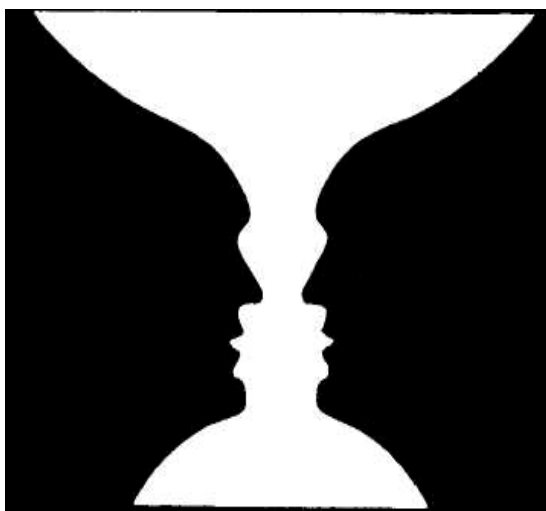


В. Т. Прокопенко, В. А. Трофимов, Л.П. Шарок

ПСИХОЛОГИЯ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ

Учебное пособие



**Санкт-Петербург
2006**

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Санкт-Петербургский государственный университет информационных
технологий, механики и оптики
Кафедра твердотельной оптоэлектроники

В. Т. Прокопенко, В. А. Трофимов, Л.П. Шарок

ПСИХОЛОГИЯ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ

Учебное пособие



Санкт-Петербург

2006

ББК 88
УДК 159,9

В. Т. Прокопенко, В. А. Трофимов, Л.П. Шарок. Психология зрительного восприятия/ Учебное пособие.
- СПб: СПбГУИТМО, 2006. – 73с.

В учебном пособии излагаются основы познавательной сферы человека: возникновение зрительного ощущения, чувствительность зрительной системы, ее адаптация, формирование образов восприятия, их эмпирические характеристики. Большое внимание уделено восприятию цвета. Рассмотрены способы смешения цветов, трехкомпонентная теория цветового зрения, явления последовательного и одновременного контрастов, функции цвета в формировании зрительного образа. Представлены иллюзии восприятия, восприятие пространства и движения.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специализации «Оптика светового дизайна» в рамках специальности «Лазерная техника и лазерные технологии», а также для всех читателей, интересующихся вопросами зрительного восприятия.

Одобрено Решением ученого Совета ИФФ СПбГУИТМО
(протокол № 3 от 14.11.2006 г.)

© Санкт-Петербургский государственный
университет информационных технологий,
механики и оптики, 2006

© В. Т. Прокопенко,
© В. А. Трофимов,
© Л.П. Шарок, 2006

Введение

Современная психология зрительного восприятия представляет собой достаточно пеструю картину разнообразных подходов, методов и частных концепций, и ориентирована на познание принципов, закономерностей и свойств чувственного отражения человеком материальной действительности в процессе его непосредственного взаимодействия с окружающим миром. К центральным проблемам психологии восприятия относятся перцептивная константность зрительных образов, пространственно-временные иллюзии, наглядно-чувственная данность человеку пространства, времени, движения и цвета окружающей действительности.

Психология имеет систему понятий, в терминах которой описывается психическая реальность, и ряд специфических особенностей, что отличает ее от других наук. Так, например, переработка информации окружающего мира осуществляется психическими процессами (восприятие, внимание, память, мышление, эмоции и воображение), специфическая особенность которых состоит в том, что преобразования сигналов, совершающиеся в мозгу – органе психических процессов, воспринимаются человеком как события, разыгрывающиеся во внешнем пространстве и не совпадающие с пространством мозга. Несмотря на то, что физическое существование внешних объектов никак не связано с мозгом, характеристики психических процессов представляются нам как свойства и отношения внешних объектов, составляющих их содержание. Так, восприятие или представление, являющиеся функцией органа чувств, нельзя описать иначе, чем в терминах формы, величины, твердости и т. д. воспринимаемого или представляемого объекта. Мысль может быть описана лишь в терминах признаков тех объектов, отношения между которыми она раскрывает, эмоция – в терминах отношений к тем событиям, предметам или лицам, которые ее вызывают. Таким образом, психический процесс и его результат отнесены к разным объектам: первый к мозгу, второй к внешним предметам и явлениям. Изменения в работе центральной нервной системы, которые обеспечивают соответствующий психический процесс, человеком совершенно не воспринимаются. Нейрофизиологические составляющие психических процессов оказываются практически недоступными для самонаблюдения. Если бы мы ощущали физиологическую сторону своих психических процессов, то это только искажало бы картину внешнего мира и мешало его правильному восприятию и пониманию.

Познавательная сфера человека по своей архитектонике и принципам функционирования аналогична современной ЭВМ. Подобно

компьютеру, она принимает, хранит и использует поступающую из вне информацию, которая выступает для человека в форме знания об окружающем мире. К познавательной сфере человека относятся процессы чувственного познания: ощущения, восприятие и представления. При этом регуляцию и контроль психической деятельности осуществляет внимание, а совокупность психических процессов: восприятие, запечатление, хранение, извлечение или воспроизведение информации обеспечивает память. Внимание и память являются сквозными психическими процессами, которые постоянно принимают участие в формировании образов и переработке информации. Ощущения решают одну из главных задач познания: что мы видим, и результатом являются сенсорные образы, а восприятие решает задачу: как мы видим, и в результате возникают перцептивные образы (перцепция от лат. *perceptio* – восприятие).

При проектировании светотехнических устройств динамично и оперативно отображающих большой объем информации необходимо учитывать особенности зрительного восприятия предметно-пространственной среды. Психологические знания помогут обеспечить эффективность воздействия создаваемой визуальной информации и оптимизировать уровень зрительного и эстетического комфорта для ее восприятия, ограждая тем самым органы чувств и нервную систему человека от возможных информационных перегрузок.

1. Сенсорные процессы - ощущения

Ощущение – это простейший психический процесс, отражающий отдельные свойства предметов и явлений при непосредственном воздействии стимула на органы чувств. По представлению экспериментальной психологии считается, что человек может получить информацию из окружающей среды, если у него для этого есть специализированные сенсорные аппараты – анализаторы. Анализаторы выполняют функцию приема и переработки сигналов внешней среды, и каждый анализатор настроен на определенную модальность сигнала, обеспечивающую описание всей совокупности признаков воспринимаемых раздражителей. Модальная специфичность анализатора определяется особенностями функционирования его периферических образований и специфичностью рецепторов (от лат. *receptor* – принимающий). Анализатор – это иерархическая и многоуровневая система. Основанием анализатора служит рецепторная поверхность, а вершиной – проекционные зоны коры головного мозга. Каждый уровень этой системы представляет собой совокупность нервных клеток (нейронов), аксоны (отростки) которых идут на следующий уровень. Чем выше нейронный уровень анализаторной

системы, тем большее число нейронов он включает. На всех уровнях анализатора сохраняется принцип проекции рецепторов. Этот принцип способствует осуществлению множественной и параллельной переработке (анализу и синтезу) рецепторных потенциалов («узоров возбуждений»), возникающих под действием раздражителей.

Для приема и переработки световой энергии служит зрительная система человека. Модальной специфичностью для нее является светлота и цветность, которые являются параметрами раздражений рецепторов при воздействии на них излучения.

На рис. 1 схематически показан разрез глаза. Он представляет собой шарообразное тело, образованное несколькими оболочками. Внешняя оболочка 1, называемая белковой оболочкой или склерой непрозрачна,

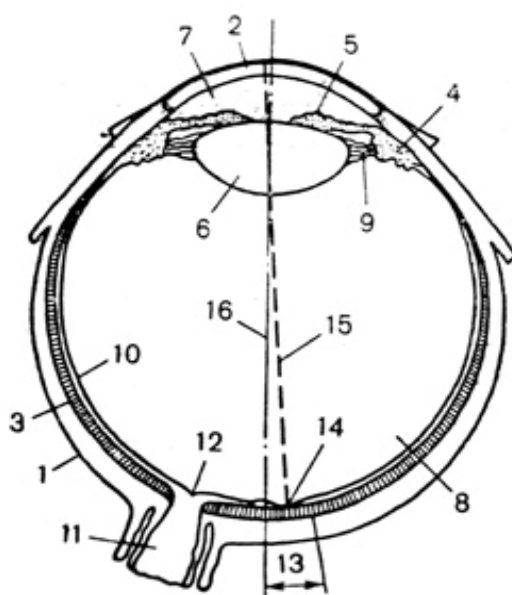


Рис.1. Схема строения глаза: 1 – склера; 2 – роговица; 3 – сосудистая оболочка; 4 – ресничное тело; 5 – радужная оболочка; 6 – хрусталик; 7 – передняя камера; 8 – стекловидное тело; 9 – цинновые связки; 10 – сетчатка; 11 – зрительный нерв; 12 – слепое пятно; 13 – желтое пятно; 14 – центральная ямка; 15 – зрительная ось; 16 – оптическая ось

состоит из сухожилий и выполняет защитную роль. Спереди она переходит в прозрачную и более выпуклую оболочку 2 – роговую. Под склерой находится сосудистая оболочка 3, в которой заключены кровеносные сосуды, питающие глаз. К ней по внутренней стороне примыкает пигментный слой клеток, которые поглощают рассеянный свет. Пигментный слой предохраняет оптическое изображение, создаваемое глазной линзой – хрусталиком 6, от чрезмерного искажения

рассеянным светом. Сосудистая оболочка спереди переходит в ресничное (цилиарное) тело 4, а затем – в радужную оболочку 5, или радужку, содержащую пигментные клетки. Пространство между хрусталиком 6 и роговой оболочкой (передняя камера 7) заполнено водянистой влагой. За хрусталиком находится стекловидное тело 8, в основном состоящее из воды. Кривизной хрусталика управляют мышцы ресничного тела 4, находящегося в основании радужной оболочки. При сокращении круговых мышц уменьшается натяжение связок 9 хрусталика, называемых цинновыми.

Рецепторной поверхностью является сетчатка глаза (ретины, или сетчатая оболочка), называемая внутренней оболочкой глаза 10. Рецепторами в сетчатке служат клетки - палочки и колбочки, содержащие чувствительные к свету вещества фотопигменты, разлагающиеся под действием фотонов и запускаящие тем самым электрическую реакцию рецепторов. Всего в сетчатке около $12 \cdot 10^7$ палочек - они обеспечивают черно-белое зрение и $7 \cdot 10^6$ колбочек - они обеспечивают как цветное, так и черно-белое зрение. При наблюдении детали предмета глаз ориентируется так, чтобы ее изображение упало в центр сетчатки на желтое пятно 13, которое окрашено желтым пигментом, предохраняющим рецепторы этой области от чрезмерного возбуждения коротковолновыми излучениями. Средняя часть желтого пятна углублена и называется центральной ямкой 14. В середине центральной ямки находится область (фовеа), содержащая только колбочки. Она имеет угловой размер около 2° , что соответствует площади меньше 1 мм^2 . Здесь насчитывается около 50 тыс. колбочек, очень близко расположенных друг к другу. С удалением от фовеа растет концентрация палочек и падает количество колбочек, приходящихся на единицу площади сетчатки.

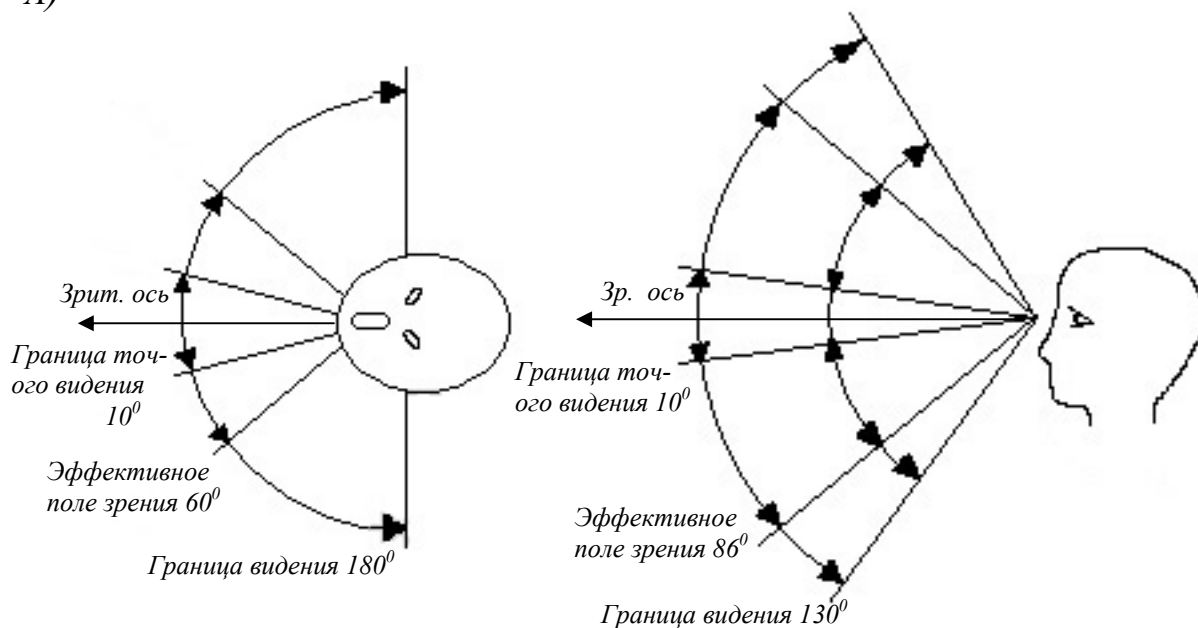
Колбочки и палочки образуют целую сеть связей с двумя другими слоями клеток, расположенных впереди слоя рецепторов, - сначала с биполярными клетками, а затем с ганглиозными клетками (область скопления нейронов), которые обеспечивают передачу электрического сигнала от одной клетки к другой и их передачу в зрительный нерв 11. Место выхода зрительного нерва – слепое пятно 12 – участок, не содержащий рецепторов. Световые волны, прежде чем воздействовать на фоторецепторы и породить нервные сигналы в биполярных и ганглиозных клетках, вначале должны пройти сквозь два слоя этих самых клеток.

