

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

**Л.А. Бодьян
Н.Л. Медяник
Л.В. Савочкина**

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЦВЕТА

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОСПРИЯТИЯ

*Утверждено Редакционно-издательским советом
университета в качестве учебного пособия*

Магнитогорск
2010

Рецензенты:

*Зав. кафедрой дизайна
ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет»,
доцент, кандидат педагогический наук*

А. И. Норец

*Доцент кафедры дизайна
ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет»,
кандидат педагогический наук*

Ю. С. Немцева

Бодьян Л.А., Медяник Н.Л., Савочкина Л.В.

Основы теории цвета. Физиологические и психологические основы восприятия: учеб. пособие. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – 90 с.

Рассматриваются теоретические и прикладные аспекты основ теории цвета; материал систематизирован и излагается в обобщенном виде.

Адресовано в основном студентам, изучающим дисциплины «Методы и средства дизайн-технологий», «Упаковка продукции и дизайн-технологии», «Дизайн-технологии», «Панели и диалоговые окна (Векторная компьютерная графика)», «Растровая компьютерная графика», «Основы полиграфии», «Верстка, допечатная подготовка и полиграфический процесс» и др. Учебное пособие составлено с учетом требований государственных образовательных стандартов по специальности 261201 «Технология и дизайн упаковочного производства», дополнительной квалификации «Специалист в области компьютерной графики и Web-дизайна (Web-дизайнер)». Оно может быть полезно также всем категориям работников области применения и использования компьютерной графики и полиграфии.

УДК 004.92

© ГОУ ВПО «МГТУ», 2010
© Бодьян Л.А.,
Медяник Н.Л.,
Савочкина Л.В., 2010

ВВЕДЕНИЕ

Специальной литературы по теории цвета издается недостаточно, что в целом не способствует повышению качества профессиональной подготовки специалистов в высшей школе.

Настоящее учебное пособие нацелено частично восполнить дефицит учебной литературы, необходимой для повышения профессиональной компетентности будущих специалистов в области компьютерной графики и полиграфии.

Добиться эффективности, предсказуемости и повторяемости результатов в практике компьютерной графики и особенно полиграфии можно лишь при наличии знаний в области теории цвета.

Теория цвета – обширная и сложная область знаний. В неё входят элементы различных наук: оптики, спектроскопии, колориметрии, анатомии и физиологии человека, психологии, теории и истории искусства, философии, эстетики, теории архитектуры, дизайна и многих других прикладных наук.

Проблемами цвета с глубокой древности и до наших дней занимается целый ряд научных дисциплин, каждая из которых изучает цвет с интересующей ее стороны. Физику, прежде всего, интересует энергетическая природа цвета, физиологию – процесс восприятия цвета человеком и превращения его в цвет, психологию – проблема восприятия цвета и воздействия его на психику, способность вызывать различные эмоции, биологию – значение и роль цвета в жизнедеятельности живых организмов и растений.

В современной науке о цвете важная роль принадлежит и математике, с помощью которой разрабатываются методы описания и измерения оттенков цвета. Имеется еще ряд научных дисциплин, изучающих роль цвета в более узких сферах человеческой деятельности, например, такие как полиграфия, химия лаков и красок, криминалистика и др. Совокупность всех этих наук, изучающих цвет, определяют как область науки о цвете или цветоведение.

Цвет – важнейший изобразительный инструмент. Цвет как составная часть изображения выполняет сразу две важные функции: он является средством кодирования информации об изображаемом предмете и средством воздействия на ассоциативную память зрителя, призванным вызывать у него определенные эмоции.

Для придания объекту определенного цвета средствами компьютерной графики необходимо выразить этот цвет в числах, т.е. математически описать. Задача математического описания цвета вообще имеет большое прикладное значение и используется там,

где необходимо соответствие цвета заданному образцу. Во многих случаях к корректности цветопередачи предъявляются жесткие требования, например в высококачественной полиграфии. Если, кроме того, учесть, что при восприятии цвета человеческий глаз вносит поправку, да еще вдобавок свою для каждого человека (все люди видят цвета по-своему и иногда различие очень велико), то понятно, как важна для практики теория цвета.

Кроме того, добиться эффективности, предсказуемости и повторяемости результатов в практике полноцветного полиграфического воспроизведения оригиналов можно лишь при наличии серьезных теоретических знаний в области цветоведения.

Чтобы ясно понимать, как измеряется цвет, сначала необходимо изучить его фундаментальные физические и психологические свойства. Итак, сложность цвета состоит в том, что это объективно-субъективное явление, которое представляет важную часть компьютерной графики и полиграфии. Поэтому предлагаемое учебное пособие посвящено основам теории цвета, с целью помочь в дальнейшем правильно использовать ее в практической профессиональной деятельности будущим специалистам, в частности студентам вузов, обучающимся по специальностям «Технология и дизайн упаковочного производства», «Специалист в области компьютерной графики и Web-дизайна» и др.

По своей структуре учебное пособие состоит из трех глав, каждая из которых имеет взаимосвязь с другими главами, предполагая знание и понимание содержания предыдущего материала, но может иметь вполне самостоятельное назначение. Пособие является частью серии учебных изданий по основам теории цвета.

Авторы предполагают, что содержание пособия будет использовано творчески применительно к решению многоплановых профессиональных задач будущих специалистов.

Авторы с благодарностью примут замечания и предложения читателей по совершенствованию книги, ее содержания.

Глава 1

ОСНОВЫ ЦВЕТОВОСПРИЯТИЯ

План:

1.1. СВЕТ И ЦВЕТ

1.2. ПАРАМЕТРЫ ОПИСАНИЯ ЦВЕТА

1.2.1. *Объективные характеристики цвета*

1.2.2. *Первичные цвета*

1.2.3. *Комплиментарные цвета*

1.2.4. *Субъективные характеристики цвета*

1.2.5. *Хроматические и ахроматические цвета*

1.1. Свет и цвет

Мир – это цвет и все, что мы видим; мы видим при помощи цвета и благодаря цвету. Цвет имеет не только информационную, но и эмоциональную составляющую. Человеческий глаз – очень тонкий инструмент, но, к сожалению, восприятие цвета субъективно. Очень трудно пересказать другому человеку свое ощущение цвета. Цвет можно только видеть. Все мы, хоть один раз в жизни, видели, любили и испытывали особые чувства и волнения перед таким явлением природы, как радуга. Эти чувства, которые мы испытываем, нельзя ни пересказать, ни передать другому человеку. Все мы определяем, одним словом: «Смотри!».

Однако, что такое цвет? Откуда он появляется, из чего состоит? В чем заключается особенность цвета как одного из наиболее сильных средств информационного, эмоционального и эстетического воздействия? Существуют ли, и если существуют, каковы закономерности восприятия цвета?

Что же такое цвет? Цвет вездесущ; для зрячего существа он заполняет всю сферу окружающего пространства и исчезает только тогда, когда в поле зрения нет света или же отсутствует само зрение. Стало быть, цвет не возникает без света.

Что такое свет? Велика роль света в жизни человека. Более того, невозможно представить себе жизнь без света. Все живые организмы и растения развиваются под животворным влиянием света и сопутствующих ему ультрафиолетовых (биологически активных) и инфракрасных (тепловых) излучений. Свет дает человеку возможность видеть и изучать всё окружающее на Земле. Мудрецы древности отвечали на этот вопрос с удивительным единоду-

шием: свет – это Бог. Источники света обожествлялись в культуре всех древних народов: Солнце, Луна, звезды, огонь, молния персонафицировались в мифологических образах Атона, Митры, Ахурамазды, Сурьи, Брахмана, Исиды, Иштара, Венеры, Агни, Рудры, Зевса и множества других.

В эпоху позднего эллинизма появилась потребность отыскать общее начало мира, единое божество. И оно было найдено трудами ученых Древней Греции – Платона, Парменида, Прокла, Ямвлиха, Плотина, Синезия. Этот бог-демиург, творец мира, был назван Единым, и эманация Его (исходящая от него энергия) была названа СВЕТ. Свет – это само Единое. Свет есть энергия Единого. Свет – душа мира (Платон).

Цвет связывали со светом многие ученые.

Определение Гете: Цвета – деяния света, деяния и страдания...

Вся природа открывается чувству зрения посредством цвета.

Определение Шеллинга: Свет в соединении с несветом (т.е. темом) есть замутненный свет, то есть цвет.

Цветовой феномен есть раскрывающаяся почка света...

Определение Платона: Цвет – это пламя, струящееся от каждого отдельного тела и состоящее из частиц, соразмерных способности нашего зрения ощущать.

Еще две классические аксиомы: Свет сам по себе невидим; он как таковой только мыслим. Все, что мы видим – это цвет (*Аристотель*).

И, наконец, современное научное определение: Цвет – это ощущение, возникающее в органе зрения при воздействии на него света.

Таким образом, цвет – это свет, претерпевший столкновения и взаимодействия с материальными телами, в том числе с органами зрения (у кого они есть).

Другими словами, цвет является результатом взаимодействия света, объекта и наблюдателя (или просмотрового прибора). При взаимодействии с объектом свет модифицируется таким образом, что просмотровый прибор – такой, например, как зрение человека – воспринимает модифицированный свет как определенный цвет. Чтобы цвет (в нашем понимании этого явления) существовал, необходимо присутствие всех трех этих элементов. Теперь давайте подробнее изучим эти первоисточники цвета и начнем со света.

Феномен цвета имеет двойственную природу. Объективная его составляющая – свет; субъективная – зрительное ощущение.

Свет – адекватный возбудитель зрительных нервов, которые никаких других сигналов не могут послать в кору головного мозга, кроме импульсов, возбуждаемых светом. Поэтому мы и ощущаем зрением только цвет (результат переработки света).

Окружающий нас мир мы видим потому, что он освещен, и тогда, когда он освещен. Эту возможность восприятия отдельных предме-

тов дает нам свет. По своей физической природе свет является одним из видов лучистой энергии и, аналогично радиоволнам, представляет собой электромагнитные колебания с той только разницей, что длина элементарных волновых движений у них различна.

Поэтому физически в основе цвета лежит волновая природа электромагнитных колебаний высокой частоты – света. На этот вопрос чаще всего отвечают: «Цвет – это длина электромагнитной волны», «Цвет – это свойство поверхности», «Цвет – это спектральный состав электромагнитного излучения». Ответы эти не точны или, как минимум, неполны.

Рассмотрим их подробнее.

«Цвет – это длина электромагнитной волны», но излучение с длиной волны, к примеру, 675 нм в зависимости от интенсивности воспринимается либо как красно-коричневый, либо как алый цвет.

«Цвет – это свойство поверхности», но серые стены домов, освещенные закатным солнцем, кажутся нам оранжевыми.

«Цвет – это спектральный состав электромагнитного излучения», но электромагнитное излучение различного спектрального состава может восприниматься как один и тот же цвет.

Более того, когда мы в полной темноте ударимся о дверной косяк, в нашем сознании появится цветное изображение без всякого электромагнитного излучения. Во сне или в воспоминаниях также возникают самые настоящие цветовые ощущения.

Итак, ключевыми в исследовании данного вопроса являются слова: «восприниматься», «казаться», «выглядеть», «сознание», «ощущение». То есть никакого «цвета» не существует, если нет «сознания», если некому испытывать «ощущения». Потому примем, что *цвет* – это ощущение, которое возникает в сознании человека при воздействии на его зрительный аппарат электромагнитного излучения с длиной волны в диапазоне от 380 до 760 нм. Эти ощущения могут быть вызваны и другими причинами: болезнь, удар, мысленная ассоциация, галлюцинации и др. В данной главе мы будем рассматривать, разумеется, ощущения, вызываемые только электромагнитным излучением видимой части спектра – светом.

1.2. Параметры описания цвета

Действие на органы зрения излучений, длины волн которых находятся в диапазоне 400–700 нм, приводит к возникновению зрительных ощущений. Эти ощущения различаются количественно и качественно. Физические свойства излучения – мощность и длина волны – тесно связаны со свойствами возбуждаемого им ощущения. Однако, хотя излучения и ощущения взаимосвязаны, эта

связь сложная и подчиняется законам субъективного визуального восприятия светового излучения. Отсюда и деление параметров, характеризующих цвет, на объективные и субъективные.

1.2.1. Объективные характеристики цвета

Свет – это видимая часть электромагнитного спектра. Свет характеризуется тем, что имеет волновую природу. Каждая волна описывается своей длиной – расстоянием между двумя соседними гребнями (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Длина волны

Длина волны измеряется в нанометрах (нм). Нанометр – это одна миллионная часть миллиметра.

Область электромагнитного спектра, видимая человеческим глазом, занимает довольно короткий диапазон длин волн излучения: примерно от 400 до 700 нм. Цвета всех спектральных излучений спектра видимого света располагаются от точки сине-фиолетового излучения с длиной волны 400 нм (нанометров) до точки красного излучения с длиной волны 700 нм. Этот диапазон составляет всего лишь малую часть огромного спектра электромагнитных волн. Хотя остальную его часть мы не видим, помимо видимых волн человек использует и многие другие невидимые волны, начиная с самых коротких волн – рентгеновских лучей – и кончая длинными волнами, которые улавливаются нашими теле- и радиоприемниками.

Помимо видимых лучей существуют еще и невидимые, также излучаемые раскаленными телами. Это ультрафиолетовые лучи с длиной волны менее 390 миллимикрон и инфракрасные лучи, обладающие сильными тепловыми свойствами, с длиной волны более 770 миллимикрон (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Спектр электромагнитных колебаний

Тип лучей	Значение
Космические лучи	0,0000001–0,00001 нм
Гамма-лучи	0,0001–0,01 нм
Рентгеновские лучи	0,1–10 нм
Ультрафиолетовое излучение	100–400 нм
Видимое излучение	400–770 нм
Инфракрасное излучение	770 нм – 0,01 см
Ультракороткие радиоволны	0,1 см – 10 м
Радиоволны	100 м – 10 км
Переменные токи промежуточной частоты	10–100 км
Линейные электрические колебания	100–1000 км

Если рассматривать свет по волновой теории, то волна кроме длины имеет и вторую характеристику – мощность (амплитуда). Следовательно, из объективных характеристик цвета можно выделить его длину волны и мощность излучения. Излучения, имеющие только одну длину волны, называют **монохроматическими излучениями**. В интервале длин волн видимого спектра монохроматические излучения определяют как **спектральные цвета**.

Световые лучи, падающие на поверхность какого-либо предмета, отражаются, поглощаются или проходят сквозь него; прозрачные тела обладают всеми тремя свойствами, непрозрачные – только поглощают и отражают световые лучи.

В однородной среде (например, в воздухе) световые лучи распространяются прямолинейно, если же они встречают на своем пути непрозрачную полированную поверхность, то основное их количество отражается от нее. Зеркальные поверхности дают правильное отражение, шероховатые поверхности – отраженный рассеянный или диффузный цвет. Гладкие поверхности некоторых тел – молочное стекло, глазурь, фарфор, блестящие светлые краски и т.п. – нередко дают одновременно правильное и диффузное отражения.

Свет, излучаемый различными источниками, имеет различный спектральный состав, от которого зависит цвет освещения. Белый свет является сложным светом. При прохождении света через прозрачное тело наблюдается явление, называемое преломлением света. В этом случае световые лучи с различными длинами волн идут по разным направлениям. Это явление называется дисперсией света.

Если луч белого бесцветного света пропустить через трехгранную стеклянную призму, то он окажется разложенным на множество цветных лучей. Отражение разложенного белого луча называют спектром. Если же поместить на пути цветных лучей вторую, точно такую же призму основанием вверх, то они окажутся снова сложенными и из призмы выйдет луч белого, бесцветного света.

Мощность излучения для цвета определяется понятием «**яркость**». Мощность излучения можно рассматривать в двух плоскостях: 1) мощность излучения непосредственно от источника излучения и 2) мощность излучения от объекта, отражающего или пропускающего излучения другого источника. Поверхность и вещество объекта, как правило, меняют мощности и длины волн излучения. Следовательно, яркость – понятие объективное (физическое) и оно характеризуется количеством света, попадающего в глаз наблюдателя от объекта, излучающего, пропускающего сквозь себя или отражающего свет.

Цвета принято делить по спектральному составу излучения на **монохроматические**, или **цельные**, и **смешанные**. К первым от-

носятся красный, зеленый и синий. Их нельзя разложить и нельзя получить смешением других цветов. Ко вторым относятся остальные цвета. Они получаются путем смешения цельных цветов, например, красный цвет в соединении с синим, дает фиолетовый цвет всех оттенков.

1.2.2. Первичные цвета

Человеческий глаз, как правило, не может отличить цвет определенного цвета от цвета, который получили при смешивании других цветов. Благодаря этой особенности люди традиционно используют только небольшое и весьма ограниченное их число, а все остальные тона и оттенки получаются посредством смешивания исходных цветов. Эти исходные цвета по правилам называются «первичными» – primary colors.

1.2.3. Комплиментарные цвета

Комплиментарные или дополнительные цвета (на англ. Complementary Colors) означают, когда два или несколько цветов подходят «друг к другу». Или другими словами – это дополняющие друг друга цвета. Этот признак цвета абсолютно субъективен. Более точным определением комплиментарности будет следующее: «если два цвета или цвета двух монохроматических излучений видимого спектра, будучи смешанными вместе, дают нейтрально-серый или белый цвет, то они называются дополняющими или комплиментарными».

Среди излучений сложного спектрального состава видимого света большое значение имеют те, которые образуют белый свет дневного освещения. **Белый свет** – суммарное излучение всех монохроматических излучений видимого спектра.

1.2.4. Субъективные характеристики цвета

Характер ощущения цвета зависит как от суммарной реакции чувствительных к цвету рецепторов глаза (человека), так и от соотношения реакций каждого из трех типов рецепторов (более подробно по этому вопросу см. главу 2. Физиология цветовосприятия). Суммарная реакция чувствительных к цвету рецепторов глаза определяет светлоту цвета, а соотношение ее долей – цветовой тон. С изменением мощности изменяется светлота, а с изменением длины волны – визуально воспринимаемый цветовой тон и насыщенность цвета. Первоначальное представление о светлоте и цветовом тоне можно проиллюстрировать, поместив окрашенную поверхность частично на прямой солнечный свет, а частично – в тень. Обе части ее имеют одинаковый цветовой тон, но разную светлоту. Совокупность этих

характеристик обозначается одним термином «цвет». Из приведенного примера можно сделать вывод, что качественные субъективные характеристики цвета – это цветовой тон и насыщенность, а субъективная количественная характеристика – светлота.

Цветовой тон, насыщенность и светлота – это три субъективно воспринимаемых глазом признака хроматических цветов (атрибутов цвета).

Пропустив луч белого света через призму, можно разбить его на составляющие и таким образом понять, как наши глаза реагируют на каждую отдельную длину волны. Этот эксперимент показывает, что волны разной длины интерпретируются нами как разные цвета. Можно выделить основные области видимого спектра: красную, оранжевую, желтую, зеленую, голубую, синюю и фиолетовую (мнемоническая формула «Каждый Охотник Желает Знать, Где Сидит Фазан» позволяет запомнить эти цвета по первым буквам).

Когда наша зрительная система регистрирует волны с длиной около 700 нм, мы видим «красный» цвет, а когда длина волны находится в диапазоне 450–500 нм, – «голубой»; длина волны 400 нм соответствует «фиолетовому» и так далее (рис. 1.2 на цв. вкл.).

Цветовой тон

Цветовой тон – это субъективный признак (атрибут) цвета, который позволяет различать их, познается через ощущения и определяется словами – синий, зеленый, красный, желтый и т.д. или как промежуточный между двумя соседними парами этих цветов. Разница в цветовых тонах в первую очередь зависит от длины волны света, попадающего в глаз. Длинные волны – красная часть спектра. Короткие – сдвиг в сине-фиолетовую сторону. Средняя длина волны – это желтые и зеленые цвета, они наиболее оптимальны для глаза.

Цветовой тон предметов, не являющихся источниками излучения, зависит от избирательного спектрального пропускания прозрачных предметов и избирательного спектрального отражения непрозрачных предметов, рассматриваемых в отраженном свете.

Цветовой тон источника излучения в видимой области спектра определяется составом видимого спектра излучения.

Визуально цветовой тон можно представить в виде окружности цветового тона, идущей от красного к зеленому, далее к синему и назад к красному. Цвета плавно и непрерывно переходят друг в друга, образуя «радугу» (рис. 1.3. на цв. вкл.).

В нашем сознании цветовой тон ассоциируется с окраской хорошо знакомых предметов. Многие наименования цветов произошли прямо от объектов с характерным цветом. Например, такие как малиновый, оранжевый (апельсиновый), вишневый, болотный, сиреневый, розовый, кроваво-красный и т.д. Наши

ощущения субъективны и они зависят не только от спектрального излучения, отражения или пропускания, а также от тонкости восприятия, эмоционального состояния, профессионализма, тренированности, национальности и многих других факторов.

Насыщенность цвета

Насыщенность цвета – это второй субъективный признак цвета, характеризующий силу, интенсивность ощущения цветового тона. Среди ряда цветов одного тона, например, среди синих цветов, можно выделить те, у которых сильнее выражен синий тон и которые воспринимаются как ярко-синими. Насыщенность цвета ассоциируется в нашем сознании с количеством красящего вещества, например, с его концентрацией в краске, а также с его чистотой. Например, увеличивая концентрацию красителя или, иначе говоря, насыщая им раствор, мы тем самым увеличиваем насыщенность цвета этого раствора. Увеличивая содержание пигмента в краске, мы также увеличиваем ее насыщенность.

Насыщенность цвета предметов проявляет себя максимально, если предметы освещены светом этого цвета. Натренированный наблюдатель при дневном освещении различает до 180 цветовых тонов и до 16 ступеней (градаций) насыщенности. (Таким образом, пространство цветового охвата человека состоит из 1880 оттенков чистых цветов, а оттенки смешенных цветов представляют очень большое, но конечное множество цветов.) При пониженном освещении число различимых цветов заметно сокращается. Кроме того, резко меняется представление о цветовом тоне, если освещение цветное. Ночью (при голубом лунном свете) все кошки черные.

Ощущения цветности и насыщенности можно приближенно выразить объективными характеристиками излучений. Так, цветовой тон выражают длиной волны монохроматического излучения, который в смеси с белым светом дает такое же зрительное ощущение цвета, как характеризваемый объект. Длина волны этого монохроматического излучения называется доминирующей длиной волны. Насыщенность при этом количественно выражается **чистотой цвета**, которая представляет собой долю монохроматического потока в смеси его с белым светом. Короче говоря, чистоту цвета определяют отношением мощности монохроматического излучения к мощности суммарных излучений видимого спектра, которые создают заданный цвет. Чем больше мощность монохроматического излучения в смеси и чем меньше мощность белого света, тем выше чистота цвета. **Спектральные цвета** имеют максимальную чистоту, равную единице. В спектральных цветах мощность белого света равна нулю.

Насыщенность цвета можно определить тем, насколько живым выглядит цвет. Она измеряется в терминах отличия данного цвета от бесцветного (нейтрального) серого цвета с той же самой степенью яркости. Чем ниже насыщенность, тем более серым выглядит цвет. При нулевой насыщенности цвет становится серым.

Яркость

Яркими называют цвета, отличающиеся весьма большой насыщенностью и достаточной светлотой. Яркие цвета входят в группу **полноцветных**. **Светлыми** называют цвета с малой насыщенностью и большой яркостью. Наибольший процент света отражают белые поверхности, отсюда белый и близкие к нему цвета являются самыми светлыми и самыми яркими.

Яркость относится к относительной светлости или темноте цвета. Она определяется степенью отражения от физической поверхности, на которую падает свет. Чем выше яркость, тем светлее цвет.

Светлота

Светлота – еще один субъективный признак, характеризующий ощущения объективной величины яркости цвета. Когда одновременно рассматриваются разноокрашенные предметы, мы отчетливо видим, какие из них светлее, какие темнее, хотя они и различны по цветовому тону.

Светлота – это положение цвета на шкале от белого до черного. Характеризуется словами «темный», «светлый». Сравните цвет кофе и цвет кофе с молоком. Максимальной СВЕЛТОЙ обладает белый цвет, минимальной – черный. Некоторые цвета изначально (спектрально) светлее – (желтый), другие – темнее (синий).

Сопоставляя цвета в светах и тенях отдельных предметов, мы видим различия в освещенности и цвета разных участков рассматриваемого объекта. Например, окрашенные в желтые цвета предметы более светлые, а окрашенные в фиолетовые цвета – более темные.

