

Глава 2. Цветовые модели

Систематизация оттенков цвета

Потребность в систематизации и классификации цветов возникла давно. Многообразие наблюдаемых в природе цветов художники и ученые издавна стремились привести в какую-либо систему — расположить все цвета в определенном порядке, выделить среди них основные и производные.

Самой простой систематикой было расположение цветов в том порядке, в каком они находятся в радуге. Такая попытка и была сделана И. Ньютоном после того, как он получил видимый цветной спектр путем разложения белого света. Эти цвета Ньютон разделял на однородные, первичные, простые, которые вызываются лучами одинаковой преломляемости, и неоднородные или производные, ощущение которых вызывается лучами различной преломляемости.

Радуга послужила также основой для систематики цветов в виде круга и треугольника (рис. III-3). Идея графического выражения системы цветов в виде замкнутой фигуры была подсказана тем, что концы спектра имеют тенденции замкнуться — синий край через фиолетовый переходит в пурпурный, а красный также приближается к пурпурному. В принципе расположение цветов в треугольнике ничем не отличается от расположения их по кругу.

В вершинах треугольника располагаются так называемые основные, или «*первичные*», чистые цвета: красный, синий, желтый. Смешивая их попарно, можно получить «*вторичные*», или смешанные, цвета: оранжевый, зеленый, фиолетовый. Смешение можно продолжать и далее и получить в конечном итоге цветовой круг. Если в треугольнике провести биссектрису, а в круге диаметр, то на их противоположных концах будут лежать дополнительные цвета.

Цветовой круг и треугольник обладают и еще одним свойством: оптическое смешение трех основных цветов дает в итоге белый (*аддитивный синтез цвета*), а при смешении соответствующих красок — черный или темно-серый цвет (*субтрактивный синтез цвета*). Расположение цветов в виде круга очень удобно и наглядно. Оно широко применяется для объяснения многих закономерностей теории цвета.

Цветовой круг и треугольник, однако, систематизировали лишь чистые, то есть спектральные, цвета. Поскольку каждый спектральный

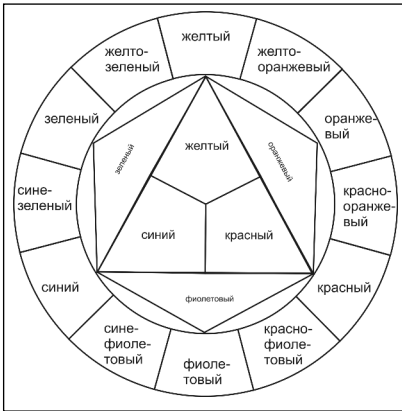


Рис. III-3. Расположение цветов в графических фигурах: круге, треугольниках

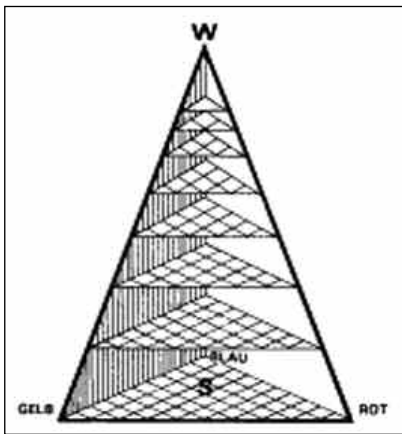


Рис. III-4. Систематизация цветов по И.Г. Ламберту

цвет может изменяться также по светлоте и насыщенности, то это потребовало создания такой модели, которая давала бы возможность оценки изменения цветов и по этим параметрам. В 1772 г. немецким ученым *Иоганном Генрихом Ламбертом* была предложена систематизация цветов в виде двойной пирамиды, приблизительно отражающий изменения цвета не только по цветовому тону, но также и по светлоте и насыщенности (рис. III-4).

Художник *Филипп Отто Рунге* (1777–1810) предложил свою систематизацию, выполненную в виде шара (рис. III-5).

