

**X-Rite**

www.x-rite.com

© X-Rite, Incorporated 1998

ALL RIGHTS RESERVED

X-Rite®, X-RiteColor®, the X-RiteColor logo, Digital Swatchbook®, X-Scan®, and QuickLink® are registered trademarks of X-Rite, Incorporated.

Adobe, Adobe PageMaker, and PostScript are registered trademarks and Adobe Photoshop and Adobe Illustrator are trademarks of Adobe Systems Incorporated.

Encapsulated PostScript (EPS) is a trademark of Altsys Corporation. FreeHand is a trademark of Macromedia, Inc. QuarkXPress is a registered trademark of Quark, Inc. All other brand or product names are trademarks or registered trademarks of their respective holders. Mention of third-party products is for informational purposes only and constitutes neither an endorsement nor a recommendation. X-Rite, Incorporated assumes no responsibility for the performance or use of these third-party products.

Apple and Macintosh are trademarks of Apple Computer, Inc., registered in the United States and other countries. Mac and ColorSync are trademarks of Apple Computer, Inc.

# Справочник руководство по работе с цветом

## Передача, измерение и контроль за цветом

в полиграфии и цифровой  
обработке изображений

Часть 2



# 1. Цвет как средство коммуникации

Продолжение. Начало читайте в предыдущем номере

## Наблюдатель: восприятие волн различной длины в качестве «цвета»

Для существования нашей визуальной палитры цветов необходимо, чтобы присутствовали все три элемента – свет, объект и наблюдатель. Без света не будет электромагнитных волн различной длины; без объектов свет останется просто белым, немодифицированным; а без наблюдателя не будет того сенсор-

восприятия среагирует на эти самые волны определенной длины.

Основой человеческого зрения является сетка из сенсоров света, расположенная внутри нашего глаза. Эти сенсоры реагируют на волны различной длины тем, что посылают мозгу уникальные комбинации электрических сигналов. В головном мозге эти сигналы преобразуются в собственно зрительное восприятие света и цвета. А



ного восприятия, благодаря которому волны различной длины распознаются или регистрируются как тот или иной уникальный «цвет».

В одной известной загадке спрашивается: «Если в лесу упало дерево, а вокруг никого не было и никто этого не слышал, то был ли звук?» На самом деле точно такой же вопрос можно задать и по отношению к цвету: «Если красную розу никто не видит, есть ли у нее цвет?» Ответ на этот вопрос (хотя, возможно, он вас и удивит) – нет. Формально, цвет есть в виде электромагнитных волн различной длины (спектральные данные). Однако цвет, известный нам как красный, – это лишь наше представление о красном цвете, рождающееся в наших умах после того, как наша система визуального

поскольку наша память распознает определенные цвета, мы ассоциируем с ними определенные названия.

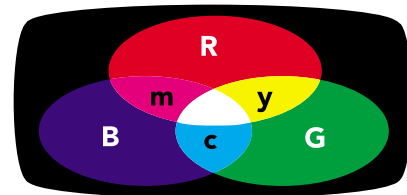
Так что же происходит у нас в мозге? Что происходит с информацией, выраженной различными длинами волн? Она тоже исследуется, строятся кривые увиденного цвета? Не совсем так. Человеческому зрению приходится работать намного быстрее, чтобы справиться с таким потоком ежесекундно поступающей новой информации. В удивительной конструкции этой системы используется гораздо более эффективный метод – метод «пакетной обработки» потока волн различной длины. В нашем мозге видимый спектр разбивается на три доминирующие области – красную, зеленую и синюю, и по этим цветам

затем вычисляется совокупная цветовая информация.

## RGB – основные аддитивные цвета

При смешении в различных комбинациях и с различными уровнями интенсивности основных цветов (которые носят название *аддитивных*) можно очень близко смоделировать весь набор цветов, существующих в природе. Если отраженный свет является смесью чистого красного, зеленого и синего света, человеческий глаз воспринимает белый цвет. Если никакого света нет, воспринимается черный. При сочетании двух чистых аддитивных цветов порождается основной *субтрактивный* цвет. Основные *субтрактивные цвета* – голубой, пурпурный и желтый – это цвета, противоположные красному, зеленому и синему.