Зрительный нерв состоит приблизительно из одного миллиона нервных волокон, поэтому изображение на сетчатке разбивается примерно на миллион элементов – рецепторных полей, что обеспечивает одновременного и многоуровневого анализа поступающей информации. Информация от палочек передается по

«общим» нервным путям, где одна ганглиозная клетка приходится на многие десятки палочек. Каждая фовеальная колбочка связана со своим волокном зрительного нерва и таким образом имеет индивидуальное представительство в мозгу. Такой характер передачи, наряду с тем фактом, что колбочки более плотно сконцентрированы в центральной ямке, позволяет понять, почему острота зрения максимальна именно в этой области сетчатки и почему предмет, изображение которого проецируется в центр сетчатки, всегда воспринимается отчетливее, чем предмет, расположенный ближе к периферии поля зрения.

Зрительное ощущение возникает, когда под действием светового потока, упавшего на сетчатку возникает процесс возбуждения в виде обратимого фотораспада веществ, находящихся в рецепторах. Это возбуждение в виде электрических импульсов, частота которых увеличивается с ростом освещенности сетчатки, передается зрительным нервом в проекционную зону мозга - в затылочную область коры задних отделов мозга, где и превращается в психический процесс, и человек ощущает то или иное свойство явления или предмета, т. е. возникает зрительный сенсорный образ.

В процессе зрения участвуют центральная ямка, желтое пятно и периферическая часть сетчатки, поэтому наш глаз является широкоугольной оптической системой. Поле зрения одного глаза составляет книзу 70° , кверху 60° , к носу 60° и к виску 90° при наблюдении неподвижными глазами (рис.2А), причем резкое изображение обеспечивается только областью желтого пятна в пределах А)



Б)

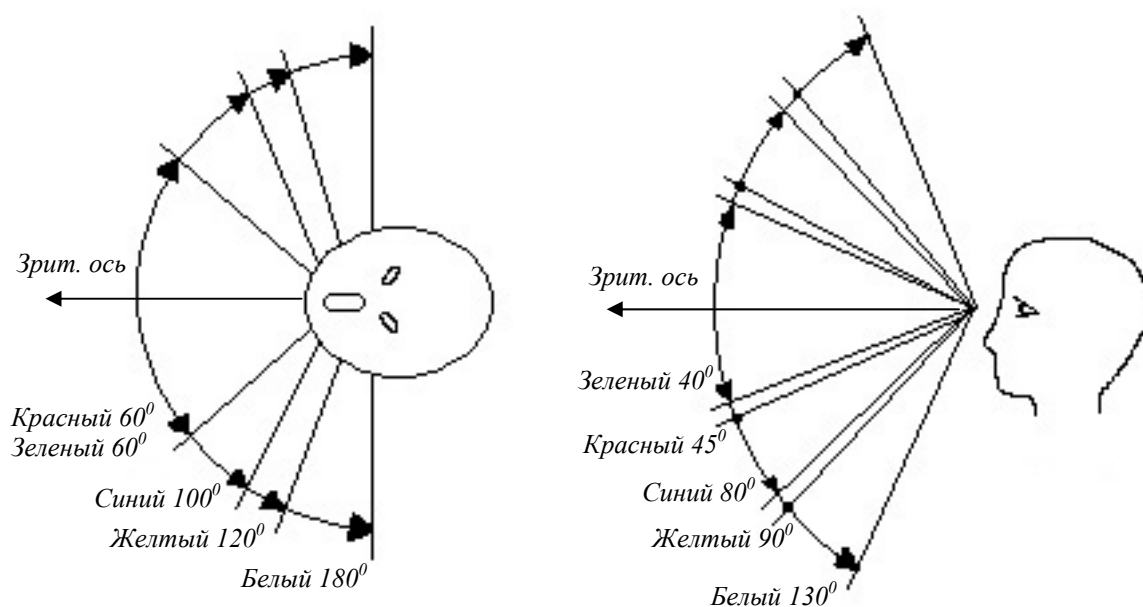


Рис. 2. Поле зрения человека: А – границы видения; Б – границы цветового видения

6 – 8⁰. Поле зрения для наблюдения цветных объектов сужается сравнительно с условиями восприятия белого цвета (рис. 2Б).

Важную роль в зрительном процессе играют произвольные движения глаз. При рассматривании предмета глаз движется. Он принимает разные положения, и оптические изображения деталей объекта, привлекающие внимание, поочередно проецируются на центральный участок ямки. Прямая соединяющая центр ямки с наблюдаемой точкой предмета или точкой фиксации взора, называется зрительной осью 15. Такая ориентация обеспечивает наилучшее восприятие. В течение одной минуты глаз может отметить до 120 точек наблюдения, причем для фиксации каждой из них требуется время порядка 0,2 – 0,3 с. Глаз не бывает неподвижным, даже когда кажется, что взор фиксирован на определенной точке наблюдаемого предмета. Схема движений глаза показана на рис.3. На рисунке изображен участок сетчатки. В центре него расположен кружок, заключающий оптическое изображение точки, на которой наблюдатель пытается фиксировать взор. Показаны все три типа перемещений глазного яблока при попытке фиксации взора: тремор - мелкое дрожание с частотой около 50 Гц и амплитудой, равной приблизительно половине диаметра колбочки; перемещение глазного яблока в течение тремора – дрейф; скачкообразные движения (продолжительность скачка около 20 мс) – саккады.

Если изображение на сетчатке искусственно сделать неподвижным, видимый образ бледнеет и, как правило, частично исчезает. Это объясняется тем, что светочувствительные вещества рецепторов, подвергаемые обратимому фотораспаду, в моменты перемещения восстанавливаются, а в моменты временной остановки движения вновь распадаются под действием света, давая импульсы. Искусственная фиксация приводит к тому, что зрительные пигменты восстановиться не

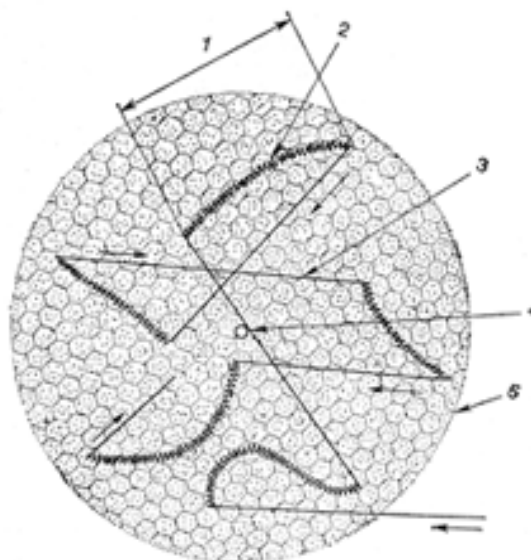


Рис. 3. Схема движения глаза: 1 – дрейф; 2 – тремор; 3 – саккада; 4 – желаемое положение фиксации; 5 – граница фактических положений фиксации

могут, что ведет к нарушению зрительного процесса.

Зрительная система человека имеет механизмы, обеспечивающие ее настройку в соответствии с внешними условиями: направление глаз на воспринимаемый объект осуществляется с помощью глазодвигательных мышц; резкое изображение на сетчатке разноудаленных объектов получается благодаря изменениям кривизны хрусталика; количество света, попадающего в глаз, регулируется диаметром зрачка; при изменениях яркости воспринимаемых объектов изменяется чувствительность фоторецепторов.

1. 1. Чувствительность зрительной системы

В психологии под чувствительностью понимают способность живых систем реагировать на изменение окружающей и внутренней среды проявлением ощущений (сенсорная чувствительность).

Диапазон чувствительности определяется разницей между верхним и нижним абсолютными порогами. Появление ощущений связано с

абсолютной чувствительностью, а изменение ощущений – с дифференциальной или разностной. Таким образом, чувствительность соответствует двум основным видам познавательной деятельности: обнаружению объектов и процессу различения.

Абсолютная чувствительность сенсорной системы основана на ее свойстве, обнаруживать слабые, короткие или маленькие по размеру раздражители. Дифференциальная сенсорная чувствительность основана на способности сенсорной системы к различению сигналов.

Для того чтобы измерить уровень абсолютной и дифференциальной чувствительности вводится понятие порогов ощущений или сенсорных порогов. Исследования по психофизике показали, что существует связь между физическими свойствами излучения и его способностью вызывать то или иное ощущение. Для того чтобы ощущение возникло, необходимо воздействие раздражителя определенной силы. В общем случае абсолютная чувствительность глаза S определяется как:

$$S = \left(\frac{1}{P} \right),$$

где P – мощность излучения, вызывающая заранее обусловленный зрительный эффект.

Та минимальная величина раздражителя, которая вызывает едва заметное ощущение, называется *нижним абсолютным порогом чувствительности*. Выделяют также верхний абсолютный порог чувствительности – это максимальная величина раздражителя, возможная для ощущения, – дальнейшее увеличение приводит к болевым ощущениям, либо ведет к разрушению органов чувств. Например, свет до $25 - 30 \text{ кд} \cdot \text{м}^{-2}$ не воспринимается как яркость, а воспринимается как светлое пятно; $200 \text{ кд} \cdot \text{м}^{-2}$ – это осязаемая яркость; $500 \text{ кд} \cdot \text{м}^{-2}$ – привлекающая внимание, $1000 \text{ кд} \cdot \text{м}^{-2}$ – беспокоящая, $2000 \text{ кд} \cdot \text{м}^{-2}$ – слепящая, а выше – невыносимая.

Пороги ощущений у людей различны и не постоянны. На их изменение оказывает ряд условий: индивидуальные различия людей; определенное функциональное и эмоциональное состояния человека; наличие внутренних сенсорных шумов; внешние условия наблюдения.

Зрительные ощущения различаются количественно и качественно. Их количественная характеристика называется светлотой w и определяется суммарной реакцией цветовосприимчивых рецепторов (колбочек), а качественная – цветностью и определяется соотношением реакций каждого из трех типов колбочек. Цветность двумерна – складывается из насыщенности p и цветового тона λ_d .

Реакции зрительной системы на электромагнитные излучения могут быть разными. В соответствии с этим различают несколько типов

чувствительности глаза: световую, спектральную, контрастную, чувствительность к цветовому тону, к цветовой насыщенности.

Световая чувствительность. Способность глаза реагировать на возможно малый поток излучения называется *световой чувствительностью*. Она измеряется как величина, обратная пороговой яркости. Пороговой называется та наименьшая яркость объекта, например светового пятна, при которой оно может быть обнаружено с достаточной вероятностью на абсолютно черном фоне (т. е. $B_{\text{фона}} = 0$). Вероятность обнаружения зависит не только от яркости объекта, но и от угла зрения, под которым он рассматривается, или от его углового размера. С возрастанием углового размера растет число рецепторов, на которые проецируется пятно. Практически с увеличением угла зрения более чем на 50° чувствительность глаза перестает изменяться.

В соответствии с этим световая чувствительность S_n определяется как величина, обратная пороговой яркости B_n при условии, что угол зрения $\alpha \geq 50^\circ$:

$$S_n = \left(\frac{1}{B_n} \right)_{\alpha \geq 50^\circ}$$

Для получения зрительного ощущения необходима мощность излучения, проникающего в глаз, соответствующая освещенности на зрачке глаза приблизительно $1 \cdot 10^{-9}$ лк. Этот минимум энергии, составляет примерно 10 квантов при условии, что в течение примерно 0,1 с излучение попадает на площадь сетчатки, соответствующей дуге в 10 угловых минут. Для возбуждения цветного зрения необходимо, чтобы на одну колбочку в среднем упало не менее 100 квантов.

Спектральная чувствительность. Чувствительность глаза к монохроматическим излучениям называется спектральной. Глаз человека воспринимает электромагнитные волны в диапазоне 380 -760 нм. Основное спектральное свойство глаза состоит в том, что излучения, равные по мощности, но излучаемые в разных участках видимого спектра, оказываются различными по своему световому действию. Возникновение зрительного ощущения зависит, во-первых, от потока излучения Φ_λ , упавшего на сетчатку, а во-вторых, - от той доли потока, которая воздействует на рецепторы – это спектральная чувствительность k_λ . Произведение $k_\lambda \Phi_\lambda$ определяет характеристику потока излучения, связанную с уровнем его светового действия и называемую световым потоком F_λ :

$$F_\lambda = k_\lambda \Phi_\lambda.$$

Следовательно, абсолютное значение спектральной чувствительности определяется отношением:

$$k_{\lambda} = F_{\lambda} / \Phi_{\lambda}.$$

Глаз имеет наибольшую спектральную чувствительность к излучению $\lambda = 555$ нм, относительно которой определяются все другие значения чувствительности.

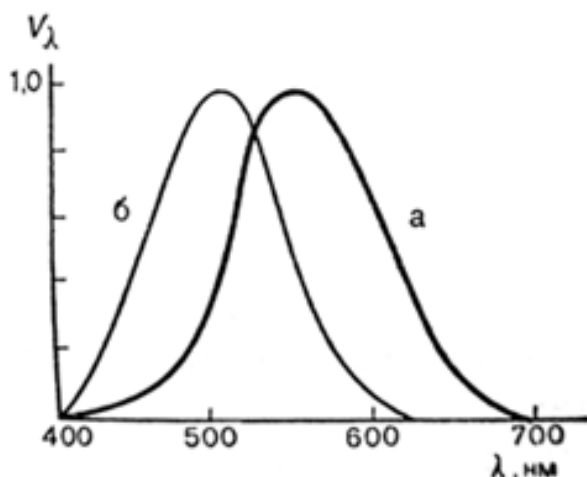


Рис. 4. Кривые относительной спектральной световой эффективности: а – дневное зрение; б – сумеречное зрение

При световых измерениях значение k_{λ} принято обозначать произведением $k_{555} \cdot v_{\lambda}$, где v_{λ} – относительное значение спектральной чувствительности, называемое относительной спектральной световой эффективностью излучения (видностью): $v_{\lambda} = k_{\lambda} / k_{555}$. Следовательно, абсолютная спектральная чувствительность определяется: $k_{\lambda} = k_{555} \cdot v_{\lambda}$.

Спектральная чувствительность палочек и колбочек различна.

На рис.4 видно, что кривая относительной спектральной световой эффективности дневного зрения смещена относительно кривой сумеречного зрения.

