

СВЕТ, ЗРЕНИЕ И ЦВЕТ

«Все живое стремится к цвету» — так сказал Иоганн Вольфганг Гете. Действительно, наша жизнь немыслима без богатства и очарования цветочных форм. Цвет способен радовать и огорчать, он может влиять на наше самочувствие и трудоспособность. Силу воздействия цвета на человека, на его сознание заметили представители самых разных наук: философы и физики, физиологи и врачи, обращаясь к проблеме цвета, пытались ее решать — каждый по-своему, чаще на ощупь, интуитивно.

Существует распространенное мнение, будто бы выразительность цвета основана на ассоциациях. В специальной литературе господствует утверждение, что красный цвет возбуждает потому, что он напоминает нам о явлениях, связанных с огнем и кровью. Зеленый цвет воскрешает мысль об освежающем воздействии природы. В очаровательной сказке Г.Х. Андерсена «Гадкий утенок» только что появившиеся на свет утята первым делом стали разглядывать развесистые листья лопуха, и «...мать не мешала им», зная, что зеленый цвет полезен для глаз. Синий цвет, возможно, вызывает у нас представление, связанное с прикосновением к холодной воде, дыханием темной ночи.

Однако, как утверждает американский психолог искусства Рудольф Арнхейм, ассоциативная теория в изучении цвета дает столь же, мало, сколько и в других областях знаний. Воздействие цвета оказывается сильным только в том случае, если он является результатом интеллектуального толкования [35]. Сегодня, к сожалению, нет исчерпывающей теории физиологического процесса восприятия цвета, которая могла бы объяснить многообразие вопросов связанных с влиянием цвета на человеческий организм, но накоплен практический опыт, позволяющий обеспечить комфортную среду обитания. Определяющую роль в этом играет освещение.



Рис. 1.3. Яркости распространенных источников света

Адаптация зрения

При яркостях, с которыми мы встречаемся в повседневной жизни, глаз по разному приспособляется к ночному, сумеречному и дневному зрению. В повседневной жизни мы сталкиваемся с различными источниками света (см. рис. 1.3). Диапазон изменения их яркости составляет 15 порядков.

Глаз человека обладает поразительным динамическим диапазоном — 11 порядков¹: можно «увидеть» десятки квантов света и вспышку искрового разряда. Это равнозначно взвешиванию на одних весах микроба и железнодорожного вагона.

Процесс зрения основан на фотохимическом воздействии света на родопсин (зрительный пурпур) в палочках и йодопсин — в колбочках сетчатки глаза. Под действием света эти вещества отбеливаются и становятся к нему нечувствительными. В темноте вещества восстанавливаются до максимальной степени чувствительности. Ощущение яркости зависит от количества отбеленного йодопсина и родопсина.

Приспособление глаз к условиям освещенности происходит без контроля сознанием. Конечное состояние, при котором устанавливается светочувствительность глаза для данного уровня яркости, называется *адаптацией*.

Адаптация обеспечивается тремя явлениями:

- изменением диаметра отверстия зрачка;
- перемещением темного пигмента в слоях сетчатки;
- различной реакцией палочек и колбочек.

Зрачок изменяется в диаметре от 2 до 8 мм, при этом его площадь и, соответственно, световой поток изменяются в 16 раз. Сокращение зрачка происходит за 5 с, а его полное расширение — за 5 мин. При этом за первые 10 с зрачок расширяется на 2/3 своего диаметра.

Перемещение темного пигмента в слоях сетчатки защищает рецепторы от избыточного светового раздражения. Рецепторные клетки, палочки и колбочки, адаптируются с различной скоростью. Адаптация колбочек длится около 7 мин, а палочек — более часа.

Восприятие яркости

Время приспособления зрения к резким перепадам яркости освещения называют инерционностью адаптации. Например, свет до 25...30 кд/м² не воспринимается как яркость, а различается как светлое пятно; 200 кд/м² — это ощутимая яркость; 500 кд/м² — привлекающая внимание, 1000 кд/м² — беспокоящая, 2000 кд/м² — слепящая, а выше — невыносимая. *Световая и темновая адаптация* являются результатом восстановления светочувствительного вещества после отбеливания.