Принципы человеческого зрения (когда для определения цвета используются три составляющие величины) были скопированы и применены на практике изобретателями сканеров, мониторов и принтеров. Методы воспроизведения цветов, использованные в этих устройствах, опираются непосред-

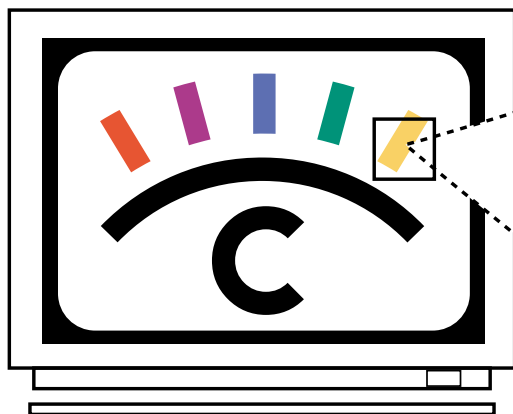


Когда друг на друга накладываются два основных аддитивных цвета, порождается основной субтрактивный цвет. При смешении всех трех аддитивных цветов возникает белый цвет.

ственно на реакцию человеческого зрения на раздражение красным, зеленым и синим светом.

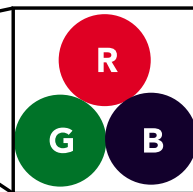
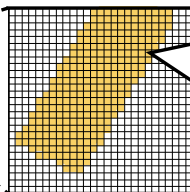
Как и человеческому глазу, этим устройствам приходится мгновенно обрабатывать огромные объемы цветовой информации и выводить ее на экран или на бумагу. По сути дела, эти устройства имитируют реакцию человеческого глаза на аддитивные цвета и создают иллю-





Экран покрыт микроскопическими пикселями (элементами изображения).

Каждый пиксел содержит люминофоры RGB.



R: 255  
G: 143  
B: 5

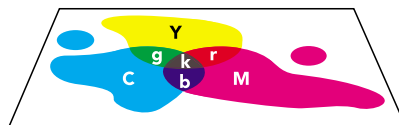
Под воздействием электронов люминофоры заряжаются с различной разностью потенциалов и порождают различные цвета.

зию полноцветности: например, на экране монитора в каждом мельчайшем пикселе смешивается красный, зеленый и синий свет разной интенсивности. Пиксели так малы и так плотно прилегают друг к другу, что глаз «обманывается» и воспринимает RGB-цвета как множество разных цветов, тогда как реально существует всего три.

### СМУ и СМУК — субтрактивные основные цвета

Мониторы и сканеры могут применять аддитивную систему цветов, потому что это *эмиссионные, или излучающие*, устройства — они могут *добавлять* к темноте красный, зеленый и синий свет. Но *принтеры и типографские машины* воспроизводят цвета на бумаге и других материалах, то есть имеют дело с *отраженным* светом. По этой причине в принтерах применяются противоположные *субтрактивные* цвета — голубой, пурпурный и желтый.

В видимом спектре *голубой* цвет прямо противоположен красному, *пурпурный* — зеленому, а *желтый* — синему. Когда на белый отражающий материал наносятся голубой, пурпурный и желтый пигменты, каждый из них полностью поглощает — или *вычитает* — из падающего белого света противоположный цвет; поэтому в печатных процессах



Когда два основных субтрактивных цвета накладываются друг на друга, получается основной аддитивный цвет.

для управления количеством красного, зеленого и синего света, отражающегося *от* белой бумаги, используются голубая, пурпурная и желтая краски.

Эти цвета наносятся на бумагу отдельными слоями в виде сетки

полутоновых точек. Иллюзия различных цветов и тонов создается за счет варьирования размера и баланса точек, а также угла наклона сетки (растра). Варьирование размера точек создает тот же самый эффект, что и варьирование интенсивности свечения красного, зеленого и синего люминофоров на экране монитора.

На диаграмме показано, как основные субтрактивные цвета «убивают» из света свои аддитивные противоположности и создают видимость цвета.

### HSI: три размерности цвета

Итак, мы выяснили, что цвет представляет собой сложную информацию, закодированную в длинах волн, и что для упрощения и воспроизведения этой информации человеческий глаз, мониторы и принтеры преобразуют ее в трехмерные системы основных цветов. Другой способ упрощения описа-

\* Теоретически, когда друг на друга накладываются все три субтрактивных краски, порождается черный цвет. В реальной же практике голубая, пурпурная и желтая краски обычно дают грязно-серый цвет. Поэтому в печати используется еще и четвертый краситель — черный, который дает чистый, сочный, однородный черный цвет. Его применяют для печати текста и оформления других важных деталей, а также для корректировки общего тонального диапазона изображений.