Контрастная чувствительность. Контрастной чувствительностью глаза k называют его способность к различению яркостей смежных участков изображения. Чем меньший контраст обнаруживает глаз, тем больше его контрастная чувствительность или, иначе, чем большее число порогов Δw обнаруживает глаз в данном интервале яркостей ΔB , тем выше его контрастная чувствительность.

Для различения двух излучений требуется заведомо большая разница их энергий, чем та, которая обеспечивает обнаружение излучения. Наименьшее, едва различимое приращение ощущения, возникающее при сравнении двух излучений, носит название *порога различения*. Он служит мерой приращения зрительного ощущения. Порог различения

выражают через разность световых характеристик сравниваемых излучений и называют *разностным*:

$$\Delta B = B_1 - B,$$

Где ΔB – наименьшая разность яркостей, обеспечивающая зрительное отличие большей яркости B_1 от меньшей B .

Отношение $\frac{\Delta B}{B}$, при котором яркости излучения минимально различаются, называется *дифференциальным порогом или пороговым контрастом*.

Э.Вебер установил, что $\frac{\Delta B}{B}$, т.е. отношение добавочного раздражителя к основному должно быть величиной постоянной, а это значит, что некоторый прирост светлоты Δw можно выразить числом k порогов: $\Delta w = k\psi$, где $\psi = \Delta B/B$.

Исходя из закона Вебера, Фехнер сделал допущение, что едва заметные разницы в ощущениях можно рассматривать, как равные, поскольку все они - величины бесконечно малые, и принять их, как единицу меры, при помощи которой можно численно выразить интенсивность ощущений как сумму (или интеграл) едва заметных (бесконечно малых) увеличений, считая от порога абсолютной чувствительности. В результате он получил два ряда переменных величин - величины раздражителей и соответствующие им величины ощущений.

Соотношение между световым стимулом – яркостью и уровнем вызываемого ощущения светлотой можно выразить следующей формулой:

$$w = k \lg B + C,$$

где w – светлота, выраженная числом порогов или сила ощущения, B – яркость излучения или величина действующего раздражителя, k и C - некоторые константы.

Эта формула, определяющая зависимость уровня зрительного ощущения от яркости действующего излучения представляет собой *психофизический закон Вебера-Фехнера*. Изменение силы ощущения пропорционально десятичному логарифму изменения силы воздействующего раздражителя.

Для того чтобы рассчитать приращение светлоты по приращению яркости, нужно установить численное значение коэффициента k :

$$k = \frac{1}{\lg(1 + \psi)}.$$

При достаточно больших угловых размерах объекта наблюдения пороговый контраст колеблется в пределах $\psi = 0,05 - 0,1$, тогда $\kappa = 25 - 30$ порогов. Пользуясь приведенными зависимостями можно подсчитать, что светлота, например, при переходе от яркости $B = 10 \text{ кд} \cdot \text{м}^{-2}$ к яркости $B_l = 100 \text{ кд} \cdot \text{м}^{-2}$ возрастает на 25 – 50 порогов.

Чувствительность к цветовому тону. Цветовой тон – это характеристика цвета, определяющая его сходство с известным цветом и выражаемая словами «синий, зеленый и т. д.», а также имеющая соответствующую монохроматическую длину волны в спектре излучения. Длина волны соответствующего монохроматического излучения называется доминирующей длиной волны данного цвета - λ_d и является физической характеристикой цветового тона. Цветовой тон определяется рецепторами, дающими наибольшую реакцию при воздействии излучения (см. рис. 15 и табл. 2).

При небольшом приращении длины волны глаз не ощущает разницы цветовых тонов. Только тогда, когда приращение возрастает сверх порогового значения, она становится заметной. Разностный порог $\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda$ называется *порогом цветоразличения по цветовому тону*.

Из рисунка 5, а видно, что чувствительность глаза к цветовому тону

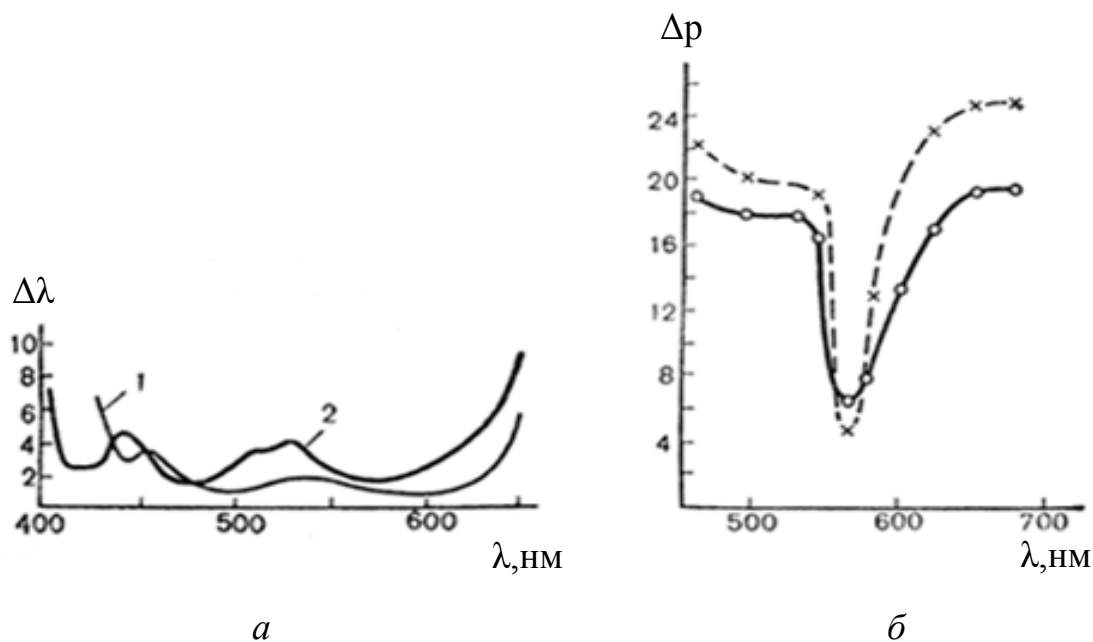


Рис. 5. Значения порогов цветоразличения. а) по цветовому тону: 1 - по Райту и Питу; 2 – по Бедфорду и Вышецки, б) по насыщенности

имеет неравномерный характер и области максимальной и минимальной чувствительности. Участки спектра, где порог имеет наименьшее значение, расположены вблизи $\lambda = 500 \text{ нм}$ (голубые тона) и около 550 – 600 нм (от зеленых до оранжевых тонов). Это области наибольшей

чувствительности глаза к изменению цветового тона. Здесь разница цветовых тонов отмечается зрительно, если даже длины волн излучений различаются на 1 – 2 нм. На концах спектра порог цветоразличения по цветовому тону составляет 4 – 6 нм и более.

Чувствительность к насыщенности Степень отличия хроматического цвета от ахроматического называется насыщенностью. Физической величиной насыщенности служит величина, называемая колориметрической чистотой цвета p :

$$p = \frac{B_{\lambda}}{B_{\lambda} + B_b},$$

где B_{λ} – яркость монохроматического излучения, тождественного по цветовому тону данному; B_b – яркость белого излучения.

Если принять $B_{\lambda} = 1$ и выразить B_b как долю B_{λ} , тогда

$$p = \frac{1}{1 + B_b},$$

откуда следует, что чистота цвета обратна относительному содержанию белого в смеси $B_{\lambda} + B_b$, при котором эта смесь имеет заданный цвет.

Смешивая ахроматические излучения с монохроматическими в пропорциях от 0:1 до 1:0, можно изменять колориметрическую чистоту монохроматических излучений. Наименьший прирост чистоты, который можно наблюдать зрительно, называется *порогом цветоразличения по насыщенности* $\Delta p = p_1 - p$. За чувствительность глаза к насыщенности принимается величина, обратная Δp .

Из рисунка 5,б видно, что наибольшая чувствительность глаза к изменению насыщенности находится в желтой области спектра (550 – 580 нм) и число порогов приблизительно равно 6, тогда как на краях спектра оно достигает 18. Кривые изменения порога цветоразличения на рис. 5 а, б были получены при постоянной яркости на всех участках спектра.

При очень больших и очень малых яркостях детали предметов перестают различаться и наблюдаются отклонения от нормального восприятия. При яркости ниже $1 \text{ кд} \cdot \text{м}^{-2}$ и возрастании ее выше $1000 \text{ кд} \cdot \text{м}^{-2}$ (условно принятые границы соблюдения закона Вебера - Фехнера) возрастают яркостной и цветовые пороги. При снижении освещенности сетчатки в 350 раз (при уменьшении яркости излучения с $1,75 \cdot 10^2$ до $0,5 \text{ кд} \cdot \text{м}^{-2}$) цветовой тон λ_{540} неотличим от цветового тона λ_{550} . Цветовой тон не зависит от яркости вблизи длин волн 480, 510, 570 нм, но в области 520 нм и после 650 нм его смещение достигает 20 нм и более.

1.2. Адаптация и привыкание

Органы чувств человека находятся под непрерывным воздействием раздражителей. Мозгу, который должен перерабатывать получаемые сигналы, нередко угрожает перегрузка информацией, и он не успевал бы ее сортировать и упорядочивать, если бы не было регулирующих механизмов, которые поддерживают количество раздражителей на постоянном уровне.

Первый из этих регулирующих механизмов действует в самих рецепторах. Речь идет о сенсорной адаптации, которая осуществляется в рецепторных клетках органов чувств. Она уменьшает их чувствительность к повторяющимся или длительно воздействующим стимулам. Например, когда мы в солнечный день выходим из кинозала, яркий свет мешает нам некоторое время различать отдельные элементы (световая адаптация).

Таким образом, когда раздражение становится постоянным, рецепторы перестают на него реагировать: чем слабее стимул, тем скорее наступает адаптация. Слишком яркий свет, сильный холод или громкие звуки обычно способны продлить возбуждение соответствующих рецепторов, и тогда организм должен предпринять меры, чтобы изменить или устранить ситуацию, к которой его рецепторы не могут адаптироваться.

Чувствительность (световая, спектральная, контрастная) зрительной системы не постоянна, а зависит от ряда факторов, из которых существенное значение имеет уровень освещенности (табл.1).

Таблица 1 Освещенность в различных условиях освещения

Условия освещения	Среднее значение освещенности, лк
Земная поверхность ночью в полнолуние	0,2
То же в сумерках	1 – 500
» в летний день в тени	6000 – 15000
» в летний день на солнце	50000 – 120000
» в летний день при сплошной облачности	5000 – 25000
Пол комнаты под лампой накаливания мощностью 100 Вт, висящей на высоте 3 м	20 30
Тротуар под уличным фонарем	1 – 6
Стол, освещаемый настольной лампой мощностью 100 Вт	80 - 200

Как видно из таблицы, глаз сохраняет чувствительность при разных условиях освещения. Освещенность пейзажа, например при летнем

солнце, в 4000 раз больше освещенности, создаваемой в комнате 100-ваттной лампой. Между тем глаз в обоих случаях хорошо различает детали объектов.

Ширина диапазона мощностей видимых излучений, могущих возбуждать световое ощущение, объясняется способностью глаза приспособливаться к разным уровням яркостей, настраиваться на ее средний уровень. Процесс приспособливания глаза к изменению условий освещения происходит без контроля сознания. Конечное состояние, при котором устанавливается светочувствительность глаза для данного уровня яркости, называется *адаптацией*. Выше рассматривались примеры яркостной адаптации. Кроме яркостной известна *цветовая адаптация*. Она состоит в том, что под влиянием предшествующего светового освещения, цветовое восприятие изменяется. Если, например, облучать сетчатку насыщенным красным, то белое поле в течение времени адаптации видится зеленым.

Изменение чувствительности глаза во времени при переходе от большой яркости к малой называется *темновой адаптацией*. Если глаз приспособливается к большой яркости, - это *световая адаптация*. Изменение чувствительности глаза продолжается довольно длительное время. Для темновой адаптации это 40 – 60 мин. Скорость световой адаптации зависит от яркости, на которую адаптируется глаз. Чувствительность падает тем быстрее, чем выше эта яркость. К большой яркости привыкание длится 4 – 8 мин.

Адаптация обеспечивается тремя явлениями: перемещением темнового пигмента в слоях сетчатки; различной реакцией палочек и колбочек; изменением диаметра отверстия зрачка (зрачковый рефлекс). Зрачковый рефлекс регулирует уровень входящего излучения, т.е. при изменении светового потока, попадающего в глаз, площадь зрачка произвольно меняется. Роль этих изменений заключается в предохранении сетчатки от чрезмерного раздражения при повышении освещенности. При ее снижении зрачковый рефлекс обеспечивает достаточную чувствительность сетчатки. При уменьшении освещенности диаметр зрачка увеличивается от 2 мм на ярком свете до 10 мм в полутьме. Световой поток, поступающий в глаз, возрастает при этом в 25 раз, т.е. пропорционально площади зрачка. Соответственно этому увеличивается и чувствительность.

Другой регулирующий механизм, который обеспечивает защиту нашего сознания от перегрузок сенсорной информацией, находится в основании мозга, в ретикулярной формации (система нервных клеток, имеющая сетчатую структуру - от лат. *reticulum* – сетка). Он вступает в действие в случае более сложной стимуляции, которая хотя и улавливается рецепторами, но не столь важна для выживания организма или для той деятельности, которой он в данное время занят. Речь идет о

привыкании (хабитуации), когда определенные раздражители становятся настолько привычными, что перестают влиять на активность высших отделов мозга: ретикулярная формация, прежде всего, выполняет функцию фильтра и блокирует передачу соответствующих импульсов, чтобы они не «загромождали» наше сознание. Например, зелень лугов и листвы после долгой белой зимы кажется нам в начале весны такой яркой, а через несколько дней мы так к ней привыкаем, что просто перестаем замечать. Сходное явление наблюдается у людей, живущих вблизи аэродрома или автодороги. Этот полезнейший механизм, позволяющий сосредоточить все внимание на важной задаче, игнорируя привычные шумы и суету вокруг нас.

2. Перцептивные процессы - восприятие

Восприятие – это целостное отражение предметов, ситуаций и событий, возникающее при непосредственном воздействии физических раздражителей на органы чувств.

В зависимости от анализаторов различают следующие виды восприятия: зрение, осязание, слух, кинестезию, обоняние, вкус. Благодаря связям, образующимся между разными анализаторами, в образе отражаются такие свойства предметов или явлений, для которых нет специальных анализаторов, например величина предмета, вес, форма, регулярность, что свидетельствует о сложной организации этого психического процесса.