При недостаточной освещенности глаз не способен воспринять увиденное, в частности, не может оценить текстуру поверхностей. Когда человек стоит перед белой, гладко окрашенной и равномерно освещенной стеной, он, в зависимости от освещенности, видит то клубящийся туман, то сферу, в центре которой он находится. И только когда освещенность возрастает до такого, что проявляются подробности окраски, говорит: «Плоская вертикальная стена».

Бытует мнение, что глаз обладает предельной чувствительностью, т.е. он в состоянии зарегистрировать одиночный квант света. Это не верно. В действительности вспышка света может восприниматься лишь в том случае, если площадью сетчатки, соответствующей дуге в 10 угловых минут, в течение примерно 0,1 с будет поглощаться порядка 10 квантов.

По оценкам такая поверхность содержит около 500 палочек; поэтому вероятность поглощения одной палочкой более одного кванта света весьма невелика. Это означает, что одиночный квант действительно может активизировать палочку, тем не менее, одиночная палочка поглотившая квант, сама по себе не способна вызвать зрительный сигнал.

Зрительной системе необходимы почти одновременно сигналы более чем одной палочки (около 10). Эти сигналы должны суммироваться в одном из отделов зрительной системы, и только тогда наблюдатель сможет воспринять вспышку света. Уровень такого сигнала соответствует *абсолютному порогу зрения* [39].

¹ Глаз реагирует на перепад яркостей от $2 \cdot 10^{-6}$ до $2 \cdot 10^5$ кд/м² [12].

Существуют также зрительные пороги, связанные с различением двух соседних полей зрения. Например, при равной яркости двух наблюдаемых полей они будут восприниматься наблюдателем как одно однородное поле. Если теперь увеличить яркость одного из них до тех пор, пока наблюдатель не увидит разницу между ними, то эта дополнительная яркость будет представлять собой дифференциальный порог ΔL .

Разницу в яркостях (ее часто называют уровнем световой адаптации) можно связать с общей яркостью L с помощью соотношения, определяющего контрастную яркость C .

$$C = \frac{\Delta L}{L}, \text{ где}$$

L – яркость фона, ΔL – разница яркости двух наблюдаемых полей.

Восприятие изображения и полнота зрительной информации определяется контрастом деталей изображения. Величину $\Delta L/L$ называют отношением Вебера¹. Относительное постоянство отношения $\Delta L/L$ для глаз при больших освещенностях было обнаружено Бургером, в 1760 году, когда он ставил опыты со свечами. Так называемый закон Вебера является одним из самых старых в экспериментальной психофизике и гласит, что $\Delta L/L$ является постоянной величиной [39]. Это значит, что видимый порог составляет постоянную часть раздражителя. Так бывает при высоких уровнях яркостей, и это подтверждается чувственным опытом человека. Внесенная в темную комнату свеча дает очень большое изменение в яркости, однако, в сильно освещенной комнате она незаметна.

Острота зрения

Зрительные функции у человека возникают не сразу после рождения. Первое время младенец просто не понимает, что он видит. Видеть предметы, различать их форму и цвет, оценивать размеры и расстояние он еще должен научиться.

Новорожденный не фиксирует зрение на неподвижных предметах. Его внимание привлекают плавно перемещающиеся яркие игрушки. В конце второй недели ребенок может останавливать свое внимание на периодически останавливающейся игрушке.

Острота зрения у трехмесячного ребенка составляет всего 0,001...0,005. В шестимесячном возрасте она достигает 0,01...0,03, и только к 3...4 годам острота зрения приближается к величине 0,7...1,0 [37]. К этому времени заканчивается один из периодов развития бинокулярного восприятия мира. Однако стереоскопическое зрение еще не отлажено полностью. По данным исследований лишь к 11...13 годам это восприятие приближается к уровню взрослого.

Разрешающая способность зрения и становление цветоощущения непосредственно связано с выполнением зрительно-пространственных функций, а по данным становления цветоощущения можно судить и о психофизическом развитии человека.

