

BIT
BOOK

ЦВЕТОВЕДЕНИЕ и КОЛОРИСТИКА



www.eco-resource.com

В. Ю. Медведев

Цветоведение и колористика

Текст предоставлен издательством

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=65329612

Цветоведение и колористика: Страта; Санкт-Петербург; 2019

ISBN 978-5-907127-56-2

Аннотация

В курсе лекций, посвященном систематизированному изложению основ цветоведения и колористики, рассматриваются и объясняются аспекты этой дисциплины с позиции физики (ее раздела – оптики), математики, психологии зрения, психологии цветовосприятия, эстетики, теории композиции. Особое внимание уделено типологии цветовых гармоний, принципам их применения в дизайн-проектировании и роли цвета в композиции разных объектов дизайна. В приложениях к лекциям приведены таблицы, рисунки, схемы, а также требования к выполнению практических заданий по колористике. Пособие предназначается для преподавателей этой дисциплины и для студентов всех специализаций специальности «Дизайн».

В формате PDF A4 сохранен издательский макет.

Содержание

Цель преподавания дисциплины, ее структура	5
Тема 1. Познание, осмысление и отношение к миру цвета в донаучную и научную эпохи цветоведения	9
Тема 2. Физическая природа цвета. Основные характеристики и свойства цвета в их взаимосвязи. Цвета спектральные, неспектральные, хроматические, ахроматические, смешанные	16
Тема 3. Особенности зрительного восприятия цветов глазами человека и его мозгом	26
Тема 4. Основы трехкомпонентной теории смешения цветов. Принципы оптического аддитивного и субтрактивного смешения цветов, их особенности	33
Конец ознакомительного фрагмента.	40

В. Ю. Медведев

Цветоведение

и колористика

© Медведев В. Ю., текст, 2019

© «Страга», 2020

Цель преподавания дисциплины, ее структура

Целью преподавания дисциплины «Цветоведение и колористика» является формирование систематизированного знания об основах цветоведения и колористики (как его раздела) и приобретение навыков выполнения колористических плоскостных композиций на базе полученных сведений о принципах и закономерностях составления гармонических цветосочетаний основных групп и типов, а также колористических композиций, основанных на психологическом воздействии цветов и ассоциациях, вызываемых ими.

Занятия общей и специальной композицией, живописью, графикой (в том числе компьютерной), дизайн-проектированием разных объектов, их комплектов, ансамблей, предметных и средовых систем требуют, помимо профессионального овладения знаниями, умениями, навыками, мастерством, развиваемыми в совокупности дисциплинами общехудожественного и специальных циклов, обязательного изучения теоретических основ цветоведения и закрепления полученных в этой области научного знания сведений в определенной системе композиционных упражнений по колористике.

Природа цвета, закономерности в области свето-цветовых явлений природы, особенности зрительного восприятия цве-

та, ассоциации, вызываемые разными цветами и их сочетаниями, закономерности гармонии цветовых отношений, возможности точного воспроизведения цветовых оттенков и их сочетаний издавна интересовали ученых, писателей, художников, архитекторов, искусствоведов и представителей многих других профессий, чья деятельность так или иначе связана с проблемами цвета и колористики.

Это свидетельствует об огромном значении закономерностей цветовых явлений для многих сфер жизнедеятельности людей.

Широта их применения объясняет многоаспектность теории цвета и обуславливает необходимость рассмотрения и объяснения цветовых явлений с позиций различных областей научного знания: физики (ее раздела – оптики), математики, химии, психофизиологии зрения, психологии, эстетики, теории композиции и др.

Основы цветоведения, изучаемые в курсе лекций, в совокупности представляют собой систему знаний по следующим темам дисциплины:

1. Сущность донаучной и научной эпох познания, осмысления и отношения к миру цвета в процессе развития культуры человечества.
2. Физическая природа цвета; основные характеристики и свойства цвета в их взаимосвязи; цвета спектральные (хроматические), ахроматические, смешанные.
3. Особенности зрительного восприятия цветов глазами

человека и его мозгом.

4. Основы трехкомпонентной теории смешения цветов; принципы аддитивного и субтрактивного оптического смешения световых потоков.

5. Цветовые системы, разработанные ведущими специалистами и положенные в основу международных стандартов в области цветоведения; двумерные и трехмерные цветовые модели.

6. Основы количественной колориметрии.

7. Закономерности цветовых отношений в стандартном 24-секторном цветовом круге и принципы гармонии сочетаний цветов. Типология цветовых гармоний и принципы их применения в композиции дизайн-проектов.

8. Психофизиология зрительного восприятия цветов и типология оптических иллюзий.

9. Психологические ассоциации, вызываемые различными цветами и их сочетаниями, символика цветов.

10. Роль цвета в композиции различных объектов дизайна, возможности использования типологии цветовых гармоний, учета оптических иллюзий и психологических ассоциаций, вызываемых цветами, для достижения эстетической выразительности, художественной образности и композиционной целостности произведений дизайна.

11. Обеспечение точности воплощения колористической композиции, отраженной в документации дизайн-проекта, в реальных объектах, выполняемых в соответствии с про-

ектной документацией; знание основных характеристик пигментов, связующих материалов, способов получения красителей различных видов и разного назначения, а также способов измерения оптических характеристик окрашенных материалов для достижения идентичности их цвета колористике дизайн-проекта.

Перечисленные темы курса лекций обуславливают задачи преподавания дисциплины, решаемые в той же последовательности.