По экватору располагались чистые спектральные цвета, осветлявшиеся к северному полюсу и, соответственно, затемнявшиеся к южному. Насыщенность цветов, максимальная на экваторе, с приближением к центру круга исчезала. Цветовой шар Рунге сыграли огромную роль в изучении, описании и систематизации оттенков цвета.

Модель RGB

В 1860 г. *Джеймс Клерк Максвелл* ввел аддитивную систему RGB (красный, зелёный, синий). Модель RGB обозначена по первым буквам английских слов Red (Красный), Green (Зеленый), Blue (Синий) (рис. III-6).

Эта система в настоящее время доминирует в цветовоспроизведении. При смешении двух основных цветов, а также при смешении двух основных с добавлением третьего основного цвета результат ос-

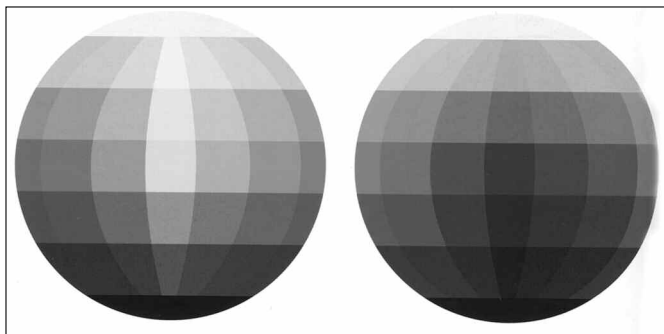


Рис. III-5. Цветовой шар Ф.О. Рунге

ветляется: из смешения красного и зеленого получается желтый, из смешения зеленого и синего – голубой, синий и красный дают пурпурный. Если смешиваются одинаковые по количеству излучения всех трех цветов, то в результате получается белый свет. Такие цвета называются *аддитивными* (суммарными), а синтез цвета аддитивным. Эта модель применима для описания цвета, синтезированного в проходящем или прямом (излучаемом) свете. Визуальное восприятие цвета тоже основано на модели RGB.

Эту модель можно представить в виде трехмерной системы координат. Каждая координата отражает вклад составляющей в результирующий цвет в диапазоне от нуля до максимального значения. В результате получается куб, внутри которого и находятся все цвета, образуя цветовое пространство RGB (рис. III-7).

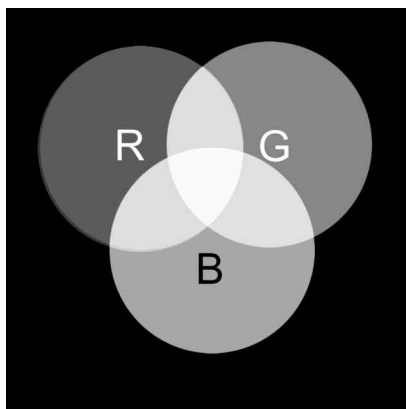


Рис. III-6. Модель RGB

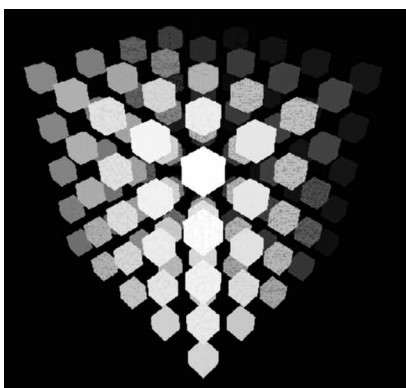


Рис. III-7. Трехмерное представление модели RGB

Именно в этой модели кодирует изображение сканер и отображает рисунок экран монитора. На базе этой модели работают телевидение и фотоаппаратура.

Модель СМУК

В 1951 г. Энди Мюллер предложил систему СМУК (голубой, пурпурный, жёлтый, чёрный), которая имела преимущества в полиграфии и потому быстро прижилась (рис. III-8).

Все оттенки цвета видимого спектра можно получить при смешении не излучений, а веществ – красок, лаков, растворов. Для создания цветного изображения на оттиск наносят краски различного цвета.