В обиходном понимании разница между яркостью и светлотой обычно не замечается, и оба понятия рассматриваются почти как эквивалентные. Однако можно заметить некоторое различие в употреблении этих терминов, которое отражает и различие этих двух феноменов. Как правило, слово «яркость» употребляют для характеристики особенно светлых поверхностей, сильно освещенных и отражающих большое количество света. Так, например, об освещенном солнцем листе бумаги или снеге говорят как о ярких поверхностях, а о стенах комнаты как о светлых. Термин «яркость» также нередко служит для характеристики цвета, причем имеются в виду та-

кие качества последнего, как насыщенность или чистота. Наконец, термин «яркость» преимущественно используется для оценки источников света. В естественно-научной теории цвета различие между терминами «яркость» и «светлота» достаточно определено. Светлота – это ощущение яркости, в котором важную роль играют конкретные условия индивидуального восприятия. Это понятие, относящееся, прежде всего, к компетенции психологии. Одна и та же физическая, объективная яркость может вызывать различные ощущения светлоты, и, наоборот, одна и та же светлота может соответствовать различным степеням яркости.

Графически сопоставить субъективные характеристики цвета можно с помощью следующей схемы (рис. 1.4 на цв. вкл.).

1.2.5. Хроматические и ахроматические цвета

По цветовым свойствам цвета принято делить на ахроматические и хроматические.

Когда излучение раздражает все рецепторы одинаково (единица интенсивности раздражения – «доля участия в белом»), цвет такого излучения воспринимается как белый, серый или как черный. Белый, все оттенки серого и черный цвета называются **ахроматическими** (или бесцветными). Черный – это отсутствие цвета, белый – это смешение всех цветов.

Эти цвета не различаются качественно. Разница в зрительных ощущениях при действии на глаз ахроматических излучений зависит только от уровня раздражения рецепторов. Поэтому ахроматические цвета могут быть заданы одной психологической величиной – **светлотой**.

Если рецепторы разных типов раздражены неодинаково, возникает ощущение **хроматического (цветного)** цвета. К нему относятся все кроме трех хроматических чистых цветов – красного, зеленого и синего. Для описания хроматического цвета нужны уже три величины – **светлота, насыщенность и цветовой тон**. Качественные характеристики зрительного ощущения, определяются **насыщенностью и цветовым тоном**.

Ахроматические цвета, т.е. серый, белый и черный, характеризуются только светлотой. У них нет атрибутов цветовой составляющей: тона и насыщенности. Любой хроматический цвет может быть сопоставлен по светлоте с ахроматическим цветом. Чем меньше насыщенность хроматического цвета, тем ближе он к ахроматическому цвету и тем легче найти соответствующий ему по светлоте ахроматический цвет. Начало и конец ахроматического ряда – это белый и черный цвета.

Вопросы для самоконтроля

1. В каких науках используются знания теории цвета?
2. Почему знания теории цвета важны в области компьютерной графики и полиграфии?
3. Что такое цвет?
4. Что такое свет?
5. Особенности понимания света и цвета в древности.
6. Взаимосвязь этих понятий в современном мире.
7. В чем заключается особенность цвета как одного из наиболее сильных средств информационного, эмоционального и эстетического воздействия?
8. Существуют ли и если существуют, то каковы закономерности восприятия цвета?
9. Физическая основа понимания цвета.
10. Каковы объективные параметры (характеристики) описания цвета?
11. Каковы субъективные параметры (характеристики) описания цвета?
12. Каковы видимый и невидимый диапазоны спектра электромагнитных волн?
13. Что такое спектральные цвета?
14. Что такое первичные и комплиментарные цвета?
15. Объясните понятия цветовой тон, насыщенность и светлота.
16. Что понимают под чистотой цвета?
17. Что такое хроматические и ахроматические цвета?

Глава 2

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЦВЕТОВОСПРИЯТИЕ

План:

2.1. ИСТОЧНИК ОСВЕЩЕНИЯ

2.1.1. *Цветовая температура*

2.1.2. *Цветопередача*

2.1.3. *Интенсивность*

2.1.4. *Рассеивание и точка обзора*

2.1.5. *Стандарты наблюдения*

2.2. ОБЪЕКТ ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТА

2.2.1. *Светопропускающая способность тел. Спектральное поглощение*

2.2.2. *Фактура цветовой поверхности*

2.2.3. *Метамеризм*

Цвет – сложное визуальное ощущение, на которое влияют физические свойства источника света и объекта, но которое также в значительной степени определено и физиологическими особенностями индивидуального наблюдателя. Понять процесс цветовосприятия можно путем анализа этих составляющих (источник света, объект, человеческий фактор) и способа их взаимодействия.

2.1. Источник освещения

Свет – природное физическое явление, представляющее собой одну из форм энергии, называемую лучистой энергией, которая в виде электромагнитных колебаний распространяется в пространстве до тех пор, пока не встретит на своем пути какую-либо поверхность или вещество, преобразующее ее в другие виды энергии.

Поверхности или тела оказываются освещенными в результате того, что на них падает световой поток источников света. Степень освещения поверхности характеризуется *освещенностью*, которая определяется отношением светового потока к площади поверхности, на которую он падает. Единицей освещенности является люкс (лк). Это освещенность поверхности площадью в 1 м^2 световым потоком

в 1 лк при равномерном ее освещении. Чем больше световой поток, приходящийся на единицу освещаемой поверхности, тем больше ее освещенность. Освещенность на уровне земли в летний солнечный полдень составляет 100000 лк, при полной луне в безоблачную ночь 0,2 лк, а в безлунную звездную ночь 0,002 лк.

На условия освещенности влияют следующие факторы:

1) степень удаления от источника света;

2) величина источника света;

3) *мощность источника света* – количество света, излучаемого им в единицу времени. Световая мощность носит название светового потока (световым потоком называют величину, пропорциональную потоку излучения, оцененному с учетом относительной спектральной чувствительности глаза). Единицей светового потока является люмен (лм). Лампочка от карманного фонаря обладает световым потоком около 4 лм, осветительная лампа накаливания мощностью 100 Вт, 220 В – 1250 лм, а люминесцентная лампа мощностью 80 Вт белого света типа ЛБ80 – 5220 лм.

Чем больший световой поток излучает источник света на единицу мощности, тем более экономичным он является. Отношение светового потока источника света к его мощности носит название *световой отдачи*, которая выражается в люменах на ватт (лм/Вт). Приведенная выше лампа накаливания мощностью 100 Вт имеет световую отдачу 13,5 лм/Вт, а люминесцентная лампа мощностью 80 Вт – 65 лм/Вт.

Существуют естественные и искусственные источники света (свет от ламп накаливания, газоразрядных ламп (трубок), люминесцентных ламп, ламп с парами ртути и натрия). Любой объект материального мира, в том числе печатный оттиск, рассматривается под всеми типами источников освещения, включая вольфрамовые лампы, флуоресцентный свет, широкий диапазон дневного и солнечного света, ртутные и им подобные газоразрядные лампы. Факторы, которые определяют характеристики источников света, включают цветовую температуру, интенсивность, качество цветопередачи и степень светорассеяния.

2.1.1. Цветовая температура

Многие наверняка встречали в описаниях мониторов горделивое заявление о возможности выбирать цветовую температуру изображения, например, 6500 или 9300 К, а профессиональные модели обеспечивают даже плавную ее регулировку. Что же такое цветовая температура?

Понятие цветовой температуры в физике

Любое тело с температурой, отличной от 0 К, испускает излучение. Такое излучение называется температурным, или тепловым, излучением. Для него характерен непрерывный спектр. По мере нагревания тело излучает сначала преимущественно в инфракрасной части спектра, затем в красной части видимого спектра, и далее с повышением температуры – в желтой, фиолетовой и ультрафиолетовой частях спектра. Например, разогретая добела металлическая пластина, остывая, меняет цвет от бело-голубого через желтый, оранжевый к ярко-красному, затем к вишневому и, наконец, становится темной, практически прекращая излучать в видимой части спектра. Почему это происходит? Дело в том, что при нагревании тела максимум мощности излучения смещается из инфракрасной в ультрафиолетовую часть спектра. То есть чем сильнее нагревается тело, тем более короткие волны излучения преобладают в его спектре. Еще раз хочу уточнить: излучение, испускаемое нагретыми твердыми телами и жидкостями, обладает непрерывным спектром, то есть содержит все длины волн видимого диапазона без исключения, но в зависимости от температуры максимум мощности излучения находится в том или ином диапазоне, и глаз воспринимает это как оттенок цвета. Выделить «на глаз» тот цвет, длине волны которого соответствует максимум мощности излучения, можно, равномерно ослабив излучение во всем видимом спектре. Простой пример: если вы посмотрите на Солнце в зените, оно будет однозначно белым. Если же свет Солнца равномерно ослабить, оно приобретает желтоватый оттенок.

Для того чтобы перейти к рассмотрению цветовой температуры, необходимо ввести понятия черного тела и серого тела. Под *черным телом* в физике понимается тело, которое при любой температуре поглощает все падающее на него излучение с любой длиной волны, ничего не отражая. *Серое тело*, в отличие от черного, не полностью поглощает падающее на него излучение, однако равномерно ослабляет излучение с любой длиной волны. Черное тело, как и все остальные тела, при нагревании начинает излучать. И поскольку оно поглощает весь падающий на него свет, то спектральный состав излучения черного тела будет зависеть только от его температуры, то есть на спектр излучения черного тела не влияет свет, падающий на него от другого источника, поскольку он полностью поглощается.

Черное тело обладает максимальной способностью поглощать излучение в любой области спектра. Если тело не поглощает электромагнитные волны какой-либо длины, то оно их и не излучает. Отсюда можно сделать вывод, что черное тело обладает и максимальной излучающей способностью в любой части спектра: если нагреть

черное тело до некоторой температуры, то излучать с той же мощностью на любых длинах волн не сможет ни одно другое тело, нагретое до той же температуры. Общим для серых и черных тел является то, что в их спектрах излучения при одинаковой температуре совпадает распределение энергии, то есть нагретые до одинаковой температуры черное и серое тела имеют одинаковый процентный спектральный состав. Единственная разница в том, что мощность излучения серого тела меньше мощности излучения тела черного.

В физике понятие цветовой температуры используется для определения температуры серых и черных тел по длине волны, энергия которой в спектре максимальна. Формула выглядит следующим образом:

$$T_{\text{цв}} = \frac{0,0029}{\lambda_{\text{max}}},$$

где $T_{\text{цв}}$ – цветовая температура; λ_{max} – длина волны, при которой мощность излучения максимальна.

Понятие цветовой температуры в колориметрии

В колориметрии к понятию цветовой температуры подходят с точностью до наоборот. В самом деле, если мы можем определить по составу спектра света цветовую температуру его теплового источника, то можем определить и спектральное распределение, опираясь на цветовую температуру.

Понятие «цветовая температура» в физике относится к тепловым источникам света и указывает, как распределится энергия по разным длинам волн в спектре источника света. Однако монитор не является тепловым. Поэтому понятие «цветовой температуры» для монитора немного преобразовано: если на мониторе установлена цветовая температура 6500 K, то при воспроизведении белого цвета он постарается максимально близко симитировать спектр излучения черного тела, нагретого до этой температуры, – например Солнца. Разумеется, это не означает, что монитор будет нагреваться до такой температуры; это означает только, что распределение энергии в видимом спектре излучения монитора будет соответствовать распределению энергии в видимом спектре Солнца. Таким образом, нетепловые источники света метамерны идеальному черному телу.

Метамерными называются цвета или источники света, которые, действуя на глаз, вызывают одинаковые цветовые ощущения при различном спектральном составе излучений. Это свойство глаза дает возможность воспроизводить цвета различными триадами носителей цвета. Изомерные источники света или цвета не

только вызывают одинаковое цветовое ощущение, но и имеют одинаковый спектральный состав.

Нужно отметить, что на самом деле ни черное, ни серое тело могут не являться «телами» в прямом смысле этого слова. Например, с улицы открытое окно дома кажется черным, поскольку проходящее через него излучение, отражаясь и поглощаясь стенами, не выходит обратно. Таким образом, в зависимости от условий освещения открытое окно можно рассматривать как черное или серое тело.

Цветовая температура – это такая температура черного тела, при которой его энергетическая светимость равна энергетической светимости данного источника (например, лампы). Другими словами **цветовая температура** источника света – мера объединенного спектрального распределения энергии этого источника. Стандарт измерения цветовой температуры базируется на температуре теоретического абсолютно черного тела-излучателя. Температура «повышается», если диапазон излучателя меняется от тусклого красного до голубовато-белого. Цветовая температура выражается в градусах по шкале Кельвина (К) (числовые данные в абсолютном выражении), которая равняется тому же значению по шкале Цельсия плюс 273°.

На практике большинство искусственных источников света не повторяют теоретическое распределение энергии абсолютно черного излучателя, поэтому понятие **коррелированная цветовая температура** используется только для того, чтобы обозначать цветовую температуру, которая наиболее близко подходит к рассматриваемому источнику света (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Коррелированные цветовые температуры естественных и искусственных источников света

Освещение	Цветовая температура (К)
Естественное	
Чистое голубое небо, полдень	12000–26000
Северное небо	~7500
Сплошная облачность, полдень	6700–7000
Полуденный солнечный свет с чистого голубого неба	6100–6500
Полуденный солнечный свет в безоблачный день	5400–5800
Солнечный свет на закате	2000
Искусственное	
Металл-галогеновая лампа	4300–6750
Ксеноновая лампа	5290–6000
Флуоресцентная лампа	3000–6500
Вольфрамовая лампа	2650–3400

Чем ниже цветовая температура, тем цвет ближе к красному; чем выше цветовая температура, тем цвет ближе к синему. Это объясняет, почему один и тот же красный элемент одежды будет выглядеть по-разному на улице и внутри при люминесцентном освещении.

Колориметрический источник света. Это стандартный источник света, который можно воспроизвести по цветовой температуре и спектральному распределению энергии (два источника цвета при одинаковой цветовой температуре могут быть метамерны, то есть иметь разное спектральное распределение). Относительные значения мощностей по длинам волн обычно приводятся в колориметрических таблицах совместно с удельными координатами цветности. Эти таблицы используются для расчета координат цвета. Часть колориметрических источников света стандартизована Международной комиссией по освещению (МКО или CIE). Стандартный колориметрический источник света обозначается заглавной буквой латинского алфавита, к которой иногда добавляется числовой индекс.

Источник А – норма среднего искусственного света. Тепловой излучатель с $T_{цв}=2856\text{ К}$, распределение потока излучения соответствует абсолютно черному телу с той же температурой. Представляет собой калиброванную лампу. По цветности примерно равен бытовой лампе накаливания. Координаты цветности: $x=0,443$; $y=0,407$.

Источник В – норма прямого солнечного света. Предназначен для воспроизведения прямого солнечного света при высоте стояния Солнца менее 30. Его цветность определяется $T_{цв}=4870\text{ К}$, но распределение мощности по длинам волн не соответствует абсолютно черному телу. Представляет собой калиброванную лампу со светофильтром. Координаты цветности: $x=0,348$; $y=0,352$.

Источник С – норма рассеянного дневного света. Воспроизводит излучение дневного неба, затянутого облаками, при высоте стояния Солнца менее 30. В остальном идентичен источнику В, но имеет $T_{цв}=6770\text{ К}$. Координаты цветности: $x=0,310$; $y=0,316$.

Источник D. Стандартные источники В и С не точно воспроизводят дневной свет в разных его фазах. Кроме того, использование в полиграфии, бумажной и текстильной промышленности красителей, содержащих люминесцирующие вещества, возбуждаемые естественным ультрафиолетовым излучением, потребовало стандартного источника с нормированным распределением потока излучения в ультрафиолетовой части спектра. Таким источником является стандартный источник D. Если точнее, то это целая группа источников, отличающихся цветовой температурой, вынесенной

в индекс названия источника. Практически применяются три источника: D55, D65, D75. Их цветовая температура равна соответственно 5503 К, 6504 К и 7504 К. Это источники, характеризующие различные фазы дневного света. Их спектр отличается от спектра абсолютно черного тела. Координаты цветности рассчитываются по специальной формуле. Так, для D65 $x=0,313$; $y=0,329$.

Источник Е – идеальный равноэнергетический источник света (гипотетический «белый» источник). На любой его спектральный интервал данной ширины приходится одна и та же энергия, а спектральная характеристика представляет собой прямую, параллельную оси длин волн. Используется для обучения колориметрии и для базовых расчетов. Координаты цветности $x=0,333$; $y=0,333$.

2.1.2. Цветопередача

Одного показателя цветовой температуры не достаточно, чтобы определить спектральные свойства освещения, когда используются некоторые из искусственных источников света. Поясним это.

В практике мы встречаем красноватый, зеленоватый, желтоватый, белый или голубоватый свет. Окраска света того или иного источника зависит от спектрального состава излучаемого им светового потока. Он особенно различен у температурных излучателей и таких источников света, которые испускают свет путем люминесценции.

Дневной свет. Солнечный свет является самым совершенным, превосходящим все другие виды, светом. Спектральный состав солнечного света делает возможным отчетливее различить всевозможные оттенки цветов. При прохождении через атмосферу свет способствует пластическому выявлению тел и вызывает необходимую дифференциацию любого цветного предмета на освещенные и затененные части.

Для всех рабочих процессов дневной свет гарантирует лучшие условия видимости и тем самым максимальную безопасность в пользовании инструментами и механизмами.

Лампы накаливания. Поскольку лампы накаливания являются температурными излучателями, окраска их света зависит от температуры накаливания металлической вольфрамовой нити. При слабом напряжении появляется красноватый свет. При нормальном напряжении нить накаляется от желто-красного до желтого цвета. Так как белый накал ведет к перегоранию металлической нити, лампы накаливания нельзя сильно нагружать долгое время. Довольствуются желтым светом, в котором отсутствуют дополнительные синие и фиолетовые лучи. Поэтому цветопередача синего и зеленого цветов при лампах накаливания хуже, чем при дневном свете.

Лампы накаливания дневного света. Если стеклянный баллон лампы накаливания слегка окрашен синим, то он поглотит некоторую часть излученного света в длинноволновой области спектра. Вследствие этого восстановится равновесие между короткими и длинными волнами, и таким образом может быть получен приближенный эффект освещения дневным светом. Разумеется, в связи с поглощением теряется часть световой энергии.

Газоразрядные лампы. В светящихся трубках в качестве газонаполнителя используется неон или смесь неона, аргона и паров ртути. Неон излучает световые волны в области между 600 и 800 нм. Этот свет красный. Смесь из неона, аргона и паров ртути светится голубым светом. При помощи соответствующих светофильтров (цветных светящихся трубок) можно получить из красного и голубого света свет любого цветового тона.

Таким образом, цвет предметов, окружающих нас, зависит от распределения светового потока в спектре освещающего их источника света. Для подтверждения приведем следующие примеры.

Если освещать зеленую ткань сначала ртутной лампой, а затем неоновой, применяемой на практике для световой рекламы, имеющей в спектре преимущественно красные излучения, то эта ткань будет хорошо отражать зеленые и желтые лучи и значительно хуже синие и красные. В спектре ртутной лампы имеются преимущественно зеленые и желтые лучи, следовательно, взятая нами материя будет их хорошо отражать, и мы увидим яркую поверхность приятного зеленого цвета. При освещении этой же самой ткани неоновой лампой мы увидим темную бурого цвета поверхность, так как те лучи, которые имеются в спектре этой лампы, плохо отражаются зеленой тканью.

Всем известно, что окраска комнаты и находящихся в ней предметов воспринимается нами по-разному при дневном (естественном) и при вечернем (искусственном) освещении, осуществляемом лампами накаливания. Причины этого – различное распределение светового потока в спектрах дневного света и лампы накаливания, наличие в спектре дневного света всех видимых излучений почти в равном количестве и почти полное отсутствие синих и фиолетовых лучей в спектре лампы накаливания. При освещении лампами накаливания цвета претерпевают следующие изменения по сравнению с освещением дневным светом. Красные цвета становятся более чистыми, а оранжевые краснеют. При этом и красные, и оранжевые цвета становятся более светлыми. Голубые цвета зеленеют, а синие и фиолетовые несколько краснеют, приобретая при этом пурпурный оттенок, и значительно темнеют.

Можно также привести следующие примеры изменения цвета при искусственном освещении:

1. Красные, оранжевые и желтые цвета светлеют, холодные зеленые, голубые, синие, фиолетовые – темнеют, светлота темно-зеленых цветов не изменяется.

2. Красные цвета становятся более насыщенными.

3. Оранжевые цвета краснеют.

4. Светло-желтые цвета трудно отличаются от белых.

5. Голубые цвета зеленеют, а иногда бывают неотличимы от холодных зеленых.

6. Синие цвета становятся менее насыщенными, а темно-синие – неотличимыми от черных.

7. Фиолетовые цвета краснеют, а иногда становятся неотличимыми от пурпурных.

Когда мы говорим, что поверхность имеет зеленый цвет (при освещении белым светом), то это означает, что из всей совокупности лучей, составляющих белый свет, данная поверхность отражает преимущественно зеленые лучи. Отраженные поверхностью лучи воздействуют на наш глаз, и у нас создается ощущение зеленого цвета.

Цвета предметов мы привыкли оценивать в условиях естественного (солнечного) освещения. В самом деле, представим себе лист чертежной бумаги, освещенный рассеянным солнечным светом. Он белого цвета. Этот же лист бумаги вечером при освещении лампами накаливания мы также считаем белым, хотя в действительности его цвет значительно отличается от белого цвета и является желтоватым. В этом легко убедиться, если поместить рядом два одинаковых листа чертежной бумаги и осветить один из них светом люминесцентной лампы дневного света, а второй – лампой накаливания.

Ранее было установлено, что цвет данной поверхности зависит от распределения энергии в спектре источника света. Большое разнообразие спектров излучения источников света привело к необходимости специальной оценки цветопередачи источников света. Под **цветопередачей** понимают оценку влияния спектрального состава источника света на зрительное восприятие цветных объектов, сознательно или бессознательно сравниваемое с восприятием тех же объектов, освещенных стандартным источником белого света. **Термин цветопередача** используется, чтобы описать степень, в которой тестируемый источник света (например, флуоресцентный свет) обеспечивает достоверную передачу цвета оригинала по сравнению с передачей цвета под источником дневного света той же самой цветовой температуры.

Сначала для оценки качества цветопередачи использовался спектрозональный метод МКО, основанный на сопоставлении относительного распределения светового потока испытуемого и эталонного источников по спектральным зонам. Спектральным методом оценки цветопередачи пользовались довольно долго. Однако практика определения цветопередачи и ряд исследований показали, что спектрозональный метод не является достаточно пригодным для определения цветопередачи источников света.

В результате большой работы, проведенной МКО, был разработан метод определения цветопередачи, основанный на сопоставлении цветопередающих свойств испытуемого и эталонного источников света с помощью стандартных отражающих образцов. Этот метод носит название «метода контрольных образцов» и дает численную характеристику цветопередачи – индекс цветопередачи, т.е. определяет, как передаются цвета испытуемым источником света по отношению, к эталонному источнику белого света.

Цветопередача оценивается общим индексом цветопередачи R_a , который может быть дополнен специальным индексом цветопередачи R_i . Общий индекс цветопередачи дает усредненную характеристику цветопередачи, получаемую на группе из восьми образцов средней чистоты цвета и одинаковой светлоты. Специальный индекс характеризует цветопередачу для цветов большой чистоты цвета на красном, желтом, зеленом, синем образцах и на образцах, воспроизводящих цвет кожи человека и зеленой листвы. Все образцы общим количеством четырнадцать имеют фиксированные значения спектральных коэффициентов яркости.

Оценка цветопередачи производится по отношению к эталонным источникам света, цветность которых близка к цветности испытуемого источника света. Для источников света с цветовой температурой 5000 К и ниже в качестве эталонного источника света используют планковский излучатель, а для источников света с цветовой температурой выше 5000 К – дневной свет с определенным спектральным распределением энергии.

Ниже приведены средние значения индекса цветопередачи **(или индекса достоверности передачи цвета)** для наиболее распространенных источников света (табл. 2.2).

Чем выше **индекс цветопередачи**, тем лучше цветопередача источника света. Максимальное

Таблица 2.2
Индекс цветопередачи наиболее распространенных искусственных источников света

Источник света	Индекс цветопередачи
Вольфрамные	100
Ксеноновые	93
Флуоресцентные	54–94
Металл-галогеновые	62–88

значение общего индекса цветопередачи равно 100, которое является оптимальным для дневного света или для таких непрерывных источников, как вольфрамовые лампы. Некоторые наиболее распространенные флуоресцентные источники могут иметь достаточно низкий **индекс цветопередачи**, равный 50 или 60 единицам, что может стать причиной серьезных цветовых искажений. Источник с показателем CRI=90 или больше классифицируется как удовлетворительный.