Именно восприятие наиболее тесно связано с преобразованием информации, поступающей непосредственно из внешней среды, и при этом формируются образы, с которыми в дальнейшем оперируют внимание, память, мышление и эмоции. Можно сказать, что образ представляет собой субъективную форму объекта, он порождение внутреннего мира человека. Условиями формирования адекватного образа являются: активное движение; поддержание определенного минимума информации, поступающей в мозг из внешней и внутренней среды и сохранение привычной структурированности этой информации.

Экспериментально выявлено, что человек осматривает объект не по случайной траектории, а как бы последовательно ощупывает взглядом наиболее значимые элементы фигуры. Закономерные траектории осмотра формируются только при активном взаимодействии зрительных и двигательных компонентов (рис. 6).

На рисунке 6 представлена запись движения глаз при свободном рассматривании изображения в течение двух минут. Записи движений глаз показывают, что в процессе рассматривания взор наблюдателя обычно задерживается лишь на тех элементах, которые несут сведения,

позволяющие раскрыть содержание изображения. В зависимости от содержания объекта и зрительных задач, которые стоят перед человеком в момент восприятия происходит распределение точек фиксации на объекте, последовательность, в которой взор переходит от одной точки фиксации к другой и продолжительность фиксаций. К зрительным задачам относятся: обнаружение, опознание (узнавание), идентификация. При обнаружении фиксируется только наличие

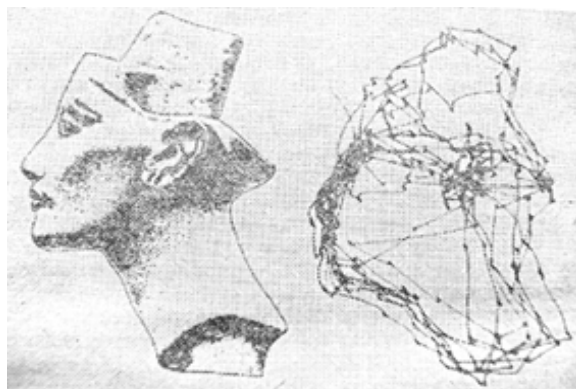


Рис. 6. Закономерности в движениях глаз при осмотре объекта

объекта, при опознании отнесение его к классу объектов (по обобщенным характеристикам класса), а при идентификации производится сличение объекта с конкретным эталоном, хранящимся в памяти.

Сокращение потока информации из внешней среды оказывает неблагоприятное воздействие на восприятие. Сенсорная депривация (изоляция от внешних воздействий с помощью специальных приборов) приводит к изменениям восприятия цвета, формы, размера и расстояния, а также к увеличению чувствительности. Если бы восприятие сводилось лишь к пассивному приему информации, то можно было ожидать, что психические процессы не нарушались бы при временных перерывах в поступлении информации. Однако эксперименты с сенсорной депривацией показали обратное. В условиях изоляции умственная деятельность человека приходит в упадок. В ходе эксперимента испытуемые пытались компенсировать отсутствие внешних раздражителей воспоминаниями или воображением, но вскоре воображаемые картины становились навязчивыми и неконтролируемыми.

Важным условием нормального восприятия является организация и структурированность получаемой информации. Попад в условия, где в поле восприятия нет привычной расчлененности и организованности, человек не может не только адекватно и длительно воспринимать такой окружающий мир, но, и испытывает нарушения других психических

функций. Такие нарушения наблюдаются у людей, находящихся, например в пустыне. Допускают, что возникающие миражи есть следствие попыток психики компенсировать отсутствие структурированности внешней среды с помощью представлений, извлеченных из памяти, и тем самым достичь привычной организованности восприятия.

Восприятие представляет собой двухэтапный процесс преобразования информации, начиная с воздействия стимулов на органы чувств и до ее самостоятельного функционирования в кратковременной памяти. На первом этапе создается «сенсорный слепок» физической реальности и происходит предварительный анализ и синтез поступающей информации, которая короткое время (несколько сот миллисекунд) удерживается в сенсорных регистрах памяти. Данная форма репрезентации внешнего мира получила название иконического (для зрения) образа.

Затем этот закодированный сигнал передается по сенсорным нервам к нервному центру в спинном или головном мозгу (см. ощущения). Если сигнал обусловлен стимулом, угрожающим вызвать повреждение организма, или адресован вегетативной нервной системе, то он сразу же вызовет рефлекторную реакцию, исходящую от спинного мозга или другого низшего центра, и это произойдет раньше, чем мы осознаем данное воздействие. Наша рука отдергивается при ожоге, зрачок сужается при ярком свете, слюнные железы начинают выделять слюну, если в рот положить леденец, и все это происходит до того, как наш головной мозг расшифрует сигнал и отдаст соответствующее распоряжение. Выживание организма часто зависит от коротких нервных цепей, составляющих рефлекторную дугу. Если же сигнал «неопасен», то он, продолжая свой путь по спинному мозгу, затем идет по двум различным путям: один ведет к коре головного мозга через таламус, а другой, более диффузный, проходит через фильтр ретикулярной формации, которая поддерживает кору головного мозга в бодрствующем состоянии и решает, достаточно ли важен сигнал, чтобы его расшифровкой занялась кора. Если сигнал будет сочтен важным, начнется сложный процесс, который и приведет к восприятию в собственном смысле этого слова. Этот процесс предполагает изменение активности многих тысяч нейронов коры головного мозга, которые должны будут структурировать и организовать сенсорный сигнал, чтобы придать ему смысл.

Прежде всего, внимание коры мозга к стимулу повлечет теперь за собой серию движений глаз, головы или туловища. Это позволит более глубоко и детально ознакомиться с информацией, идущей от сенсорного органа – первоисточника данного сигнала, а также, возможно подключить другие органы чувств.

Распознавание образа, или отнесение его к определенной категории, происходит на втором этапе. В любой момент раздражители воспринимаются нами соответственно тем категориям образов, которые постепенно устанавливаются после рождения. На основании экспериментального и теоретического анализа механизмов восприятия и узнавания зрительных изображений была выдвинута гипотеза об иерархической структуре процессов восприятия и опознавания. Структура развития восприятия позволяет понять переход от подробного и последовательного обследования объекта, зависящего только от его конфигурации, к выдвижению гипотез о возможной его форме на основе информации о классе близких фигур, накопленных в долговременной памяти.

Первый, низший уровень иерархической системы обобщенности признаков восприятия составляют локальные признаки, характеризующие отдельные участки контура объекта, например выпуклость, излом, кривизну, длину. Число участков, на которые разбивается контур объекта с помощью первичных признаков (первичный код), сопоставимо со сложностью объекта: оно тем больше, чем он сложнее. Сравнение первичных кодов адекватно наложению контуров объектов друг на друга и их повороту до совмещения всех одинаковых участков.

Следующий уровень иерархии составляют обобщенные (вторичные) признаки, характеризующие не отдельные участки контура объекта, а весь объект в целом, например число углов (ранг), число вогнутостей, степень изрезанности всего контура и др. Логические операции фильтрации и суммации, производимые в памяти, позволяют из первичного кода объекта получать его обобщенные признаки.

Третий уровень составляют еще более обобщенные – третичные – признаки. Они характеризуют не сам контур воспринимаемого объекта, а его соотношение с контуром вспомогательного объекта, который целиком формируется мысленно. К таким признакам можно отнести удаленность объекта, его компактность, площадь, ориентацию.

Высший уровень иерархии – признаки сходства. Они обозначаются словами: похож, напоминает, близок и содержат сведения не об одном, а о нескольких объектах в их взаимных отношениях. Они хранятся в памяти как сведения о степени качественного и количественного сходства объектов и отражают информацию не о свойствах самих объектов, а только об отношениях их свойств.

Таким образом, распознавание образа представляет собой сравнение стимула с той информацией, которая получена о нем ранее и хранится в долговременной памяти в закодированном виде. При этом некоторые сигналы, более привычные, чем другие, распознаются автоматически, почти тотчас же. Однако, когда информация новая, неполная или

неоднозначная, наш мозг действует путем выдвижения гипотез, которые он одну за другой проверяет, чтобы принять ту, которая кажется ему наиболее правдоподобной или наиболее приемлемой. Способ классификации воспринимаемого тесно связан с нашим предварительным жизненным опытом. За процессом сравнения следует принятие решения – выбор из множества актуализированных кодов такого, который в наибольшей степени соответствует данному стимулу. Если сигнал оказывается похожим на что-то уже известное, восприятие приводит к узнаванию. В противном случае оно выражается в осознании какого-то нового аспекта реальности, фиксации его в памяти и создании новых следов, которые в свою очередь будут укреплены другими актами узнавания.

Таким образом, мозг с начала и до конца жизни создает себе образ реальности, из которого исключены элементы, не связанные с интересами и нуждами человека. Французский философ Бергсон сравнивал наш мозг с фильтром, который устроен так, что организм проявляет избирательное внимание и пропускает на уровень сознания только ту информацию, которая необходима для его выживания.

2.1. Восприятие и внимание

Актуальные, личностно-значимые сигналы выделяются вниманием. Выбор осуществляется из множества всех сигналов, доступных восприятию в данный момент. В отличие от восприятия, связанного с переработкой и синтезом информации, внимание ограничивает лишь ту ее часть, которая будет реально обрабатываться. Это ограничение приводит к необходимости дробить поступающую информацию на части, не превышающие возможности ее обработки зрительной системой. Центральные механизмы переработки информации у человека могут иметь дело в данный момент времени лишь с одним объектом. Если сигналы о втором объекте появляются во время реакции на предыдущий, то обработка новой информации не производится, пока эти механизмы не освободятся. Поэтому если световой сигнал появляется через некоторое время после предыдущего, то время реакции человека на второй сигнал больше, чем время реакции на него при отсутствии первого.

Количество воспринимаемой информации ограничено пропускной способностью глаза, которая зависит от информационной емкости изображения и времени реакции человека. Информационная емкость изображения определяется соотношением количества элементов информационного поля и различимой яркостью, имеющей некоторое число градаций:

$$H = \log_2 m^N = N \times \log_2 m,$$

где H – информационная емкость изображения, N – количество элементов информационного поля, m – число яркостных градаций. H является функцией двух переменных N и m , которые связаны между собой так, что H достигает максимума при $m=2$, т. е. для случая, когда элементы будут, либо черными, либо белыми и контраст между соседними элементами равен либо нулю, либо единице. $\log_2 2=1$, поэтому наибольшее значение информационной емкости $H=N$.

Зрительную систему можно рассматривать как совокупность нескольких каналов передачи информации, причем наименьшее из этих значений определит пропускную способность системы в целом. Пропускной способностью канала связи называют максимальное количество информации, которое может быть передано им за единицу времени. Пропускная способность определяется из выражения:

$$C = \frac{n \log_2 H}{T},$$

где T – время отображения информации; n – число правильно опознанных символов; H – информационная емкость изображения. Пропускная способность зависит от частоты поступления входных световых стимулов (рис. 7).

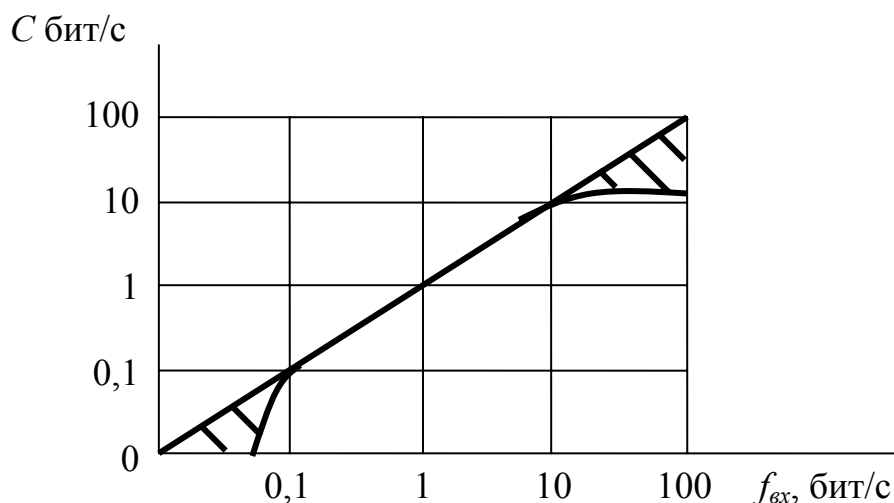


Рис.7. Зависимость пропускной способности от частоты поступающих сигналов

Из рисунка видно, что оптимальная скорость приема и переработки информации равна 0,1 – 5,5 бит/с. Пропускная способность корковых отделов зрительной системы, в которых происходит опознание изображений, составляет приблизительно 20 – 70 бит/с., а пропускная

способность периферического отдела зрительной системы, включая сетчатку и передающие волокна составляет $4,42 \cdot 10^7$ бит/с, при этом скорость распространения нервного возбуждения по волокну равна 25 -30 м/с.

Таким образом, сетчатка способна подготовить огромное количество информации, из которой только ничтожная часть используется мозгом. Избыточный объем передаваемой информации повышает надежность передачи, уменьшая вероятность получения ошибочной информации.

Ограничение возможности одновременного восприятия нескольких независимых между собой сигналов, информация о которых поступает из внешней и внутренней среды, связано с основной характеристикой внимания – его фиксированным объемом. Важной и определяющей особенностью объема внимания является то, что он практически не поддается регулированию при обучении и тренировке. Ограниченность объема воспринимаемого и перерабатываемого материала заставляет непрерывно дробить на части поступающую информацию и определять последовательность (очередность) анализа среды. Что же определяет избирательность внимания, его направление? Выделяют две группы факторов. К первой относят факторы, характеризующие структуру внешних раздражителей. К ним причисляются физические параметры сигнала, например интенсивность, сложность, новизна или частота его появления. Действительно, если в поле восприятия появляется сигнал, обладающий либо большей интенсивностью, чем другие (например, вспышка света), либо большей новизной (например, в комнату неожиданно входит тигр), то этот раздражитель автоматически привлечет внимание.