Практические занятия по дисциплине заключаются в выполнении определенных колористических заданий по композиции, ориентированных на закрепление полученных знаний и художественное осмысление закономерностей использования основных типов цветовых гармоний, оптических иллюзий и психологических ассоциаций, вызываемых разными цветами и их сочетаниями. Эти задания выполняются как аудиторно, так и внеаудиторно, в часы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине для самостоятельной работы студентов.

Лекции по дисциплине сопровождаются наглядными методическими материалами: рисунками, схемами, таблицами (см. приложения 1, 2).

Для самостоятельного углубленного изучения ряда тем курса лекций студентам рекомендуется соответствующая литература, приведенная в библиографическом списке.

Тема 1. Познание, осмысление и отношение к миру цвета в донаучную и научную эпохи цветоведения

Исторически отношение людей к цвету в окружающем их мире природы и создаваемой из ее материалов предметно-пространственной среды – «второй природы» – изменялось в зависимости от уровня развития материальной, духовной и художественной сфер культуры общества, от осознания роли цвета в различных областях и формах жизнедеятельности людей, от ценностного осмысления значения цвета, его семиотичности для людей, от постепенного перехода от мифологического сознания к научному знанию о природе цветковых явлений.

В книге Л. Н. Мироновой «Цветоведение» [11] эволюция отношения человечества к миру цвета делится на два больших периода. Первый – донаучный – с доисторических времен до конца XVI в., второй – научный – с XVII в. до настоящего времени.

В донаучный период, как справедливо отмечает автор, отношение древних людей к цвету базировалось на жизненно наиболее важных для них явлениях и представляло

собой мифологически-символически-практическое отношение (синкретически слитое в сознании первобытного человека). Об эстетическом отношении к цвету в то время говорить еще не приходилось, так как оно не было выделено в самостоятельную область человеческого сознания и ценностного отношения.

Для древних людей не имело значения все многообразие цветов окружающего мира. Они выделяли из этого реально-го многообразия и наделяли определенным смыслом очень ограниченное количество цветов, связанных с наиболее важными объектами и явлениями их жизнедеятельности.

Так, у древних народов Африки символически значимыми были три цвета: красный, ассоциировавшийся с огнем и кровью, черный – с землей, и белый – с молоком матери как источником жизни детей.

С развитием земледелия и скотоводства у древних людей актуализируются такие важные для их жизни понятия, как солнце, небо, вода, земля и растительность на земле. С ними ассоциировались цвета: красный (солнце), синий (небо и вода), черный, желтый или цвет красной охры (земля) – разные цвета у разных народов, и зеленый – растительность.

Семиотичность цветов природы распространялась и на цвета одежды, утвари, орудий войны и труда, жилищ людей, татуировок. В предметной культуре древних еще нет многоцветия и разнооттеночности колористики.

В античную эпоху (эллинизм) постепенно изживается ми-

фологизм древних в отношении к цвету и выделяется эстетическое сознание (при сохранении и развитии символики разных цветов). Пранаука эллинов – философия – наряду со знаниями о природе, космосе, человеке включает и эстетику. Люди все больше начинают осознавать красоту как таковую.

При этом у древних греков искусство, мастерство, техническое и художественное, имели нерасчлененное значение и обозначались одним термином «*techné*» (искусство, мастерство). Отсюда впоследствии произошло слово «техника» в его современном понимании. Первоначально такой же смысл имело и латинское слово «*ars*», из которого впоследствии в романских языках вычленяются разные понятия для обозначения ремесленника и художника (фр. – *artiste* и *artisan*, ит. – *artista* и *artigiano*, исп. – *artista* и *artesano*).

В античной культуре развивается понимание гармонии цветосочетаний. Возникает полихромия в живописи, архитектуре, одежде, утвари, украшениях. Цвета делят на грубые (варварские) и культурные (эллинские). В соответствии с античной мифологией выделяются цвета, символизирующие цвета стихий, света и тьмы.

В эпоху средневековья в Европе отношение к цвету развивается под влиянием христианской религии и догматов церкви. Цвета делят на «божественные» («богоприятные») и «богопротивные» (некрасивые в соответствии с догматами церкви). Иконопись, росписи в соборах, церквях были канонизированы. К «божественным» цветам относились золо-

тистый, красный, голубой, белый, зеленый, пурпурный. Они считались прекрасными и почитались. Серые, коричневые, многие смешанные цвета считались будничными, прозаичными и презирались.

Культура ислама в странах Ближнего Востока также выделяла цвета благородные, считавшиеся красивыми (в соответствии с Кораном, содержащим догматы веры ислама, начала философии, этики и эстетики). К таковым относились белый, золотой, красный, голубой, зеленый, жемчужный. Остальные цвета считались некрасивыми. Идеал культуры ислама – райский сад и ковер – метафора райского сада. Рай представлялся «садом небытия», «садом блаженства». Мавзолеи, гробницы, храмы (мечети), богословские школы – медресе – украшались цветочным орнаментом.

Стены архитектурных сооружений по цветистости, узорчатости напоминали ковры. Любимые сочетания цветов в колористике зданий, одежды, утвари – это золотой, серебряный, темно-зеленый, белый, шафраново-желтый, фиолетовый, синий, голубой, оранжево-красный. Такая колористика была характерной с V–VI до XVI–XVII вв. в материально-художественной культуре Персии, Ирана, Турции, Узбекистана, Таджикистана и стран Средней Азии.