2.1.3. Интенсивность

Как уже упоминалось, восприятие цвета (особенно красных оттенков) может измениться при очень низких уровнях освещения. Для нормального уровня визуальной оценки образца требуется достаточная интенсивность осветителя, чтобы избежать влияния источника света на восприятие многокрасочного изображения. В случаях, когда уровень интенсивности освещения критический, это оказывает сильное влияние на восприятие таких графических изображений, как иллюстрации и фотографии.

2.1.4. Рассеивание и точка обзора

Большое влияние на цветовосприятие и восприятие находящихся вокруг объектов оказывает рассеивание света. Мы различаем точечный и рассеянный свет, а также прямое и отраженное рассеивание.

Точечный свет. Свет исходит из одного точечного источника света. Примером может служить свет дуги и лампы накаливания (рис. 2.1).

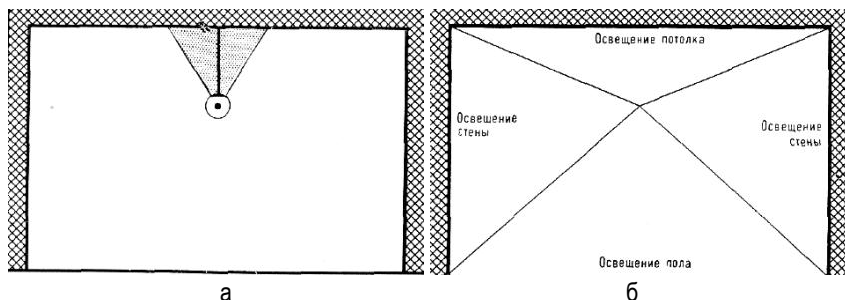


Рис. 2.1. Точечный источник света:

а – распределение света; б – схема распределения потока света

Рассеянный свет. Прямой свет лампы с большой светящейся поверхностью, как, например, у люминесцентных ламп или шарообразных светильников, называется рассеянным светом (рис. 2.2).

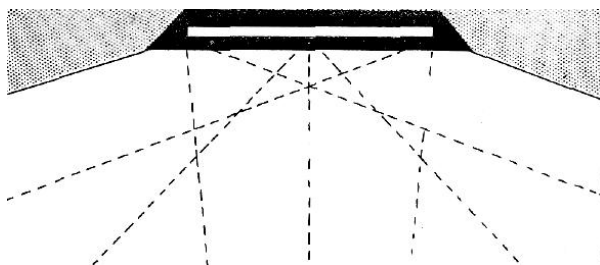


Рис. 2.2. При диффузном освещении создается впечатление, что свет исходит из бесконечного множества точек

Отраженный свет. Если свет от своего источника сначала направляется к отражающей поверхности к потолку или к стене, а источник света остается для нас невидимым, мы имеем освещение отраженным светом (рис. 2.3).

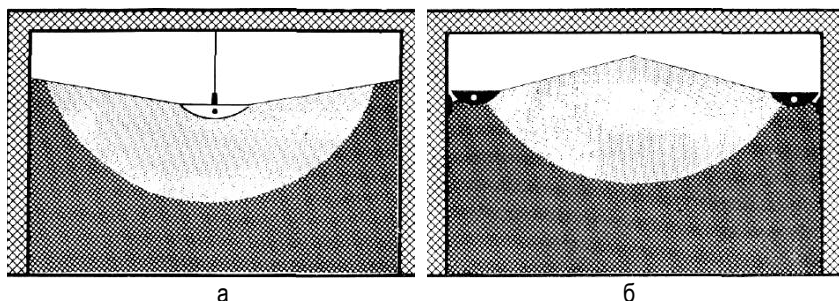


Рис. 2.3. Распределение света при отраженном освещении:

а – плафон подвешен к потолку; б – непрозрачные светильники укреплены на стене

Следует учитывать, что при освещении такого рода требуется больше энергии, чем при прямом освещении, и, кроме того, свет принимает окраску отражающей поверхности.

Печатная продукция часто производится на текстурированной бумаге или других шероховатых поверхностях. Если при рассмотрении напечатанного образца используется направленный источник света, внешний вид образца будет в значительной степени зависеть от расположения осветителя и условий обзора. Расположение образца также является важным фактором. Образец с высоким глянцем по-разному воспринимается при изменениях в положении наблюдателя. В целом же рассеянное освещение всегда предпочтительнее при оценке качества цветовоспроизведения.

2.1.5. Стандарты наблюдения

Как стало ясно из вышесказанного, визуальное отображение цвета можно изменить, особенно в случае воспроизведения цветных иллюстраций, изменяя условия рассмотрения. Проблемы, связанные с цветовоспроизведением, могут стать серьезными, если полученный цветной оттиск и оригинал сравнены под различными источниками света.

Явление метамеризма возникает, когда два цвета могут одинаково восприниматься под одним источником света, а под другим – по-разному, что вызывает дополнительные проблемы. Даже когда оттиск оценивается независимо от оригинала, возможна ситуация, когда оттиск подвергнется критике, оказавшись удовлетворительным под одним источником света и неудовлетворительным – под другим.

Стандартизация условий освещения при оценке качества цветовоспроизведения – очевидное решение проблем явления метамеризма.

Стандартом оценки качества воспроизведения цвета в полиграфии в настоящее время является международный стандарт по системе ISO (Международная организация по стандартизации) 3664:2000. Спецификации, которые приводятся ниже, соответствуют стандартам ISO.

Яркость поверхности прозрачных образцов определена как $1,270+300 \text{ кд/м}^2$. Диапозитивы должны быть окружены прозрачной нейтральной серой границей, когда они помещаются в прибор.

Для непрозрачных печатных изданий (отражающих свет) и фотомеханических репродукций освещенность должна быть $2000+500$ люксов (по стандарту ISO условий обозрения P1) для подробного сравнения с образцами. Рекомендации также сделаны для уровня $500+125$ люксов (по стандарту ISO условий обозрения P2) для обычной проверки и практической оценки тоновоспроизведения.

Источник света, оттиск и наблюдатель должны быть размещены так, чтобы вести на нет количество света, зеркально отраженного по направлению к наблюдателю. Для минимизации посторонних влияний светильники в помещении, стены, потолки и полы должны быть защищены экранами, так они приносят незначительные количества света к оцениваемой запечатанной поверхности, и в то же время не находятся в области видения наблюдателя.

2.2. Объект поглощения света

Свет воспринимается и изменяется отдельными телами различно. Тело может частично или полностью отражать, поглощать или пропускать свет. Внешний вид объекта определяется главным образом его поглощающей способностью в определенном спектре и уровнем прозрачности, непрозрачности, глянца.

2.2.1. Светопропускающая способность тел. Спектральное поглощение

Цвет – это ощущение, вызываемое в зрительном аппарате человека попадающим туда светом, состав которого зависит от характера освещения и от оптических свойств предметов, на которые он падает.

Прозрачные бесцветные тела

Оконное стекло при всей своей жесткости и хрупкости пропускает почти весь свет. Оно почти не изменяет естественных красок предмета, а если и изменяет их, то незначительно. Такие вещества, как оконное стекло мы называем бесцветными или прозрачными. Свет проникает через молекулярное строение вещества почти беспрепятственно (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Схема прохождения лучей через бесцветный, прозрачный слой

Прозрачные окрашенные тела

Через зеленые очки можно отчетливо распознать форму предметов. Но цвет сдвинется к зеленому. Зеленое стекло, красное вино, желтое льняное масло – все это окрашенные прозрачные вещества. Некоторые области спектра падающего света будут поглощаться, а другие могут пройти через данное вещество. Такие тела – цветные и прозрачные (рис. 2.5).

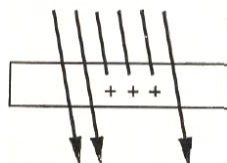


Рис. 2.5. Ход лучей и поглощение света цветным прозрачным веществом

Просвечиваемые тела

Под освещенным белым, зеленым или красным абажуром форма лампы накаливания не различается. Свет лампы проникает через этот экран ослабленным. Свет рассеивается молекулярным строением таких веществ диффузно. Если вещество не поглощает какую-либо область спектра излучения источника света, то оно кажется белым. Если же определенные области спектра поглощаются, то вещество кажется окрашенным (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Ход лучей и рассеивание просвечивающим веществом

Непрозрачные тела

Кипа газет не пропускает свет и поэтому непрозрачна, хотя отдельный лист просвечиваем. Алюминиевая фольга также непрозрачна. От поверхности непрозрачных веществ свет либо отражается, либо, ремиссируя в слое, поглощается (рис. 2.7). Даже прозрачная в нашем понятии морская вода пропускает солнечный свет только приблизительно до глубины 200 м. Начиная от этой глубины, вода становится непрозрачной.

Цвет предмета определяется отраженными лучами: в том случае, когда он поглощает почти все лучи, он кажется черным, если же он почти все лучи отражает, то кажется белым.

Спектральное поглощение – мера света с определенной длиной волны, поглощенного образцом из видимого спектра. Белые цвета имеют очень низкий уровень спектрального поглощения и близки к тому, чтобы быть неселективными (то есть поглощение из спектра однородно). Черные также достаточно неселективны, но они имеют высокий уровень поглощения. Цвет приобретает специфический оттенок и насыщенность из-за селективности в спектральном поглощении; например, зеленый цвет поглощает синий и красный (и отражает или пропускает зеленый), а пурпурный поглощает зеленый (и отражает или пропускает синий и красный) (рис. 2.8).

Спектральное поглощение образца измеряется **спектрофотометром**. Сначала этот прибор последовательно освещает образец светом одной специфической длины волны из всего спектра. Количество света, отражаемого или пропускаемого образцом, измеряется и сравнивается с количеством падающего на образец света. Полученный результат выражается в процентах: например, если при 550 нм этот показатель равен 60%, это означает, что образец отражает (или пропускает) 60% излучения с длиной волны 550 нм, которое ос-

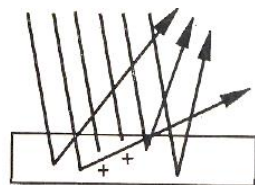


Рис. 2.7. Ремиссии и поглощение света в слое пигмента

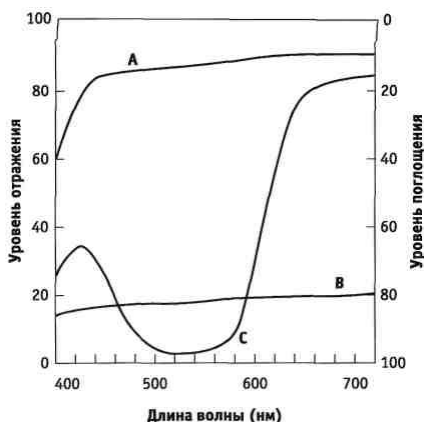


Рис. 2.8. Спектрофотометрические кривые, показывающие свойства отражения (или поглощения): А – белой бумаги; В – серой тестовой карты; С – слоя отпечатанной пурпурной краски

вещает его. Измерения делаются при определенных длинах волны спектра, чтобы обеспечить построение достаточно полной спектрофотометрической кривой для данного объекта.

Белые поверхности

В качестве эталона белой поверхности используют баритовые пластины, поверхность которых покрыта сульфатом бария. Баритовая пластинка почти без потерь и практически равномерно по спектру отражает падающие на нее монохроматические (одноцветные) излучения. Близки к ней по отражательной способности пластинки магния, а также поверхности, покрытые цинковыми или титановыми белилами. Другие краски и предметы обладают меньшей отражательной способностью. Даже небольшая разница в коэффициентах отражения белых поверхностей зрительно очень заметна. Если на баритовой пластинке разместить кусочки самой белой мелованной бумаги, то они будут выглядеть по сравнению с этим эталоном как серые. Некоторые виды бумаги в сравнении с эталоном белого цвета зрительно воспринимаются не только темными, но еще и с некоторым цветным оттенком. Количественная характеристика белизны бумаги имеет в полиграфии большое значение. Чем больше белизна бумаги, тем больше и ступеней градации (насыщенности) цветного изображения на оттиске и выше его контраст.

Черные поверхности

Если от поверхности отражается менее 1,5% каждого из монохроматических излучений видимого спектра, то зрительно эта поверхность воспринимается как черная. Однако для практических целей в качестве эталона черного цвета при рассмотрении в отраженном свете используют поверхности, покрытые черным бархатом, а при рассмотрении в проходящем свете – образцы проявленной черно-белой фотопленки.

Цвет черных красок зависит от поглощающей способности пигмента – сажи. Чем больше света поглощает пигмент и чем меньше в краске связующего вещества, тем она чернее.

Практически нет красок, которые бы равномерно поглощали все монохроматические излучения. Обычно черные краски имеют коричневый или синий оттенок.

Между белыми и черными поверхностями лежит множество поверхностей, отражающих белый свет неполно от 99% до 1% падающего света. Это множество образует ряд серых (ахроматических) цветов. Ряд ахроматических цветов представляет собой серая ступенчатая шкала, которую используют в полиграфии для контроля

репродукционных процессов. Поля такой шкалы, полученной на черно-белой фотобумаге, различаются только по **светлоте**. Светлота – одна из субъективных характеристик видимого света.

2.2.2. Фактура цветовой поверхности

На цвет поверхности влияет также и ее фактура. В природе нельзя говорить о красном, синем, желтом или другом цвете вообще, безотносительно. Нужно говорить о цвете видимой поверхности вещей и материалов. От черных матовых поверхностей падающие лучи отражаются рассеянно, а от глянцевых – направленно. Гладкие черные поверхности мы видим более черными, чем шероховатые, матовые. Поэтому на глянцевых бумагах контраст однокрасочного черно-белого изображения больше и насыщенность черного глубже, сильнее. Черный цвет полированного лабрадорита резко отличается от черного цвета сукна. Красный бархат, одинаковый по цветовому тону, светлоте и насыщенности с красной бумагой, в силу многократного отражения света будет выглядеть более насыщенным.

О роли фактуры поверхности в восприятии цвета наглядно говорят простые примеры. У каштана, упавшего с дерева и освобожденного от колючей оболочки, очень красивый блестящий коричневый цвет. Обсохнув, он становится тусклым и малопривлекательным. Мокрая галька на морском берегу искрится множеством оттенков с четким слоистым рисунком, а, высохнув, утрачивает всю свою красоту. Такие различия в восприятии одного и того же цвета обусловлены видимой структурой поверхности цветоносителя.

Свойство поверхности материала, зависящее от характера ее обработки и светоотражения и влияющее на восприятие ее цвета, называется **фактурой**.

Фактура поверхности влияет на отражающую способность объекта и, соответственно, на восприятие их яркости и насыщенности.

Различают три вида фактур:

- *матовая поверхность* – мелкопористая, шероховатая, рассеивающая свет в разных направлениях, одинаково яркая со всех точек обозрения, а поэтому воспринимаемая равномерно освещенной, никогда ничего не отражающая зеркально, но отражающая рефлексно цветные лучи;
- *глянцевая поверхность* не отражает окружающих предметов, но имеет слабые блики. Ей присущ и своеобразный шелковый блеск, возникающий на гладкой поверхности мелкобороздчатой структуры, характерной для особых сортов бумаги, пластмассовых пленок и т.п.;

- *блестящая поверхность* – совершенно гладкая, отражающая свет в одном направлении, имеющая светлые блики, то есть очень яркая с определенной точки обозрения, но темная со всех остальных, отражающая окружающие предметы.

Некоторая часть падающего на образец света всегда отражается или рассеивается по поверхности, будучи не в состоянии проникнуть в объект. Этот рассеянный, отраженный свет (в данном случае) имеет те же самые спектральные параметры, что и источник освещения.

В зависимости от вида фактуры и присущего ей характера светоотражения один и тот же цвет выглядит по-разному.

Если образец имеет очень высокий блеск (блестящая поверхность), поверхностное отражение будет направлено под тем же самым углом, под которым свет падает на объект. В этом случае, если геометрия обозрения правильная, свет, отраженный от поверхности, не будет достигать глаза и таким образом не повлияет на восприятие цвета объекта. При блестящей фактуре, отражающей многоцветную среду окружающих предметов и создающей блики, цвет не однороден по цветовому тону, в местах бликов полностью теряет насыщенность, резко меняет светлоту, приобретает множество оттенков, превращается из собственного в обусловленный.

Когда объект имеет матовую поверхность, можно говорить о разнонаправленном поверхностном отражении падающего света. Другими словами, угол отражения света никак не связан с углом его падения. В этом случае свет, рассеянный поверхностью, достигает глаза наблюдателя. Рассеянный свет (тех же самых спектральных характеристик, что и у источника освещения) смешан со светом, который попадает на объект и выборочно отражается. Помимо всего прочего, это снижает оптическую плотность красочного изображения. Поверхности с матовой фактурой диффузно рассеивают свет. Матовая фактура, равномерно освещенная стандартным источником света, выражает собственные свойства цветов и их соотношения, подлинный характер цветовых плоскостей.

Влияние фактуры поверхности на отражение падающего света графически представлено на рис. 2.9.

Светоцветовые эффекты в равной мере могут быть и желательны, и недопустимы.

Таким образом, взаимовлияние цвета и фактуры определяется специфическими особенностями материала цветоносителя и способом отделки его лицевой поверхности, то есть характером светоотражения. Здесь первостепенное значение приобретает взаимодействие: свет, цвет, материал, краситель.

Взаимодействие света с избирательными поглотительными свойствами красителей иногда дает удивительные цветовые сочетания. Флуоресцентный пигмент может отразить больше видимого излуче-

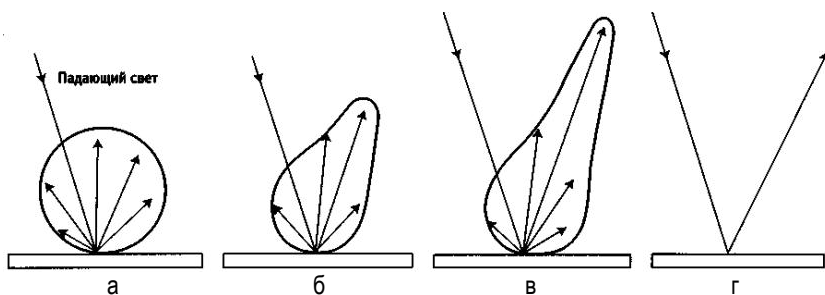


Рис. 2.9. Влияние гладкости поверхности на отражение падающего света:
 а – матовая поверхность – отражение будет одинаково во всех направлениях, если поверхность абсолютно светорассеивающая; б и в – глянцевые поверхности (более гладкие поверхности) заставляют излучение быть более направленным; д – блестящая поверхность (совершенно гладкая поверхность) заставляет весь падающий свет быть отраженным под углом, равным углу падения

ния, чем попало на него, а некоторые цвета могут показать сильные изменения оттенка под различными источниками света. Такие явления происходят независимо от эффекта хроматической адаптации, когда глаз может не воспринять изменения в источнике света.

Явление *флуоресценции* наблюдается, когда образец поглощает энергию коротковолнового излучения (обычно ультрафиолетового) и излучает ее как полосу видимого излучения с более длинной волной. Величина переизлучения зависит от концентрации красителей или пигмента в образце, а также от интенсивности источника освещения в длинах волны поглощения. Свет, изобилующий коротковолновым излучением (солнечный свет в полдень), создает больший эффект флуоресценции, чем излучение с большей длиной волны (вольфрамовые источники).

Нежелательная флуоресценция может стать причиной проблемы несоответствия цвета, особенно когда флуоресцентные материалы присутствуют в цветных оригиналах, предназначенных для воспроизведения. Нежелательная флуоресценция может быть минимизирована, если поместить поглотители ультрафиолетового излучения перед источником света. В некоторых случаях, однако, флуоресценция создается коротковолновым излучением видимой части спектра, и ее очень трудно устранить.

2.2.3. Метамеризм

Излучения, которые имеют одинаковый цвет, но различный спектральный состав, называются **метамерными**. Метамерия цветов это способность нашего зрения видеть различные по спектральному со-

ставу излучения одинаковыми по цвету. Излучения, вызывающие одинаковые ощущения цвета в одних условиях восприятия, создают одинаковые ощущения цвета и в других условиях. Но само ощущение цвета может заметно меняться от условий рассматривания и освещения. Мы постоянно видим метамерные цвета. Более того, получение любых цветных изображений, в частности и на оттиске, основано на метамерии. Например, оранжевый цвет можно получить на бумаге оранжевой краской или же наложением слоев двух красок: пурпурной и желтой (последней в большем количестве).

Наибольшей метамерией, т.е. наибольшим разнообразием по спектральному составу, обладают белые излучения источников света. С увеличением насыщенности метамерия цветов уменьшается. Спектральные цвета не имеют метамеров, так как каждый из них создается одним—единственным монохроматическим излучением. Среди красок наибольшей метамерией, т.е. наибольшим разнообразием по спектральному составу, обладают темные, зачерненные цвета.

Уменьшение метамерии цвета с увеличением насыщенности имеет большое практическое значение в полиграфии, особенно при выборе печатных красок и цветоделительных светофильтров, а также при разработке алгоритмов цветоделения.

На метамерии цвета основаны все колориметрические методы, в которых для излучения сложного состава подбирается такая смесь некоторого монохроматического излучения с белым светом, которая зрительно неотличима от него по цвету.

Все репродукционные процессы в полиграфии основаны на том, что всевозможные цвета изображения на оттиске мы воспроизводим смешением нескольких вполне определенных печатных красок. Это возможно потому, что мы видим одинаковыми по цвету различные по спектральному составу излучения.

Если два объекта имеют схожие спектрофотометрические кривые (то есть характеристики поглощения) и схожие характеристики поверхности, то все наблюдатели будут чувствовать, что эти объекты соответствуют друг другу подо всеми источниками света. Если два объекта имеют различные спектрофотометрические кривые — такие, что они соответствуют друг другу под одним источником света, а под другим — нет, или же они восприняты как соответствующие друг другу одним наблюдателем, а другим — нет, то они являются *метамерическими* (metameric). Это явление известно как **метамеризм (metamerism)**.

Объекты, которые соответствуют друг другу, по крайней мере, при одном условии освещения для одного наблюдателя, называют **метамерическим совпадением, метамерической парой, или**

метамерами. Индекс метамеризма может быть получен из измерений цветового различия метамерической пары при различных условиях наблюдения и освещения.

Все изображения, выполненные при помощи фотомеханического цветовоспроизведения, являются метамерическими совпадениями.

Цветовоспроизведение построено на сочетании полутоновых оттенков голубого, пурпурного, желтого и черного, в отличие от оригинала, который может содержать различные красители и пигменты, речь идет об изображениях картин, образцов товаров, или одного из многих видов фотографических эмульсий или печатных изданий.

Присутствие явления метамеризма в процессе цветовоспроизведения частично объясняет, почему два или больше человека не могут прийти к соглашению о точности совпадения между оригиналом и его воспроизведением. Стандартизация методов и условий оценки поможет уменьшить метамеризм, связанный с источником света; но возможностей обойти влияние, связанное с наблюдателем метамеризма, немного.

Смесевые краски, разработанные в соответствии с образцом фирменного цвета или примером ранее напечатанной работы (например, ярлык со специфическим цветом подложки), также могут проявлять свойство метамерии. Всегда пользуйтесь зафиксированной рецептурой смешения при повторном смешивании цветов для перепечатки заказов.

Компьютерные системы определения соответствия цвета полезны при выявлении составляющих краски, которая должна соответствовать предоставленному образцу цвета неизвестного состава. Компьютерные программы цветового соответствия обычно предлагают вариант соответствия с «минимумом метамеризма».

Метамеризм может также проявиться при изменении поля зрения. Совпадение при регламентированных Международной комиссией по освещению (CIE) 2° для среднего наблюдателя (см. главу 3) может быть недостижимо при стандартных (для Международной комиссии по освещению) 10° обзоре. На практике наиболее вероятно, что эта проблема возникнет, когда соответствие установлено на основе колориметрических оценок, которые, в свою очередь, могут базироваться на результатах, полученных при неправильном (то есть отличном от ранее используемого) поле зрения.

Эффект, подобный метамеризму, может наблюдаться, когда два образца с различными поверхностными характеристиками совпадают под одним сочетанием освещения и геометрии обзора, а под другим – нет. Глянец обоих образцов должен быть идентичен, чтобы предотвратить эту проблему. Строгое соответст-

вие стандартам, принятым в полиграфии, теоретически нивелирует проблему; однако фактические условия наблюдения, с которыми люди сталкиваются в универсамах, офисах и домах, будут часто заметно отличаться от таковых, прописанных в стандартах.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие факторы могут влиять на цветовосприятие?
2. Как может влиять на цветовосприятие источник освещения?
3. В каких случаях особенности этого влияния следует учитывать?
4. Какие факторы и как влияют на условия освещенности?
5. Понятие цветовой температуры в физике.
6. Понятие цветовой температуры в колориметрии.
7. Что такое цветовая температура источника света, коррелированная цветовая температура?
8. Объясните понятие «цветопередача», для чего он используется?
9. Влияние интенсивности освещения на цветовосприятие.
10. Влияние рассеивания света на цветовосприятие.
11. Для чего существует стандартизация условий освещения?
12. Как влияют на цветовосприятие особенности объекта поглощения света?
13. Что такое спектральное поглощение?
14. Как влияет на цветовосприятие фактура поверхности?
15. Объясните явление метамеризма.