Ко второй группе относят факторы, характеризующие деятельность самого человека. Выбор информации больше всего зависит от потребностей, интересов, эмоционального состояния и актуальности для человека данной информации. В многочисленных экспериментах обнаружено, что слова, имеющие особый смысл для человека, например его имя, легче извлекаются из шума. Ярким примером воздействия особо актуальной информации является факт, известный под названием «феномен вечеринки». Представьте себе, что вы находитесь на вечеринке и поглощены интересной беседой. Внезапно вы слышите свое имя, негромко произнесенное кем-то в другой группе гостей. Вы быстро переключаете внимание на разговор, происходящий между этими гостями. Но в тоже время вы перестаете слышать то, что говорят в той группе, где вы стоите, упуская нить разговора. Вы настроились на вторую группу и отключились от первой. Именно высокая значимость сигнала, а не его интенсивность, желание узнать, что о вас думают другие гости, определили изменения направления вашего внимания.

2.2. Эмпирические характеристики восприятия

Восприятие обладает такими характеристиками, как константность, предметность, целостность и обобщенность перцептивного образа и делают его относительно независимым от постоянно изменяющейся среды.

Константность перцептивного образа – это относительная независимость образа от условий восприятия, проявляющаяся в его неизменности: форма, размер, величина, глубина и цвет предметов воспринимаются нами как постоянные, несмотря на то, что сигналы, поступающие от этих предметов в органы чувств, непрерывно меняются. Активные действия перцептивной системы являются источником константности восприятия. Многократное восприятие одних и тех же предметов при разных условиях обеспечивает феномен константности.

Как известно, размер проекции предмета на сетчатке глаза зависит от расстояния между предметом и глазом и от угла зрения, но предметы нам кажутся неизменной величины вне зависимости от этого расстояния (рис. 8).

Лишь в одном случае изображение на сетчатке имеет ту же форму, что и сам объект, когда объект располагается в плоскости перпендикулярной направлению взгляда. Но в повседневной жизни объекты располагаются под углом по направлению взгляда, и все равно воспринимаются верно – это проявление константности формы. За уже структурированными предметами восприятие сохраняет их размеры и

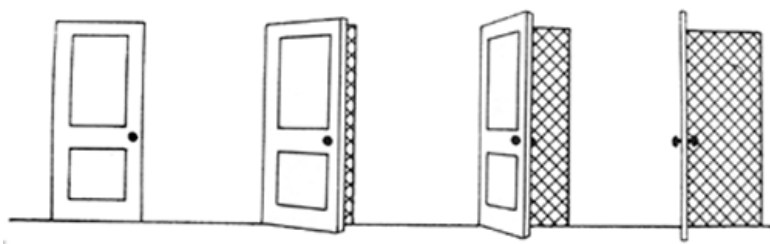


Рис.8. Когда постоянство формы усвоено, дверь воспринимается одинаковой, если даже ее проекция на сетчатку глаза меняется

цвет независимо от того, с какого расстояния на них смотреть и под каким углом их видеть.

Решающим в восприятии формы является информация о наклоне объекта и его размере, т.е. различной удаленности его сторон от точки наблюдения. Если такая информация отсутствует, объект воспринимается неоднозначно (рис.9).



Рис.9. Эта фотография, соответствующая действительному изображению на сетчатке, позволяет осознать, какие коррекции постоянно осуществляет наше зрительное восприятие

Восприятие цвета зависит от многих факторов: освещенности изображения; фона, на котором располагается наблюдаемый объект; интенсивности светового излучения. В то же время цвет знакомых предметов всегда воспринимается одинаково, независимо от условий наблюдения. Относительная неизменность видимого цвета при изменении освещения проявляется в константности цвета перцептивного образа. Явление константности цвета обуславливается совокупным действием ряда причин, среди которых большое значение имеют адаптация к общему уровню яркости зрительного поля, светлотный контраст, а также представления о действительном цвете предметов и условиях их освещенности.

Значение константности очень велико. Не будь этого свойства, при всяком нашем движении, при каждом изменении расстояния до предмета, при малейшем повороте головы или перемене освещения практически непрерывно изменялись бы все основные признаки, по которым человек узнает предмет. Он перестал бы воспринимать мир устойчивых вещей, и восприятие не могло бы служить средством познания объективной действительности. Постоянство величины, формы и цвета предметов является необходимым условием ориентировки в окружающем мире.

Предметность перцептивного образа проявляется в том, что объект воспринимается нами как обособленное в пространстве и во времени отдельное физическое тело. Наш мозг имеет тенденцию структурировать сигналы таким образом, что все, что меньше или имеет правильную конфигурацию и то, что имеет для нас какой-то смысл, воспринимается как фигура. Вся наблюдаемая человеком действительность разделяется на две неравные по значимости части: одна — предмет — воспринимается как конкретное, четко очерченное,

расположенное на переднем плане замкнутое целое, а вторая фон – как более аморфное, неопределенное, расположенное позади предмета и неограниченное поле. Таким образом, воспринимаемая реальность всегда разделяется как бы на два слоя: на *фигуру* – образ предмета, и *фон* – образ окружающего предмет пространства. Феномен – выделение фигуры из фона – был экспериментально изучен и описан Э. Рубином (рис.10).



Рис.10. На рисунке фон может быть либо черным, либо белым. Это зависит от того, что человек воспринимает – вазу и белый крест или два профиля и черный крест. Фигура и фон взаимозаменяемы: фигура может превратиться в фон, а фон в фигуру

Э. Рубин обнаружил, что при равных условиях наблюдения поверхность с четкими границами, обладающая меньшей площадью, стремится приобрести статус фигуры, и тогда все, окружающее ее, воспринимается как фон. Границу между фоном и фигурой обычно относят к фигуре, а не к фону, который в общем случае может быть необозримым. Большое значение имеет степень контрастности: если она мала, то фигура сливается с фоном и остается не воспринятой.

Различают два вида контраста: прямой, когда предмет темнее фона, и обратный, когда предмет ярче фона. Количественно величина контраста оценивается как отношение разности яркости предмета и фона к большей яркости:

$$K_{пр} = \frac{B_{\phi} - B_n}{B_{\phi}} ; \quad K_{обр} = \frac{B_n - B_{\phi}}{B_{пр}}$$

где B_{ϕ} и B_n – яркость фона и предмета.

Оптимальная величина контраста считается равной в пределах 0,60 – 0,95. Обеспечение требуемой величины контраста не является достаточным условием нормальной видимости предметов. Необходимо учитывать, как этот контраст воспринимается в данных условиях. Для

оценки нормальной видимости предметов вводится понятие *порогового контраста*, который равен:

$$\kappa_{\text{пор}} = \frac{\alpha B_{\text{пор}}}{B_{\phi}}$$

где $B_{\text{пор}}$ – пороговая разность яркости, т.е. минимальная разность яркости предмета и фона, впервые обнаруживаемая глазом; α – угловой размер наблюдаемого объекта.

Для нормальной видимости величина контраста должна быть больше $\kappa_{\text{пор}}$ в 10 – 15 раз. Величина порогового контраста зависит от яркости и размеров предметов α (рис. 11).

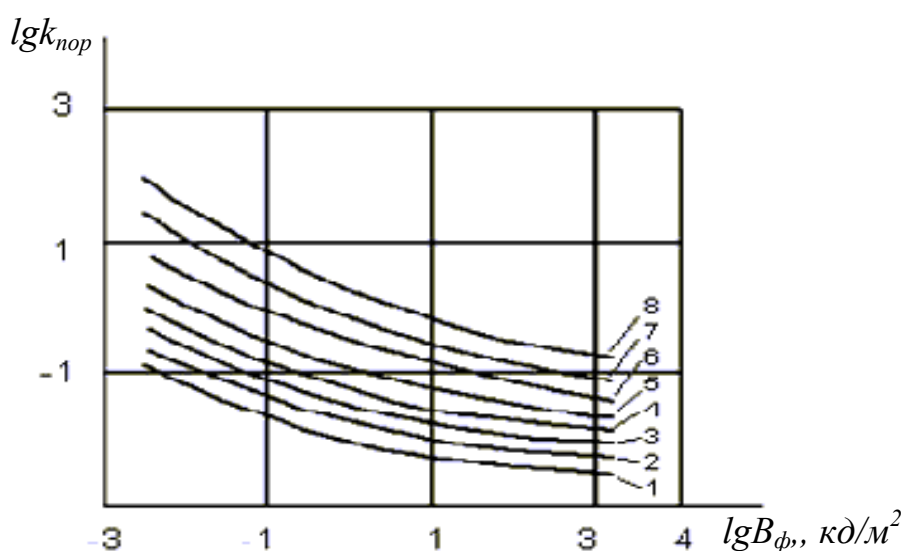


Рис.11. Зависимость порогового контраста от яркости фона и размеров предметов α (1 - 200'; 2 - 100'; 3 - 50'; 4 - 30'; 5 - 10'; 6 - 6'; 7 - 2'; 8 - 1')

Предметы с большими размерами видны при меньших контрастах и при увеличении яркости уменьшается значение порогового контраста. Также на условия видимости предметов большое влияние оказывает величина внешней освещенности.

Целостность перцептивного образа – это характеристика восприятия, состоящая в том, что всякий объект воспринимается как целое, даже если некоторые части этого целого в данный момент не могут быть наблюдаемы (например, тыльная часть вещи). Каждая часть, входящая в перцептивный образ, приобретает значение лишь при соотнесении ее с целым и определяется им. Сам образ восприятия также зависит от особенностей составляющих его частей. Это приобретенное свойство

перцептивного образа, которое формируется в результате рефлекторной деятельности анализаторов и предметной деятельности человека. На основе имеющегося опыта, знаний человек объединяет элементы в процессе восприятия в целостный образ. Проблема целостности восприятия впервые была экспериментально исследована представителями гештальтпсихологии. Ими были эмпирически выявлены два основных аспекта: влияние целого на восприятие частей и факторы объединения частей в целое.

Независимость целого от качества составляющих его элементов проявляется в доминировании целостной структуры над ее

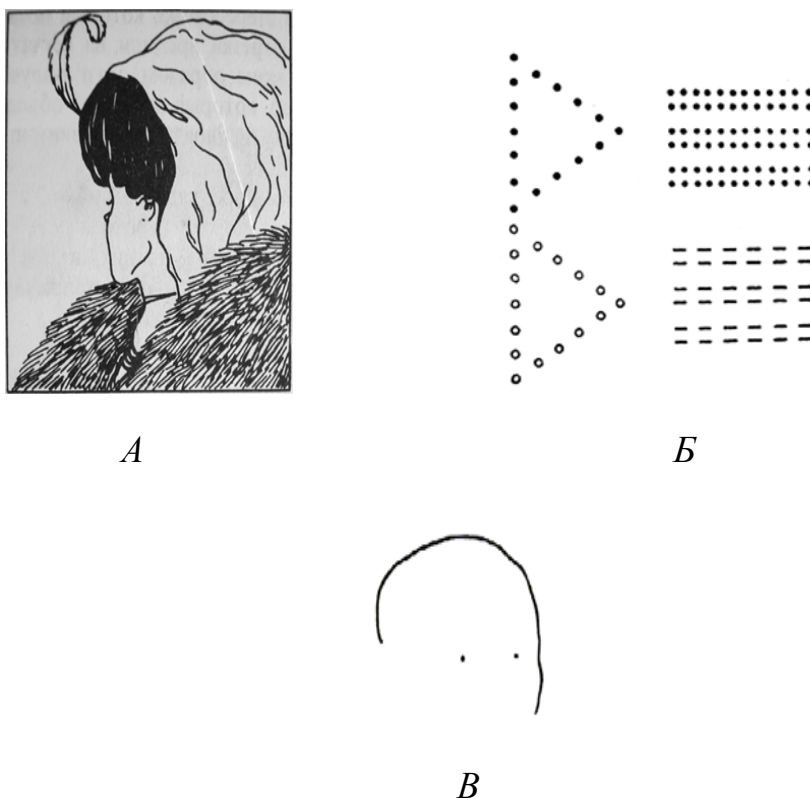


Рис.12. Формы доминирования целостной структуры образа над ее составляющими. А - различия в восприятии одних и тех же элементов; Б – замена отдельных элементов; В – выпадение ряда элементов контура

составляющими. Выделяют три формы такого доминирования. Первая из форм доминирования целостной структуры над ее элементами выражается в том, что один и тот же элемент, будучи включенным в разные целостные структуры, воспринимается по-разному. Это демонстрируется характером восприятий двойственных изображений (рис. 12, А).

Один и тот же элемент на рисунке 12 воспринимается в структуре лица молодой женщины как очертание нижней части щеки, а в структуре лица старой женщины – как крыло носа. Другой элемент, воспринимаемый как часть лица молодой женщины, видится как ухо, а в качестве части лица старой женщины – как глаз. В этом случае проявляется доминирование формы изображения над входящими в нее элементами.

Вторая форма доминирования целостной структуры объекта над его отдельными элементами выражается в том, что если заменить отдельные элементы, но сохранить соотношения между ними, то общая структура образа остается неизменной (рис.12,Б). В этом случае сохраняется общая структура восприятия изображения при замене элементов, которые представлены точками, кружками и черточками.

Третья форма выражается в сохранении восприятия структуры как целого при выпадении отдельных ее частей (рис. 12, В). Для целостного восприятия человеческого лица достаточно лишь нескольких элементов его контура.

Целое состоит из элементов и поэтому от них зависит. Объединение (группировка) элементов – это второй аспект организации целостного перцептивного образа. Экспериментально было выявлено несколько правил группировки элементов в целостную структуру (рис. 13).

Правило подобия: чем больше части зрительно воспринимаемой модели похожи друг на друга по какому-либо воспринимаемому качеству, с тем большей вероятностью они будут восприниматься как расположенные вместе. В качестве группирующих свойств может выступать сходство по размеру, форме и цвету.

На рис. 13, А изображена группа из шести фигур, одинаковых по форме и ориентации, но бессистемно разбросанных в пространстве. Разница в размерах обладает группирующим эффектом: большие квадраты в противоположность маленьким стремятся друг к другу. На рис. 13,Б окружности стремятся объединиться и отойти от треугольников. В этом случае группирующим признаком является форма элементов. На рис. 13,В представлены хаотично расположенные одинаковые по размеру круги двух цветов. Темные круги стремятся отделиться от белых, здесь цвет выступает в качестве группирующего признака.