В эпоху Ренессанса в Европе отношение к цвету, его осмысление и семиотика во многом наследуют идеи античности и средневековья. Развивается и обогащается учение о гармонии цветосочетаний (на основе использования мини-

мума исходных цветов). В то же время существенно расширяются (в работах выдающихся мастеров Возрождения) полихромия и нюансировка цветотональных отношений (в живописи, одежде, украшениях, бытовой утвари). Серые, черные и коричневые цвета признаются достойными применения в художественном творчестве наряду с основными хроматическими цветами. При всех достижениях этой эпохи в ее отношении к миру цвета в природе и материально-художественной культуре оно остается до начала XVII в. ненаучным.

Научный период в истории цветоведения начинается с того времени, как Исаак Ньютон в 1665 г. произвел свои опыты с разложением стеклянной призмой пучка солнечного цвета. Он доказал, что появление радуги спектра на экране при прохождении света через призму объясняется не каким-то влиянием стекла на белый свет (как считалось прежде), а тем, что белый свет является сложной механической смесью разнообразных цветных лучей, преломляющихся в стекле в разной степени. Оказалось, что призма не изменяет белый цвет, а разлагает его на простые составные части, оптически смешав которые можно снова получить исходный белый цвет. Пространственное разделение простых цветов дало Ньютону в руки первый объективный и количественный признак цвета, отвечающий его субъективно воспринимаемой цветности. Ньютону удалось вывести учение о цвете из неопределенности и путаницы субъективных впечатлений на

прямую и точную математическую дорогу.

Помимо опытов с разложением белого цвета призмой Ньютон проводил опыты с освещением белым и цветными лучами света очковой линзы (с небольшой выпуклостью), положенной на стеклянную пластинку. При освещении вокруг точки соприкосновения линзы и стекла появляется ряд концентрических радужных колец (от белого света) или одноцветных и темных колец (от соответствующего луча какого-либо спектрального света). Измерение радиусов цветных и темных колец позволило сделать вывод об их закономерной периодичности ($\sqrt{2}$: $\sqrt{4}$: $\sqrt{6}$: $\sqrt{8}$ и т. д.). Выяснилось, что каждый из простых цветов связан с шириной зазора между линзой и стеклом, отвечающего первому темному кольцу. Вместо показателя преломления (как в опытах с призмой) простой цвет, следовательно, можно количественно определить шириной этого первого зазора. Эта ширина была названа длиной волны, обозначаемой греческой буквой λ . Длины волн видимого света, как показал Ньютон, чрезвычайно малы, они выражаются в миллионных долях миллиметра – миллимикронах, ныне – в нанометрах (нм).

Ньютон измерил, в частности, длину волны цвета, лежащего на границе зеленой и синей частей спектра, определив, что она соответствует $\lambda = 492$ нм. А длину волны красного цвета он определил \approx в 700 нм, фиолетового – 400 нм.

Благодаря опытам И. Ньютона субъективная область цветовых явлений, в течение тысячелетий ускользавшая от на-

учного объяснения, наконец-то обнаружила свою количественную сущность и стала с тех пор вполне доступной точному научному анализу.

После Ньютона многие исследователи природы цвета и особенностей цветовосприятия цветов человеческим зрением (на основе психологии и психофизиологии зрения) развили, дополнили, уточнили и систематизировали научную базу цветоведения. Это И. В. Гете, Я. Э. Пуркине, И. П. Мюллер, Г. Л. Гельмгольц, Т. Юнг и многие др.

В конце XIX в. немецкий ученый Герман Гельмгольц (1821–1894) собрал и подытожил все знания о цвете как физическом и оптическом явлении, привел их в стройную систему, исправил вековые (и тысячелетние) заблуждения в вопросах цветоведения, заполнил пробелы, прояснил недоразумения и сделал физиологическую оптику наукой в современном смысле этого слова, о чем будет рассказано в соответствующей теме данного курса лекций.

Тема 2. Физическая природа цвета. Основные характеристики и свойства цвета в их взаимосвязи. Цвета спектральные, неспектральные, хроматические, ахроматические, смешанные

Цвет – это свойство света вызывать определенное зрительное ощущение в соответствии со спектральным составом отражаемого или испускаемого излучения. Свет разных длин волн возбуждает разные цветовые ощущения.

Цветоведение изучает и раскрывает основные закономерности в области цветовых явлений природы, создаваемой человеком предметной среды и всего мира искусств (тех его видов, которые ориентированы на зрительное восприятие).

Цветоведение объясняет эти явления (их природу, закономерности и особенности восприятия человеком) с позиций ряда наук: физики, математики, химии, психологии, психофизиологии, эстетики, искусствознания, теории композиции, археологии, этнографии, культурологии. Цветоведение объединяет эти разделы знаний о цвете в единую систему науки о цвете.

Оптический раздел физики раскрывает закономерности природы цвета и его характеристики.

Химия исследует свойства веществ и их соединений для разработки рецептур красителей, адекватных требуемым цветам и их сочетаниям, смесям.

Математика (в применении к цветоведению – колориметрия) позволяет осуществлять количественную оценку цветов и определять по соответствующим координатам цветowych графиков цветовой тон и насыщенность требуемого цвета.

Психофизиология раскрывает закономерности физиологии цветного и черно-белого зрения и природу оптических иллюзий.

Психология исследует ассоциации, эмоции, образы, вызываемые различными цветами и их сочетаниями.