Глава 3

ВОСПРИЯТИЕ ЦВЕТА ЧЕЛОВЕКОМ

План:

3.1. Физиология цветовосприятия

- 3.1.1. Устройство и работа глаза человека*
- 3.1.2. Модель зрительной системы*
- 3.1.3. Возможный механизм цветового зрения человека*
- 3.1.4. Пороговая чувствительность восприятия цвета*
- 3.1.5. Теории цветового зрения*
- 3.1.6. Изменчивость цветового зрения*
- 3.1.7. Комплексное цветовосприятие*
- 3.1.8. Критерии оценки цвета*

3.2. Психология цветовосприятия

- 3.2.1. Психологическое воздействие цвета на человека*
- 3.2.2. Психологическое воздействие на человека цветовых сочетаний*
- 3.2.3. Цветовые гармонии. Цветовые контрасты*
- 3.2.4. Гармоническая система цветовых рядов*
- 3.2.5. Цвет в индивидуальной и общественной практике человека*

Цветовое восприятие наиболее трудно определить и измерить. Оно основано на восприятии глаза и мозга человека. Некоторые из влияющих на цветовосприятие факторов являются физиологическими или психофизиологическими по своей природе. Другие – эстетическими или психологическими по своему характеру, будучи связанными с областями творчества и культуры. Такое восприятие очень индивидуально и трудно поддается измерению.

3.1. Физиология цветовосприятия

Человек ощущает свет при помощи органа зрения – глаза. И ощущает не только свет, но и цвет. Человек не только видит освещенные или светящиеся предметы, но и ощущает их цвет.

Свойство глаза – не только видеть окружающие предметы, но и ощущать их цвета – дает человеку возможность наблюдать неисчерпаемые богатства красок природы и воспроизводить цвета, нужные в разных областях жизни и деятельности.

3.1.1. Устройство и работа глаза человека

На рис. 3.1 показан поперечный разрез глазного яблока человека. Свет попадает в глаз через роговицу и фокусируется хрусталиком на внутренний слой глаза, называемый сетчаткой или ретиной.

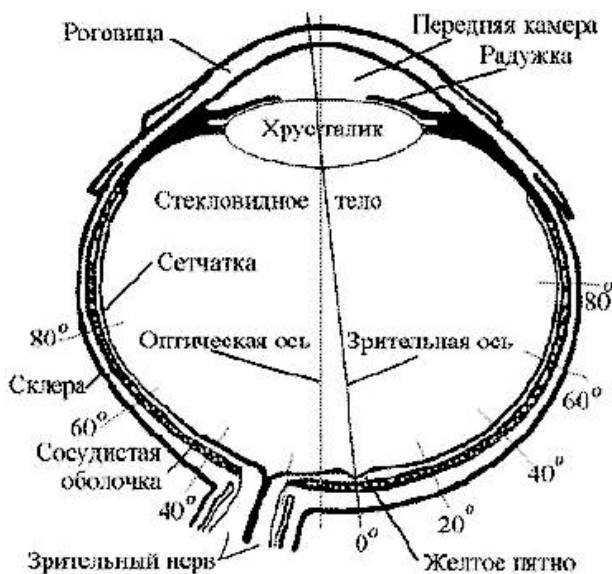


Рис. 3.1. Поперечный разрез глаза

Информация от рецепторов передается в мозг по зрительному нерву, содержащему около 800 тысяч волокон. На пути к мозгу два нерва перекрещиваются. Перекрестье зрительных нервов называется хиазмой. После хиазмы зрительные волокна идут дальше, образуя зрительные канатики, и входят в части мозга, которые называются наружным и внутренним колленчатými телами и подуш-

кой зрительного бугра. Это промежуточные зрительные центры, важнейший из которых – наружное коленчатое тело. Оно состоит из шести слоев, в которых заканчиваются волокна зрительного нерва. Из промежуточных центров возбуждение передается конечным зрительным центрам в коре большого мозга по так называемым волокнам Грациоле.

Кроме такой прямой передачи возбуждения от сетчаток к мозговым центрам существует сложная обратная связь для управления, например, движениями глазных яблок.

Основная часть глазного яблока с внешней стороны ограничена трехслойной оболочкой. Внешняя твердая оболочка называется склерой (по-гречески – твердость) или белковой оболочкой. Она охватывает со всех сторон внутреннее содержание глаза и непрозрачна на всем своем протяжении за исключением передней части. Здесь склера выдается вперед, совершенно прозрачна и носит название роговой оболочки (роговицы).

К склере примыкает сосудистая оболочка, переполненная кровеносными сосудами. В передней части глаза, там, где склера переходит в роговицу, сосудистая оболочка утолщается, отходит под углом от склеры и направляется к середине передней камеры, образуя поперечную радужную оболочку (радужку).

Радужная оболочка действует как диафрагма, изменяя количество света, проходящего в глаз. Диаметр зрачка меняется от 2 мм (при ярком свете) до 8 мм (при малой освещенности). Если задняя сторона радужной оболочки окрашена только в черный цвет, глаза кажутся синими, чернота просвечивает через кожу синеватым отливом подобно жилам в руках. Если бывают еще другие цветные включения, что зависит и от количества черного цветного вещества, то глаз кажется зеленоватым, серым, карим и т.д. Когда в радужке нет никакого цветного вещества (как, например, у белых кроликов), то она нам кажется красной от крови, заключенной в пронизывающих ее кровеносных сосудах. В этом случае глаза плохо защищены от света, они страдают светобоязнью (альбинизмом), но в темноте превосходят по остроте зрения глаза с темной окраской.

Радужная оболочка отделяет передний выпуклый сегмент глаза от его остальной части и имеет отверстие, называемое зрачком. Сам зрачок глаза черный по той же причине, что и окна соседнего дома при дневном освещении, которые кажутся нам черными, потому что прошедший через них снаружи свет почти не выходит обратно. Зрачок пропускает внутрь глаза в каждом отдельном случае определенное количество света. Зрачок увеличивается и уменьшается независимо от нашей воли, но в зависимости от условий освещения. Явление приспособления глаза к яркости поля зрения

называется адаптацией. Однако основную роль в процессе адаптации играет не зрачок, а сетчатка.

Сетчаткой называется третья внутренняя оболочка, преобразующая свет в импульсы в нервных волокнах и состоящая из трех слоев клеток. Внутренний слой сетчатки глаза содержит два типа светочувствительных рецепторов, занимающих область с раствором около 170 относительно зрительной оси: ~ 100 млн палочек (длинные и тонкие рецепторы ночного зрения), ~ 6,5 млн колбочек (короткие и толстые рецепторы дневного зрения).

Таким образом, свет должен вначале пройти два слоя клеток, прежде чем он воздействует на колбочки и палочки. Причины для такого обратного устройства сетчатки не полностью поняты, но одно из объяснений состоит в том, что расположение светочувствительных клеток в задней части сетчатки позволяет любому паразитному непоглощенному свету попасть на клетки, находящиеся непосредственно позади сетчатки, которые содержат черный пигмент – меланин. Клетки, содержащие меланин, также помогают химически восстанавливать светочувствительный визуальный пигмент в колбочках и палочках после того, как они были отбелены на свету.

Нужно сказать, что путь волокон, идущих от центральной части сетчатки, достаточно сложен и еще недостаточно изучен. Еще сложнее пути зрительных возбуждений внутри мозга. В сущности, зрительные впечатления и даже просто свет – уровень внешней освещенности или яркости – оказывают влияние на всю нервную систему человека. Подчеркивая теснейшую связь глаза с нервной системой, сетчатку нередко называют частью мозга, вынесенной на периферию.

Колбочки и палочки содержат зрительные пигменты. Зрительные пигменты очень похожи на любые другие пигменты в том, что они поглощают свет, и степень поглощения зависит от длины волны. Важное свойство зрительных пигментов состоит в том, что когда зрительный пигмент поглощает фотон света, изменяется форма молекулы и в то же самое время происходит переизлучение света. Пигмент при этом изменился, измененная молекула поглощает свет менее хорошо чем прежде, т.е. как часто говорят, «отбеливается». Изменение формы молекулы и переизлучение энергии некоторым, пока еще не вполне ясным образом, инициируют светочувствительную клетку к выдаче сигнала.

Информация от светочувствительных рецепторов (колбочек и палочек) передается другим типам клеток, которые соединены между собой. Специальные клетки передают информацию в зрительный нерв.

Область сетчатки, в которой волокна зрительного нерва собираются вместе и выходят из глаза, лишена светочувствительных рецепторов и называется слепым пятном.

3.1.2. Модель зрительной системы

Оптика глаза создает на сетчатке изображение картины внешнего мира, причем освещенность каждого рецептора пропорциональна яркости проецируемого на него элемента картины. Имеются данные, что светочувствительные вещества сетчатки обладают фотопроводимостью. Появляющиеся благодаря освещенности заряды движутся под влиянием электрического поля сетчатки. Через сетчатку протекает ток по нормали к ее слоям. Плотность тока пропорциональна освещенности данного элемента сетчатки, т.е. яркости изображаемого на нем элемента внешней картины. Когда на окончании волокна зрительного нерва накапливается достаточный ионный заряд, по волокну в мозг направляется сигнал. Причем частота импульсов пропорциональна логарифму яркости, а следовательно, логарифму плотности тока.

Где-то в сетчатке происходит сложная переработка информации – логарифмирование плотности тока и преобразование логарифма в частоту импульсов. Итак, информация о яркости, кодируемая частотой импульсов, по волокну зрительного нерва передается в мозг. Однако по нерву проходит не просто ток, а сложный процесс возбуждения, некоторое сочетание электрических и химических явлений. Отличие от электрического тока подчеркивается тем, что скорость распространения сигнала по нерву очень мала. Она лежит в пределах от 20 до 70 м/с.

Закодированная частотами импульсов информация о распределении яркости в наблюдаемой картине приходит в мозг, который должен ее декодировать, т.е. расшифровать. Декодирование – очень сложный процесс, в который втягивается значительная часть коры мозга. Ведь нужно, сопоставив изображения в обоих глазах, получить сведения о рельефе наблюдаемой картины. Нужно осмыслить картину, т.е. узнать в ней знакомые предметы независимо от их угловых размеров и ракурса. И самое главное – изображение нужно спроецировать обратно в пространство предметов. Ведь мы воспринимаем не какую-то картину в наших глазах или в нашем мозгу, а непосредственно видим все предметы на тех местах, где они находятся.

3.1.3. Возможный механизм цветового зрения человека

Из опытов по смешению цветов на испытуемых как с нормальным, так и нарушенным цветовым зрением был получен ряд психофизических данных в пользу того, что в сетчатке человека имеется три типа рецепторов цвета. В 1953 г. Томсон и Райт опубликовали кривые, представляющие собой функции спектральной чувствительности, лежащие в основе трехцветного механизма (рис. 3.2 на цв. вкл.).

(Обратите внимание, что «красная» кривая имеет пик фактически в желтой области, но, несмотря на это, соответствующий рецептор проявляет значительную чувствительность к красному цвету).

Другие данные в пользу трехцветной теории были получены Раштоном в опытах по отражению света зрительными пигментами сетчатки *in situ*. Однако прямое подтверждение этой гипотезы удалось получить лишь в 1964 г. Это сделали две группы американских ученых – Маркс, Добелл и Мак-Никол в опытах на сетчатке серебрянного караса, обезьяны и человека и Браун и Уолд на сетчатке человека. Обе группы исследователей обнаружили три типа колбочек, поглощающих свет в различных частях спектра, и получили кривые (рис. 3.3 на цв. вкл.), аналогичные тем, которые изображены на рис. 3.2.

На всех стадиях показана относительная чувствительность каждого механизма [палочки, «синие» (С), «зеленые» (З) и «красные» (К) колбочки, яркость света (Я) и цветовые дифференциальные (желтый против синего, ЖС, и красный против зеленого, КЗ) механизмы].

На первый взгляд кажется очевидным, что тем самым теория Юнга-Гельмгольца получила полное подтверждение. Однако ранее, 1953 г., Мотокава и Светихин, работавшие независимо друг от друга, в опытах на сетчатке рыб обнаружили, что существуют определенные клетки, отвечающие на раздражение медленным изменением потенциала, который зависит от силы раздражителя, а, кроме того, имеются другие клетки, в которых потенциал становится более отрицательным по мере смещения цвета светового стимула в синюю область, но меняет знак и становится положительным под действием желтого света с большей длиной волны.

Были также обнаружены клетки, которые изменяют знак потенциала на противоположный при переходе от красного стимула к зеленому. Это было сделано в 1958 г. де Валуа. В некоторых опытах электрическая активность регистрировалась в латеральном коленчатом теле (подкорковом зрительном центре). Эта электрическая активность скорее всего просто отражает ответы, генерируемые в ганглиозных клетках на уровне латерального коленчатого тела.

Клетки латерального коленчатого тела генерируют импульсную активность спонтанно, и некоторые из них увеличивают или уменьшают частоту этой импульсации в зависимости от того, какой свет падает на сетчатку – красный или зеленый. Другие клетки аналогичным образом реагируют на желтый и синий свет. Они называются оппонентными клетками, поскольку определяют относительную силу противоположных пар цветов. Другой тип клеток на-

зывается неоппонентным и, по-видимому, дает информацию лишь о яркости раздражителя.

Это последнее чрезвычайно интересное исследование по крайней мере дало достаточно обоснованные данные о возможном механизме цветового зрения человека. Согласно этим данным, на рецепторном уровне свет регистрируется тремя различными видами колбочек. Однако поступающая от них информация преобразуется в импульсные разряды и до передачи в мозг кодируется в сетчатке. Эта закодированная информация посылается в виде сигнала о яркости из всех трех типов колбочек, а также в виде разностных сигналов каждого двух цветов (см. рис. 3.3 на цв. вкл.). Сюда подключается также и второй яркостный канал, берущий начало, вероятно, от независимой палочковой системы.

Таким образом, палочки реагируют на оттенки серого, а с помощью колбочек мозг способен воспринимать спектр цветов. Существует три типа колбочек: первые реагируют на красно-оранжевый цвет, вторые – на зеленый, а третьи – на сине-фиолетовый. Когда стимулируется только один тип колбочек, мозг видит только один соответствующий цвет. Если одновременно стимулировать зеленые и красно-оранжевые колбочки, человек видит желтый цвет.

От колбочек и палочек отходят нервные волокна, которые собираются в зрительный нерв и идут от глаза к коре головного мозга. Как установлено очень сложными и очень тонкими опытами над глазами живых животных, при попадании света в глаз в результате распада светочувствительных веществ, содержащихся в колбочках и палочках, в последних возникают электрические заряды. Вследствие этого по нервным волокнам протекают и передаются к коре головного мозга ритмичные (повторяющиеся) электрические импульсы, следующие друг за другом через определенные промежутки времени.

Электрические импульсы различного значения и частоты, возбуждаемые попадающим в глаз светом, передаются в соответствующие участки коры головного мозга и вызывают восприятие света, цвета, контраста и т. д.

Первый разностный цветовой сигнал представляет собой сигнал «красный против зеленого». Он формируется красными и зелеными колбочками. Образующийся сигнал является результатом взвешивания сигналов этих колбочек и зависит от их относительной силы.

Второй сигнал представляет собой сигнал «желтый против синего», который получается аналогичным образом, за исключением того, что информация о желтом цвете получается при сложении входных сигналов из «красных» и «зеленых» колбочек.

3.1.4. Пороговая чувствительность восприятия цвета

Передача светлотного и цветового контраста во многом зависит от чувствительности глаза, которая непостоянна и способна изменяться под действием внешних и внутренних стимулов. Глаз реагирует не на всякое раздражение, а только на такое, которое достигло определенной величины. Эту минимальную разницу между двумя степенями яркости, которую способен замечать глаз, психологи называют порогом чувствительности. Для того чтобы заметить в природе и выразить затем тончайшие изменения света и цвета, глаз наблюдателя должен обладать высокой чувствительностью, которая дается от природы и развивается в процессе обучения. Пороговая чувствительность восприятия цвета и положена в основу определения цвета, которое было предложено известным физиком Шредингером (1920 г.). По Шредингеру, **цвет есть свойство спектральных составов излучений, не различаемых человеком визуально.**

3.1.5. Теории цветового зрения

Основу изучения цветового зрения заложил Ньютон, показавший, что с помощью призмы белый свет можно разложить на непрерывный спектр, а путем воссоединения компонентов спектра вновь получить белый свет. В дальнейшем было предложено много теорий для объяснения цветового зрения.

В 1802 г. английский физик Томас Юнг, создатель волновой теории света, выдвинул предположение, что в человеческом глазе имеется три вида нервных окончаний рецепторов, которые чувствительны только к синей, зеленой и красной составляющим видимого спектра и возбуждение которых вызывает ощущение цвета. Долгое время трехцветная теория Томаса Юнга оставалась гипотезой и только в работах немецкого биолога и физика Германа Гельмгольца нашла свое подтверждение.

Теория цветового зрения Г. Гельмгольца, модифицирующая теорию Т. Юнга, стала **классической трехцветной теорией зрения**. Она утверждает, что все цвета могут быть получены смешением трех основных цветов: красного, зеленого и синего, а восприятие цвета определяется на сетчатке тремя разными светочувствительными веществами, локализованными в колбочках. Эта теория получила подтверждение в 1959, когда было обнаружено, что в сетчатке имеется три типа колбочек: одни содержат пигмент с максимумом поглощения в синей части спектра (430 нм), другие – в зеленой (530 нм), третьи – в красной (560 нм). Спектры их чувствительности частично перекрываются. Возбуждение колбочек всех трех типов

создает ощущение белого цвета, «зеленых» и «красных» – желтого, «синих» и «красных» – пурпурного.

Однако теория Гельмгольца не давала объяснений целого ряда феноменов цветового восприятия (например, ощущение коричневого или появление цветных остаточных изображений – т.н. послеобразов), что стимулировало создание альтернативных теорий. В 19 в. немецкий физиолог Э.Геринг выдвинул теорию оппонентных цветов, согласно которой цветовое восприятие основано на антагонизме некоторых цветов: как белое (состоящее из всех цветов) противоположно черному (отсутствию цвета), так желтое – синему, а красное – зеленому.

По Герингу, жёлтый, синий, красный и зелёный могут считаться основными цветами, а третий оппонентный процесс регистрирует соотношение чёрного и белого. Ощущение чёрного и серого порождается не просто отсутствием света, поступающего от некоторого объекта или поверхности, а возникает тогда и только тогда, когда от объекта приходит меньше света, чем в среднем от окружающего фона. Ощущение белого возникает только в том случае, если фон темнее и отсутствует цвет. По теории Геринга, чёрно-белый процесс предполагает пространственное сравнение или вычитание отражающих способностей, в то время как жёлто-синий и красно-зелёный процессы происходят в одном определённом участке поля зрения и не связаны с окружением.

Замечательный пример, который это иллюстрирует, – картинка шахматной доски с тенью от цилиндра (рис. 3.4 на цв. вкл.). В это сложно поверить, но клетки А и В имеют совершенно одинаковый цвет! Просто в одном случае рядом с ними находятся более светлые поля, а в другом – более темные. Вот глаз и воспринимает клетку в одном случае как белую, а в другом – как черную.

Теория Геринга позволила объяснить не только все спектральные цвета и уровни насыщенности (чистоты), но и такие цвета, как коричневый и оливково-зелёный, которые отсутствуют в спектре и не могут быть воспроизведены путем смешения любых цветов. Коричневый цвет получается лишь в том случае, если жёлтое или оранжевое световое пятно будет окружено в среднем более ярким светом. Коричневый цвет можно считать смесью чёрного, получаемого в условиях пространственного контраста, с оранжевым или жёлтым. По теории Геринга, при этом работают по меньшей мере две системы – чёрно-белая и жёлто-синяя.

В последние десятилетия, когда появилась возможность регистрировать активность отдельных нейронов и удалось выявить тормозные механизмы в деятельности нейросенсорных систем, стало ясно, что эта теория в целом адекватно описывает функцию

ганглиозных клеток и более высоких уровней зрительной системы. Таким образом, теории Гельмгольца и Геринга, которые долгое время считались взаимоисключающими, обе оказались в основном справедливы и дополняют друг друга, если рассматривать их как описание разных уровней цветового восприятия. Синтетическим объединением этих двух теорий стала зонная теория Крисса, предложенная 80 лет назад.

3.1.6. Изменчивость цветового зрения

Большая часть науки о цвете и исследований цвета базируются на концепции «среднего» наблюдателя. Но надо понимать, что фактическое цветовое зрение изменяется весьма значительно между индивидуумами. Это довольно широко известный факт, что один из двенадцати кавказских мужчин имеет врожденный дефект цветового зрения. Менее известен факт, что и мужчины, и женщины всех рас могут иметь неправильное цветовое зрение, которое может быть временным или постоянным.

Возрастные изменения зрения и его естественная цветовая изменчивость среди населения также вносят вклад в отличие фактических наблюдателей от «среднего» наблюдателя по Стандарту Международной комиссии по освещению (CIE). Важно учесть эти факты, когда делаются решающие качественные оценки цвета.

Врожденные отклонения цветового зрения

Дальтонизм, цветовая слепота – наследственная, реже приобретенная особенность зрения, выражающаяся в неспособности различать один или несколько цветов. Названа в честь Джона Дальтона, который впервые описал один из видов цветовой слепоты на основании собственных ощущений в 1794 г.

Чаще всего дальтонизм является наследственным отклонением. Он встречается у 8% мужчин и намного реже у женщин: возникновение его связывают с отсутствием определенных генов в половой непарной X-хромосоме. Однако встречаются люди с приобретенным дальтонизмом. Заболевание развивается только на глазу, где поражена сетчатка или зрительный нерв. Этому виду дальтонизма свойственно прогрессирующее ухудшение и трудности в различении синего и желтого цветов.

Для **диагностики** дальтонизма используют полихроматические таблицы. Люди, страдающие этим заболеванием, не различают цвет огней светофоров и т.п. Существует три разновидности частичной цветовой слепоты: протанопия, дейтеранопия и тританопия. Каждая из них характеризуется отсутствием восприятия одного из трех основных цветов.

Люди, страдающие протанопией («краснослепые»), не воспринимают красного цвета, сине-голубые лучи кажутся им бесцветными. Лица, страдающие дейтеранопией («зеленослепые»), не отличают зеленые цвета от темно-красных и голубых. При тританопии, редко встречающейся аномалии цветового зрения, не воспринимаются лучи синего и фиолетового цветов. Все перечисленные виды частичной цветовой слепоты хорошо объясняются трехкомпонентной теорией цветоощущения. Каждый вид этой слепоты – результат отсутствия одного из трех колбочковых цветовоспринимающих веществ. Встречается и полная цветовая слепота – ахромазия, при которой в результате поражения колбочкового аппарата сетчатки человек видит все предметы лишь в разных оттенках серого.

Приобретенные отклонения цветового зрения

Приобретенные отклонения цветового зрения могут появиться в любом возрасте, как у мужчин, так и у женщин. Они могут быть вызваны лекарствами, химикатами и болезнями. Отклонения могут быть как временными, так и постоянными.

Возрастные изменения цветового зрения

С возрастом хрусталик глаза становится более желтым и пропускает все меньше синих волн на сетчатку. Поэтому с возрастом синие оттенки могут выглядеть более зелеными, фиолетовые – более синими, а пурпурные – более красными. Способности отличать зеленовато-желтый от пурпурно-синего образца ухудшаются. Насыщенность цветов также уменьшается.

3.1.7. Комплексное цветовосприятие

В подавляющем большинстве случаев цветовое ощущение возникает в результате воздействия на глаз потоков электромагнитного излучения из диапазона длин волн, в котором это излучение воспринимается глазом (видимый диапазон – длины волн от 380 до 760 нм). Иногда цветовое ощущение возникает без воздействия лучистого потока на глаз – при давлении на глазное яблоко, ударе, электрическом раздражении и др., а также по мысленной ассоциации с другими ощущениями – звука, тепла и т.д. и в результате работы воображения. Различные цветовые ощущения вызывают разноокрашенные предметы, их разноосвещённые участки, а также источники света и создаваемое ими освещение. При этом восприятие цветов может различаться (даже при одинаковом относительном спектральном составе потоков излучения) в зависимости от того, попадает ли в глаз излучение от источников света или от несамосветящихся объек-

тов. В человеческом языке, однако, используются одни и те же термины для обозначения цвета этих двух разных типов объектов. Основную долю предметов, вызывающих цветовые ощущения, составляют несамосветящиеся тела, которые лишь отражают или пропускают свет, излучаемый источниками.