Правило близости: в любом поле, содержащем несколько объектов, те из них, которые расположены наиболее близко друг к другу, визуально могут восприниматься целостно, как один объект (рис. 13, Г). Легче воспринимаются три группы кругов, а не одна из восьми кругов.

Правило общей судьбы: множество элементов, движущихся с одинаковой скоростью и по одной траектории, воспринимается

целостно как единый движущийся объект. Это правило применимо и тогда, когда объекты неподвижны, но движется наблюдатель (рис. 13, Д).

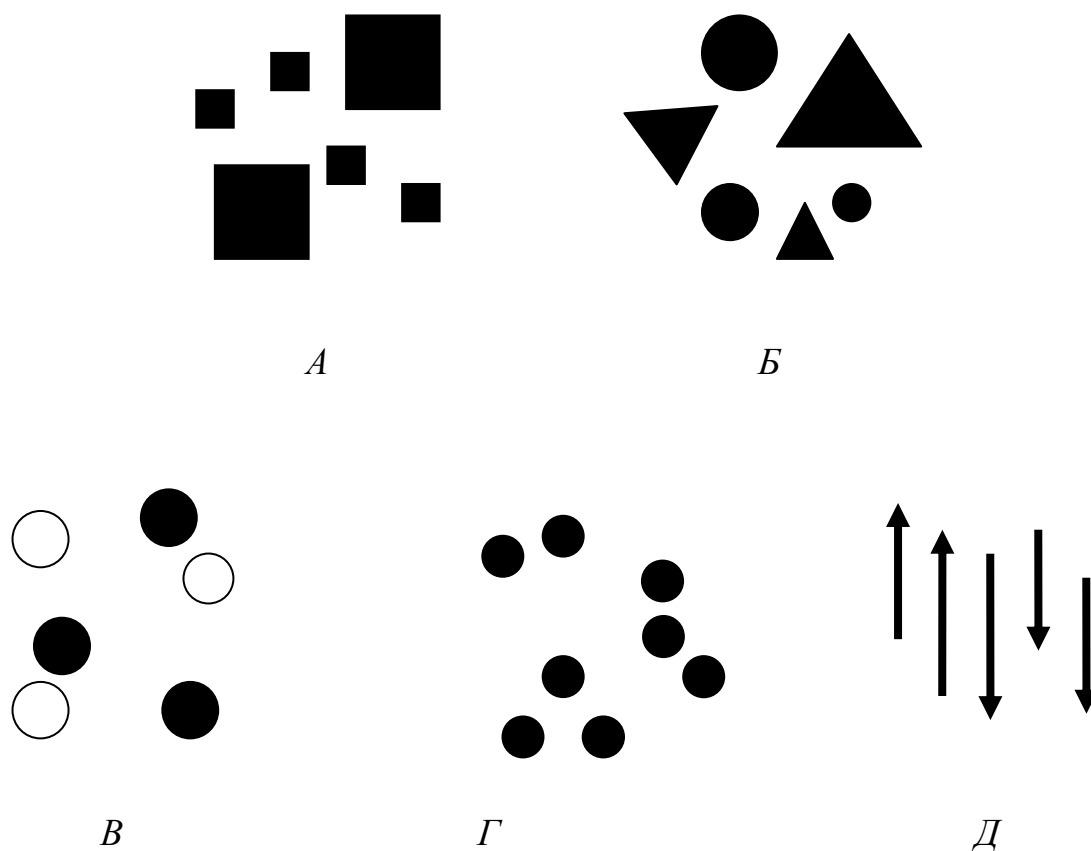


Рис.13. Группировка элементов перцептивного поля. А – сходство по размерам; Б – сходство по форме; В – сходство по цвету. Г– близость; Д – одинаковая скорость движения

В единую целостную структуру объединяются также элементы с так называемой *хорошей формой*, т.е. обладающие симметрией или периодичностью.

Обобщенность перцептивного образа означает отнесенность каждого образа к некоторому классу объектов, имеющему название. В этом отражается влияние опыта данного человека. По мере расширения опыта восприятия образ, сохраняя свою индивидуальность и отнесенность к конкретному предмету, причисляется ко все большей совокупности предметов определенной категории, т.е. классифицируется. Именно классификация обеспечивает надежность правильного узнавания объекта независимо от его индивидуальных особенностей и искажений, не выводящих объект за пределы класса. Значение обобщенности узнавания проявляется, например, в способности человека свободно читать текст независимо от шрифта или

почерка, которым он написан. Обобщенность восприятия позволяет не только классифицировать и узнавать предметы и явления, но и предсказывать некоторые свойства, непосредственно не воспринимаемые. Коль скоро объект по отдельным своим качествам отнесен к данному классу, то с определенной вероятностью можно ожидать, что он обладает и другими свойствами, характерными для этого класса.

Все рассмотренные характеристики восприятия не являются врожденными и развиваются в течение жизни человека. Между всеми перечисленными характеристиками восприятия есть некоторое функциональное сходство. И константность, и предметность, и целостность, и обобщенность придают образу важную черту – независимость в некоторых пределах от условий восприятия и искажений. В этом смысле константность – это независимость от физических условий восприятия, предметность – от того фона, на котором объект воспринимается, целостность – независимость целого от искажения и замены компонентов, составляющих это целое, и, наконец, обобщенность – это независимость восприятия от таких искажений и изменений, которые не выводят объект за границы класса. Иными словами, обобщенность – это внутриклассовая константность, целостность – структурная, а предметность – семантическая константность. Такая организация восприятия позволяет нам гибко и адекватно взаимодействовать со средой, а также в определенных пределах предсказывать непосредственно не воспринимаемые свойства объектов и явлений

3. Восприятие цвета

Частота излучения в видимой части спектра значительно больше, чем та частота, которую могут непосредственно воспроизвести нервные волокна (фактически наивысшее число импульсов, которое могут передать нервные волокна, приблизительно 1000 в секунду, в то время как частота света составляет миллион миллионов колебаний в секунду).

Проблема состоит в том, каким образом частота света кодируется медленно действующей нервной системой.

3.1. Трехкомпонентная теория цветового зрения

Первый, кто пытался разрешить эту проблему, был Т. Юнг, который ввел понятие о трех основных цветах и экспериментально показал, как

их смещением можно получить другие цвета. Г. Гельмгольц разработал трехкомпонентную теорию зрения и обнаружил, что в сетчатке человека имеются три типа рецепторов цвета (колбочек), обладающих спектральной чувствительностью. Геринг ввел понятие об оппонентности цветов, связав их в три пары (красный – зеленый, желтый – синий и белый – черный), и предположил, что каждой паре соответствует свой тип рецепторов. Причем ни один из этих рецепторов не может передавать информацию одновременно об обоих видах раздражителей, которые он может воспринять: так одна и та же колбочка не может одновременно сигнализировать о красном и зеленом цветах.

Современные представления о механизме цветового зрения представлены на рис. 14.

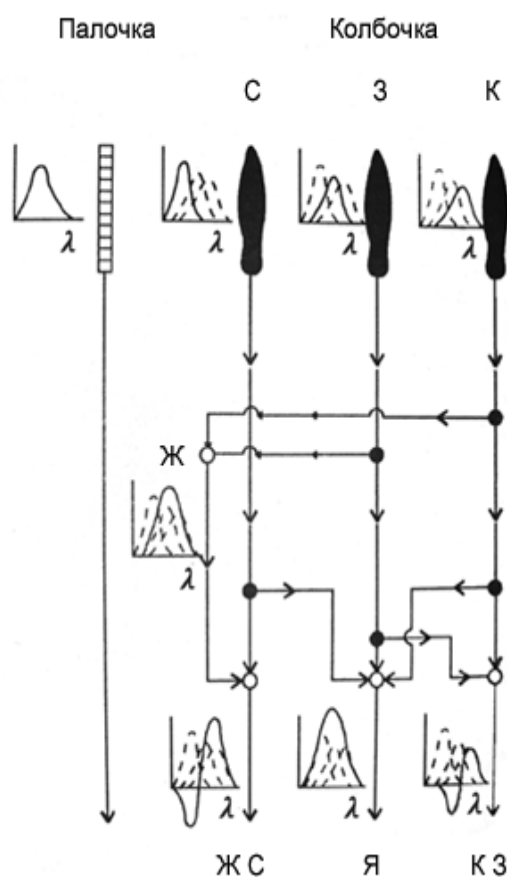


Рис.14. Кодирование информации с помощью сигналов яркости и разностных цветовых сигналов.

На рисунке показана относительная чувствительность каждого механизма на всех стадиях: палочек; «синих» (С), «зеленых» (З) и «красных» (К) колбочек; яркость света (Я) и цветовых дифференциальных механизмов - желтый против синего (ЖС), и

красный против зеленого (КЗ). Пунктирные кривые относятся к одиночным ответам колбочек и соответствуют кривым на рис.13

Организация передачи информации о цвете имеет два этапа. На первом рецепторном уровне свет регистрируется тремя различными типами колбочек. Рецепторы и нейроны, обозначенные кружочками, реагируют на коротко-, средне- или длинноволновый участки видимого спектра (С, З, К соответственно) или на их определенные сочетания. Поступающая от них информация преобразуется в импульсные разряды и до передачи в мозг кодируется в сетчатке. На этапе рецепции информация о цвете передается нейронами С, З и К по простой трехканальной схеме. Пострецепторный этап представлен: нейроном, кодирующим яркость (Я) (суммация ответов $K + Z + C$); «желтым» нейроном (суммация ответов $K + Z$) и двумя цветоразличительными нейронами, дающими противоположные ответы на К и З и на Ж и С соответственно. Эта закодированная информация посылается в виде сигнала о яркости из всех типов колбочек, а также в виде разностных сигналов каждых двух цветов. Одновременно подключается также и второй яркостной канал независимой палочковой системы, который кодирует только информацию о яркости излучения, и работает при более низких уровнях освещенности, чем это необходимо для трехцветных каналов. 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. Как видно из рисунка на втором этапе та же самая информация закодирована выходными сигналами нейронов, различающих два цвета, и нейрона яркости, т.е. система остается трехканальной.

Характер цветового ощущения находится в связи с распределением чувствительности рецепторов глаза по спектру (рис. 15). Графики, изображенные на рисунке, не строго выражают спектральную чувствительность цветочувствительных рецепторов. Они получены для углов зрения, равных 2^0 . Если принять во внимание малый размер ($1,5 - 2^0$) участка сетчатки, свободного от палочек, и движение глаз при фиксации взора (рис.3), то станет ясно, что при угле зрения, равным 2^0 , могут реагировать не только колбочки, но и палочки.

Из рисунка видно, что излучения начала видимой части спектра до 430 нм действуют только на синечувствительные колбочки

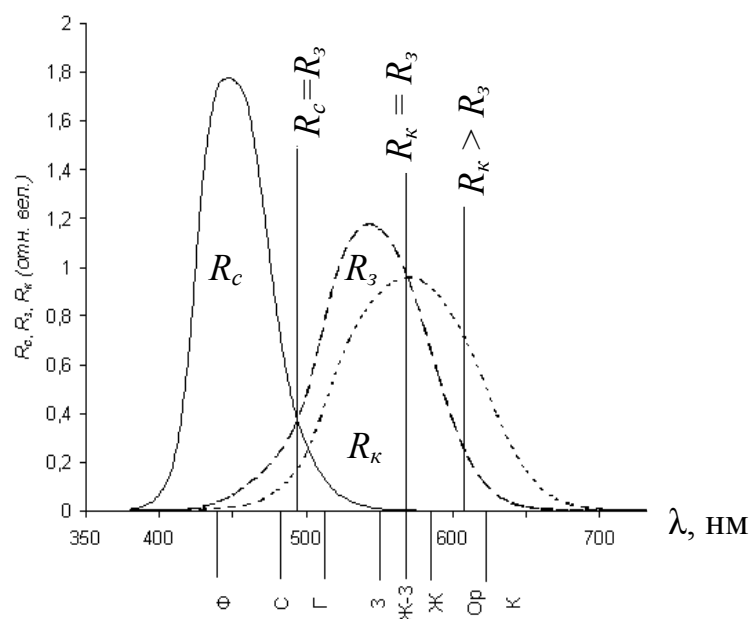


Рис.15. Кривые основных возбуждений

(чувствительности остальных рецепторов в этой области спектра пренебрежимо малы). Их реакция приводит к возникновению ощущения фиолетового цвета.

Различие цветов спектра в пределах 380 – 430 нм связано только с уровнем реакции рецепторов. Это следует из того, что в указанном диапазоне возбуждаются лишь синечувствительные колбочки, но их чувствительность (а, следовательно, интенсивность ощущения) возрастает с увеличением длины волны. При продвижении в сторону длинных волн в этом интервале, цвета поэтому светлеют. После 430 – 440 нм на излучение реагируют и зеленочувствительные рецепторы, поэтому цвет, в зависимости от вклада их реакций суммируется, постепенно переходя в синий. Затем приблизительно с 450 нм, наряду с сине- и зеленочувствительными рецепторами начинают работать красночувствительные: синий переходит в голубовато-синий, а затем в голубой. При дальнейшем изменении длины волны цветовое ощущение изменяется по тому же принципу, и относительные значения каждой из реакций на монохроматическое излучение видны из рис.15 и таблицы 2.