Эстетика (в применении к колористике) исследует законы гармонизации цветowych сочетаний, гармоничного сочетания цветов с позиций определенных идеалов эстетического общественного сознания в соответствии с мерой человека, мерой вещи, гармонизируемой цветом, и мерой среды, в которой вещь функционирует и воспринимается.

Теория композиции раскрывает закономерности использования цветов и их сочетаний в соответствии с многообразием функций цвета в композиции произведений искусств и дизайна.

С позиций физики (оптики) цвет имеет световую при-

роду. Возникновение цветовых ощущений невозможно без света. Понятия «свет» и «цвет» неотделимы. Светоцветовые ощущения возникают тогда и постольку, когда и поскольку свет воздействует на глаза человека.

Лучи света, попадая на сетчатку глаза, вызывают импульсы, производящие в мозге ощущение (впечатление) того или иного цвета или их сочетаний.

Среди большого диапазона существующих в природе видов электромагнитного излучения: радиоволнового, инфракрасного, ультрафиолетового, рентгеновского, гамма-излучения, не воспринимаемых зрением человека, выделяется относительно узкий сектор видимого электромагнитного излучения.

Видимый диапазон световых волн колеблется в пределах 380–760 нм.

Белый свет объективно представляет собой оптическое смещение волн различной длины и является не простым, а составным (сложным). Пропускаемый через прозрачную бесцветную трехгранную стеклянную призму луч белого света разлагается на составляющие простые цвета, представляющие собой полосу спектра цветов, плавно переходящих друг в друга в определенном порядке: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый – это *спектральные* цвета (точнее, цветовые тона), они те же, что и в солнечном спектре (радуге).

Отдельные спектральные цвета, соответствующие опреде-

ленной длине световой волны, являются простым, или монохроматическим, светом. Они уже не разложимы на отдельные цвета, как белый цвет призмой.

В табл. 1 приведены наименования цвета монохроматических световых потоков, их условные буквенные обозначения и диапазон длин волн [1].

Пурпурный ряд цветовых тонов отсутствует в спектре солнечного света (или любого источника света), поэтому их и называют *неспектральными*. Их нельзя получить монохроматическим излучением (например при помощи оптического устройства – монохроматора). Но можно создать с помощью смешения лучей двух и более монохроматических излучений (например красного и синевато-пурпурного).

Таблица 1. Спектральные и неспектральные цвета видимого электромагнитного излучения

Группы цветов		Наименование цвета световых потоков	Диапазон длин волн, нм
Спектральные (видимый спектр)	Коротковолновые	Фиолетовый (синева-пурпурный) (bP)	380–430
		Средневолновые	Сине-фиолетовый (пурпурно-синий) (pB)
	Синий (B)		465–482
	Зеленова-синий (gB)		482–487
	Сине-зеленый (BG)		487–493
	Синева-зеленый (bG)		493–498
	Зеленый (G)		498–530
	Желтова-зеленый (yG)		530–558
	Желто-зеленый (YG)		558–570
	Длинноволновые	Зеленова-желтый (gY)	570–575
		Желтый (Y)	575–580
		Желто-оранжевый (yO)	580–586
		Оранжевый (O)	586–595
		Краснова-оранжевый (rO)	595–620
		Красный (R)	620–680

Группы цветов		Наименование цвета световых потоков	Диапазон длин волн, нм
Неспектральные		Пурпурнова-красный (pR)	494с–498*с
		Красно-пурпурный (RP)	498с–528*с
		Краснова-пурпурный (rP)	528с–553*с
		Пурпурный (P)	553с–563*с

Примечания:

1. Буквенные обозначения цветов в скобках даны по начальным буквам их названий по-английски (прописным и строчным): *B, b – Blue – синий; P, p – Purple – пурпурный; G, g – Green – зеленый; Y, y – Yellow – желтый; O, o – Orange – оранжевый; R, r – Red – красный.*

2. Дополнительные длины волн неспектральных цветов даны относительно излучения *C MKO* (дневной свет).

3. $1 \text{ нм} = 0,0000001 \text{ мм}.$

Все видимые нами в окружающем мире цвета делят на *хроматические* (спектральные и неспектральные) и *ахроматические* (черный, белый, серые), а также их смеси.

Для качественной и количественной характеристики цвета используют такие понятия, как *цветовой тон, насыщенность (чистота)* и *светлота (яркость)*.

Цветовой тон – качество цвета, определяемое длиной световой волны (в нм) и приравниваемое к одному из спектральных или неспектральных (пурпурных) цветов. Цветовой тон (λ) дает название цвету.

Насыщенность – степень отличия хроматического цвета от равного ему по светлоте (яркости) ахроматического (серого). (Из-за трудоемкости определения этой характеристики цвета ее обычно заменяют другой – чистотой цвета.)

Чистота (колориметрическая насыщенность) – это процентная доля чистого спектрального цвета в общей яркости данного цвета:

$$P = \frac{B\lambda}{B\lambda + B\Sigma} 100\%$$

где P – чистота цвета; $B\lambda$ – яркость чистого спектрального цвета (= 100 %); $B\Sigma$ – яркость белого цвета в смеси.

Светлота – степень отличия данного цвета от черного, измеряемая числом порогов различия (n) от данного цвета до черного. (Количественное определение светлоты сложно, требует специального оборудования. В практике колориметрии светлота нередко заменяется другой характеристикой – относительной яркостью.)

