармоничных цветовых сочетаний, пользуясь таким цветовым кругом, мы не увидим.

Цветовой круг Шугаева.



Существует другой подход к построению схемы «Цветовой круг».

Художник и педагог В. М. Шугаев в книге «Орнамент на ткани» (М.,1967) разработал теорию гармоничных сочетаний цветов. Шугаевым была предложена другая схема цветового круга, отличающаяся от традиционной, классической. Про эту схему можно было бы сказать, что она имеет очень красивое и логичное построение, если бы не полная оторванность от научного знания о природе цвета. Опора идёт не на физику, а на практику смешивания реальных красок. Между понятиями «смешение цветов» и «смешивание красок таких цветов» стоит знак равенства (при таком подходе мы находимся в рамках вычитательного метода смешения цветов).

В цветовом круге Шугаева **четыре выделенных, главных цвета – жёлтый, красный, синий и зелёный**. Цвета эти выбраны основными, поскольку визуально ни один из них не содержит примеси другого основного цвета. На противоположных концах диаметра, идущего по вертикали рисунка – пара цветов жёлтый (вверху) и синий (внизу). На противоположных концах диаметра, идущего по горизонтали рисунка – пара цветов зелёный (слева) и красный (справа).

Схема подсказывает, как изобразить такой круг реальными художественными красками. Выберем четыре краски, которые можно назвать жёлтой, красной, синей и зелёной и будем смешивать их согласно схеме. При этом встретится та же проблема, что и при попытке нарисовать красками классический цветовой круг Гёте. Для основного красного цвета было бы естественно выбрать красный алый, но при смешивании его с синим фиолетового не получается – цвет уходит в коричневый. Чтобы как-то справиться с проблемой, надо брать цвет «красный холодный», сдвинутый в сторону Magenta.

Ярко выраженные цвета голубой и пурпурный (Cyan и Magenta), при таком подходе окажутся выброшены из рассмотрения, поскольку их нельзя получить, смешивая краски других цветов.

Цвета, находящиеся на противоположных концах диаметров в таком цветовом круге, можно назвать контрастными, но не во всех случаях они будут дополнительными в физическом смысле.

При попытке задать параметры цветов такого круга в системе CMYK вскрыется ещё одно противоречие – жёлтая краска будет участвовать в формировании всех цветов нижней половины круга, кроме синего, чего не должно быть по замыслу Шугаева.

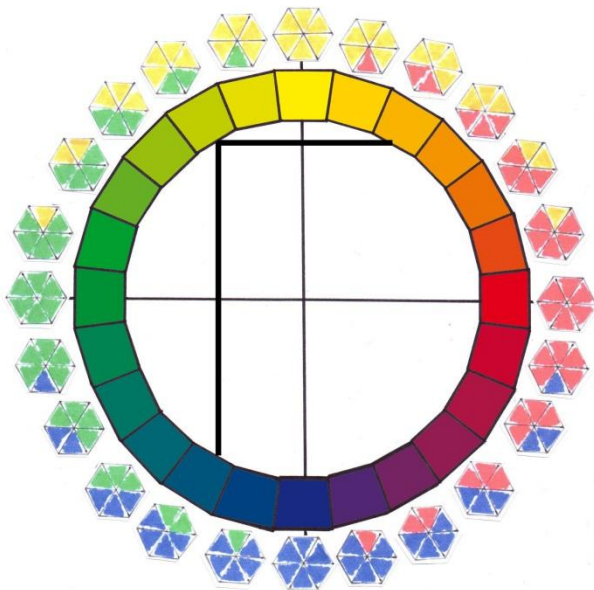
Чем удобен цветовой круг Шугаева для поиска гармоничных цветовых сочетаний.

Цветовой круг Шугаева удобен тем, что он, будучи построен на четырёх опорных точках, обладает осевой симметрией. В основу его построения заложена **симметрия относительно оси жёлтый-синий** (вертикальная ось симметрии) и **симметрия относительно оси зелёный-красный** (горизонтальная ось симметрии).

Цвета верхней половины круга (по замыслу, содержащие жёлтый), относятся к тёплым цветам
цвета нижней половины круга (по замыслу, не содержащие жёлтый), относятся к холодным цветам.

Две оси симметрии делят круг на четыре области. Таким образом, выделяются четыре цветовые группы, каждая из которых находится в своей четверти круга. Эти группы принципиально различны по эмоциональному восприятию:

- 1) жёлто-красные (ассоциируются с солнцем, огнём),
- 2) сине-красные (ассоциируются с драгоценными камнями),
- 3) сине-зелёные (ассоциируются с водой),
- 4) жёлто-зелёные (ассоциируются с растениями).