При объяснении возникновения того или иного цветового ощущения приходится сравнивать реакции, даваемые рецепторами разных типов. Например, из рис.15 (или таблицы 2) видно, что монохроматическое излучение $\lambda = 650$ нм вызывает реакции, находящиеся в отношении $R_з : R_к = 1 : 10$, и, следовательно, имеет почти чисто красный цветовой тон. Но сравнение реакций возможно только в том случае, если есть их

общая мера. Сложность ее нахождения состоит в том, что реакции, даваемые рецепторами разных типов, качественно различны. При некоторых соотношениях значений R_K , R_3 и R_C возникает ощущение белого цвета. В этом случае реакции рецепторов всех типов условились считать равными. Они, при определенном их уровне, принимаются за единичные. Вклад каждой группы рецепторов в ощущение цветности и светлоты неодинаков, поэтому, для того чтобы перейти от кривых основных возбуждений к кривой относительной спектральной эффективности (рис. 4), нужно ординаты кривых умножить на яркостные коэффициенты: для R_C яркостной коэффициент равен 0,003,

Таблица 2 Ординаты кривых основных возбуждений

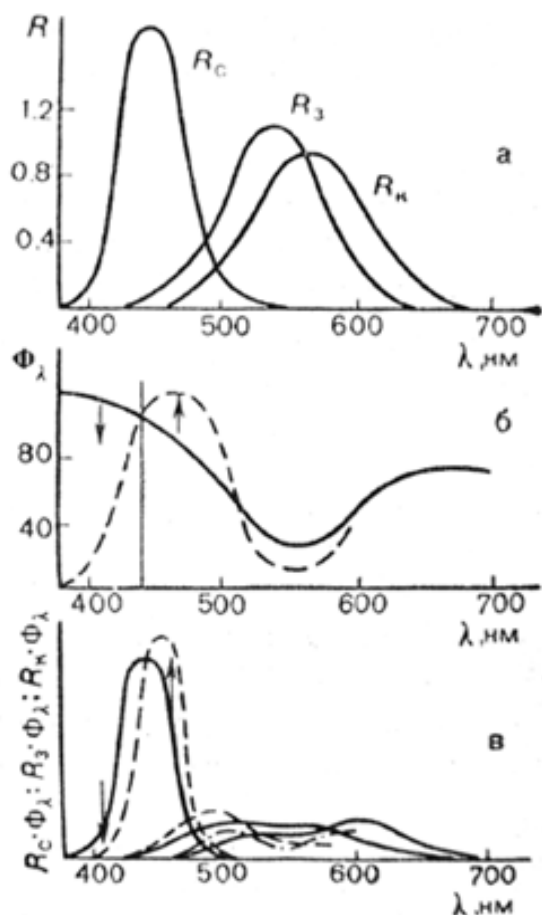
λ , нм	R_K	R_3	R_C	λ , нм	R_K	R_3	R_C
380	0,0000	0,0000	0,0065	610	0,6864	0,2258	0,0003
390	0,0001	0,0001	0,0201	620	0,5485	0,1273	0,0002
400	0,0002	0,0003	0,0679	630	0,3960	0,0663	0,0000
410	0,0004	0,0011	0,2074	640	0,3686	0,0330	
420	0,0013	0,0042	0,6456	650	0,1672	0,0157	
430	0,0036	0,0154	1,3856	660	0,0963	0,0075	
440	0,0081	0,0351	1,7471	670	0,0508	0,0035	
450	0,0142	0,0636	1,7721	680	0,0271	0,0017	
460	0,0242	0,1049	1,6692	690	0,0131	0,0007	
470	0,0441	0,1554	1,2876	700	0,0065	0,0004	
480	0,0817	0,2224	0,8130	710	0,0033	0,0002	
490	0,1381	0,3133	0,4652	720	0,0017	0,0001	
500	0,2305	0,4647	0,2720	730	0,0008	0,0000	
510	0,3768	0,6980	0,1582	740	0,0004		
520	0,5566	0,9485	0,0782	750	0,0002		
530	0,7057	1,1058	0,0422	760	0,0000		
540	0,8152	1,1719	0,0203				
550	0,8903	1,1611	0,0087				
560	0,9392	1,0865	0,0039				
570	0,9569	0,9503	0,0021				
580	0,9408	0,7672	0,0017				
590	0,8875	0,5621	0,0011				
600	0,8020	0,3734	0,0008				

для $R_3 = 0,65$, для $R_K = 1$.

При действии на глаз смеси излучений реакции рецепторов на каждый из ее компонентов складываются. О цвете смеси можно судить по кривым спектральной чувствительности рецепторов.

Выбирая мощности и длины волн излучений, можно получить самые разнообразные сочетания реакций и, следовательно, ощущение любого цвета.

На рис. 16 показана схема, поясняющая формирование цветового ощущения при непрерывном спектре. Под кривыми спектральной чувствительности рецепторов (рис. 16 а) сплошной линией дана кривая распределения мощности некоторого излучения (рис. 16 б).



а – кривые основных возбуждений

*б – кривые спектрального
распределения
мощностей
излучения*

в – кривые реакции рецепторов

Рис. 16. Схема формирования цветового ощущения

Перемножив ординаты кривой распределения потока излучения на ординаты кривых реакций, получим величины реакций на каждую из монохроматических составляющих сложного излучения (рис. 16 в, сплошные линии). Площади, ограниченные кривыми реакций и осью абсцисс, пропорциональны общей (интегральной) реакции на это

излучение. Очевидно, что реакция рецепторов на излучение $\Phi(\lambda)$ определяются интегралами:

$$R_c = \int_{\lambda_m}^{\lambda_n} R_c(\lambda) \Phi(\lambda) d\lambda;$$

$$R_z = \int_{\lambda_m}^{\lambda_n} R_z(\lambda) \Phi(\lambda) d\lambda;$$

$$R_k = \int_{\lambda_m}^{\lambda_n} R_k(\lambda) \Phi(\lambda) d\lambda.$$

Некоторое значение каждого из интегралов может сохраняться при разных формах кривых спектрального распределения потока излучения (пунктир), как это видно из рис. 14, б.

3. 2. Смешение цветов

Если на глаз действует смесь излучений, то реакции рецепторов на каждое из них складываются. Смешение окрашенных световых пучков дает пучок нового цвета. Эффект получения нового цвета в результате смешения излучений или сред, например красок, называется сложением цветов.

Цвет предметов, окружающих нас, зависит, во-первых, от их способности отражать или пропускать падающий на них световой поток и, во-вторых, от распределения светового потока в спектре освещающего их источника света. Так, например, натриевая лампа излучает только желтый свет с длиной волны 589,3 нм, ртутная лампа высокого давления излучает несколько линий разного цвета – фиолетовую (404,7 нм), синюю (435,8 нм), зеленую (546,1 нм) и желтую (577,4 нм). Лампа накаливания излучает все длины волн видимой области спектра, однако коротковолновых фиолетовых и синих излучений в ее спектре значительно меньше, чем красных и желтых. В спектре солнечного света излучения всех длин волн видимой области спектра распределены более равномерно. Таким образом, спектральный состав потока излучения (светового потока) источника света определяет цвет его излучения. Чем же определяется цвет окружающих нас предметов?

Пусть на какое-нибудь просвечивающее тело падает световой поток источника света с непрерывным или линейчатым спектром. Часть этого светового потока отразится от поверхности тела, часть его пройдет через тело и часть поглотится им. Отношения отраженного и пропущенного телом световых потоков к падающему световому потоку носят название общих, или суммарных, коэффициентов отражения и пропускания. Так, например, свежеснеженный снег имеет коэффициент отражения 85, белая бумага 75, черная кожа 1 – 2 %. Оконное стекло имеет коэффициент пропускания 92, а рассеивающее молочное стекло около 50 %.

Общие коэффициенты отражения и пропускания характеризуют способность тела отражать и пропускать свет источника излучения с непрерывным или линейчатым спектром. Тела и среды, которые неодинаково отражают или пропускают свет разных длин волн, имеют при освещении белым светом ту или иную окраску, соответствующую их физическим свойствам и называются цветными. Цвет предметов воспринимается 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.

Все цвета, встречающиеся в природе, разделяются на ахроматические и хроматические. К ахроматическим цветам относятся белый и черный цвета, а также серый цвет, являющийся промежуточным между белым и черным цветами. Тела и среды, имеющие неизбирательное отражение или пропускание, имеют ахроматический цвет при освещении дневным светом. К белым цветам при указанном освещении относится цвет белой бумаги, гипса, алебаstra, свежеснеженного снега. Серый цвет имеют низкие сорта бумаги, разбавленная в воде тушь, загрязненный снег. Сажа, черная тушь, черный бархат имеют черный цвет.

Хроматическими цветами являются все цвета, имеющие тот или иной цветовой оттенок. К ним относятся все спектральные цвета. Спектральные цвета являются самыми чистыми цветами, так как в них отсутствует примесь белого цвета. В спектре нет белых, черных и серых цветов, а также цветов, получающихся смешением в разных пропорциях спектральных и белого цветов. Кроме того, в спектре отсутствуют малиновый, вишневый, сиреневый и другие подобные цвета, называемые

пурпурными. Полный набор встречающихся в природе цветов может быть получен при смешении спектральных цветов между собой в различной пропорции, а также смешением спектральных цветов с ахроматическими (белым и серым).

Ахроматические цвета при смешении образуют также ахроматические цвета. Так, при смешении сажи с мелом в различных пропорциях получаются всевозможные серые цвета.

Спектральные цвета при смешении, как правило, не образуют спектральных цветов. Это означает, что для большинства цветов, полученных смешением каких-либо двух спектральных, чистота цвета будет меньше 100 % ($p < 100 \%$). Так, два спектральных цвета, один из которых синий с цветовым тоном $\lambda_d = 470$ нм и $p = 100 \%$, а второй зеленый с цветовым тоном $\lambda_d = 540$ нм и $p = 100 \%$, при смешении в некоторой пропорции образуют голубой цвет с цветовым тоном $\lambda_d = 498$ нм и чистотой $p = 63 \%$.

Исключение составляют спектральные цвета на участке спектра от $\lambda_d = 700$ нм (красный цвет) до $\lambda_d = 575$ нм (желтый цвет). Спектральные цвета этого участка видимого спектра при смешении образуют цвета, имеющие чистоту цвета, равную 100 % ($p = 100 \%$), т.е. также спектральные цвета. При смешении красного и желтого цветов, имеющих цветовой тон соответственно $\lambda_d = 660$ нм и 575 нм, взятых почти в равной пропорции, образуется спектральный красно-оранжевый цвет с цветовым тоном $\lambda_d = 610$ нм ($p = 100 \%$). Из приведенных примеров видно, что два излучения, имеющие разный спектральный состав, способны производить одинаковое цветовое ощущение. Излучение с длиной волны 575 нм создает ощущение желтого цвета, излучение с длиной волны 660 нм создает ощущение красного цвета, а в смеси при определенной пропорции они создают ощущение, тождественное с монохроматическим красно-оранжевым цветом с длиной волны 610 нм.

Многочисленными опытами установлено, что некоторые пары хроматических цветов, смешанные в определенной пропорции, образуют ахроматический цвет. Два цвета, образующих при смешении ахроматический цвет, называются дополнительными. В природе существует бесчисленное количество пар дополнительных цветов, в том числе и спектральных. Если один из двух взаимно дополнительных цветов относится к теплым, то другой к холодным цветам. Ниже указаны названия взаимно дополнительных цветов. Дополнительными цветами являются: красный и голубой, зеленый и пурпурный, синий и желтый и т. д.

Первый из дополнительных цветов	Второй из дополнительных цветов
Красный	Голубой
Оранжевый	Голубой
Желтый	Синий или голубой
Желто-зеленый	Пурпурный
Зеленый	Пурпурный
Голубой	Красный или пурпурный
Синий	Желтый
Фиолетовый	Желто-зеленый

Взаимно дополнительные цвета могут быть указаны длинами волн. Так, для спектрального синего цвета с длиной волны $\lambda_d = 450$ нм взаимно дополнительным является спектральный желто-зеленый цвет с длиной волны $\lambda_d = 570$ нм, для красного цвета с доминирующей длиной волны $\lambda_d = 680$ нм – голубой цвет с доминирующей длиной волны $\lambda_d = 495$ нм и т. д.

Пурпурные цвета представляют собой результат смешения в разной пропорции красных и фиолетовых (или синих) цветов. Если в смеси преобладают фиолетовый или синий цвета над красным, мы получаем сиреневые и вишневые цвета. В противоположном случае, когда красный цвет преобладает в смеси над фиолетовым или синим цветами, получаются малиновые тона.

Поскольку пурпурные цвета отсутствуют в спектре, они не могут быть охарактеризованы цветовым тоном. Поэтому разные пурпурные цвета обозначаются длинами волн соответствующих им дополнительных цветов. В этом случае значения длин волн дополнительных цветов обозначают значком штрих. Так, цвет с обозначением $\lambda_d = 540'$ нм означает, что это пурпурный цвет, дополнительным к которому является зеленый цвет с цветовым тоном $\lambda_d = 540$ нм.

Изучение закономерностей получения нового цвета показало, что в основе эффектов смешения излучений и смешения сред лежат неодинаковые физические явления. Например, смесь желтой и синей красок имеет зеленый цвет, а желтого и синего излучений – белый цвет. Неодинаково влияет в этих случаях и изменение количества носителя цвета: при росте концентрации красок в смеси ее светлота падает, а при увеличении мощности излучений, наоборот возрастает.

В связи с этим различают два типа сложения – аддитивное смешение излучений (от лат. addition – складываю) и субтрактивное смешение сред (от лат. subtrahere – вычитаю). Названия связаны с тем, что при

смешении излучений их действия складываются. Каждая из смешиваемых сред, наоборот, поглощает определенные излучения, вычитая их из светового потока, направленного на смесь.

Аддитивное сложение цветов. Рассмотрим оптический способ смешения цветов. Для этого необходимо иметь красный, зеленый и синий световые пучки. Они могут быть взяты либо от источника, непосредственно испускающего окрашенные излучения (лазеры), либо от обычных тепловых излучателей (ламп накаливания), экранированных красным, зеленым и синим светофильтрами. Например, возьмем три проекционных фонаря, дающих узкие пучки света. На пути первого проекционного фонаря перед входным отверстием установим красный светофильтр, на пути второго – зеленый и на пути третьего – синий. Красный, зеленый и синий цвета являются взаимно независимыми, и каждый из них не может быть получен смешением остальных двух.

Направим пучки этих источников света на белый рассеивающий экран так, чтобы они частично перекрывали друг друга (рис. 17а). В тех местах экрана, где цветовые пучки не перекрываются, мы увидим красный, зеленый и синий цвета определенной яркости. Там, где пучки перекрываются попарно, получаются желтый, голубой и пурпурный цвета. В центре, где перекрываются все три пучка, получится белое пятно. Белый цвет в центре получается только при одном совершенно определенном соотношении между яркостями красного, зеленого и синего пятен на экране. Изменим положение цветных источников света относительно белого экрана, например, красный удалим, зеленый приблизим, а синий оставим на месте. Этим мы изменим соотношение яркостей красного, зеленого и синего пятен на экране.