Цветоощущение трех основных цветов – красного, зеленого и синего, возникает не одновременно. Становление цветоощущения у девочек и мальчиков возникает в различные сроки. У мальчиков этот процесс запаздывает на 2 месяца².

Появление цветоощущения характеризуется несколькими периодами: до 14 месяцев у девочек и до 16 месяцев у мальчиков наблюдается период полного не восприятия цветов. У девочек ощущение красного появляется в 14 месяцев, ощущение зеленого – в 16 месяцев, синего – в 18 месяцев. Между 14...16 месяцами и двумя годами происходит резкое повышение цветоощущения, а после 20...24 месяцев цветоощущение нарастает медленнее. Заканчивается формирование цветного зрения в 7,5 лет у девочек и в 8 лет – у мальчиков.

В возрасте до 25 лет наблюдается рост способности глаза к цветоразличению, а затем оно начинает медленно убывать. К 65 годам чувствительность к цвету существенно пада-

¹ Вебер в 1834 году распространил наблюдения Бургера на другие органы чувств.

² Исследователи указывают на возможные отклонения в пределах ± 15 дней.

ет, вследствие потери прозрачности жидкости хрусталика и стекловидного тела.

Развитие цветовосприятия согласуется с исследованиями, которые показывают, что результат выполнения зрительно-пространственных задач неодинаков у мужчин и женщин.

Зрительные сигналы на периферии поля зрения мы воспринимаем иначе, чем в его центре. Кроме того, существуют особенности в точности зрения мужчины и женщины.

Диаграммы, изображенные на рис. 1.4 иллюстрируют результаты специального исследования [37]. Расположенные в центре диаграммы области соответствуют:

I – высокому разрешению (0,7...1,0);

II – разрешению средней точности (0,3...0,7);

III – низкой точности (ниже 0,3).

У мужчин зона высокого разрешения смещена влево и вниз (рис. 1.4а), а у женщин наоборот, вправо (рис. 1.4б). Изолированная полоса точности, соответствующая боковому зрению, у мужчин расположена в левой части, а у женщин – в правой.

Исследователи усматривают связь остроты зрения с асимметрией головного мозга. Поскольку правая часть наблюдаемого глазом пространства проецируется в левое полушарие, а левая в правое – исследователи делают вывод, что у женщин в зрительно-пространственном восприятии превалирует левое полушарие мозга, а у мужчин – правое. Это приводит к тому, что у мужчин суммарная точность зрения выше, чем у женщин – 45 и 41% соответственно.

Установлено, что оптимальной разрешающей способностью глаз обладает при диаметре зрачка 3...4 мм. С уменьшением контраста предмета и фона происходит снижение остроты зрения.

Цветовой голод

Современный человек постепенно окружил себя искусственной средой далекой от природы. Люди оказались отрезанными от естественных красок. Особенно остро это ощущают жители городов. Неожиданно возник цветовой голод, который стали утолять, порой хаотично. Цвет стал проникать всюду. Но за первой волной увлечения цветом разда-