	Краситель	Поглощает	Отражает	Выглядит
Одна краска				
Наложение				
			(не отражает)	*
	(нет пигмента)	(не поглощает)		

ния цвета – описание трех других атрибутов, или «размерностей», цвета:

- ▶ **Цветовой тон (Hue)** – элементарный цвет, такой как, скажем, красный, розовый, синий или оранжевый.
- ▶ **Насыщенность (Saturation)** – живость или бледность цвета.
- ▶ **Светлота (Lightness)** – яркость или мрачность цвета.

Световые волны также имеют три атрибута, которые напрямую связаны с такими атрибутами цвета, как цветовой тон, насыщенность и светлота. Конечно же, *длина волны* определяет *цветовой тон*; *бесприемность волн* обуславливает *насыщенность цвета*, а их амплитуда (*высота*) задает *светлоту*.

Спектральные кривые демонстрируют соотношение между атрибутами волн и тем, как мы эти атрибуты воспринимаем.

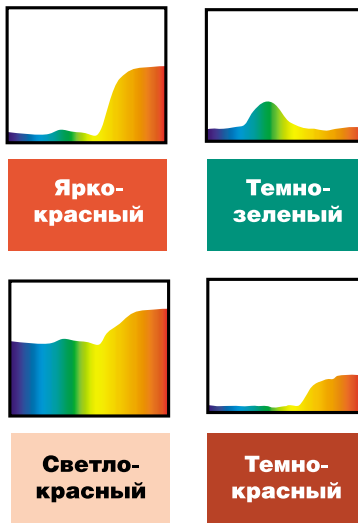
Яркие, красочные объекты с большой интенсивностью отражают определенную часть спектра; объекты, близкие к белому или светло-серому, равномерно и с большой интенсивностью отражают почти весь спектр целиком; темно-серые, темно-коричневые и черные объекты *поглощают* большую часть энергии спектра и так далее.

### Цветовое пространство – графическое представление размерностей цвета

Набор из трех параметров – цветовой тон, насыщенность и светлота – наглядно показывает, что видимый цвет трехмерен. Эти параметры можно интерпретировать как три координаты, с помощью которых можно графически представлять положение видимого цвета в *цветовом пространстве*. В начале 20-го века художник Мансель (Munsell A.H.), создатель *Цветовых таблиц Манселя*, впервые дал интуитивное описание трехмерного цветового пространства. Сегодня на базе идей Манселя построено целое множество цветовых пространств различных типов.

Базовое цветовое пространство строится по трем цилиндрическим

**Цветовой тон** задается положением подъемов кривой относительно **длины волны**.



**Чистота кривой** (определенность ее формы) определяет **насыщенность цвета**.



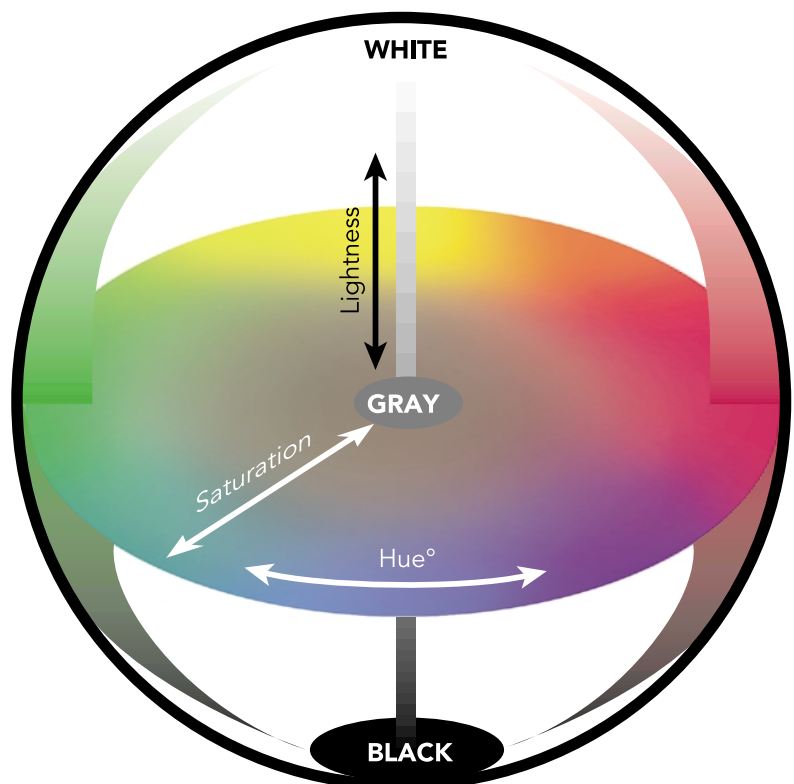
**Амплитуда** (высота) всплесков кривой определяет **светлоту**.