В общем случае цвет предмета обусловлен следующими факторами: его окраской и свойствами его поверхности; оптическими свойствами источников света и среды, через которую свет распространяется; свойствами зрительного анализатора и особенностями ещё недостаточно изученного психофизиологического процесса переработки зрительных впечатлений в мозговых центрах.

Эволюционно способность к восприятию цвета развилась для целей идентификации предметов вместе со способностями к восприятию других их свойств (размеров, твёрдости, теплоты и др.) и перемещений в пространстве, помогая обнаруживать и опознавать в жизненно важных ситуациях отдельные предметы по их окраске при всевозможных изменениях освещения и состояния окружающей их среды. Эта необходимость распознавания объектов явилась главной причиной того, что их цвета определяются в основном их окраской, и при привычных для человека условиях наблюдения за счёт вносимой наблюдателем бессознательно поправки на освещение лишь в малой степени зависят от освещения. Например, зелёная листва деревьев признаётся зелёной даже при красноватом освещении на закате солнца. Оговорка о привычных (в широком смысле) условиях наблюдения весьма существенна – если сделать их резко необычными, суждения человека о цветах предметов (следовательно, и его цветовые ощущения) становятся неуверенными или ошибочными. (Так, описания и попытки воспроизведения цвета т.н. космических зорь, сделанные разными космонавтами, сильно отличались одно от другого и от цвета этих «зорь», зафиксированных объективными методами цветной фотографии.)

Вырабатывающееся и закрепляющееся в человеческом сознании устойчивое представление об определённом цвете как неотъемлемом признаке привычных объектов наблюдения называется «эффектом принадлежности цвета», или «явлением константности цвета». Эта психологическая особенность зрительного восприятия наиболее сильно проявляется при рассматривании несамосветящихся предметов и обусловлена тем, что в повседневной жизни мы одновременно рассматриваем совокупности предметов, подсознательно сравнивая их цвета, либо сравниваем цветовые ощущения от разноокрашенных или разноосвещённых участков этих предметов. Эффект принадлежности цвета несамосветящихся объектов настолько значителен, что даже в неблагоприятных ус-

ловиях рассматривания цвет предмета осознаётся в результате опознания предмета по другим признакам. Наименования многих цветов произошли от названий объектов, окраска которых очень сильно выражена: малиновый, розовый, изумрудный. Нередко даже цвет источника света описывают цветом какого-либо характерного несветящегося объекта: кроваво-красный диск Солнца. Эффект принадлежности цвета не столь силен для источников света, поскольку в обычных (не связанных с их производством) условиях их редко сопоставляют с другими источниками, и зрительный анализатор в значительной степени адаптируется к условиям освещения. Примером может служить неопределённость понятия «белый свет», в отличие от полной определённости понятия «белый цвет поверхности несамосветящегося предмета» (цвет поверхности, на всех участках которой во всём видимом диапазоне минимально и одинаково по относительной интенсивности поглощение света).

Восприятие цвета может частично меняться в зависимости от психофизиологического состояния наблюдателя, например, усиливаться в опасных ситуациях, уменьшаться при усталости и т.д. Несмотря на адаптацию глаза к условиям освещения, оно может довольно заметно отличаться от обычного при изменении интенсивности излучения (того же относительного спектрального состава) – явление, открытое немецкими учёными В. Бецoldem и Э. Брюкке в 1870-х гг. Оно наглядно демонстрируется в т.н. бинокулярной колориметрии, основанной на независимой адаптации одного глаза от другого. Всё это указывает на ведущую роль мозговых центров, ответственных за восприятие цветов, и степени их «тренированности» (при неизменном фотохимическом аппарате цветового зрения).

Цвета излучений, длины волн которых располагаются в определённых интервалах из диапазона видимого света вокруг длины волны какого-либо монохроматического излучения, называются спектральными цветами. Излучения с длинами волн от 380 до 470 нм имеют фиолетовый и синий цвета, от 480 до 500 нм – сине-зелёный, от 510 до 560 нм – зелёный, от 570 до 590 нм – жёлто-оранжевый, от 600 до 760 нм – красный (в более мелких участках этих интервалов цвета излучений соответствуют различным оттенкам указанных цветов, большее количество которых легко различается тренированным наблюдателем).

Развитие способности к ощущению цветов эволюционно обеспечивалось формированием специальной системы цветового зрения, состоящей из трёх типов цветочувствительных фоторецепторов в центральном участке сетчатки глаза (т.н. колбочек) с максимумами спектральной чувствительности в трех разных спектральных участках: красном, зелёном и синем, а также четвёртого типа рецепторов

(палочек), не обладающих преимущественной чувствительностью к какому-либо одному спектральному цвету, расположенных по периферии сетчатки и играющих главную роль в создании ахроматических (не цветных) зрительных образов. Часто недооцениваемое значение палочек в механизме распознавания цветов становится тем выше, чем ниже освещённость наблюдаемых предметов. Воздействие различных по спектральному составу и интенсивности потоков лучистой энергии на эти четыре типа рецепторов сетчатки и является физико-химической основой различных восприятий цветов. Комбинации разных по интенсивности раздражений фоторецепторов, перерабатываемые и в периферийных проводящих нервных путях, и в мозговых зрительных центрах, дают всё многообразие цветовых ощущений. Суммарная спектральная чувствительность глаза, обусловленная действием фоторецепторов всех типов, максимальна в «зелёной» области (длина волны около 555 нм), а при понижении освещённости смещается в «сине-зелёную» область. Предполагавшаяся ранее сводимость всех цветовых ощущений к сочетаниям различных раздражений только трёх типов цветочувствительных элементов послужила основой для разработки способов количественного выражения цветов в виде набора трёх чисел. Подобный подход имеет рациональную основу (см. ниже), однако при разработке таких способов не могли быть учтены влияние вариаций освещённости и интенсивности излучения, роль (весьма значительная) зрительных мозговых центров и общего психофизиологического состояния наблюдателя.

Одновременное рассматривание одних и тех же несамосветящихся предметов или источников света несколькими наблюдателями с нормальным цветовым зрением (в одинаковых условиях рассматривания) позволяет установить однозначное соответствие между спектральным составом сравниваемых излучений и вызываемыми ими цветовыми ощущениями. На этом основаны цветовые измерения (колориметрия). Хотя такое соответствие и однозначно, но не взаимно однозначно: одинаковые цветовые ощущения могут вызывать потоки излучений различного спектрального состава. Определений цвета, как физической величины, существует много. Но даже в лучших из них с колориметрической точки зрения часто опускается упоминание о том, что указанная (взаимная) однозначность достигается лишь в стандартизованных условиях наблюдения, освещения и т.д., не учитывается изменение восприятия цвета при изменении интенсивности излучения того же спектрального состава (явление Бецольда–Брюкке), не принимается во внимание т.н. цветовая адаптация глаза и др. Поэтому многообразие цветовых ощущений, возникающих при реальных

условиях освещения, вариациях угловых размеров сравниваемых по цвету элементов, их фиксации на разных участках сетчатки, разных психофизиологических состояниях наблюдателя и т.д., всегда богаче колориметрического цветового многообразия. Например, в колориметрии одинаково определяются как оранжевые или жёлтые цвета, которые в повседневной жизни воспринимаются (в зависимости от светлоты) как «бурые», «каштановые», «коричневые», «шоколадные», «оливковые» и т.д. В одной из лучших попыток определения цвета, принадлежащей Э.Шредингеру, трудности задачи «снимаются» простым отсутствием каких-либо указаний на зависимость цветовых ощущений от многочисленных конкретных условий наблюдения. По Шредингеру, цвет есть свойство спектрального состава излучений, общее всем излучениям, визуально не различимым для человека.

При цветовых измерениях (в колориметрии) цвет обозначают совокупностью трёх чисел. Существует много систем, отличающихся методикой определения таких трёх чисел. Широко применяется, например, система, в которой численные значения придают описанным выше субъективным атрибутам цвета. Придание им численных значений осуществляют либо компараторным методом (сравнение с эталонами цветов, составляющими цветовые таблицы или атласы), либо инструментально-расчётным методом, в котором ЦТ выражается через объективно определяемую длину волны (длину волны излучения, воспроизводящего – в смеси с белым цветом – измеряемый цвет), насыщенность цвета – через его чистоту (соотношение интенсивностей монохроматического и белого цвета в смеси), а светлота выражается через также объективно устанавливаемую яркость измеряемого излучения («гетерохромную», т.е. «разноцветную» яркость), определяемую экспериментально или рассчитываемую по кривой спектральной световой эффективности излучения. Количественное выражение субъективных атрибутов цвета неоднозначно, поскольку оно сильно зависит от различия между конкретными условиями рассматривания и стандартизованными колориметрическими. В частности, поэтому существует много формул, определяющих светлоту.

В колориметрии особое значение придают измерению спектральных цветов и определению по ним т.н. кривых сложения, характеризующих спектральную чувствительность зрительного анализатора относительными количествами трёх излучений, смешение которых даёт определённое цветовое ощущение. Цвета излучений разного спектрального состава, которые при одинаковых условиях рассматривания визуально воспринимаются одинаковыми, называются *метамерными цветами, или метамерами*. Мета-

мерия цвета увеличивается с уменьшением его насыщенности, т.е. чем менее насыщен цвет, тем большим числом комбинаций смесей излучений разного спектрального состава он может быть получен. Для белых цветов характерна наибольшая метамерия. Цвета любых двух излучений, создающих в смеси белый цвет, называются *дополнительными цветами*. Например, дополнительными при получении белого цвета от источника с цветовой температурой (ЦТ) 4800 К являются сине-зеленые и красные монохроматические излучения с длинами волн 490 и 595 нм, либо 480 и 580 нм.

Наблюдатель с нормальным цветовым зрением при сопоставлении различно окрашенных предметов или источников света может различать при внимательном рассматривании большое количество цветов. Натренированный наблюдатель различает по ЦТ около 150 цветов, по насыщенности около 25, по светлоте от 64 при высокой освещённости до 20 при пониженной освещённости (разумеется, здесь речь идёт о «тренированности» мозговых зрительных центров, ответственных за цветовые ощущения). При аномалиях цветового зрения различается меньшее число цветов. Около 90% всех людей обладают нормальным цветовым зрением и около 10% – частично или полностью «цветнослепые». Характерно, что из этих 10% людей с аномалиями цветового зрения 95% – мужчины. Существует три вида таких аномалий: краснослепые (протанопы) не отличают красных цветов от близких к ним по светлоте ахроматических цветов и дополнительных по ЦТ тёмно-голубых цветов; зелёнослепые (дейтеранопы) не отличают или плохо отличают зелёные цвета от близких к ним по светлоте ахроматических цветов и дополнительных пурпурных; синеслепые (титанопы) не отличают синих цветов от близких по светлоте ахроматических и дополнительных тёмно-жёлтых цветов. Очень редки случаи полной цветовой слепоты, когда воспринимаются лишь ахроматические образы. Аномалии цветового зрения не мешают нормальной трудовой деятельности при условии, что к ряду профессий цветнослепые не должны допускаться.

Одно из основных свойств зрительного анализатора – адаптация зрения – обеспечивает опознание предметов по цвету (за счёт эффекта принадлежности цвета) при вариациях условий освещения и рассматривания в весьма широких пределах. Вместе с тем при изменении спектрального состава освещения визуально воспринимаемые различия между одними цветами усиливаются, а между другими ослабевают. Например, при желтоватом освещении, создаваемом лампами накаливания, синие и зелёные ЦТ различаются хуже, чем красные и оранжевые, а при синеватом освещении в пасмурную погоду, наоборот, хуже различаются красные и

оранжевые ЦТ. При слабом освещении все цвета различаются хуже и воспринимаются менее насыщенными («эффект сумеречного зрения»). При очень сильном освещении цвета воспринимаются тоже менее насыщенными и «разбелёнными». Эти особенности зрительного восприятия широко используются в изобразительном искусстве для создания иллюзии того или иного освещения.

3.1.8. Критерии оценки цвета

Особенности цветового зрения важно учитывать на этапе оценки цветовоспроизведения и цветной печати. Люди с неправильным или искаженным цветовым зрением не в состоянии адекватно оценить качество цветопередачи.

Нормальное цветовое зрение очень важно при формировании суждений о качестве цветовоспроизведения или об эстетике цветного изображения. Цветовое зрение классифицируется как нормальное, когда врожденные или приобретенные отклонения цветового зрения у индивидуума отсутствуют.

Однако надо учесть, что суждение о цвете у индивидуума с нормальным цветовым зрением может заметно отличаться от индивидуумов со средним цветовым зрением. Отклонения от среднего показателя связаны со старением и естественными отличиями между индивидуумами.

Согласование красок по цвету. Нормальное цветовое зрение также важно для обеспечения соответствия при воспроизведении цветов, которые используют различные СМИ (например, рисунки художников, фотографии, дисплей монитора, печатная продукция). Это означает, что те, кто делает или определяет цветокоррекцию, должны иметь нормальное цветовое зрение. Многокрасочные работы, требующие визуальных оценок, также требуют нормального цветового зрения. В таких работах используются смесевые пигменты, чтобы соответствовать предоставленному образцу или полутоновому изображению, чтобы смоделировать данный цвет. Это означает, что большинство дизайнеров, печатников и колористов должны иметь нормальное цветовое зрение.

В тех случаях, когда осуществляется контроль управления процессом производства цветной печатной продукции, возможно, что человек с отклонениями в цветовом зрении может исполнить задачу удовлетворительно (например, печатник, контролирующий качество воспроизведения плашки). Этот вид работы имеет единственную переменную (толщина красочной пленки) и краску единственного цвета на всей подложке.

Источник света, объект и наблюдатель – основа верности и различия цветовосприятия. Благодаря им наблюдатель становится причиной наибольшего количества вариаций. Это связано не толь-

ко с тем, что некоторый процент населения имеет отклонения в цветовом зрении, но и с тем, что у людей с нормальным зрением возникают изменения в цветовом зрении и с возрастом, и с усталостью. Даже после стандартизации этих факторов мы все еще находим, что индивидуумы отличаются друг от друга по их цветовому зрению. Это не должно удивлять, поскольку индивидуумы отличаются и по таким другим чувствам, как слух, и по таким физическим характеристикам, как высота, цвет кожи, вес и т.д.

Самая существенная переменная цветового зрения – источник света. Цвета могут восприниматься совершенно по-разному, когда используются разные источники света. Стандарт был установлен для того, чтобы при рассмотрении отпечатанного материала устранить часть помех и проблем в оценке цвета.

Образец, который, казалось бы, был однородным, может внешне измениться в зависимости от угла наклона, если в нем присутствует блеск. Определение установленной позиции рассмотрения помогает уменьшать эту проблему.

Проблемы, которые следуют из вышеупомянутых факторов, располагаются в диапазоне от предсказуемого к непредсказуемому. В случае метамеризма проблема понятна. Различные спектральные поглощения двух цветов заставляют эти цвета соответствовать друг другу под одним источником света, но не под другим. Решение – стандартные условия оценки оттиска.

Проблемы цветовосприятия, которые связаны с индивидуальными различиями между двумя людьми, труднее решить. Возможно, что один человек или даже оба имеют отклонения в цветовом зрении, о чем сами зачастую не знают, если они не были проверены. Наиболее вероятно, перцепционные различия между индивидуумами происходят от комбинации нормального генетического различия между наблюдателями и влияния «желтизны» зрения, которая приходит с возрастом.

Реакция рецепторов глаза на клеточном уровне является проблемным местом в колориметрии. В оценке и контроле отдельных окрашенных поверхностей (например, текстиля, красок, пластмасс, напечатанных красочных слоев) хорошо помогают колориметрические методы измерения. В случае с цветными изображениями, однако, при помощи колориметрии можно неадекватно распознать параметры одного изображения (оригинал), которое может быть сравнено с другим (его репродукцией).

Различия в геометрии рассмотрения между оригиналами и их репродукциями на различных носителях влияют на визуальное отображение сравниваемых изображений. На восприятие цвета влияет и цветовое зрение. Особенности изображения и условия

освещения окружающего пространства также будут влиять на восприятие тоновоспроизведения и насыщенности и оригинала, и его воспроизведения.

Пространство вокруг изображения – значимая переменная, которая также способна оказать мощное влияние на тоновоспроизведение и насыщенность цвета. Это влияние наиболее важно при формировании оценки оригинальных цветных диапозитивов. Есть основания выбрать наиболее подходящие условия окружения предмета, но при таком выборе следует также принять во внимание условия печати.

К фотографии на пленочной основе были добавлены цифровые электронные кино- и телекамеры, которые используют цветные мониторы для оценки изображения. Этот метод может немного уменьшить уровни освещения и искажения, связанные с окружающими условиями, но трудности восприятия остаются.

3.2. Психология цветовосприятия

Общеизвестно и доказано, что цветовосприятие может определяться не только объективными причинами, но и субъективными особенностями человека. Но цвет не только воспринимается человеком, но и оказывает на него сильное влияние.

С древнейших времен известно специфическое воздействие цвета на человека. Цвет влияет на аппетит, работоспособность, внимание, кровяное давление и многое-многое другое. По утверждению психологов, человек наделяет каждый цвет определенными свойствами, и это очень важно учитывать в дизайне.

Исключительно велика роль цвета в жизни и деятельности каждого отдельного человека и общества в целом: в промышленности, транспорте, искусстве, современной технике передачи информации и т.д. В быту и на производстве цвета и их сочетания интенсивно используются как символы, заменяющие целые понятия в правилах поведения. Так, сигнальные огни того или иного цвета на транспортных магистралях разрешают или запрещают движение, предупреждают, требуют внимания. В промышленности и другой коллективной деятельности цвета как символы применяются для маркировки трубопроводов с различными веществами или температурами, различных электропроводов, всевозможных жетонов, информационных карт, банковских документов, денежных знаков, спецодежды и др. В промышленности и быту цвет является одним из основных факторов производственного и бытового комфорта. Изучение психологического воздействия определённых сочетаний цветов – цветовых гармоний – составляет предмет эстетики цвета. Цветовые гармонии широко используются как в искус-

стве, так и при организации производственных процессов для создания психологических акцентов, обеспечивающих увеличение производительности труда и уменьшение утомляемости работников, а также бытовой комфорт, способствующий активному и наиболее полноценному отдыху.

В комнате, освещенной лампой под красным абажуром, уютно и тепло; представьте теперь, что произойдет, если заменить лампу на синюю. Светлые стены классов и школьных коридоров дольше остаются чистыми, поскольку не «провоцируют» учеников пачкать.

Привлекателен и вызывает положительные эмоции ярко-голубой, так как этот цвет устойчиво ассоциируется с летним небом.

Цвет обладает эмоциональной выразительностью, он может создавать впечатление легкости и тяжести, торжества и уныния, печали и радости. Восприятие размера и глубины пространства также зависит от цвета: одни краски «выступают вперед», другие «уходят назад».

Красный, оранжевый, желтый цвета и их оттенки человек ощущает как *теплые*; синий и фиолетовый – как *холодные*. Зеленый цвет – нейтральный, у него есть холодные и теплые оттенки. Теплые цвета, как правило, вызывают бодрое настроение, их называют *активными*; холодные (*пассивные*), наоборот, успокаивают.

Особо важное значение цвет имеет для повышения качества и стандартности промышленной продукции. Как показатель высокого качества продуктов цвет незаменим в случаях, когда другие объективные или субъективные методы по тем или иным причинам нельзя применить либо когда их применение требует длительной и трудоёмкой работы или дорогостоящей аппаратуры. Поэтому широкое распространение получили компараторные методы идентификации цвета многих пищевых продуктов и веществ, используемых в химической, лёгкой и пищевой промышленности, а также в других областях народного хозяйства. Для практического применения этих методов выпускаются различные цветные таблицы, атласы, образцы красок, компараторы, колориметры, цветные фотометры и денситометры.

3.2.1. Психологическое воздействие цвета на человека

Психологическое воздействие цвета на человека сказывается на его физическом состоянии. Воздействие цвета на физиологию человека подтверждено экспериментальным путем и зависит от количества цвета, качества цвета, время воздействия, особенностей нервной системы, возраста, пола и других факторов. Каждый цвет имеет определенное психологическое и физиологическое воздействие на че-

ловека. В то же время предпочтение человека к определенным цветам говорит о некоторых особенностях его психологии.

Красный – тяжелый, насыщенный, горячий, активный, динамичный, тревожный. В его присутствии усиливается мышечное напряжение, учащается дыхание и повышается кровяное давление. Красный цвет стимулирует мозг, улучшает настроение. Цвет лидерства, мужской цвет, этот цвет также возбуждающе действует на нервную систему. А с другой стороны красно-оранжевый цвет улучшает настроение. Красный цвет предпочитают влюбчивые и сексуальные люди. Предпочтение красного цвета говорит о том, что это, как правило, физически сильный человек, живущий, прежде всего, сегодняшним днем. Эти люди весьма возбудимы, энергичны, любвеобильны и предприимчивы. Но, обычно, предприимчивость сия не выходит за рамки двадцати четырех часов. Эти люди слишком практичны, без огонька.

Пурпур – заработок, духовность, благородство, церемония, непостижимый, преобразование, мудрость, просвещение, жестокость, высокомерие.

Оранжевый – легкий, теплый, яркий, динамичный, способствует легкому возбуждению, улучшению пищеварения, кровообращения и повышению половой активности. Оранжевый цвет самый динамичный, молодежный и веселый цвет. Стимулирует чувства и ускоряет сердцебиение, обостряет восприятие и способствует разрешению сложных ситуаций, задач и проблем. Жизнерадостный и импровизированный. Действие, вызывающее возбуждение, менее сильное, чем от красного, поэтому более приятное. Цвет слегка ускоряет пульс, не увеличивая кровяное давление, создает чувство благополучия и счастья. Оказывает благоприятное воздействие на работоспособность, при условии периодического отдыха от него. Однако при длительном восприятии оранжевого может появиться утомление и даже головокружение.

Желтый – теплый, радостный, подвижный. Зрительно увеличивает объем, приближает, стимулирует умственную деятельность. Серо-желтые и зеленовато-желтые оттенки вызывают неприятные ощущения. Желтый жизнерадостный цвет способствует решению задач и проблем. Если исходить из утверждения, что желтый – смесь зеленого и красного, то он объединяет в себе свойства этих цветов. Желтый цвет стимулирует мозг, вызывает возбуждающее напряжение, требующее разрядки. Предпочтение желтого означает стремление к независимости, расширение горизонта восприятия. Это ярчайший цвет спектра. Он весьма гибок и легко приспосабливается, всюду проникает. С помощью желтого луча можно подобраться к истокам проблемы. Желтый обожает

учиться, отличается сообразительностью, ясностью мысли, точностью. Желтый знает о жизни все... и тем не менее полон оптимизма. Этот цвет находится в постоянной борьбе, не уступает без боя.

Желтый цвет выбирают мечтатели не от мира сего. Они не слишком пытаются согласовать свои действия с будничными реалиями и пытаются преобразить окружающую их убогость в подобие сказки.

Зеленый цвет предпочитают самоуверенные и настойчивые люди, направляющие всю свою настойчивость на обеспечение себе безбедной старости.

Голубой – легкий, прохладный, спокойный, свежий, чистый. Этот цвет успокаивает, снижает кровяное давление, в больших количествах вызывает ощущение прохлады.

Голубой, синий цвет создает прохладное окружение, снимает боли при невралгии и воспалениях, означает разочарование и подозрительность. При восприятии голубого время сильно недооценивается. Под воздействием этого цвета у человека уменьшается уровень тревожности, снижается напряжение и кровяное давление. При слишком долгом воздействии возникают утомление, усталость.

Синий цвет выбирают, как правило, флегматики, стремящиеся к порядку и стабильности.

Фиолетовый – далекий, таинственный, холодный, выразительный. Он уменьшает объем, стимулирует деятельность сердца и легких, увеличивает сопротивляемость простудным заболеваниям. Требуется тщательного подбора сочетаний с другими цветами. Фиолетовый цвет любят люди с неустойчивым характером. Он действует на сердце и кровеносные сосуды, а также на психику. Его также называют «цветом женского одиночества».

Коричневый – цвет консервативных людей, не желающих ничего менять. Земля, очаг, дом, надежность, удобство, выносливость, устойчивость.