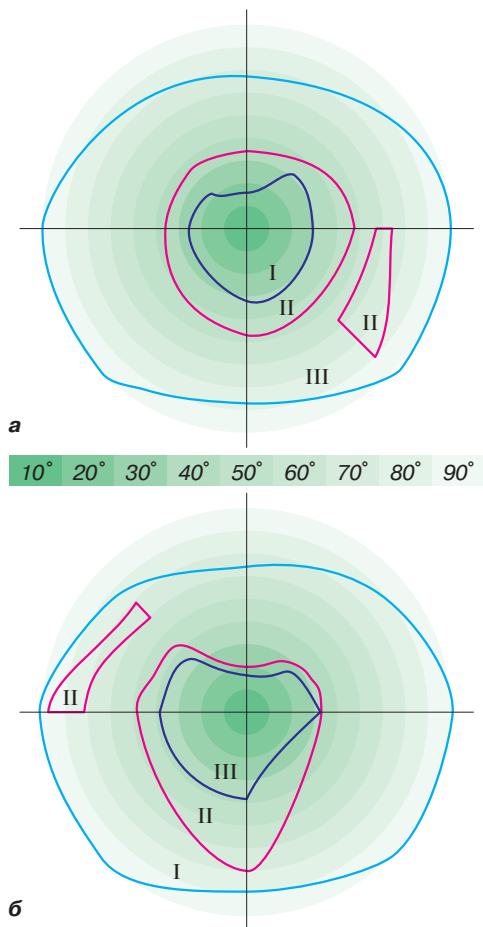


Рис. 1.4. **Области разрешающей способности глаза**

лись голоса, призывающие к осторожности в цветовом оформлении [35].

Неужели представляет опасность цветовой дефицит или его излишек? О том, насколько важен этот вопрос, говорят следующие примеры.

В комнате, оклеенной обоями с большими красными цветами, вплотную к стене стояла детская кроватка, как только малышка клали лицом к ней, он начинал громко плакать, и плакал до тех пор, пока перед его глазами не помещали белый экран.

В Чикаго, во время официального обеда, когда за столом, уставленным аппетитными кушаньями, завязался непринужденный разговор, неожиданно изменилось освещение. С помощью фильтров в потоке света оставили красный и зеленый цвета. На столе все стало неузнаваемым: сельдерей — ярко-розовым, бифштекс — сероватым, молоко — кроваво-красным, рыба — багровой, салат — грязно-зеленым. Разговоры и смех сразу прекратились, аппетит исчез, некоторые гости, почувствовав приступы дурноты, вынуждены были уйти, — обед был прерван [34].

Здесь уместно напомнить, что яркий свет, как правило, возбуждает аппетит. При ярком свете пища кажется вкуснее, поэтому тем, кто хочет похудеть, следует ужинать при тусклом свете.

Цветовое окружение

Люди стараются выбирать привычное для себя цветовое окружение. Оно имеет свою историю и подчинено конкретным закономерностям. Например, жители сельских районов предпочитают яркие красные, оранжевые и синие цвета — такие цвета, которых в природном окружении не много. Их глаз насыщен красками природы. Горожане, напротив, оказывают предпочтение нежным краскам, распространенным в природе.

Цветовые предпочтения тесно связаны с социальными факторами, чертами характера человека. Молодым людям, в большей степени, чем пожилым, присуще стремление к ярким цветам, которые соответствуют большей жизненной энергии и активности.

Биографы и исследователи творчества выдающегося немецкого композитора Рихарда Вагнера неизменно упоминают об удивительном пристрастии музыканта. Он писал музыку только при красном свете. Видимо, поэтому его творческий энтузиазм очень напоминает ярко выраженное сверхвозбуждение [35].

Экспериментальными исследованиями установлено, что основные цвета по мере их

предпочтения людьми, располагаются в следующем порядке: голубой — фиолетовый — белый — розовый — пурпурный — красный — зеленый — желтый — оранжевый — коричневый — черный¹.

В своих экспериментальных работах известный шведский психолог Макс Люшер [34] обнаружил, что люди, эмоции которых находятся под строгим самоконтролем, в выборе цвета отдают предпочтение синему и зеленому цветам и стараются избегать всевозможных оттенков красного. Это, в частности, проявляется в том, как люди одеваются, как они оформляют квартиры и, наконец, как настраивают телевизор.

При освещении цветными лучами меняется напряжение мышц тела. При красном свете человек наклоняется чуть вперед, при зеленом и синем — назад. А если посветить сбоку, мы незаметно для себя начинаем наклоняться в сторону света. Руки, вытянутые вперед, непроизвольно двигаются под влиянием различных цветов. Красный заставляет раздвигать руки, а зеленый и желтый способствует их сведению.

Больше утомляют глаз цвета, относящиеся к крайним границам видимого излучения — красные и сине-фиолетовые. Желтый и зеленый цвета, расположенные в середине спектра, утомляют значительно меньше. Зеленый цвет способствует нормальному кровенаполнению сосудов, понижает давление внутри глаза, даже повышает остроту слуха. При зеленом цвете рука работает быстрее и точнее, чем при красном.