координатам: цветовой тон, насыщенность и светлота (или *степень почернения*). На центральной вертикальной оси откладывается светлота, а на горизонтальной – насыщенность. Цветовому тону соответствует *угол*, под которым

Низкая насыщенность означает, что кривая не имеет определенной формы и какого-то ярко выраженного цветового тона.

ось насыщенности отходит от оси светлоты.

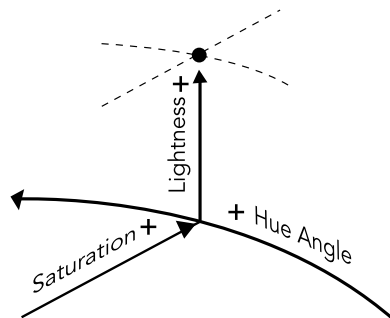
Мы можем продемонстрировать соотношение между атрибутами световых волн и атрибутами света в трехмерном цветовом пространстве. *Амплитуда* волн опре-



деляет положение цвета на оси светлоты; *чистота* волн задает его положение на оси насыщенности; а *длина волны* определяет угол цветового тона. Возле «экватора» залегают чистые, яркие цветовые тона. По мере приближения к центру тона смешиваются друг с другом и становятся менее чистыми, то есть теряют насыщенность. При перемещении по вертикальной оси цвета различных тонов и насыщенности становятся либо светлее, либо темнее. Возле «полюсов» светлоты цвет приближается к белому и черному, а в центре, где встречаются и смешиваются белый, черный и все остальные цветовые тона, находится нейтральный серый цвет.

### Трехмерные данные

Цветовое пространство можно использовать для описания диапазона тех цветов, которые воспринимаются наблюдателем или воспроизводятся устройством. Этот диапазон называется *гаммой*. Данный трехмерный формат также очень удобен для сравнения двух или нескольких цветов. Позднее мы увидим, как с помощью расстояния между двумя цветами в цветовом пространстве можно определять их перцептуальную «близость». Трехмерные цветовые модели и трехзначные цветовые системы, такие как RGB, CMY




и HSL, называются *трехкоординатными колориметрическими данными*.

Отыскать положение какого-либо конкретного цвета в трехкоординатном цветовом пространстве, таком как RGB или HSL, – все равно, что «сориентироваться» на местности при помощи карты. Например, на «карте» цветового пространства HSL сначала нужно отложить *угол* Цветовой тон, затем на нем отложить *расстояние*, равное Насыщенности, после чего значение Светлота скажет вам, на каком «этаже» находится искомый цвет: в самом нижнем подвале (черный цвет), на уровне первого этажа (нейтральный цвет) или в самом верхнем люксе (белый цвет). Во многих случаях трехкоординатные описания цвета, благодаря своей интуитивной понятности, служат достойной альтернативой сложным (хотя и более полным и точным) спектральным

данным. Например, приборы, которые называются *колориметрами*, измеряют цвет путем имитации реакции на свет человеческого глаза, то есть вычисляют количество красного, зеленого и синего цвета. Эти RGB-значения преобразуются в более интуитивную трехмерную систему, где результаты нескольких замеров цвета можно легко сравнить друг с другом.

Однако для любой системы измерения требуется *повторяемый* набор стандартных шкал. Для колориметрических измерений цветовую модель RGB в качестве стандартной использовать нельзя, потому что она неповторяема – существует столько различных цветовых пространств RGB, сколько в мире людей, мониторов, сканеров и так далее, – то есть (и мы увидим это далее) это пространство *зависит от конкретного устройства*. Чтобы получить набор стандартных колориметрических шкал, мы обратились к материалам знаменитого комитета CIE – *Commission Internationale d'Eclairage*.

Итак, выяснив, какими свойствами и измеряемыми атрибутами обладает цвет, далее мы перейдем к установленным CIE стандартам, на основании которых происходит измерение и передача цвета в нашей индустрии. 

# Проблемы с цветом?

Денситометры  
Спектрофотометры  
Устройства для калибровки  
Управление цветом  
Формирование красок

# Мы Нашли Решения.

X-Rite 

[www.x-rite.com](http://www.x-rite.com)