Яркость (относительная яркость) – это отношение величины потока света, отраженного от данной поверхности, к величине потока света, на нее падающего. Измеряется коэффициентом отражения ρ (ρ_0). Удобно измерять яркость при помощи шкалы ахроматических (серых) накрасок, коэффициент отражения которых измерен заранее лейкометром, фотометром.

Насыщенность, или чистота, цвета зависит от степени «разбавления» спектрального цветового тона белым, чер-

ным или серым (различной светлоты).

Чем больше «примесь» белого (или серого), тем менее насыщенный, чистым является цветовой тон. Он светлеет или темнеет по сравнению со 100 %-ным чистым цветовым тоном. Например, зеленый цвет, имеющий цветовой тон $\lambda - 530$ нм и насыщенность (чистоту) – 0,7, представляет собой спектральный цветовой тон с длиной волны 530 нм, состоящий на 70 % из чистого зеленого (данного цветового тона) и на 30 % из белого цвета.

Максимально насыщенные цвета – это цвета спектра и пурпурного ряда (неспектральные).

Цвета с сильно выраженной хроматичностью называются насыщенными.

Малонасыщенные цвета – это цвета, «разбавленные» в той или иной степени ахроматическими, например: бледно-зеленый, бледно-голубой, светло-сиреневый, розовый, светло-оранжевый, бежевый, а также темно-синий, коричневый, темно-зеленый, темно-красный, серо-фиолетовый, темно-коричневый, серо-синий, вишнево-черный.

Качественной характеристикой хроматических цветов является цветность: цветовой тон и насыщенность (чистота), а ахроматических цветов – только светлота.

Насыщенность цветов (также как яркость) неодинакова по отношению друг к другу. Желтый цвет наименее насыщен в спектре, к краям спектра насыщенность повышается. Но по светлоте (яркости) желтый доминирует над другими спек-

тральными цветами.

Значения светлоты (яркости) белого, черного и основных хроматических цветов приведены в табл. 2.

Таблица 2. Примеры яркости и светлоты

№	Наименование цвета	Козффициент яркости	Светлота (по Манселлу)
1	Белый	0,90	9,5
2	Черный	0,0094	0,8
3	Чистый желтый	0,59	8,0
4	Чистый оранжевый	0,36	6,5
5	Чистый красный	0,11	3,9
6	Чистый зеленый	0,19	4,9
7	Интенсивный синий	0,13	4,1

8	Интенсивный фиолетовый	0,10	3,7
9	Чистый оранжево-желтый	0,48	7,3
10	Чистый зеленовато-желтый	0,63	8,2
11	Интенсивный пурпуровато-красный	0,15	4,4
12	Чистый желто-зеленый	0,40	6,8

Ахроматический (т. е. бесцветный) цвет – название нелогичное, но принятое и устоявшееся в цветоведении. С точки зрения спектральной теории цвета неправильно называть ахроматические цвета (черные, серые, белые) цветами, по-

сколькy они лишены основной характеристики хроматических цветов – цветового тона, а также насыщенности. Если чистота хроматических спектральных цветов равна 100 %, то чистота цветового тона и насыщенности ахроматических цветов равна 0. Поэтому нельзя буквально понимать смысл словосочетаний: *белый, серый, черный цвета*, но к таким словосочетаниям привыкли, они удобны в разговорной и профессиональной лексике, а потому и закрепились в цветоведении.

Смешение хроматических и ахроматических цветов образует все богатство *сложных (смешанных)* цветов и их оттенков, наблюдаемых нами в природе и созданной человеком предметно-пространственной среде. Это бежевые, коричневые, оливковые, зелено-коричневые, синевато- и красновато-коричневые, все цветные оттенки серых (с разным количеством серого разной светлоты в смесях с хроматическими цветами) и многие другие цвета.

Взаимосвязь основных характеристик цвета может быть представлена в условно-графических координатных системах цветового пространства. Например, в пространственной цветовой модели – *цилиндрическом цветовом пространстве* (цветовой системе Манселла, США [1]), см. приложение 1, рис. П.1.1.

Тема 3. Особенности зрительного восприятия цветов глазами человека и его мозгом

Как отмечалось выше, лучи света, испускаемые каким-либо естественным или искусственным источником света или отражаемые от какой-либо поверхности, проходя через зрачок в радужной оболочке и расположенный за ним хрусталик (живую линзу глаза), попадают на сетчатку (сетчатую оболочку глаза). Сетчатая оболочка (или сетчатка), состоящая из двух слоев: наружного, или пигментного, и внутреннего, или нервного, представляет собой разрастание зрительного нерва, связывающего глаз с мозгом. Именно в соответствующей области мозга и возникают зрительные, в том числе цветовые, ощущения.

В структуре сетчатки глаза есть клетки, обеспечивающие *ахроматическое* (ночное и сумеречное) зрение, и клетки, обеспечивающие *хроматическое* (дневное) зрение.

Во внешнем слое сетчатки, непосредственно примыкающем к сосудистой оболочке, расположены клетки, окрашенные черным пигментом. Затем идут основные элементы зрительного восприятия, называемые по внешнему виду *палочками* и *колбочками*. Каждое нервное волокно зрительного нерва оканчивается либо колбочкой, либо группой палочек.

Число колбочек и палочек очень велико (около 7 млн колбочек и более 100 млн палочек).