Интенсивные цвета, действующие в течение длительного времени, утомляют человека, раздражают глаза и надоедают. Если человеку приходится иметь дело с желтыми предметами, а стены помещения окрашены в тот же цвет, то зрение ослабевает.

В настоящее время ученые многих стран, экспериментируя с воздействием цвета на психику, дают рекомендации практического его использования во всех областях человеческой деятельности. В производственной сфере, к примеру, это прекрасное средство оптимизации производства – для повышения производительности труда, снижения усталости; в медицине (психотерапии) – успокаивающее, создающее оптимистическое настроение и способствующее выздоровлению «лекарство». При оформлении зон отдыха, интерьеров жилых помещений и офисов необходимая атмосфера

создается именно с помощью цвета: для динамичного, активного времяпрепровождения используют контрастные, яркие сочетания, а для тихого, спокойного отдыха – мягкие, пастельные тона.

Черный – мотивированное применение силы, созидание, обучение, способность к предвидению, содержательность, скрытые сокровища, разрушительность, использование силы как проявление слабости и эгоизма, подавление, депрессия, пустота, воздержание, ограничения.

Черный скрывает то, чем обладает. Человек, предпочитающий его, стремится скрыть свой внутренний мир от окружающих. Черный символизирует конец. Каждый вечер мы с удовольствием возвращаемся в ночь для восстановления сил. Но именно он дает начало и всему новому. Жизнь начинается с неизвестности. Черный способен контролировать ситуацию благодаря тайным знаниям. Черный стремится любыми средствами удержать свою власть. С другой стороны этот человек испытывает потребность во внешнем контроле. Мощностность, сексуальность, сложность, формальность, элегантность, богатство, тайна, страх, зло, анонимность, недовольство, глубина, стиль, печаль, раскаяние, гнев, метрополитен, хороший техно-цвет, траур, смерть (западные культуры).

Белый – нетронутость, полнота, самоотдача, единство, легкость, выявление скрытого и ложного, изоляция, бесплодность, окоченение, разочарование, чопорность, скука. Основным качеством белого цвета является равенство. Белый цвет ищет справедливости. Он беспристрастен.

Белый цвет символизирует невинность. Это цвет настоящей невесты, девушки, еще не знающей страсти. Белый характеризуется определенной плотностью. Держа в руках прозрачный кристалл, вы видите перед собой Сияние. Взяв в руки белую хлопчатобумажную простыню, вы ничего сквозь нее не разглядите. Белый находится на ступень ниже безупречной чистоты Сияния. Белый содержит все цвета спектра поровну, являясь результатом их смешения. Следовательно, белый может использоваться для создания тех или иных сочетаний. Все цвета в белом равны. В мифологии белый служит символом единства. Белый ищет справедливости. Белый парик на голове судьи говорит о его беспристрастности. Белый – духовный хранитель. Если присутствует белый цвет, то все будет в порядке. Доктор в белом халате вырывает человека из пасти смерти.

Серый – безопасность, надежность, интеллект, степенный, скромность, достоинство, завершенность, твердый, консерватор, практический, старость, печаль.

Серый, черный и белый (тона) являются связующим звеном для цветов. Не обладают эффектом. Являются фоном для цветов

и повышают интенсивность находящегося рядом цвета, а при добавлении повышают светлоту (светло-серый, белый) или насыщенность (темно-серый, черный) цвета.

Продолжим рассмотрение особенностей физиологического воздействия цвета на человека.

Непосредственным физиологическим действием на весь организм человека объясняются явления, вызываемые красным и синим цветами, в особенности при максимальной их насыщенности.

Красный цвет возбуждает нервную систему, вызывает учащение дыхания и пульса и активизирует работу мускульной системы.

Синий цвет оказывает тормозящее действие на нервную систему.

Красный, желтый, оранжевый цвета являются цветами экстраверсии, т.е. импульса, обращенного наружу. **Синий, фиолетовый, зеленый**, напротив, – для пассивной интроверсии и импульсов обращенных внутрь. **Оранжевый и красный** цвета возбуждают попутно со зрительным центром мозга и слуховой, что вызывает кажущееся увеличение громкости шумов. Не лишено основания, что эти активные цвета часто называют «кричащими».

Зеленый и синий, успокаивающие цвета, ослабляют возбуждение слухового центра, т.е. как бы ослабляют или компенсируют громкость шумов.

Желто-коричневый (охра) цвет кажется сухим, **зеленоватосиний (кобальт)** – влажным, **розовый** – сладким, **красный** – теплым, **оранжевый** – кричащим, **фиолетовый** – тяжелым, **желтый** – легким. Это действие цвета вызвано синестезией, т.е. возбуждением одного органа чувств при раздражении другого.

Ниже приводятся основные характеристики кажущегося воздействия цветов.

Белый – легкий.

Желтый – легкий, теплый, сухой.

Оранжевый – теплый, сухой, кричащий, громкий.

Красный – тяжелый, теплый, сухой, кричащий, громкий.

Фиолетовый – тяжелый.

Синий – тяжелый, холодный, влажный, тихий, спокойный.

Зеленый – прохладный, влажный, спокойный.

Голубой – легкий, влажный, тихий, спокойный.

Коричневый – тяжелый, теплый, влажный.

Черный – тяжелый, сухой.

При психологическом воздействии цвета речь идет о чувствах переживаниях, которые мы можем испытывать под влиянием того или иного цвета. Это влияние очень тесно связано с оптическими свойствами цвета.

Абсолютно зеленый есть самый спокойный цвет. Он никуда не движется и не имеет признаков ни радости, ни печали. Это посто-

янное отсутствие движения благотворно действует на утомленных людей, но может и прискучить со временем. При введении в зеленый цвет желтого цвета он оживляется, становится более активным. При добавлении синего, наоборот, начинает звучать иначе, он делается более серьезным, вдумчивым. С другой стороны, желтый цвет беспокоит человека, колет его, возбуждает. Сравненное с состоянием человеческой души, его можно было бы употребить как красочное выражение безумия, слепого бешенства (желтый цвет Достоевского). Синий склонен к углублению. Чем глубже, темнее становится синий цвет, тем больше он зовет человека к бесконечному, будит в нем голод к чистоте и сверхчувственному.

Очень темный синий дает элемент покоя. Доведенный до пределов черного синий цвет получает призывк печали. Становясь более светлым, синий приобретает равнодушный характер и становится человеку далеким и безразличным, как голубое небо. И, становясь светлее, все более беззвучный, пока не дойдет до беззвучного покоя – станет белым.

Часто белый тон определяется как «не краска». Он есть как бы символ мира, где исчезают все краски, все материальные свойства. Поэтому и действует белый тон на нашу психику как молчание. Но это молчание как бы не мертвое, а наоборот полное возможностей. Черный тон, наоборот, воздействует как нечто без возможностей, как мертвое пятно, как молчание без будущего. Равновесие белого и черного рождает серое, естественно серый тон не может дать ни движения, ни звука. Серое – беззвучно и бездвижно, но эта неподвижность другого характера, чем у зеленого цвета, рожденного двумя активными цветами – желтым и синим. Поэтому серый тон – это безутешная неподвижность.

Красный цвет, мы воспринимаем как характерно теплый цвет, воздействует внутренне как жизненный, живой, беспокойный цвет, не имеющий, однако, легкомыслия желтого. В отличие от желтого красный цвет как бы пылает внутри себя. Но идеально красный цвет очень сильно меняет свое влияние при изменении цвета. При добавлении в красный цвет черного возникает тупое, жесткое, не способное к движению коричневое. В более холодном оттенке красного пропадает активность пламени. Становясь оранжевым красное приобретает лучеиспускание желтого, но постоянно сохраняет серьезность.

Фиолетовый цвет – это как бы охлажденный красный, поэтому он звучит несколько болезненно, как нечто погашенное и печальное.

Выбор любимого (предпочтительно) цвета человеком определяется его характером и зависит также от социального фактора. На основании социологических исследований был получен следующий

ряд цветов по мере уменьшения предпочтительности: **голубой – фиолетовый – белый – розовый – пурпурный – красный – зеленый – желтый – оранжевый – коричневый – черный.**

Характер и выразительность цвета может значительно меняться в зависимости от различных ассоциаций. Каждый из нас пытается объяснить эмоциональную характеристику того или иного цвета характером предметов, на которых мы обычно воспринимаем этот цвет. Это очень индивидуальная особенность каждого человека, зависящая от приобретенного им опыта. Установить здесь какие-либо правила очень трудно, но с некоторой вероятностью можно предположить, что красный цвет ассоциируется с огнем и кровью, желтый – с солнцем, синий – с небом, водой, зеленый – с лесом, лугами. Наконец, существует такое понятие, как слышание цвета, т.е. каждому цвету сопоставляется музыкальная нота. Это явление невозможно точно описать для каждого конкретного цвета, но не найдется ни одного человека, который стал бы искать впечатления от ярко-желтого на басовых клавишах рояля.

3.2.2. Психологическое воздействие на человека цветовых сочетаний

Психологическое воздействие на человека оказывают не только отдельные цвета, но и цветовые сочетания. И здесь очень большое значение имеет расположение цветов в пространстве.

Например, красный цвет возбуждает, а зеленый успокаивает, но расположенные рядом одинаковыми пятнами они полностью уравновешиваются и достигается покой. Напротив, включение в композицию постороннего визуала приводит к возникновению динамического цветового сочетания контрастных цветов.

Психофизиологическое воздействие цвета в значительной степени зависит от большей или меньшей насыщенности цвета, размера цветового пятна, расстояния и направления, откуда воздействует цвет. Цвет, расположенный по вертикали, воспринимается легким, диагональ – динамика, горизонталь – устойчивость. Напряжение цвета внизу – композиция естественная и устойчивая. Вверху – неестественность положения, высокое давление. С какого-либо края – неустойчивость композиции.

Из названия «активные» и «пассивные» вытекает, что определенные цвета обладают большей или меньшей силой эмоционального воздействия. Чтобы нейтрализовать оранжевый и синий цвета, нужно значительно больше синего чем оранжевого.

Концентрация активного цвета в правом верхнем углу активизирует композицию, все увеличивается в размере. Напротив же,

в левом нижнем, – создает иллюзию пассивности и зрительное сжатие, движение назад.

Цвет, представленный кругом, увеличивает плоскость и создает движение вперед, впечатление усиливается, если это желтый, красный или оранжевый круг. Квадрат, окрашенный в холодные тона, наоборот, создает впечатление вогнутости и сжатия.

Цвет как таковой и цветовое воздействие совпадают только в случае гармонических полутонов. Во всех других случаях цвет мгновенно приобретает измененное, новое качество.

Приведем здесь несколько примеров. Известно, что белый квадрат на черном фоне будет казаться более крупным, чем черный квадрат такой же величины на белом фоне. Белый цвет излучается и выходит за свои пределы, в то время как черный ведет к сокращению размеров занимаемых им плоскостей. Светло-серый квадрат кажется темным на белом фоне, но тот же светло-серый квадрат на черном воспринимается светлым.

Соседние цвета влияют друг на друга и воспринимаются нашим зрением в зависимости от цветового окружения. Особенности восприятия цвета связаны с эффектами зрительного контраста. Чем больше цвета отличаются один от другого по светлоте, насыщенности и цветовому тону, тем менее они гармонируют друг с другом. Существует понятие краевого контраста (явление Маха): равномерно окрашенная поверхность кажется у края светлее или темнее, если она граничит с более темной или светлой поверхностью.

На светлом фоне все цвета темнеют, на темном светлеют. Истинная светлота цвета может наблюдаться только на нейтральном фоне средней светлоты. В зависимости от фона ахроматические цвета приобретают кажущуюся цветность. Так, серое пятно на зеленом фоне приобретает розовый оттенок. Хроматические цвета в окружении цветов высокой насыщенности несколько меняют цветовой тон, например, желтый цвет на зеленом фоне становится слегка оранжевым, а красный в окружении зеленого – более насыщенным. Например, красная точка на разных фонах. Качество красной точки одно, а зрительное восприятие разное. Это явление называется одновременным цветовым контрастом. Одновременный цветовой контраст приводит к тому, что цвет объекта, помещенного на цветной фон, смещается в сторону наибольшего отличия от цвета фона.

Если серый квадрат изобразить на ледяном синем и на красно-оранжевом фоне, то на ледяном синем он станет красноватым, в то время как в окружении красно-оранжевого – синеватым.

Когда цвет и впечатление от него (его воздействие) не совпадают, цвет производит диссонирующее, подвижное, нереальное и мимолетное впечатление. Факт превращения материальной дан-

ности формы и цвета в виртуальную вибрацию дает художнику возможность выразить то, чего нельзя передать словами. Приведенные примеры могли бы быть рассмотрены и как проявление симультанности. Возможность симультанных превращений заставляет нас при работе над цветовой композицией начинать с оценки действия цвета и затем уже в соответствии с этим думать о характере и размерах цветowych пятен.

Если тема произведения идет от первого эмоционального толчка, то и весь процесс формообразования должен быть подчинен этому первоначальному и основному чувству. Если главным выразительным средством является цвет, то композиция должна начинаться с определения цветowych пятен, которые определяют и ее рисунок. Тому, кто начинает с рисунка, а затем добавляет к линиям цвет, никогда не удастся достичь убедительного и сильного цветового воздействия. Цвет обладает собственной массой и силой излучения и придает плоскости иную ценность, чем это делают линии.

Сочетания цветов

Синий–черный – абсолютный покой.

Серый–синий – спокойствие, невовлеченность, несвязывание себя никакими обязательствами.

Синий–коричневый – физическая потребность в мягком обращении и заботе окружающих с целью добиться личного комфорта.

Синий–фиолетовый – стремление к нежности и тонкости чувств, к каким-либо идеализированным отношениям.

Синий–желтый – желание понимать и быть понятым, снискание любви окружающих, эмоциональная независимость и полезность для всех.

Синий–красный – гармония и активность в сотрудничестве, эмоциональная удовлетворенность, сотрудничество и взаимопонимание на благо созидания.

Серый–зеленый – самоутверждение и защитное превосходство. Самоуважение, чувство престижа. Иногда крайняя осмотрительность в делах.

Синий–зеленый – точность, логичность, аккуратность, возможна педантичность, дискриминирующий контроль.

Зеленый–красный – деятельность и инициатива, направленная на повышение личного авторитета и престижа.

Зеленый–желтый – корыстное честолюбие и деятельность, направленная на завоевание признания окружающих и самого себя.

Зеленый–фиолетовый – стремление завоевать расположение окружающих, не связывая себя никакими обязательствами и не беря на себя никакой ответственности.

Красный–желтый – жажда исследований, освоение новых сфер, действие ради действия.

Зеленый–черный – патологическое упрямство и нетерпимость к воздействию извне.

Желтый–черный – внезапный кризис, либо «да», либо «нет», своевольное решение.

Красный–черный – драматизация, импульсивные чрезмерные желания.

Серый–красный – импульсивность, необдуманные действия с надеждой, что не наступит ответственность и какие-либо последствия.

Красный–фиолетовый – очарованность всем эротическим и эстетическим, что волнует и возбуждает.

Желтый–фиолетовый – очарованность, буйные фантазии, жажда приключений.

Фиолетовый–коричневый – очарованность тем, что доставляет наслаждение телу: вкусная еда, предметы роскоши, красивая одежда...

Серый–фиолетовый – эстетическая восприимчивость, хорошо развитое чувство прекрасного.

Красный–коричневый – самоудовлетворение и потакание своим желаниям.

Желтый–коричневый – неограниченная свобода, существование безо всяких проблем и обязанностей, полная внутренняя безопасность.

Фиолетовый–черный – потребность в подражании, желание стать частью чего-либо.

Серый–желтый – нерешительность, неуверенность.

Зеленый–коричневый – требование покоя, потребность в душевном облегчении.

Серый–коричневый – изнурение, истощение, необходимость внимания со стороны.

Коричневый–черный – самоунижение, ощущение бесцельности, отказ от всего, кроме физического удовлетворения.

Серый–черный – нежелание иметь с окружающим никаких взаимоотношений.

3.2.3. Цветовые гармонии. Цветовые контрасты

Когда люди говорят о цветовой гармонии, они оценивают впечатления от взаимодействия двух или более цветов. Живопись и наблюдения над субъективными цветными предпочтениями различных людей говорят о неоднозначных представлениях о гармонии и дисгармонии. Для большинства цветовые сочетания, называемые

в просторечии «гармоничными», обычно состоят из близких друг к другу тонов или же из различных цветов, имеющих одинаковую светосилу. В основном эти сочетания не обладают сильной контрастностью. Как правило, оценка гармонии или диссонанса вызвана ощущением приятного–неприятного или привлекательного–непривлекательного. Подобные суждения построены на личном мнении и не носят объективного характера.

Понятие цветовой гармонии должно быть изъято из области субъективных чувств и перенесено в область объективных закономерностей. Гармония – это равновесие, симметрия сил.

Изучение физиологической стороны цветового видения приближает нас к решению этой проблемы. Так, если некоторое время смотреть на зеленый квадрат, а потом закрыть глаза, то в глазах у нас возникнет красный квадрат. И наоборот, наблюдая красный квадрат, мы получим его «обратку» – зеленый. Эти опыты можно производить со всеми цветами и они подтверждают, что цветовой образ, возникающий в глазах, всегда основан на цвете, дополнительном к реально увиденному. Глаза требуют или порождают комплиментарные цвета. И это есть естественная потребность достичь равновесия. Это явление можно назвать последовательным контрастом.

Другой опыт состоит в том, что на цветной квадрат мы накладываем серый квадрат меньшего размера, но той же яркости. На желтом этот серый квадрат покажется нам светло-фиолетовым, на оранжевом – голубовато-серым, на красном – зеленовато-серым, на зеленом – красновато-серым, на синем – оранжево-серым и на фиолетовом – желтовато-серым. Каждый цвет заставляет серый принимать его дополнительный оттенок. Чистые цвета также имеют тенденцию окрашивать другие хроматические цвета в свой дополнительный цвет. Это явление называется симультанным контрастом.

Проводя этот опыт и наблюдая за изменением оттенка серого цвета в том или ином цветном квадрате, следует предупредить, что все остальные квадраты должны быть прикрыты, а сам лист, на котором они расположены, приближен к глазам. Симультанное действие будет тем сильнее, чем дольше мы будем смотреть на основной цвет и чем ярче его тон. Поскольку симультанно возникающие цвета реально не существуют, а возникают лишь в глазах, они вызывают в нас чувство возбуждения и живой вибрации от непрерывно меняющейся интенсивности этих цветовых ощущений. При длительном рассматривании основной цвет как бы теряет свою силу, глаз устает.

Понятие «симультанный контраст» обозначает явление, при котором наш глаз при восприятии какого-либо цвета тотчас же

требует появления его дополнительного цвета, и если такового нет, то симультанно, т.е. одновременно, порождает его сам. Этот факт означает, что основной закон цветовой гармонии базируется на законе о дополнительных цветах. Симультанно порожденные цвета возникают лишь как ощущение и объективно не существуют. Они не могут быть сфотографированы. Симультанный контраст, как и последовательный контраст, по всей вероятности, возникает по одной и той же причине.

Последовательный и симультанный контрасты указывают на то, что глаз получает удовлетворение и ощущение равновесия только на основе закона о дополнительных цветах. Рассмотрим это еще и с другой стороны. Физик Румфорд первым опубликовал в 1797 г. в Никольсон-журнале свою гипотезу о том, что цвета являются гармоничными в том случае, если их смесь дает белый цвет. Как физик он исходил из изучения спектральных цветов. Если изъять какой-либо спектральный цвет, предположим, красный, из цветового спектра, а остальные окрашенные световые лучи – желтый, оранжевый, фиолетовый, синий и зеленый – собрать с помощью линзы вместе, то сумма этих остаточных цветов будет зеленой, то есть мы получим цвет дополнительный к изъятому. В области физики цвет, смешанный со своим дополнительным цветом, образует общую сумму всех цветов, то есть белый цвет, а пигментная же смесь даст в этом случае серо-черный тон. Физиологу Эвальду Герингу принадлежит следующее замечание: «Среднему или нейтральному серому цвету соответствует то состояние оптической субстанции, в котором диссимилиация – расход сил, затраченных на восприятие цвета, и ассимиляция – их восстановление – уравновешены. Это значит, что средне-серый цвет создает в глазах состояние равновесия». Геринг доказал, что глазу и мозгу требуется средний серый, иначе, при его отсутствии, они теряют спокойствие. Если мы видим белый квадрат на черном фоне, а затем посмотрим в другую сторону, то в виде остаточного изображения увидим черный квадрат. Если мы будем смотреть на черный квадрат на белом фоне, то остаточным изображением окажется белый. Мы наблюдаем в глазах стремление к восстановлению состояния равновесия. Но если мы будем смотреть на средне-серый квадрат на средне-сером фоне, то в глазах не появится никакого остаточного изображения, отличающегося от средне-серого цвета. Это означает, что средне-серый цвет соответствует состоянию равновесия, необходимому нашему зрению.

Процессы, идущие в зрительном восприятии, вызывают соответствующие психические ощущения. В этом случае гармония в нашем зрительном аппарате свидетельствует о психофизическом

состоянии равновесия, в котором диссимилиация и ассимиляция зрительной субстанции одинаковы. Нейтральный серый соответствует этому состоянию. Можно получить один и тот же серый цвет из черного и белого или из двух дополнительных цветов в том случае, если в их состав входят три основных цвета – желтый, красный и синий в надлежащей пропорции. В частности, каждая пара дополнительных цветов включает в себя все три основных цвета:

- красный – зеленый = красный – (желтый и синий);
- синий – оранжевый = синий – (желтый и красный);
- желтый – фиолетовый = желтый – (красный и синий).

Таким образом, можно сказать, что если группа из двух или более цветов содержит желтый, красный и синий в соответствующих пропорциях, то смесь этих цветов будет серой.

Желтый, красный и синий представляют собой общую цветовую суммарность. Глазу для его удовлетворения требуется эта общая цветовая связка, и только в этом случае восприятие цвета достигает гармоничного равновесия.

Два или более цвета являются гармоничными, если их смесь представляет собой нейтральный серый цвет. Все другие цветовые сочетания, которые не дают нам серого цвета, по своему характеру становятся экспрессивными или дисгармоничными. В живописи существует много произведений с односторонне-экспрессивной интонацией, причем их цветовая композиция, с точки зрения вышеизложенного, не является гармоничной. Эти произведения действуют раздражающе и слишком возбуждающе своим подчеркнуто настойчивым использованием какого-то одного преобладающего цвета. Нет необходимости утверждать, что цветовые композиции должны быть обязательно гармоничными, и, когда говорят, что искусство – это гармония, то путают художественные средства и цели искусства. Легко заметить, что большое значение имеет не только расположение цветов относительно друг друга, но и их количественное соотношение, как и степень их чистоты и яркости.

Основной принцип гармонии исходит из обусловленного физиологией закона дополнительных цветов. В своем труде о цвете Гете писал о гармонии и целостности так: «Когда глаз созерцает цвет, он сразу приходит в активное состояние и по своей природе неизбежно и бессознательно тотчас же создает другой цвет, который в соединении с данным цветом заключает в себе весь цветовой круг. Каждый отдельный цвет, благодаря специфике восприятия заставляет глаз стремиться к всеобщности. И затем, для того, чтобы добиться этого, глаз, в целях самоудовлетворения, ищет рядом с каждым цветом какое-либо бесцветно-пустое пространство, на которое он мог бы продуцировать недостающий цвет. В этом проявляется основное правило цветовой гармонии».

Вопросов цветовой гармонии касался также и теоретик цвета Вильгельм Освальд. В своей книге об основах цвета он писал, что опыт учит, что некоторые сочетания некоторых цветов приятны, другие неприятны или не вызывают эмоций. Возникает вопрос, что определяет это впечатление? На это можно ответить, что приятны те цвета, между которыми существует закономерная связь, т.е. порядок. Сочетания цветов, впечатление от которых нам приятно, мы называем гармоничными. Так что основной закон можно сформулировать так:

Гармония = Порядок.

Для того чтобы определить все возможные гармоничные сочетания, необходимо подыскать систему порядка, предусматривающую все их варианты. Чем этот порядок проще, тем более очевидной или само собой разумеющейся будет гармония. Существуют две системы, способные обеспечить этот порядок: цветовые круги, соединяющие цвета, обладающие одинаковой степенью яркости или затемнения, – и треугольники для цветов, представляющих смеси того или иного цвета с белым или черным. Цветовые круги позволяют определить гармоничные сочетания различных цветов, треугольники – гармонию цветов равнозначной цветовой тональности.