Устойчивость цветоразличения и контрастная чувствительность глаза наиболее высоки при использовании желтого, зеленого или белого цвета в качестве фона; красный и синий фон дают обратные результаты.

Участок спектра, содержащий в определенном соотношении лучи всех длин волн видимого диапазона, вызывает ощущение белого цвета. Примером белого цвета является цвет солнца. Свет, воспринимаемый зрением как ахроматический, называется белым.

¹ В данном случае не учитывается мода на тот или иной цвет, которая меняется.

Свое название «белый» свет получил по зрительному ощущению, которое психологически воспринимает примерно одинаково как свет солнечного или пасмурного дня, так и свет ламп накаливания в вечернее время. Свет, называемый в обиходе белым, характеризуется областью цветностей 4000...10000° К.

Специальными исследованиями установлено, что максимальное цветоразличение приходится на дневной период 13...15 часов, а минимальное — на 23...3 часа.

Под влиянием различных цветов у человека может возникать чувство тепла или холода, которое практически не отражается на температуре тела. Имеет место такой факт. Люди, находящиеся в комнате окрашенной синей краской будут ощущать прохладу, а в соседней, с той же температурой, в которой стены окрашены в оранжевый цвет, им будет тепло.

Коричневые и желтые тона цветового окружения способствуют укачиванию, особенно в самолете, а зеленые и голубые, как правило, успокаивают, а в некоторых случаях и предотвращают дурноту. Старые летчики рассказывают: когда кабины некоторых самолетов внутри были окрашены в желтый цвет, то даже опытные пилоты чувствовали себя значительно хуже. У них нередко появлялись симптомы «морской болезни».

Цвет влияет на ощущение времени, расстояния и величины предметов. Желтый и коричневый цвета, воздействуя на глаз, приводят к недооценке текущего времени, а красный, зеленый, синий и, особенно, серый — к переоценке. Окрасив предмет или осветив его тем или иным светом можно создать впечатление разной его величины. Оранжевый круг, кажется меньше синего не зависимо от фона, черный круг на белом фоне кажется меньше белого на черном фоне, хотя они равны по диаметру (рис. p042). В темном платье женщины изящней, чем в светлом.

Неожиданное применение цвет нашел на аэродромах [40]. Хорошо известно, какую опасность для самолетов представляют птицы и летучие мыши. Они нередко являются причиной серьезных аварий. Оказалось, что к аэродромам их влечет яркий свет прожекто-

ров, вернее, он привлекает насекомых, за которыми охотятся птицы и летучие мыши. Австралийские ученые, изучив ситуацию на нескольких аэродромах, предложили поставить на прожекторах оранжевые фильтры. После этого количество пернатых в окрестностях экспериментального аэродрома сократилось на 30...40%.

Объясняется это тем, что насекомые не видят оранжевого и красного цветов. Глаза большинства насекомых воспринимают участок спектра от ультрафиолетового до желтого. Зная это, пчеловоды осматривают пчелиные ульи при красном свете.

Цвет используется для стимуляции работоспособности, улучшения самочувствия и настроения людей. Для иллюстрации этого достаточно привести несколько примеров.

В клиниках голубой цвет используется для лечения бессонницы, рассеивания навязчивых состояний.

Использование возможностей рационального цветового оформления на чугунолитейном заводе в штате Висконсин (США) позволило увеличить производительность труда и уменьшить утомляемость персонала. Установлено, что после того, как тяжелые черные ящики перекрасили в светло-зеленый цвет, они стали казаться намного легче.

Несмотря на то, что эффект от использования цвета иногда преувеличивается из коммерческих соображений, опыт показывает, что большая часть обратившихся за помощью к цветопсихологам, удовлетворены результатами.

Доказано, что удачная окраска и освещение школьных помещений имеет не только эстетическое значение, она улучшает внимание школьников и приводит к положительным изменениям в физиологическом состоянии детей. Как свидетельствуют результаты двухгодичного эксперимента, проведенного в трех школах Балтимора (США), в результате правильного подбора окраски стен значительно улучшились успеваемость и поведение детей.