В середине сетчатки преобладают колбочки, к периферии – палочки. Палочки окрашены *красным зрительным пурпуром*, который выцветает под действием света. Длина палочек около 0,06 мм, колбочек – около 0,035 мм. Диаметр палочек составляет около 2 мк, а колбочек – около 6 мк.

Зрительная зона головного мозга находится в затылочной части. Это поля зрительного анализатора. Глаза по сути дела – части головного мозга, вынесенные на периферию для контакта с внешней средой (аналогично органам слуха).

Под воздействием света в зрительных клетках возникают фотохимические реакции. Для этого в колбочках и палочках есть светочувствительные пигменты: в палочках – *родопсин* (*зрительный пурпур*), в колбочках – *йодопсин*.

Под воздействием света зрительный пурпур распадается на две молекулы: желтоватого вещества – ретинена и бесцветную молекулу белка, а в темноте из них снова образуется родопсин. Таким образом на свету родопсин выцветает, а в темноте окрашивается (регенерируется).

Фотохимические реакции, воздействуя на волокна нервов, обуславливают возникновение импульсов (биотоков), идущих по зрительному нерву в зрительные центры коры головного мозга.

Колбочки обеспечивают дневное хроматическое зрение, а палочки – ночное ахроматическое. Наш глаз воспринима-

ет какой-либо цвет как белый, когда все цвета спектра полностью отражаются от освещенной поверхности (либо когда луч света не разложен на монохроматические простые цветовые потоки).

Цвет какой-либо поверхности воспринимается черным, когда все цвета спектра полностью поглощаются этой поверхностью. Тело или пространство воспринимается черным при отсутствии света.

Частичное, избирательное отражение тех или иных цветовых монохроматических потоков (при поглощении остальных цветов спектра) определяет для нашего зрения *цвет отражающей поверхности*.

Так, отражение красных лучей (при частичном отражении оранжевых и желтых) создает впечатление красного цвета отражающей поверхности. При этом зеленые, голубые, синие, фиолетовые цвета спектра поглощаются.

Прозрачные (полупрозрачные) цветные поверхности, тела (представляющие собой светофильтры определенного цвета) избирательно пропускают те или иные цвета спектра, соответствующие цвету светофильтра. Остальные цвета спектра пропускаются светофильтром в незначительной степени или не пропускаются вовсе. Так, зеленый светофильтр пропускает зеленый цвет, частично голубой, может быть, синий или желтый и не пропускает красный, оранжевый, фиолетовый. Поэтому и цвет его воспринимается как зеленый (рис. П.1.2).

Цвет объекта (объектов), находящегося за светофильтром, смешивается с его цветом, образуя в нашем зрительном восприятии какой-либо сложный неспектральный цвет.

Глаз человека устроен так, что он прекрасно адаптируется к темноте и свету, к различению предметов на расстоянии, как близком, так и далеком.

Хрусталик глаза работает как система автофокусировки фотоаппарата.

Природа в процессе эволюции животных и человека создала зрительный орган – анализатор, дающий возможность прекрасно ориентироваться как на ярком свету, так и в темноте.

Зрачок – отверстие радужной оболочки глаза – может автоматически сжиматься и расширяться в зависимости от яркости света, регулируя таким образом количество световой энергии, падающей на сетчатку глаза (аналогично диафрагме в объективе фотоаппарата). Диаметр наибольшего отверстия зрачка в среднем около 8 мм, а наименьшего – около 2 мм. Таким образом, площадь отверстия может изменяться в темноте в 16 раз. В темноте глаза начинают приспособливаться к слабому освещению, и чувствительность сетчатки постепенно нарастает. При этом в колбочках чувствительность нарастает только в десятки раз (по сравнению с чувствительностью на дневном свету), а в палочках чувствительность медленно (в течение часа и более) увеличивается в полной темноте, в сотни тысяч раз.

Естественно, что в наступающих сумерках многие цвета спектра постепенно, один за другим перестают восприниматься нашим зрением. Прежде всего «уходят» теплые цвета: желтые, оранжевые, красные; затем желто-зеленые, зеленые, голубые. Остаются какое-то время в наступающей темноте синие и фиолетовые цвета, а затем хроматическое восприятие окружающего мира сменяется ахроматическим – серо-черно-белым (при отсутствии света – только черным).

Глаз настолько чувствителен к свету, что при абсолютно прозрачной атмосфере (как условном допущении) мог бы различать огонек свечи на расстоянии 200 км. (Разумеется, если человек обладает нормальным острым зрением.)

Глаз здорового человека с развитым цветотоновым зрением способен различать в окружающем мире (при достаточно ярком освещении объектов) около 30 000 оттенков цветов. В спектре *по цветовому тону* он может различать до 120 оттенков. Кроме того, 10 оттенков каждого из них по насыщенности (чистоте). И, наконец, 25 ступеней *по яркости (светлоте)* каждого тона. Таким образом, произведя несложные арифметические действия, получаем: $120 \times 10 \times 25 = 30\,000$.

Многие цветковые атласы содержат в три раза меньшее количество оттенков цветов (даже с учетом того, что в них приводятся образцы одного и того же оттенка цвета – матовые, полуматовые и глянцевые).

Следует отметить, что ощущение цвета (цветосочетаний) в мозге человека возникает не только благодаря поступа-

ощему в глаза внешнему излучению, но также благодаря зрительной памяти, внутреннему представлению (об объекте, явлении), воображению (в том числе творческому) и без внешнего источника цветного излучения.