3.2.4. Гармоническая система цветowych рядов

Простейшей гармонической системой являются равноступенные цветовые ряды, хроматические или ахроматические, состоящие из любого различного количества градаций и построенные на последовательном изменении одной из основных характеристик цвета при неизменности других при закономерном либо бессистемном их изменении.

Равноступенный ряд по цветовому тону, светлоте, чистоте и насыщенности – это простейшая закономерность, основанная на нюансном, ритмическом изменении одной из характеристик и воспринимаемая как целостное и гармоническое явление, как внешний признак эстетического качества.

Даже один цветовой тон имеет много оттенков, разнообразие которых зависит от количества различных градаций. Различные цветовые тона в этом смысле обладают различным диапазоном. У насыщенных, например синих, он больший чем у малонасыщенных, например желтых. Таким образом, равноступенный цветовой ряд – это также простейшая линейная гармоническая система соотношений, основанная на постоянном приросте раздражения, то есть каждый цветовой элемент в ней отличается от предыдущего на одну и

ту же величину. Чем эта величина ближе к порогу восприятия, тем плавней переход от начального к конечному элементу, тем совершенней гармония целого,

Эстетическое «воздействие» однотональных рядов можно наблюдать в любом помещении в виде изменения локального цвета уходящих в глубину пространства поверхностей, происходящего под влиянием линейной, цветовой и воздушной перспектив и, главным образом, условий светораспределения.

Чтобы ясно представить себе возможности построения рядов, необходимо обратиться к цветовому кругу. Ему также принадлежит особая роль при рассмотрении вопросов сочетания цветов различных пигментов.

Цветовой круг – это особый вид ритма, важнейший из всех возможных рядов. Это ряд по цветовому тону, замкнутый в виде круга и состоящий из любого количества оттенков различных цветов пигментов, расположенных строго последовательно в порядке спектра. В спектре солнечного света различается около 130 цветов с оттенками; в цветовом круге – около 150 за счет добавления приблизительно 20 пурпурных. Он признается всеми исследователями как первооснова и даже символ гармонии. Цвета пигментов, образующих ряд (назовем их оптимальными), наиболее близки к спектральным, но никогда не достигают чистоты последних, принимаемых за единицу.

Однако гармоничность цветового круга обусловлена не только последовательным расположением цветов пигментов в порядке спектра (хотя это и главное условие), но также определенным соотношением этих цветов по светлоте и насыщенности.

При одинаковой чистоте даже спектральные цвета имеют разную светлоту и насыщенность. Самые светлые и ненасыщенные – желтые, самые темные и насыщенные – фиолетово-синие. Принимая это во внимание, светлоту сочетаемых цветов желательно принимать аналогичной их светлоте в цветном круге, если это согласуется с общей композиционной задачей. Любая часть дуги цветового круга, как и весь круг, представляет собой гармонический ряд по цветовому тону.

Цветовой круг служит для построения многих цветовых сочетаний, помогает изучению цветовых явлений, определению величины цветовых контрастов, нюансных и контрастных гармоний двух-, трех- и многочисленных цветосочетаний, делению цветов по «температурному» и «весовому» признакам.

Плоскость круга содержит различные варианты построения гармонических рядов с помощью смещения пигментов друг с другом.

При смешении двух дополнительных тонов (дополнительными парами упрощенно называют два цветовых тона, расположенных

на противоположных концах диаметра круга и при смещении; в определенных пропорциях, создающих ахроматический, обычно темно-серый, цвет в центре круга) образуются два ряда:

- **однотональный** по чистоте и насыщенности с переходными градациями от оптимального тона к ахроматическому в центре круга;
- **двухтональный** с переходными градациями между двумя дополнительными оптимальными тонами через ахроматический тон, находящийся в центре круга.

В центре ряда всегда возникает темно-серый цвет, отчего все переходные промежуточные оттенки здесь более темные, менее чистые и менее насыщенные, чем оптимальные. Таких рядов в плоскости круга можно построить столько, сколько в нем можно различить цветовых градаций. Таким образом, вся его плоскость будет заполнена производными от оптимальных цветовых тонов, менее чистыми, менее насыщенными и более темными, чем последние.

Каждую из таких производных можно получить еще и различными вариантами смещения двух не дополнительных оптимальных цветов.

Линии такого смещения составляют новый трехчленный ряд с переходными градациями между двумя оптимальными цветами через искомый цвет.

Таким образом, цветовой круг включает четыре разных типа рядов – *многоцветный, одно-, дву- и трехтональный по цветовому тону, чистоте и насыщенности*. Но в цветовом круге отсутствуют ряды по светлоте. Их местоположение в пространстве фиксируется в так называемом цветовом теле.

Цветовое тело – это трехмерная система взаимосвязанного размещения хроматических и ахроматических цветов в пространстве, включающая практически все возможные варианты построения рядов по цветовому тону, чистоте, насыщенности и светлоте смещением пигментов.

Структурные элементы цветового тела содержат в себе потенциальные возможности получения множества различных цветовосочетаний: в пределах цветового круга, в однотональном цветовом треугольнике, в пределах всего цветового тела в его различных сечениях.

Если в центре круга провести к его плоскости перпендикуляр, он вызовет направление ахроматического ряда от темно-серого в центре круга к белому вверх и черному вниз (рис. 3.5). Соединив линией любой оптимальный цвет на плоскости цветового круга с белым или черным, получим треугольник, вращение которого вокруг ахроматической оси создает цветовое пятно в упрощенном виде. Плоскость однотонального треугольника включает большое

количество линий построения рядов по светлоте в пределах одного цветового тона.

В цветоведении цветовое тело имеет более сложную, асимметричную форму, служит для колориметрии цветов, но не сводится к ней. Цветовое тело, как и цветовая галактика, воплощает всю цветовую картину видимого мира. В этой галактике нет случайностей, все подчинено математическим закономерностям. В ней «прописаны» все мыслимые цветовые тона с их оттенками по чистоте, светлоте и насыщенности. Каждый цветовой тон обладает точно установленным местоположением, пространственными координатами и наименованием.

Из факта теоретического существования цветового тела исходят различные следствия, среди которых нас интересуют лишь имеющие художественное значение. Прежде всего, это вывод о том, что определенная строго закономерная ритмическая последовательность

взаимного размещения цветом или система их соотношений является одной из главных закономерностей их гармонизации. Она открывает широкие возможности гармонической связи между любыми цветами и тональностями через ряд промежуточных градаций. Будучи основой построения Атласа цветов – инструмента их измерения, систематизации и стандартизации, цветовое тело как объемное воплощение гармонической системы соотношений содержит важные объективные закономерности эстетического порядка.

Таким образом, цветовое тело – это основная технико-эстетическая система локальных цветов.

Схема цветового тела в виде несимметричного двойного конуса, приведенного на рис. 3.5, достаточно наглядно отражает систему соотношений в форме различных равноступенных рядов. Однотональные равноступенные цветовые ряды, или растяжка

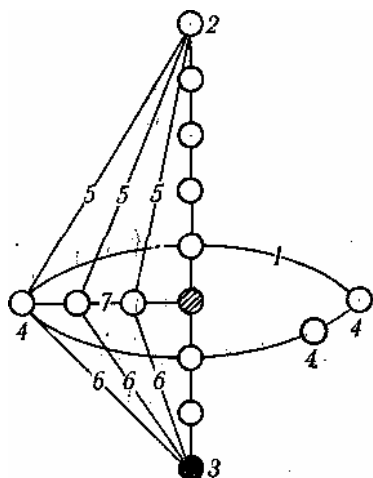


Рис. 3.5. Схема цветового тела в виде несимметричного двойного конуса:

- 1 – цветовой круг; 2–3 – ахроматическая ось – ахроматический ряд по светлоте;
- 2 – белый; 3 – черный; 4 – оптимальный цвет пигмента; 234 – однотональный треугольник; 5 – ряды с возрастающей светлой и убывающей насыщенностью;
- 6 – ряды с убывающими светлотой и насыщенностью; 7 – ряд по чистоте и насыщенности

цвета в интерьере, находят выражение в изменении цвета стен, пола и потолка по мере удаления источника света. Это очень обогащает цветовую картину интерьера мягкими градациями светлоты или насыщенности и особенно важно при монохромном решении пространства. Для полноценности цветовой «жизни» интерьера совсем не обязательно «буйство» полихромии. Монохромность также обладает большими выразительными возможностями и может выглядеть достаточно цветной.

В однотональном хроматическом или ахроматическом ряду средством объединения или сочетания оттенков одного цвета служит такой порядок их взаимного размещения, при котором последовательно и закономерно изменяется одна из цветовых характеристик. Их объединяет цветовой ритм при нюансных отношениях. В композиции он может быть преобразован в более сложные ритмические системы.

Иная картина возникает при сочетаниях цветов хроматических, когда их бывает больше одного. Здесь два цвета, развернутые в ряды по светлоте и насыщенности, могут при смешении породить новый цвет, а вместе с ним и целую семью родственных рядов, которые, сливаясь в целое, образуют сложную гармоническую систему соотношений с мягкими переливами множества цветовых оттенков. Чем больше ступеней в начальных рядах и чем точнее соблюдается в них равноступенность, тем гармоничнее цветовые соотношения на плоскости, то есть создается плоскостная гармоническая система соотношений.

Из трех основных оптимальных цветов – красного, желтого и синего с участием белого и черного – можно образовать много различных гармонических систем, представляющих собой сочетания различных равноступенных рядов.

Закономерности цветовых рядов, заключенные в цветовом теле, ярко воплощены в целостной полихромной плоскостной системе соотношений, охватывающей все цвета спектра. В примере для этого достаточно выпрямить ряды 4–2 и 4–3 (см. рис. 3.5) всех цветов круга и, сдвинув эти ряды вместе, разместить их на плоскости. Такая гармоническая система сама по себе при ее правильном соблюдении обладает большим эстетическим совершенством.

Гармоничность такой системы основана на плавном ритмическом нюансном переходе от цвета к цвету через промежуточные градации. Вся система рядов, однотональных и многоцветных, от простейших линейных до самых сложных плоскостных и объемных, подчинена закону ритма. Ритм в сочетании с нюансом – важнейшая закономерность гармонических цветосочетаний.

Цветовой круг

Сочетания цветов играют важную роль в создании гармонических композиций, хотя и они, подобно цвету одежды, подвержены моде. Одни цвета прекрасно сочетаются друг с другом, другие просто «режут» глаз (например, оранжевый и бордовый). Дизайнеру следует позаботиться о согласовании цвета, гармонии колорита. Надо стремиться к созданию цветовых аккордов, гармонических созвучий, причем каждый цвет должен, поддерживая соседние, контрастно увеличивать их насыщенность, яркость или затемненность. Строгий закон цветовой гармонии не существует: одни и те же сочетания приводят к различным эффектам в зависимости от соотношения в композиции цветов, порядка их чередования, а также от размеров и формы цветовых пятен. Например, небольшой по размеру элемент должен быть окрашен более ярко, иначе его цвет «пропадет». Сложные неярко цвета требуют большей площади, иначе они будут казаться грязными и тусклыми. Для определения гармоничного сочетания различных цветов пользуются цветовыми (колориметрическими) кругами.

Круг естественных цветов по Гете

В своей работе «Учение о цвете» Гете описывает явления цветовой индукции – яркостной, хроматической, одновременной и последовательной – и доказывает, что цвета, возникающие при последовательном или одновременном контрасте, не случайны. Все эти цвета как бы заложены в нашем органе зрения. Контрастный цвет возникает как противоположность индуцирующему, т.е. навязанному глазу, так же, как вдох чередуется с выдохом, а любое действие влечет за собой противодействие. В каждой паре контрастных цветов уже заключен весь цветовой круг, так как их сумма – белый цвет – может быть разложена на все мыслимые цвета и оттенки.

Опыты Гете с цветными теньями показывали, что диаметрально противоположные цвета и являются как раз теми, которые взаимно вызывают друг друга в сознании зрителя. Желтый цвет требует синего, фиолетового, оранжевый – голубого, а пурпурный – зеленого, и наоборот. Гете считал, что цвет, «независимо от строения и формы материала, оказывает известное воздействие на душевное настроение. Тем самым, впечатление, вызываемое цветом, определяется, прежде всего, им самим, а не его предметными ассоциациями». Согласно этим положениям Гете ставит в соответствие определенным цветам определенные психологические состояния человека.

Опираясь на эти основные положения психологического раздела своего учения, Гете разделяет цвета на «положительные» – желтый, красно-желтый (оранжевый) и желто-красный (сурик, ки-

новарь) и «отрицательные» – синий, красно-синий и сине-красный. Цвета первой группы создают бодрое, живое, деятельное настроение, а второй – беспокойное, мягкое и тоскливое. Зеленый Гете отнес к «нейтральным».

Существует также разделение цветов на «характерные» и «бесхарактерные». К первым относятся пары цветов, расположенные в цветовом круге через один цвет, а ко вторым – пары соседних цветов. Гармонический колорит, по Гете, возникает тогда, «когда все соседние цвета будут приведены в равновесие друг с другом».

Цветовой труд Гете также содержит несколько очень тонких определений колорита. Например, в живописи существует прием смещения всех красок к какому-либо одному цвету, как если бы картина рассматривалась сквозь цветное стекло, например желтое. Гете называет такой колорит фальшивым.

Над своим «Учением о цвете» Гете работал с 1790 по 1810 гг., т.е. двадцать лет, и основная ценность этого труда заключается в формулировании тонких психологических состояний, связанных с восприятием контрастных цветовых сочетаний. Известно, что сам Гете ценил свою работу по цвету выше своего поэтического творчества. Великий поэт был не согласен с теорией света и цвета Ньютона и в противовес создал свою собственную теорию.

Желтый. Если смотреть сквозь желтое стекло, то «глаз обрадуется, сердце расширится, на душе станет веселее, кажется, что... веет теплом». Чисто-желтый – приятен. Однако при его загрязнении, сдвиге в сторону холодных тонов (цвет серы) или нанесении на «неблагородную» поверхность желтый приобретает негативное звучание и отрицательный символический смысл. Холодный желтый цвет в интерьере говорит о свободолобии и широте взглядов его хозяина. Удачно смотрится в дизайне гостиных и столовых. Очень интересен в сочетании с чёрным и белым для ванной комнаты. Тёплый оттенок желтого прекрасно подойдёт для детской комнаты. Этот оттенок повышает настроение и благотворно влияет на развитие позитивного мировоззрения.

Оранжевый цвет. Все положительные высказывания о желтом цвете подходят и для оранжевого, но в более высокой степени. Оранжевый «энергичнее» чисто желтого. Может быть поэтому этот цвет, по Гете, больше предпочитается французами, чем англичанами и немцами. Оранжевый цвет интересен в оформлении кухни, он вызывает аппетитные ассоциации. Этот оттенок широко используется при создании интерьеров в восточном или африканском стилях. Он также прекрасно подойдёт для зимнего шале, так как обладает прекрасным согревающим свойством.

Желто-красный. Приятное и веселое чувство, вызываемое оранжевым, вырастает до невыносимо-мощного в ярком желто-

красном. Активная сторона в этом цвете достигает своей высшей энергии. В результате этого, как считает Гете, энергичные, здоровые, суровые люди особенно предпочитают эту краску. Этот цвет привлекает дикарей и детей. Вызывает чувство потрясения. В дизайне интерьеров этот цвет используется для создания выразительных цветовых акцентов в помещении. Желто-красный не терпит присутствия иных ярких цветов, поэтому хорошо смотрится среди бледных, пастельных тонов и в сочетании с белым цветом.

Синий. «Как цвет – это энергия: однако он стоит на отрицательной стороне и в своей величайшей чистоте представляет из себя как бы волнующее ничто». Гете тонко чувствует «мистицизм» синего и пишет о нем, как о создающем странное, невыразимое воздействие. Синий как бы влечет за собой, «уходит» от человека. Синий как идея темного связан с ощущением холода. Комнаты с преобладанием синего цвета кажутся просторными, но пустыми и холодными. Если смотреть на мир через синее стекло, то он предстает в печальном виде. В немецком языке понятия синего и голубого цветов заложены в одном слове. Голубой и синий цвета – это цвета воды, неба и воздуха, довольно банально выглядящие в ванной комнате. Однако при сочетании со светло-зелёным прекрасно подойдут для детской шумного и подвижного ребёнка. В сочетании с холодным бежевым оттенком эти цвета практически идеальны для спальни. Сизые и светло-голубые интерьеры с обилием стекла и отражающих свет материалов широко используются при оформлении офисных помещений, так как позитивно влияют на нервную систему потенциального клиента, позволяя ему комфортно чувствовать себя при важных деловых переговорах.

Красно-синий (сиреневый). Этот цвет вызывает ощущение беспокойства. Цвет живой, но, по мнению Гете, безрадостный. Этот загадочный оттенок издавна использовался в одеяниях магов, как символ знаний и силы, интеллекта и эрудиции. Оформляя свой интерьер при помощи лилового либо фиолетового оттенка, у Вас есть возможность создать атмосферу серьезности и тайны. Этот оттенок используется при оформлении спален и ванных комнат, так как способствует релаксации и самокопанию, а также при оформлении гостиных, если есть желание подчеркнуть неординарность и экстравагантность вкусовых предпочтений.

Чисто красный цвет Гете рассматривает как гармоничное соединение полюсов желтого и синего и поэтому глаз находит в этом цвете «идеальное удовлетворение». Красный (кармин) производит впечатление серьезности, достоинства или прелести и благоволения. Интерьеры в красном вызывают ощущение эмоциональной активности. Этот цвет идеально подходит для гостиных и кабин-

тов в классических стилях, а также для гостиных, ванных комнат и кухонь в стиле модерн. Спальня, оформленная в красном цвете, указывает не только на дурной вкус, но и приводит к серьезным нарушениям нервной системы. Совсем иначе обстоит дело при попытке воссоздания восточных стилей. В китайском, а также арабском интерьерах красный цвет занимает одну из ведущих ролей, без его магии просто не обойтись.

Говоря о **пурпуре**, Гете указывает, что он – любимый цвет правителей и выражает серьезность и величие. Но, если рассматривать окружающий пейзаж через пурпурное стекло, то он предстает в ужасающем виде, как в день «страшного суда». Именно поэтому в современном интерьере этот цвет используется лишь только для деталей, и никак не для доминирующих акцентов.

Зеленый. Если желтый и синий находятся в равновесной смеси, возникает зеленый. Глаз, по выражению Гете, находит в нем действительное удовлетворение, душа «отдыхает». Зелёный цвет тёмных оттенков – это серьезный цвет кабинетов и классических гостиных, светлый же оттенок, более живой и весёлый, будет уместен как в кухне, или в ванной, так и в детской комнате.

Исходя из учения Гете о цветовой гармонии и цельности, можно сделать вывод, что психологическое воздействие, скажем, желтого цвета, требует для своего уравнивания воздействия красно-синего (фиолетового). Между гармонической цветовой парой существуют отношения взаимодополнения. Указанные шесть цветов составляют «цветовой круг» Гете (рис. 3.6), где гармоничные сочетания располагаются друг напротив друга по диагонали. Основными правилами «цветового круга» сознательно или же на подсознательном уровне пользуется каждый профессиональный дизайнер интерьера, поскольку неграмотное владение гармонией цвета в теории делает невозможным создание гармонии на практике.

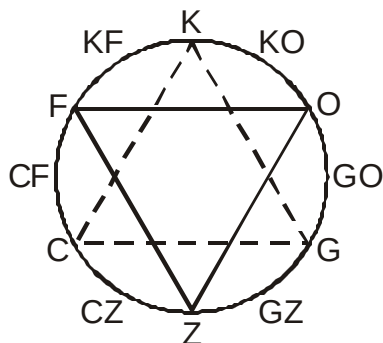


Рис. 3.6. Круг естественных цветов по Гете:

- K – красный; G – желтый;
- C – синий; F – фиолетовый;
- O – оранжевый; Z – зеленый;
- KO – красно-оранжевый;
- GO – желто-оранжевый;
- GZ – желто-зеленый; CZ – сине-зеленый;
- CF – сине-фиолетовый;
- KF – красно-фиолетовый;
- C, K, G – основные цвета;
- F, O, Z – смешанные цвета первого порядка; KO, CF, KF и т.д. – смешанные цвета второго порядка

Все существующие в полиграфии краски (краски, а не цвета!) образуются путем смешения всевозможных количественных сочетаний трех основных красок – красной (пурпурной), синей (голубой) и желтой. Исходя из этого, в круге представлены треугольником SKG – первичные (основные) цвета, перевернутым треугольником FOZ – смешанные цвета первого порядка, а точками на окружности CZ, CF, KF и т.д. – смешанные цвета второго порядка.

Наличие такого цветового круга позволяет дать следующие рекомендации:

- контрастные сочетания дают цвета, расположенные друг против друга (например, F и G). Расположенные рядом они взаимно усиливают друг друга, их сочетание гармонично;
- сочетание цветов, расположенных по углам основного либо перевернутого треугольника (например, C и G), менее гармонично;
- сочетание цветов, расположенных в круге под углом 90°, целесообразно для подбора «цветных аккордов» в два, три и четыре цвета (например, CF и Z или GO и Z, или все вместе, или три из них).

Контрастные гармоничные сочетания дают цвета, находящиеся друг напротив друга (F, G). Допустимые гармоничные сочетания составляют цвета, расположенные по углам треугольников (C, G). Гармоничные сочетания из двух, трех, четырех цветов – в круге под углом 90° (CF–Z, GO–Z–K).

Теория цветоделения В. Оствальда

Все многообразие основных характеристик цвета было представлено немецким ученым В. Оствальдом в его теории цветоделения. Он представил все цвета в виде замкнутого цветового тела, состоящего из двух конусов, объединенных общим основанием. Единой осью конусов является ахроматический ряд: верхняя точка – белый цвет, нижняя – черный (рис. 3.7 на цв. вкл.).

По окружности основания расположены наиболее насыщенные спектральные цвета (цвета радуги), которые расположены в определенной последовательности: красный – оранжевый – желтый – зеленый – голубой – синий – фиолетовый. (Вы, наверняка, помните шуточную скороговорку, в которой первая буква каждого слова является первой буквой названия цвета: «Каждый охотник желает знать, где сидит фазан».)

Двенадцатичастный цветовой круг. Цветовой круг И. Иттена

Для введения в систему цветового конструирования создали двенадцатичастный цветовой круг, опираясь на основные цвета – жёлтый, красный и синий (рис. 3.8 на цв. вкл.). Как известно, человек с нор-

мальным зрением может определить красный цвет, не имеющий ни синеватого, ни желтоватого оттенка; жёлтый – не имеющий ни синеватого, ни красноватого тона, и синий, не имеющий ни зеленоватого, ни красноватого оттенка. При этом, изучая каждый цвет, следует рассматривать его на нейтральном сером фоне.

Основные цвета должны быть определены с максимально возможной точностью. Три основных цвета первого порядка размещаются в равностороннем треугольнике так, чтобы жёлтый был у вершины, красный – справа внизу и синий – внизу слева. Затем данный треугольник вписывается в круг и на его основе выстраивается равносторонний шестиугольник. В образовавшиеся равнобедренные треугольники помещают три смешанных цвета, каждый из которых состоит из двух основных цветов, и получают, таким образом, цвета второго порядка:

- жёлтый + красный = оранжевый;
- жёлтый + синий = зелёный;
- красный + синий = фиолетовый.

Все цвета второго порядка должны быть смешаны весьма тщательно. Они не должны склоняться ни к одному из своих компонентов. Это нелёгкая задача – получить составные цвета посредством их смешения. Оранжевый цвет не должен быть ни слишком красным, ни слишком жёлтым, а фиолетовый – ни слишком красным и ни слишком синим. Затем на некотором расстоянии от первого круга чертят другой и делят полученное между ними кольцо на двенадцать равных частей, размещая основные и составные цвета по месту их расположения и оставляя при этом между каждыми двумя цветами пустой сектор. В эти пустые сектора вводят цвета третьего порядка, каждый из которых создаётся благодаря смешению цветов первого и второго порядков, и получают:

- жёлтый + оранжевый = жёлто-оранжевый;
- красный + оранжевый = красно-оранжевый;
- красный + фиолетовый = красно-фиолетовый;
- синий + фиолетовый = сине-фиолетовый;
- синий + зелёный = сине-зелёный;
- жёлтый + зелёный = жёлто-зелёный.

Таким образом, возникает правильный цветовой круг из двенадцати цветов, в котором каждый цвет имеет своё неизменное место, а их последовательность имеет тот же порядок, что в радуге или в естественном спектре (см. рис. 3.8 на цв. вкл.).