Сигнальный цвет

Среди функций цвета нельзя не упомянуть о его сигнальном значении. Статистика дорожных происшествий свидетельствует, что реже всего в аварии попадают автомобили желтого и красно-оранжевого цвета. Как показывают специальные исследования, водителям встречного транспорта желтые автомобили кажутся ближе, примерно на 4 метра, чем серые машины.

Гете указывал на знакомое нам ощущение, когда темная одежда делает человека более изящным, а желтый цвет создает иллюзию расширения и выпуклости. Именно поэтому лобовая часть железнодорожных поездов окрашивается в яркий оранжевый цвет, а путевые и дорожные рабочие надевают яркооранжевые жилеты. По данным статистики, введение так называемых «предохранительных» окрасок, обозначающих опасные места, отдельные производственные зоны и многое другое, способствует уменьшению несчастных случаев примерно наполовину.

Сигнальные цвета делятся на основные и вспомогательные. Основные сигнальные цвета – красный, желтый и зеленый. Табл. 1.1 указывает, что означает цвет сигнала согласно международным стандартам. Наряду с этим существуют национальные отличия сигнальных цветов. Например, в Америке задние поворотные сигналы автомобиля красные, а в Европе – желтые.

Еще в средние века использовалось предостерегающее значение желтого цвета (его не спутаешь с другим цветом, и он хорошо заметен издали). Для того чтобы изолировать прокаженных от общения со здоровыми людьми, их одевали в одежду ярко-желтого цвета. В желтый цвет окрашивали карантинные отделения больниц. Люди старались использовать на практике возможности цвета, эмпирически постигая его роль в повседневной жизни.

Мы привыкли к тому, что красный цвет запрещающий, а зеленый разрешающий. Такой выбор не случаен. Для световых сигналов разного цвета существует понятие *светового* (1) и *цветового* (2) порогов, значения которых для всех цветов, кроме красного, различны (рис. 1.5). Наибольшее расхождение между указанными пороговыми значениями наблюдается для си-

Таблица 1.1.

Назначение сигнальных цветов согласно международного стандарта	
Цвет	Назначение
Красный	Требование остановить действие
Оранжевый	Серьезную опасность
Желтый	Внимание, осторожно
Зеленый	Отсутствие опасности
Синий	Предупреждение не начинать действие

него и желто-зеленого цветов. Все без исключения цветовые сигналы, кроме красного, при определенных условиях видения могут казаться белыми. По этой причине никакой цвет, кроме красного, не используется в качестве запрещающего.

Лучи красного цвета обладают еще одним важным свойством. Цветные сигналы, рассматриваемые на значительном расстоянии, изменяются по-разному. Коротковолновые излучения в большей степени рассеиваются атмосферой, чем длинноволновые. Большее рассеяние коротковолновых видимых лучей имеет место не только при хорошей видимости, но и при слабой и сильной дымке.

В современных условиях, когда непрерывно увеличиваются скорости движения транспорта, четкое различие сигналов на больших расстояниях способствует повышению безопасности движения.

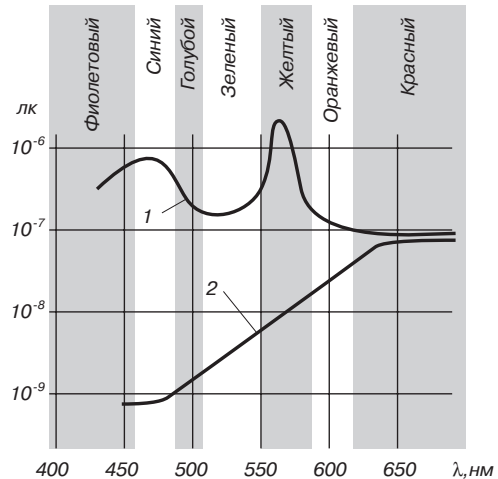


Рис. 1.5. Световой и цветовой пороги различения для источников света малых размеров