Кроме того, избирательное ощущение цвета возникает в мозгу при механическом воздействии на голову, глаза (давление, удар) благодаря механизму психофизиологических реакций. Это может быть внезапное ощущение яркого света, световых кругов перед глазами (даже когда они закрыты) – «искры из глаз посыпались», или возникновение цветовой пятна (пятен), «плывущего» сбоку или перед глазами, как реакция на воздействие слишком яркого света определенного цветового тона, например фиолетовых пятен после воздействия яркого желтого, или зеленых – после яркого красного. Это объясняется психофизиологическим механизмом свето-цветовой компенсации раздражения глаз цветом, противоположащим в цветовом круге тому, который вызвал утомление зрения. Важной особенностью цветового зрения является то, что, определив и запомнив цвет какого-либо объекта, человек независимо от условий освещения воспринимает (а точнее, представляет благодаря зрительной цветовой памяти) этот цвет как постоянный, присущий данному объекту. Например, красный цвет, который при слабом освещении объективно видится как темно-красный, серо-красный, коричневато-красный, остается для объекта восприятия все равно красным. Это помогает человеку запоминать объекты

по их цвету и ориентироваться среди них в обыденной жизнедеятельности.

Но художник, занимаясь живописью, безусловно, отражает в своем произведении (пейзаже, натюрморте, портрете, жанровой картине) реальные изменения цвета изображаемых объектов в зависимости от характера и интенсивности их освещения.

Архитекторы, художники декоративно-прикладного искусства, дизайнеры также учитывают в своем творчестве изменения цвета (цветов) создаваемых по их проектам объектов при их реальном восприятии людьми, созерцающими эти объекты в разных условиях освещения.

Но это особенности эстетического восприятия объектов творчества, отличающиеся от обыденного, утилитарно ориентированного восприятия цвета.

Тема 4. Основы трехкомпонентной теории смешения цветов.

Принципы оптического аддитивного и субтрактивного смешения цветов, их особенности

Заслуги Г. Гельмгольца, являющегося крупнейшей фигурой в области физиологической оптики в XIX в., обобщившего известные в его время научные знания о цвете как физическом (оптическом) и психофизиологическом явлении, заключались, во-первых, в разработке основы строгой научной систематизации цвета (Гельмголец нашел способ *измерения цвета путем числового выражения трех его характеристик: цветового тона, насыщенности и светлоты*); во-вторых, в определении двух принципиально различных типов смешения *монохроматических цветовых излучений – слагательного (аддитивного) и вычитательного (субтрактивного)*, а также в отличии результатов смешения цветных лучей света и красок аналогичного цветового тона; в-третьих, в разработке *трехкомпонентной теории цветового зрения*.

Аналогичные исследования проводились и сходные результаты были получены в XIX в. специалистами из других стран, в частности шотландским физиком Д. К. Максвеллом

(1831–1879) и американским художником и преподавателем Массачусетской художественной школы в Бостоне, занимавшимся вопросами цветоведения, А. Х. Манселлом (1858–1918).

Поэтому в литературе по цветоведению, изданной в англоязычных странах, чаще ссылаются на цветовые системы и исследования в области смешения цветов Д. К. Максвелла и А. Х. Манселла, чем на основоположника теории измерения и числового обозначения характеристик цвета, а также смешения цветов – немца Г. Гельмгольца [1], [11].

Трехкомпонентная теория цветового зрения Г. Гельмгольца базируется на идее ученого Томаса Юнга о трех родах нервных волокон, воспринимающих три основные цвета: красный, зеленый и синий (точнее – сине-фиолетовый). Степень возбуждения трех родов нервных волокон Гельмгольц изображал в виде схемы (рис. 1), где на горизонтальной линии отмечены цвета спектра от красного (R) до фиолетового (V). Кривые на схеме обозначают волокна, возбуждаемые красным, зеленым и фиолетовыми цветами. Простой (чистый) *красный* цвет (волны наибольшей длины в спектре) сильно возбуждает волокна, ощущающие красный цвет, но слабо – два других типа волокон. Простой *желтый* значительно возбуждает зрительные волокна, ощущающие красный и зеленый цвета, но слабо – фиолетовые. Простой *зеленый* сильно возбуждает зеленоощущающие волокна и слабо – остальные два типа и т. д. Тот или иной сложный отте-

нок цвета зависит, по-видимому, от разной степени возбуждения этих трех типов волокон. А равномерное возбуждение всех типов дает ощущение белого цвета.