Исаак Ньютон в своё время получил этот замкнутый цветовой круг, в который он добавил к спектральным цветам отсутствующий пурпурный цвет, что усилило общую его конструктивность. В круге все двенадцать цветов имеют равные отрезки, поэтому

цвета, занимающие диаметрально противоположные места по отношению друг к другу, оказываются дополнительными. Эта система даёт возможность мгновенно и точно представить себе все двенадцать цветов и легко расположить между ними все их вариации. Для художников было бы пустой потерей времени заниматься составлением цветового круга из 24-х или 100 цветов. Да и какой же художник может без посторонней помощи отчётливо представить себе, например, 83 градацию цветового круга, разделенного на 100 частей?

Поскольку наши представления о цвете не отличаются особой точностью, обсуждать этот вопрос бесполезно. И необходимо просто видеть двенадцать цветов с той же определённой точностью, с какой музыкант слышит двенадцать тонов своей гаммы. Делакруа прикрепил к одной из стен своей мастерской цветовой круг, на котором около каждого цвета были даны все сочетания, возможные с данным цветом. Импрессионисты, Сезанн, Ван Гог, Синьяк, Сера и другие художники ценили Делакруа как выдающегося колориста. И именно Делакруа, а не Сезанн, считается основателем конструирования произведений на основе логически объективных цветовых законов, позволяющих достичь тем самым более высокой степени порядка и правды.

Теория гармонии и контрастов цветов И. Иттена основывается на простой и ясной системе упорядоченности цветов из 12-ти частей. Основой цветового круга являются цветовые тона т.н. первого порядка – желтого, красного и синего. Цвета второго порядка – оранжевый, зеленый и фиолетовый расположены напротив первых. По обе стороны от цветов первого и второго порядков находятся цвета третьего порядка, которые получают смешением находящихся рядом цветовых тонов. Ими являются оранжево-желтый, пурпурный, сине-фиолетовый, льдисто-синий и листовенно-зеленый.

В этом круге напротив каждого цвета расположен противоположный ему цвет (комплиментарный контраст). Исходя из данного принципа цветовой круг можно разделить и на большее количество цветовых секторов.

В живописи и дизайне с помощью цветового круга можно определить гармонии и контрасты. Наибольший контраст обнаруживается у находящихся друг против друга цветов (комплиментарный контраст). Можно также подобрать набор цвета с помощью равнобедренного треугольника (свой контраст), квадрата или прямоугольника. Для получения гармоничного сочетания нужно использовать два–три рядом стоящих тона одного цвета.

Шестисекторный цветовой круг

Сектора окрашены в следующие цвета: красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий, фиолетовый. Гармонические сочетания образуют цвета, расположенные друг против друга: синий – оранжевый, красный – зеленый, желтый – фиолетовый. Допустимы сочетания цветов, расположенных в секторах через один, а вот использование соседних секторов в данном колориметрическом круге приводит к дисгармонии. Гармонические сочетания цветов можно получить с помощью вращающихся стрелок. Стрелки закрепляются в центре круга, и если одну стрелку направить на какой-либо цвет, остальные укажут на цвета, гармонирующие с данным.

Гармоничные сочетания цветов

Сочетания родственных цветов – это сдержанная и уравновешенная цветовая гамма, в ней нет резких противопоставлений.

Сочетания родственно-контрастных цветов – это сочетания родственных цветов и контрастных пар. Они более яркие и дают более широкие возможности для творчества (рис. 3.9 на цв. вкл.).

Но при сочетании родственно-контрастных цветов необходимо быть внимательными. Идеальными сочетаниями считаются сочетания таких двух цветов, в которых количество объединяющего главного цвета и количество контрастирующих главных цветов одинаково.

Особой гармоничностью обладают сочетания двух цветов, которые в круге расположены на концах вертикальных и горизонтальных хорд.

Теперь условно разделим круг на верхнюю и нижнюю половины. В верхней половине находится вся теплая гамма, в нижней – вся холодная.

Как уже было сказано раньше, цветовой круг построен на двух контрастных парах, расположенных друг против друга (красный – зеленый, желтый – синий).

Существуют **гармонии контрастных цветов**. Если мы проведем диаметры через центр круга, продолжим от красных до зеленых, то мы увидим, что каждому оттенку красного соответствует определенный оттенок зеленого. Но в дизайне сочетания двух цветов довольно редки. Наиболее выразительными считаются сочетания трех цветов (рис. 3.10, 3.11 на цв. вкл.).

Несколько вариантов гармоничного сочетания трех цветов:

1. Гармония образуется сочетанием цветов, расположенных в вершинах вписанного в круг равностороннего треугольника, у которого одна вершина – главный цвет, а противоположная сторона – вертикальная или горизонтальная хорда.

2. Гармонию составляют цвета, расположенные в вершинах прямоугольных треугольников, у которых гипотенузы являются диаметрами круга, а катеты – вертикальные или горизонтальные хорды.

3. Гармонию составляют цвета, находящиеся в вершинах тупоугольных треугольников, у которых вершина тупого угла – один из главных цветов, а противоположная сторона – вертикальная или горизонтальная хорда.

4. Кроме того, существуют еще и сочетания четырех родственно-контрастных цветов (рис. 3.12, 3.13 на цв. вкл.). Получить такие гармонии можно, вписав в круг прямоугольник. Цвета, расположенные на концах диагоналей прямоугольника, контрастны, другие пары – родственно-контрастны.

3.2.5. Цвет в индивидуальной и общественной практике человека

Эволюционно способность к восприятию цвета развилась для целей идентификации предметов вместе со способностями к восприятию других их свойств (размеров, твердости, теплоты и др.) и перемещений в пространстве, помогая обнаруживать и опознавать в жизненно важных ситуациях отдельные предметы по их окраске при всевозможных изменениях освещения и состояния окружающей их среды. Эта необходимость распознавания объектов явилась главной причиной того, что их цвета определяются в основном их окраской и при привычных для человека условиях наблюдения за счет вносимой наблюдателем бессознательно поправки на освещение лишь в малой степени зависят от освещения. Например, зеленая листва деревьев признается зеленой даже при красноватом освещении на закате солнца. Оговорка о привычных (в широком смысле) условиях наблюдения весьма существенна – если сделать их резко необычными, суждения человека о цветах предметов (следовательно, и его цветовые ощущения) становятся неуверенными или ошибочными. (Так, описания и попытки воспроизведения цвета т.н. космических зорь, сделанные разными космонавтами, сильно отличались одно от другого и от цвета этих «зорь», зафиксированных объективными методами цветной фотографии.)

Вырабатывающееся и закрепляющееся в человеческом сознании устойчивое представление об определенном цвете как неотъемлемом признаке привычных объектов наблюдения называется «эффектом принадлежности цвета», или «явлением константности цвета». Эта психологическая особенность зрительного восприятия наиболее сильно проявляется при рассматривании несамосветящихся предметов и обусловлена тем, что в повседневной жизни

мы одновременно рассматриваем совокупности предметов, под-сознательно сравнивая их цвета, либо сравниваем цветовые ощущения от разноокрашенных или разноосвещенных участков этих предметов. Эффект принадлежности цвета несамосветящихся объектов настолько значителен, что даже в неблагоприятных условиях рассматривания цвет предмета осознается в результате опознания предмета по др. признакам. Наименования многих цветов произошли от название объектов, окраска которых очень сильно выражена: малиновый, розовый, изумрудный. Нередко даже цвет источника света описывают цветом какого-либо характерного несветящегося объекта: кроваво-красный диск Солнца. Эффект принадлежности цвета не столь силен для источников света, поскольку в обычных (не связанных с их производством) условиях их редко сопоставляют с другими источниками, и зрительный анализатор в значительной степени адаптируется к условиям освещения. Примером может служить неопределенность понятия «белый свет», в отличие от полной определенности понятия «белый цвет поверхности несамосветящегося предмета» (цвет поверхности, на всех участках которой во всем видимом диапазоне минимально и одинаково по относительной интенсивности поглощение света).

Исключительно велика роль цвета в жизни и деятельности каждого отдельного человека и общества в целом: в промышленности, транспорте, искусстве, современной технике передачи информации и т.д. В быту и на производстве цвета и их сочетания интенсивно используются как символы, заменяющие целые понятия в правилах поведения. Так, сигнальные огни того или иного цвета на транспортных магистралях разрешают или запрещают движение, предупреждают, требуют внимания. В промышленности и др. коллективной деятельности цвета как символы применяются для маркировки трубопроводов с различными веществами или температурами, различных электропроводов, всевозможных жетонов, информационных карт, банковских документов, денежных знаков, спецодежды и др. В промышленности и быту цвет является одним из основных факторов производственного и бытового комфорта. Изучение психологического воздействия определенных сочетаний цветов – цветовых гармоний – составляет предмет эстетики цвета. Цветовые гармонии широко используются как в искусстве, так и при организации производственных процессов для создания психологических акцентов, обеспечивающих увеличение производительности труда и уменьшение утомляемости работников, а также бытовой комфорт, способствующий активному и наиболее полноценному отдыху.

Существует объективный зрительно-психологический факт восприятия объектов по подобию. Наш глаз и психика, прежде все-

го, определяют подобные объекты по каким-либо качествам: либо по подобию форм, либо по подобию цвета.

Вопросы для самоконтроля

1. Объясните основные принципы цветового зрения человека.
2. Роль светочувствительных рецепторов в цветовосприятии.
3. Назовите типы рецепторов цвета в сетчатке глаза человека.
4. Объясните механизм цветового зрения человека.
5. Что такое порог чувствительности восприятия цвета?
6. Теория цветового зрения И. Ньютона.
7. Теория цветового зрения Т. Юнга.
8. Теория цветового зрения Г. Гельмгольца.
9. Теория цветового зрения Э.Геринга.
10. Какие отклонения цветового зрения могут быть?
11. Для чего важно учитывать изменчивость и отклонения цветового зрения в таких областях? как компьютерная графика и полиграфия?
12. Какие факторы и как могут влиять на цветовосприятие?
13. Каковы должны быть критерии оценки цвета?
14. Субъективные особенности человека и цветовосприятие.
15. Психологические особенности воздействия цвета на человека.
16. Психологические особенности воздействия цветовых сочетаний на человека.
17. Что такое цветовые гармонии? Их роль в жизни человека.
18. В каком случае два цвета можно назвать гармоничными?
19. Какие цвета являются основными, а какие – дополнительными?
20. Как вы понимаете равноступенный цветовой ряд?
21. Для чего применяется цветовой круг?
22. Для чего применяется цветовой треугольник?
23. Что такое цветовое тело?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дизайнерам, специалистам полиграфической отрасли приходится в их профессиональной деятельности работать с цветом, что предполагает редактирование, контроль, передачу и управление цветом. Для чего необходимо понимание его физического смысла, знание основных характеристик цвета, особенностей восприятия цвета человеком, способов и особенностей воспроизведения цвета и т.д. Естественно, что все эти процессы требуют глубокого и широкого изучения теории цвета.

Данное учебное пособие является началом серии учебных изданий по основам теории цвета. Так как для того, чтобы ясно понимать, каким образом измеряется цвет, особенности его воспроизведения различными техническими средствами необходимо сначала изучить его фундаментальные физические и психологические свойства и закономерности. Знание этого материала и всех последующих взаимосвязанных частей по теории цвета позволит будущим специалистам в полном объеме использовать возможности графических редакторов, грамотно обрабатывать и адекватно визуализировать цифровые изображения, получать максимально идентичные оттиски средствами полиграфии.

Пособие создано с целью оказать студенту помощь в процессе его самостоятельной работы в учебно-профессиональной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агостон Ж. Теория цвета и её применение в дизайне. – М.: Мир, 1982.
2. Айриг С., Айриг Э. Подготовка цифровых изображений для печати: пер. с англ. – Минск: Попурри, 1997. – 192 с.
3. Алексеев С. Цветоведение. – М.: Искусство, 1952.
4. Артюшин Л. Цветоведение. – М.: Книга, 1982.
5. Ашкенази Г.И. Цвет в природе и технике. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 96 с.
6. Буковецкая О. Дизайн текста: шрифт, эффекты, цвет. – М.: ДМК, 1999. – 304 с.
7. Буковецкая О.А. Готовим в печать журнал, книгу, буклет, визитку. – М.: Издательство «НТ Пресс», 2005. – 303 с.
8. Гарри Филд. Фундаментальный справочник по цвету в полиграфии: учеб. пособие для вузов / пер. с англ. Н. Друзеева. – М.: ЦАПТ, 2007. – 376 с.
9. Физиология человека / Дж. Дудел, М. Циммерман, Р. Шмидт, О. Грюссер и др. Т. 2; пер. с англ. – М.: Мир, 1985.
10. Джадд Д., Вышецки Г. Цвет в науке и технике. – М.: Мир, 1978.
11. Ермолаева Л.П. Основы дизайнерского искусства: учеб. пособие для студентов-дизайнеров. – М.: «Издательство Гном и Д», 2001. – 120 с.
12. Зайцев А.С. Наука о цвете и живопись. – М.: Искусство, 1986.
13. Зернов В. Цветоведение. – М.: Книга, 1972.
14. И. Иттен. Искусство цвета. – М.: Издатель Д.Миронов, 2000.
15. Миронов Д.Ф. Компьютерная графика в дизайне: учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2004. – 224 с.
16. Кондратьев К.А. Цвет в художественном конструировании: учеб. пособие. – М.: МВХПУ, 1984.
17. Маргулис Д. Photoshop для профессионалов. Классическое руководство по цветоведению. – М.: РТВ-Медиа, 2001.
18. Миронова Л.Н. Цветоведение. – М.: Просвещение, 1984.
19. Миронова Р.С., Миронов Б.Г. Инженерная графика: учебник. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк.; изд. центр «Академия», 2000. – 288 с.
20. Михайлов С., Кулиева Л. Основы дизайна. – М., 2002.
21. Назарьев В. Цвет (компьютерная обработка цветных изображений). – М.: «ЕКОМ», 1996.

22. Настольная книга издателя / Е.В. Малышкин, А.Э. Мильчин, А.П. Павлов, А.Е. Шадрин. – М.: ООО «Издательство АСТ»; ООО «Агентство «КРПА Олимп», 2004. – 811 с.
23. Нюберг Н. Теория цветопередачи. (В книге Клейн А. Цветная кинематография. – М.: Госкиноиздат, 1939).
24. Популярная медицинская энциклопедия / гл. ред. Б.В. Петровский. – М.: Советская энциклопедия, 1988.
25. Саутворт М. Технология цветоделения. М.: Книга, 1983.
26. Сендидж Ч. Реклама: теория и практика: пер. с англ. – М.: Синрин, при участии МТ-ПРЕСС, 2001. – 620 с.
27. Современная наука о цвете и проблемы цветового проектирования. Материалы ВНИИТЭ. М., 1989.
28. Стефанов С.И. Путеводитель в мире полиграфии. – М.: ИФ «Унисерв», 1998. – 320 с.
29. Усатая Т.В., Медяник Н.Л. Конструирование и дизайн упаковки и тары: учеб. пособие. – Магнитогорск: МГТУ, 2003. – 261 с.
30. Цойгнер Г. Учение о цвете. – М.: Издательство литературы по строительству, 1971.
31. Шашлов Б.А. Цвет и цветовоспроизведение. – М.: Книга, 1986.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1. ОСНОВЫ ЦВЕТОВОСПРИЯТИЯ	5
1.1. Свет и цвет	5
1.2. Параметры описания цвета	7
1.2.1. Объективные характеристики цвета	8
1.2.2. Первичные цвета.....	10
1.2.3. Комплиментарные цвета.....	10
1.2.4. Субъективные характеристики цвета	10
1.2.5. Хроматические и ахроматические цвета	14
Вопросы для самоконтроля	15
Глава 2. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЦВЕТОВОСПРИЯТИЕ	16
2.1. Источник освещения	16
2.1.1. Цветовая температура.....	17
2.1.2. Цветопередача	22
2.1.3. Интенсивность	26
2.1.4. Рассеивание и точка обзора	26
2.1.5. Стандарты наблюдения.....	28
2.2. Объект поглощения света	28
2.2.1. Светопропускающая способность тел. Спектральное поглощение	29
2.2.2. Фактура цветовой поверхности	32
2.2.3. Метамеризм.....	34
Вопросы для самоконтроля	37
Глава 3. ВОСПРИЯТИЕ ЦВЕТА ЧЕЛОВЕКОМ	38
3.1. Физиология цветовосприятия.....	39
3.1.1. Устройство и работа глаза человека	39
3.1.2. Модель зрительной системы	42
3.1.3. Возможный механизм цветового зрения человека	42
3.1.4. Пороговая чувствительность восприятия цвета	45
3.1.5. Теории цветового зрения.....	45
3.1.6. Изменчивость цветового зрения	47
3.1.7. Комплексное цветовосприятие.....	48
3.1.8. Критерии оценки цвета	54
3.2. Психология цветовосприятия	56
3.2.1. Психологическое воздействие цвета на человека	57
3.2.2. Психологическое воздействие на человека цветовых сочетаний.....	63

3.2.3. Цветовые гармонии. Цветовые контрасты	66
3.2.4. Гармоническая система цветowych рядов.....	70
3.2.5. Цвет в индивидуальной и общественной практике человека.....	83
Вопросы для самоконтроля	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	86
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	87

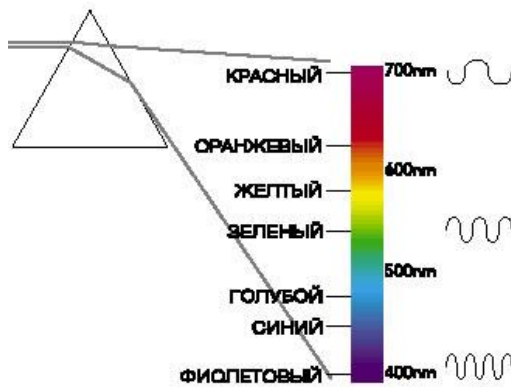


Рис. 1.2. Диапазон длин волн



Рис. 1.3. Изменение цветового тона

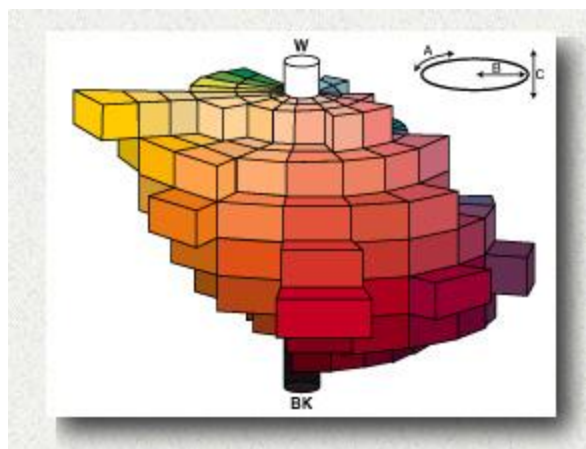


Рис. 1.4. Субъективные характеристики цвета:
А – цветовой тон; В – насыщенность; С – яркость

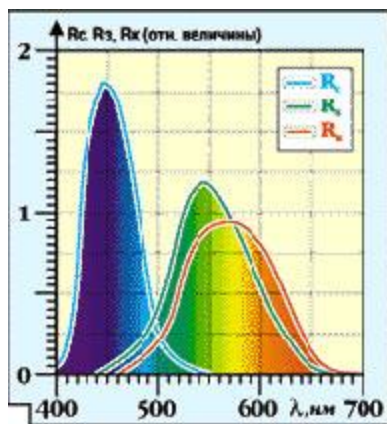


Рис. 3.2. Функции спектральной чувствительности

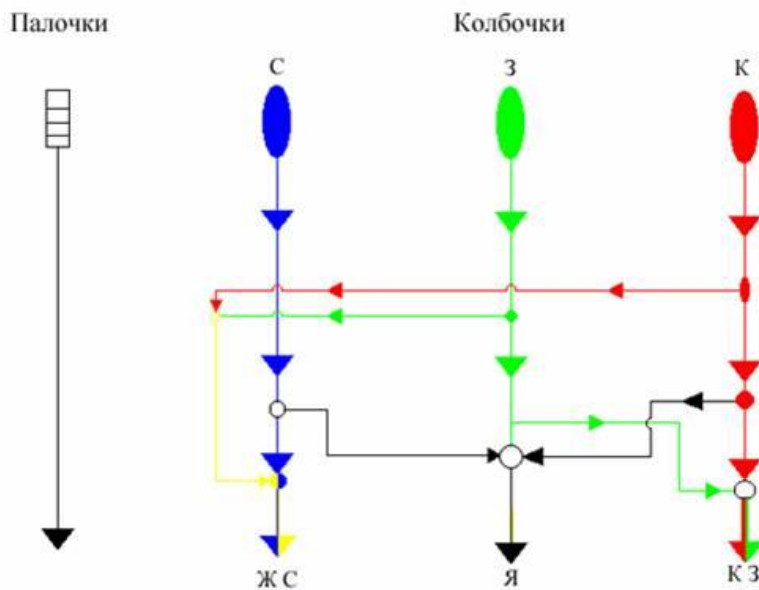


Рис. 3.3. Кодирование информации с помощью сигналов яркости и разностных цветовых сигналов

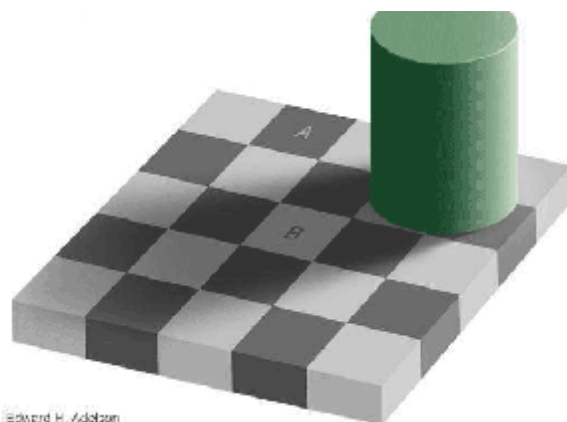


Рис. 3.4. Пространственное сравнение отражающих способностей предметов

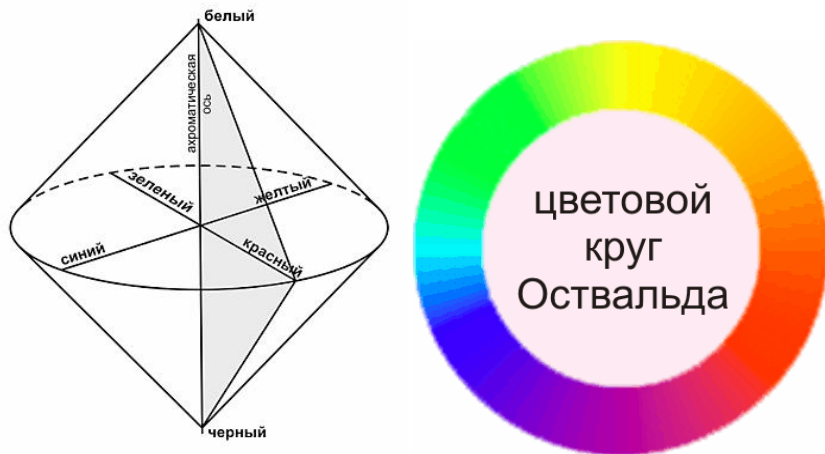


Рис. 3.7. Цветовой круг Оствальда



Рис. 3.8. Двенадцатичастный цветовой круг И. Иттена

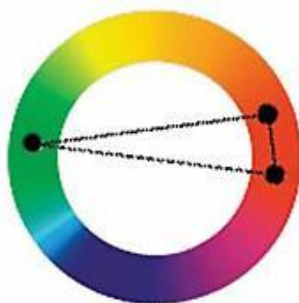


Рис. 3.11. Гармония прямоугольного треугольника

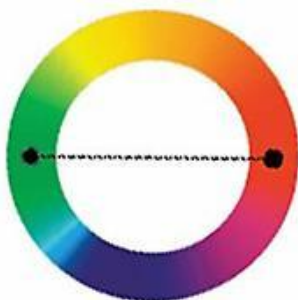


Рис. 3.9. Сочетания родственно-контрастных цветов

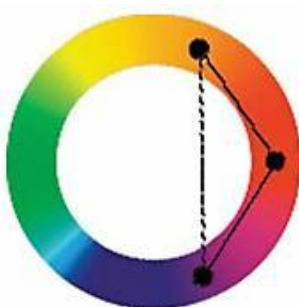


Рис. 3.12. Гармония тупогольного треугольника

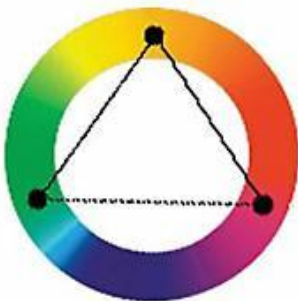


Рис. 3.10. Гармония равностороннего треугольника



Рис. 3.13. Гармония вписанного прямоугольника