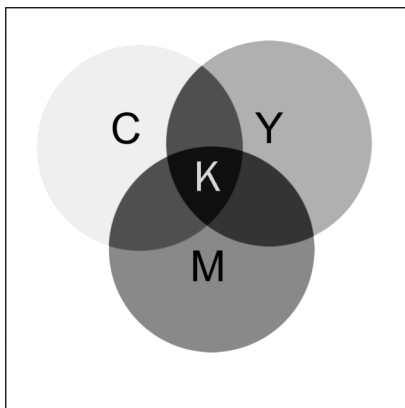


Рис. III-8. Модель СМУК



Рис. III-9. Модель СМУК в трехмерном пространстве

Белый свет, падающий на оттиск, проходит сквозь красочный слой, отражается от поверхности бумаги и снова проходит сквозь красочный слой с уже определенным цветом. Этот цвет называют *отражаемым*.

Отраженные цвета возникают не путем излучения, а вычитанием из белого света определенных цветов. Отраженные цвета называются *субтрактивными* («вычитательными»), поскольку они остаются после вычитания основных аддитивных, а синтез цвета – *субтрактивным*. Основных субтрактивных цветов три: голубой, пурпурный и желтый. Эти цвета составляют полиграфическую триаду печатных красок. При печати с использованием красок этих цветов они поглощают красную, зеленую и синюю зоны спектра и, таким образом, большая часть видимого цветового спектра может быть воспроизведена на бумаге.

При смешениях двух субтрактивных цветов (красок) результирующий цвет затемняется, а при смешении всех трех должен получиться черный цвет. При нулевых значениях составляющих получится белый цвет (цвет белой бумаги), максимальные их значения должны давать черный цвет, их равные значения – оттенки серого, кроме того, имеются чистые субтрактивные цвета и их сочетания.

Это означает, что модель, в которой они описываются, похожа на модель RGB. Геометрический образ модели CMYK – это тот же «куб», в котором переместились начала координат (рис. III-9).

Проблема CMYK заключается в том, что реальные полиграфические печатные краски далеко не так идеальны, как цветные излучения. Они имеют примеси, растворители, связующие, и поэтому не могут полностью перекрыть весь видимый цветовой диапазон спектра белого света, а это приводит, в частности, к тому, что смешение трех основных красок, которое должно давать черный цвет, дает какой-то неопределенный темный цвет, точнее темно-коричневый, а не истинно черный цвет. Для компенсации этого недостатка в число основных полиграфических красок была введена черная краска. Именно она добавила последнюю букву в название модели CMYK, хотя и не совсем обычно: С – Cyan; М – Magenta; Y – Yellow и К – Key color (по одной версии) или black (по другой).

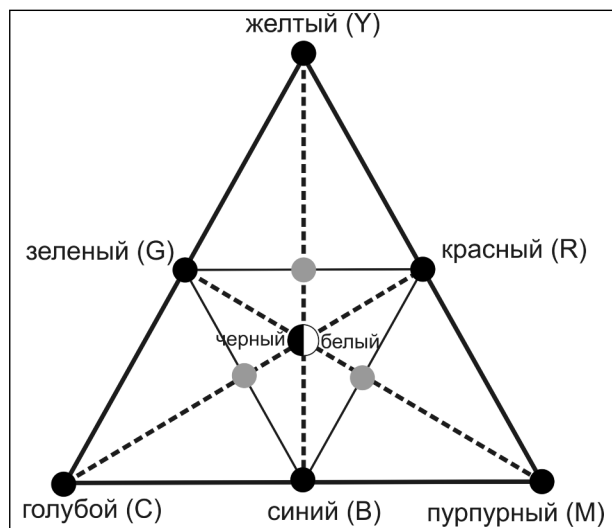


Рис. III-10. Взаимосвязь цветов в моделях RGB и CMYK

Основные цвета моделей RGB и CMYK находятся в такой зависимости: каждый цвет расположен напротив дополняющего его цвета; при этом он находится между цветами, с помощью которых он получен (рис. III-10).

Например, сложение зеленого и красного цветов в RGB дает желтый цвет. Чтобы усилить какой-либо цвет, нужно ослабить противоположный, дополняющий его. Например, чтобы изменить общее цветовое решение в сторону голубых тонов, в RGB следует снизить в нем содержание зеленого цвета, а в CMYK – красной краски.