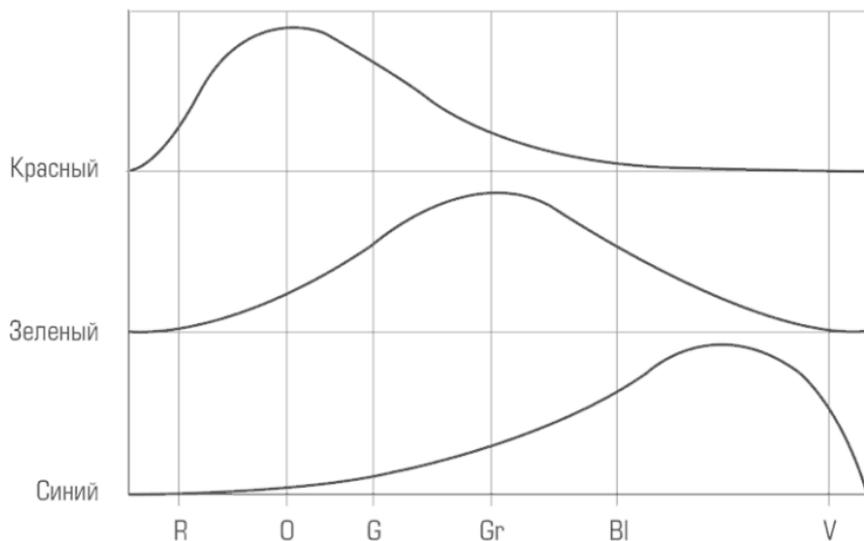


Рис. 1. Схема ощущения трех основных цветов по Гельмгольцу

Г. Гельмгольц не обнаружил анатомического доказательства существования трех цветоощущающих родов зрительных волокон (колбочек). Его нет и в наше время. Есть ряд новых данных о цветовом зрении, но другая теория взамен теории Юнга – Гельмгольца пока не создана (с позиций психофизиологии цветоощущения). Но в то же время теория

Гельмгольца хорошо объясняет многие факты физиологии цветового зрения и широко используется в ряде отраслей науки и техники (в том числе в фотографии, цветном телевидении, кино, видео, полиграфии, компьютерной технике и т. д.) [11].

Цветовая система смешения цветов из трех основных цветовых тонов геометрически изображается в виде равностороннего треугольника (рис. П. 1.3), в углах которого обозначены три первичных цвета: *красный, зеленый, синий (сине-фиолетовый)*. Аддитивным (слагательным) смешением монохроматического света трех длин волн, соответствующих этим цветам, можно получить очень широкий диапазон цветов, включающий все цветовые тона разной чистоты (насыщенности). Равные количества первичного красного и синего дают луч пурпурного цвета; синего и зеленого – луч голубого цвета; зеленого и красного – луч желтого цвета. На линии, соединяющей точку, обозначающую желтый цвет (на правой стороне треугольника), с точкой в вершине треугольника, обозначающей зеленый цвет, получается желто-зеленый цвет. А на линии, соединяющей точку, обозначающую красный цвет (правый угол треугольника), с точкой, обозначающей голубой цвет (посередине левой стороны треугольника), между точкой *E*, условно обозначающей белый цвет (как смешение всех цветов), и точкой *R* (красный цвет) помещается точка *P*, обозначающая розовый цвет (pink). Чем ближе к точке *E*, тем он бледнее, чем ближе к точке *R*, тем

насыщеннее, темнее.

Таким же образом можно на этом треугольнике показать все смешения насыщенных цветов (размещаемых на сторонах и в углах треугольника) и смешения всех ненасыщенных (разбеленных) цветов внутри этого треугольника в соответствующих точках на условной сетке, полученной пересечением горизонтальных и наклонных линий, параллельных сторонам равностороннего треугольника [1].

Аддитивное (слагательное) смешение цветов

(рис. П.1.4, а) получается в результате проекции на белый экран трех частично перекрывающихся друг друга монохроматических световых потоков цветных источников света (получаемых от трех проекционных фонарей со светофильтрами – красным, зеленым и синим). В местах попарного перекрывания световых лучей получают: желтый цвет (оптическое смешение зеленого и красного), голубой цвет (смешение зеленого и синего), пурпурный цвет (смешение красного и синего).

В центре взаимно перекрывающихся друг друга красного, зеленого и синего кругов получается *белый* цвет. Это возможно только при совершенно определенном соотношении между яркостями красного, зеленого и синего пятен света на экране и определенного расстояния от экрана.

При изменении соотношения яркостей цветных потоков света (например, при приближении к экрану одного из них, удалении другого, оставлении на прежнем месте третьего)

изменяются цвета в местах перекрывания цветных пятен (при той же цветности яркость может стать иной) и вместо белого цвета в центре фигуры появится какой-либо хроматический цвет.

Изменяя положение взятых источников света относительно экрана можно получать различные цвета спектра и пурпурные цвета. Аддитивное смешение цветов (монохроматических световых потоков цветных источников света) базируется на описанной выше трехкомпонентной теории смешения цветов.

Субтрактивное (вычитательное) смешение цветов (рис. П.1.4, б) получается вычитанием из белого цвета соответствующих излучений при помощи определенных светофильтров для получения желаемых цветов.

Белый пучок света пропускается на белый экран через частично перекрывающие друг друга светофильтры пурпурного, голубого и желтого цветов. В центре пересечения цветных пятен получается черное пятно. В местах попарного перекрывания пурпурного и желтого получается красный цвет, желтого и голубого – зеленый цвет, а пурпурного и голубого – фиолетовый цвет.

Голубой светофильтр поглощает из состава белого цвета красный и оранжевые излучения, а пропускает синие, зеленые, фиолетовые цвета. В совокупности они и дают зрительное ощущение голубого цвета. Желтый светофильтр поглощает из белого света (как смеси всех цветов спектра), как

бы вычитает фиолетовые и синие излучения и пропускает зеленые, желтые и красные. В совокупности они создают зрительное ощущение желтого цвета.

При сложении желтого и голубого светофильтров и пропускании через них мощного света лампы накаливания получается следующий эффект: желтый светофильтр поглощает из белого света фиолетовые и синие и пропускает красные, оранжевые, желтые и зеленые. Голубой светофильтр поглощает красные, оранжевые и желтые излучения и пропускает только зеленые излучения. Таким образом, на пересечении желтого и голубого пятен света получается ощущение зеленого цвета.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.