На противоположных концах любой хорды по горизонтали оказываются цвета, контрастность которых обусловлена противопоставлением красного и зелёного. Говорят при этом, что по жёлто-синей контрастности эти цвета нейтральны, поскольку в верхней половине круга в цветах, расположенных на концах горизонтальных хорд, жёлтый цвет присутствует в равной мере. В нижней половине круга на концах горизонтальных хорд в равной мере присутствует синий цвет.

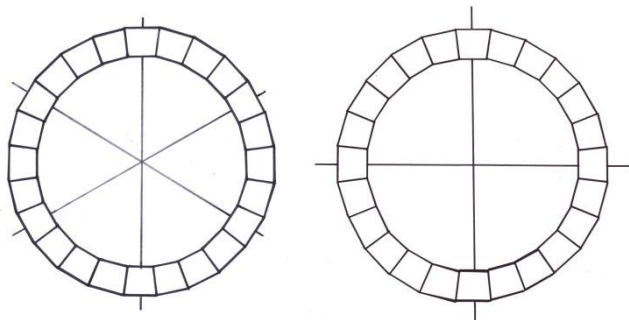
На противоположных концах любой хорды по вертикали оказываются цвета, контрастность которых обусловлена противопоставлением синего и жёлтого. По красно-зелёной контрастности такие цвета нейтральны.

Схема обладает также центральной симметрией: **на противоположных концах любого диаметра находятся цвета, контрастность которых обусловлена противопоставлением обеих пар цветов.**

Там, где есть симметрия, можно искать и принципы нахождения гармоничных цветовых сочетаний, поскольку гармония и есть, в сущности, равновесие.

Способ поиска цветовых гармоний с опорой на цветовой круг Шугаева считается достаточно действенным, обычно именно этот способ излагается в учебниках для художников-текстильщиков (например: Козлов В.Н. «Основы художественного оформления текстильных изделий» (учебник для вузов). Москва. Дёдел и сыновья, 1981 г.)

Какое построение цветового круга считать наилучшим с точки зрения поиска цветовых гармоний?



В заключение обзора различных способов построения цветового круга, ещё раз скажем, что цветовой круг – это только схема, некое искусственное построение. Она должна помогать систематизировать цвета, находить какие-то группы цветов, объединённые общими признаками. Схема должна быть как можно более логичной, удобной, она не должна противоречить практике, должна хорошо увязываться с научной теорией о формировании ощущения цвета.

Способы построения цветового круга можно разделить на две группы: с тремя опорными точками построения и с четырьмя опорными точками построения.

Круги с тремя опорными точками построения имеют удобное деление на три или на шесть секторов, цвета в которых объединяются какими-то признаками. Разбиение круга на области определяет способы поиска гармоничных цветовых сочетаний при помощи этой схемы.

1) Цветовой круг, построенный в рамках системы определения цвета RGB.

Опорные точки – красный, зелёный, синий цвета (Red, Green, Blue).

Эта схема наилучшим образом согласуется с современными представлениями о восприятии цвета. Каждому цвету приписываются численные характеристики, что делает возможным поиск математических закономерностей при выборе гармоничных цветовых сочетаний. Схема обладает красивой внутренней симметрией.

Недостаток – аппаратно-привязанная схема, то есть схема, привязанная к конкретному техническому устройству (к монитору).

2) Цветовой круг, построенный в рамках системы определения CMYK.

Опорные точки – голубой, пурпурный, жёлтый (Cyan, Magenta, Yellow).

Этот цветовой круг можно назвать также кругом, построенным на цветах полиграфической триады.

Схема хорошо согласуется с современными научными представлениями. Каждому цвету приписываются численные характеристики. Схема обладает красивой внутренней симметрией. Особое достоинство схемы – она с лёгкостью может быть воспроизведена при помощи реальных красок трёх цветов: жёлтой, пурпурной и голубой.

Недостаток – аппаратно привязанная схема (привязана к устройствам, осуществляющим цветную печать).

3) Классический цветовой круг (круг Гёте). Опорные точки – цвета жёлтый, красный, синий.

Эта схема не соответствует современным представлениям о природе цвета. Она не обладает никакими видами симметрии. Эту схему сегодня следовало бы считать устаревшей и неудобной, однако, она по-прежнему продолжает использоваться.

Цветовой круг с четырьмя опорными точками построения - **цветовой круг Шугаева**.

Сам способ построения привязан не к физическим представлениям о цвете, а, скорее, к практике смешивания реальных красок. Однако, цветовой круг Шугаева удобно делится на четыре части, имеет две оси симметрии и обладает центральной симметрией, что даёт возможность сформулировать простые правила для поиска гармоничных цветовых сочетаний, основываясь на принципах симметрии.