Наряду с перечисленными моделями RGB, CMYK на практике часто используются другие математических модели описания цвета: CIE Lab, HSB (HSL, HSV).

Модель CIE Lab

В 1931 г. цветовая модель Lab была принята Международной комиссией по освещению (CIE) в качестве международного стандарта измерения цветов. В частности, она была призвана стать аппаратно-независимой моделью и определять цвета без учета индивидуальных особенностей (профиля) устройства (монитора, сканера, принтера, печатной машины и пр.).

В этой модели любой цвет определяется светлотой (Luminance) и двумя хроматическими компонентами: параметром a , который изменяется в диапазоне от зеленого до красного, и параметром b , изменяющимся в диапазоне от синего до желтого. Геометрический образ модели CIE Lab – шар. Цветовая палитра этой модели перекрывает цветовые палитры RGB- и CMYK-моделей.

Поэтому в ряде современных графических программ эта модель используется в качестве внутренней модели для реализации взаимного конвертирования RGB и CMYK. Сегодня она является принятым по умолчанию стандартом для программы Adobe PhotoShop.

Модель HSB (HSL, HSI, HSV)

Модель HSB также оперирует понятием цветового шара (рис. III-11). Но в отличие от предыдущих моделей в ее основе лежит представление цвета не как смеси базовых цветов, а как результата взаимодействия трех функций – тона, насыщенности и яркости. По краю этого цветового круга располагаются так называемые спектральные цвета или цветовые *тона* (Hue).

Насыщенность (Saturation) – это параметр цвета, определяющий его чистоту. Если по краю цветового круга располагаются максимально насыщенные цвета (100%), то с приближением к центру их насыщенность уменьшается до минимума (0%). Цвет с уменьшением насыщенности становится пастельным, блеклым, размытым.

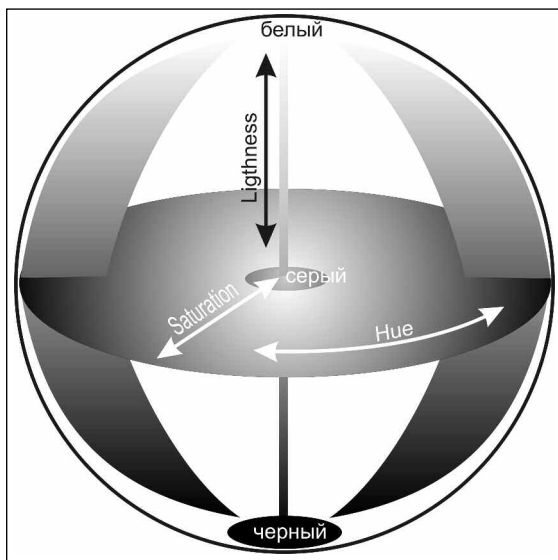


Рис. III-11. Графическое представление модели HSB

Яркость (Lightness, Brightness, Intensity, Luminance) – это объективный (измеряемый) параметр излучаемого цвета, определяющий освещенность или затемненность цвета. Все цвета рассмотренного выше цветового круга имеют максимальную яркость (100%) и ярче уже быть не могут. Как и в случае с насыщенностью, остается только уменьшать яркость до минимума (0%), чтобы получить черный цвет. Уменьшение яркости цвета означает зачернение этого цвета. Чтобы отобразить это на модели, координату цвета необходимо направить вниз шара.

Эта модель уже гораздо ближе к традиционному пониманию работы с цветом. Можно определять сначала цветовой тон, а затем насыщенность и яркость (светлоту). Такая модель получила название по первым буквам приведенных выше английских слов – HSB (HSI, HSL или HSV). Буква V появилась от английского слова Value (значение, величина, поглощение). Все четыре обозначения – это разные обозначения в литературе одной и той же модели цвета.

В отличие от предыдущих модель HSB практически идеально согласуется с восприятием человека: цветовой тон является эквивалентом длины волны света, насыщенность – ее интенсивности, а яркость – количества света.