В результате в тех местах, где пучки не перекрываются, получим цвета той же цветности, что и раньше, но несколько иной яркости. Попарно

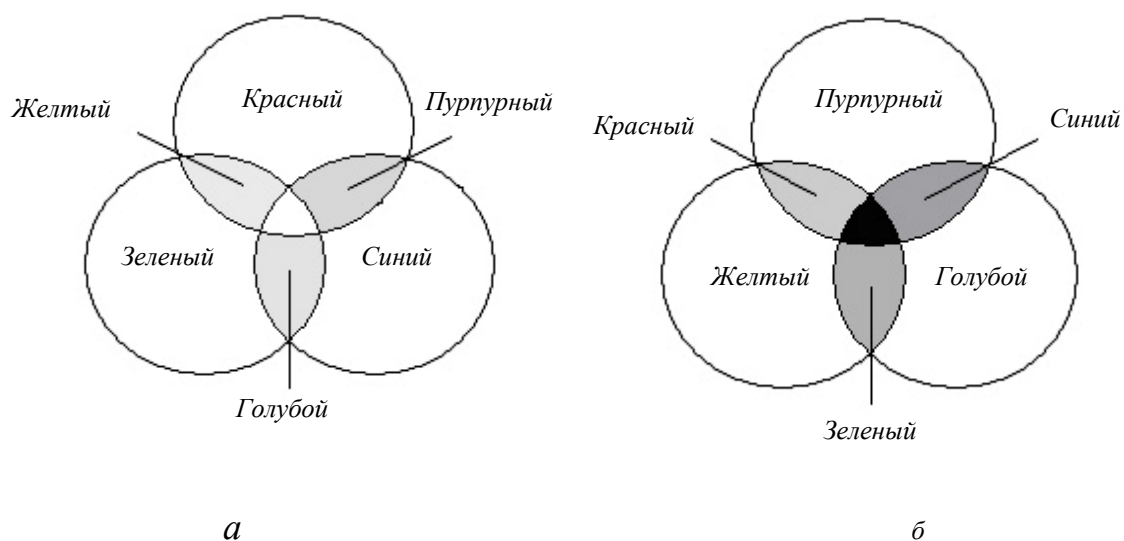


Рис. 17. Получение смешанных цветов: а – аддитивное смешение цветов; б – субтрактивное образование цветов

смешанные пучки дадут цвета, отличающиеся от полученных ранее, а в центре вместо белого пятна будет какой-то хроматический цвет. Изменяя различным образом положения взятых цветных источников света относительно белого экрана, мы можем получить различные хроматические цвета спектра, включая пурпурные цвета, которые отсутствуют в спектре. В рассмотренном случае смешение цветов получалось при отражении от белого экрана падающих на него цветных световых потоков и их перемешивании. Тот же эффект можно получать с любыми другими тремя взаимно независимыми цветными световыми потоками. Выбор конкретных взаимно независимых цветных световых потоков определяется наибольшим цветовым охватом, т.е. возможностью получения наибольшего количества смешанных цветов.

Эффект получения нового цвета наблюдается не только при смешении излучений, но и в ряде других случаев. Примером служит получение нового цвета при быстром чередовании окрашенных участков. Два диска разного цвета, разрезанные по радиусу, вставляются один в другой так, что получается диск, состоящий из двух секторов разных цветов (рис.18). Надвигая один диск на другой, можно изменять соотношения площадей секторов взятых цветов. При быстром вращении дисков вокруг их центров с помощью небольшого электрического двигателя мы не будем различать раздельно составляющих этот кружок цветных секторов. Цветные секторы быстро следуют один за другим, и создают ощущение одного смешанного цвета. Изменяя соотношение разноцветных секторов, можно получить всевозможные промежуточные смеси между



Рис. 18. Диск с раздвигающимися секторами для смешения цветов при вращении

изначально взятыми цветами. Сложение цветов в этом случае – результат зрительной инерции (см. стр. 43).

Еще одним примером получения нового цвета является нанесение на поверхность штрихов или точек, имеющих разные цвета и

расположенных очень близко друг к другу так, что эти расстояния и размеры элементов оказываются за пределами разрешающей способности глаза. При рассматривании такой поверхности на достаточно большом расстоянии нанесенные цветные элементы не воспринимаются глазом раздельно, а сливаются в одно изображение, соответствующее цвету их смеси. Это явление происходит в результате сложения последовательных образов. Таким способом в текстильной промышленности получают разноцветные ткани, скручивая вместе достаточно тонкие разноцветные нитки. Этим эффектом пользуются и в полиграфической промышленности при изготовлении цветных иллюстраций.

Смешение цветов можно также осуществить следующим способом. Возьмем бесцветное прозрачное стекло и укрепим его вертикально (рис. 19). Слева и справа от стекла расположим по одному цветовому образцу, как это указано на рисунке – слева синий, справа красный. Если посмотреть на стекло под некоторым углом, то можно увидеть на поверхности, на которой лежат образцы, цвет смеси обоих образцов – синего и красного. Мы видим цвет смеси потому, что красный цвет наблюдаем сквозь стекло, а синий цвет попадает в глаз наблюдателя после отражения от поверхности стекла. Изменяя

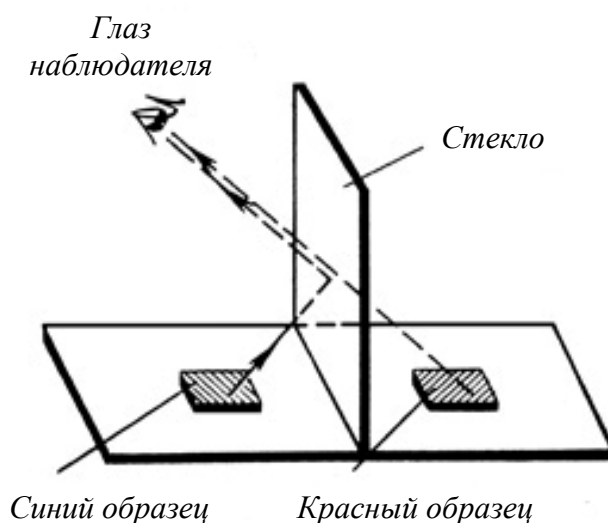


Рис. 19. Простейший прибор для аддитивного смешения цветов

положение головы и наклон стекла, можно ослабить долю одного или другого цвета в их смеси. Таким образом, мы увидим цвета, соответствующие смеси этих исходных цветов, взятых в различных пропорциях. Если два смешиваемых таким образом цвета являются взаимно дополнительными, то при некотором положении глаз наблюдателя мы можем увидеть ахроматический цвет.

Субтрактивное образование цветов. Чтобы получить какой-либо цвет субтрактивным способом необходимо пропустить белый свет через светофильтр, который из всего видимого спектра белого света поглотит излучения, соответствующие взаимно дополнительному цвету к тому цвету, который надо получить.

Если посмотреть через какой либо светофильтр на светящуюся нить мощной лампы накаливания, излучающую белый свет и прошедший через этот светофильтр световой поток вызовет ощущение желтого цвета, то это значит, что мы взяли желтый светофильтр. Он из белого света, состоящего из смеси всех цветов спектра, поглотит (вычтет) фиолетовые и синие излучения и пропустит зеленые, желтые и красные излучения, которые в совокупности создадут ощущение желтого цвета.

Если при рассматривании через светофильтр светящейся лампы накаливания появляется ощущение голубого цвета, то этот светофильтр поглощает из состава белого света красные и оранжевые излучения и пропускает фиолетовые, синие и зеленые излучения, которые в совокупности создают ощущение голубого цвета.

Теперь сложим вместе желтый и голубой светофильтры и пропустим через них световой поток. Желтый поглотит из состава белого света фиолетовые и синие излучения и через него пройдут красные, оранжевые, желтые и зеленые излучения. Голубой же светофильтр поглотит из состава света, прошедшего желтый светофильтр, красные, оранжевые и желтые излучения. Таким образом, сквозь оба светофильтра пройдут зеленые излучения, и нить лампы представится нам зеленого цвета. Складывая пурпурный и голубой светофильтры, получим синий цвет, а, комбинируя пурпурный и желтый светофильтры, получим красный цвет.

Субтрактивный способ образования цветов представлен на рис. 176. Возьмем три светофильтра: пурпурный, голубой и желтый, имеющие форму диска. Сложим эти три светофильтра так, чтобы они частично перекрывали друг друга. Пропустим сквозь такую комбинацию светофильтров узкий пучок белого света и направим его на белый рассеивающий экран. На экране мы увидим изображение, представленное на рис. 176. В центре экрана получается черное пятно, так как в центральной части наложены друг на друга все три светофильтра, а в такой комбинации они не пропускают света. В тех местах, где светофильтры перекрываются попарно, получим красный, синий и зеленый цвета. На периферии светофильтры не перекрывают друг друга, и мы видим пурпурный, желтый и голубой цвета, соответствующие цветам взятых светофильтров.

Субтрактивный способ образования цветов широко применяется в цветном кино и в цветной фотографии. Субтрактивное образование цветов имеет место при наложении красок на поверхность бумаги,

полотна или других материалов. Краска представляет собой зерна одного или нескольких различных пигментов, перемешанных между собой и скрепленных каким-либо связующим веществом. Связующее вещество может быть бесцветным и прозрачным или обладать избирательным пропусканием и некоторым рассеянием. Свет, падая на поверхность краски, частично отразится без изменения цвета от верхнего слоя, остальная же часть света войдет в слой краски. Проходя через частицы пигментов, световой поток будет частично отражаться и поглощаться ими, но по-разному, в зависимости от физических свойств данного пигмента. Ахроматические пигменты, белые, серые и черные, поглощают световой поток избирательно, все же остальные – избирательно, т. е. изменяют спектральный состав проходящего через них света.

3.3. Одновременный цветовой контраст

Этот эффект связан со зрительной индукцией, состоящей в том, что свет, упавший на некоторую площадку сетчатки, вызывает не только ее реакцию, но и действует на участки, расположенные рядом с ней. Реакции участков, находящихся рядом с освещаемой площадкой, могут при этом как усиливаться (положительная индукция), так и ослабляться (отрицательная индукция).

Одновременный светлотный контраст продемонстрирован на рис.20.

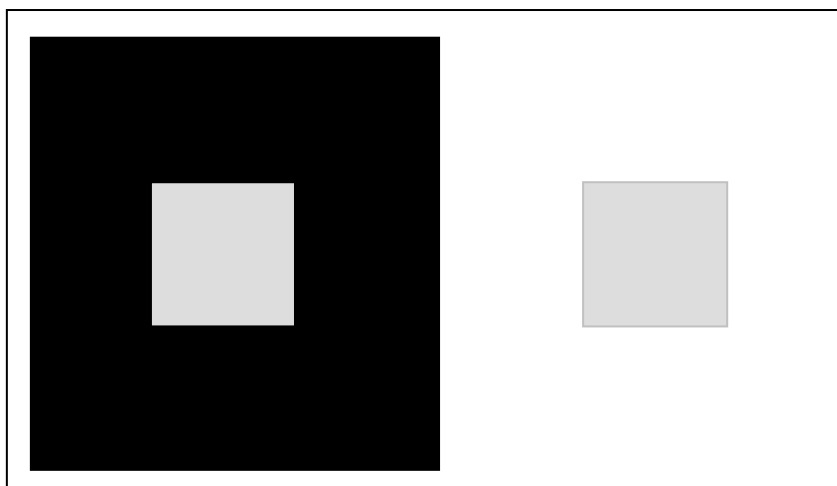


Рис.20. Квадрат на светлом фоне кажется более темным, чем такой же квадрат на темном фоне

Если хроматическую или ахроматическую фигуру поместить на фон, имеющий тот или иной цвет, то будет наблюдаться цветовой контраст. Так, серая фигура на красном фоне приобретает зеленоватый оттенок, а на синем – желтоватый. Желтая фигура на красном фоне зрительно становится зеленоватой, на зеленом – оранжевой и т. д. Цвет фона, оказывающий влияние на цвет поля, называется *индуктирующим*, а цвет фигуры, возникающий под его влиянием, - *индуктируемым*.

В общем случае в результате одновременного контраста индуктируемый цвет сдвигается в сторону наибольшего отличия от индуктирующего: темно-серый цвет темнеет на светлом фоне, желтый на красном зеленеет. Индуктированный цвет приблизительно дополнителен к индуктирующему.

Соотношение между цветами обозначим как $\Delta\lambda = \lambda_d - \lambda_{и}$, где $\lambda_{и}$ – длина волны излучения, имеющего цвет, неотличимый от индуктированного, а λ_d – от дополнительного к индуктированному. Если эта разность равна нулю, то цвета дополнительные: λ_d и $\lambda_{и}$ совпадают. Если значение $\Delta\lambda$ отрицательно, то $\lambda_{и} > \lambda_d$, и, наоборот, $\lambda_{и} < \lambda_d$, при положительном значении $\Delta\lambda$. Строгая дополнительность цветов, участвующих в одновременном контрасте, характерна для монохроматических излучений (и, следовательно, любых, тождественных им по цвету) вблизи следующих длин волн: 450, 500 – 510 и 570 нм, где $\lambda_d = \lambda_{и}$. Наиболее велики отклонения от дополнительности в областях 470 нм и особенно 530 нм (где $\lambda_d > \lambda_{и}$), а также при длинах волн, меньших 440 нм, и вблизи области 650 нм ($\lambda_{и} > \lambda_d$).

3.4. Последовательный контраст

Явление последовательного контраста обнаруживается вследствие зрительной инерции. Зрительное ощущение вызывается световым сигналом не мгновенно, а через некоторое время после его начала (для центрального зрения время запаздывания равно 0,1 – 0,2 с, а для периферического зрения равно 0,1 – 0,32 с.). Зрительное ощущение продолжается и после светового сигнала. Глаз ощущает след исчезнувшего изображения в течение 0,05 – 0,2 секунд. Свойство зрительной системы сохранять состояние покоя или работы в течение некоторого времени после начала или прекращения светового сигнала называется *зрительной инерцией*. Следствием зрительной инерции является слитное восприятие серии световых сигналов при их достаточно большой частоте. Частота, обеспечивающая непрерывное зрительное восприятие прерывистых сигналов, называется критической частотой мелькания. На зрительной инерции основана кинематография. Когда частота кадров равна или превышает критическую частоту

мелькания, последовательные образы каждого из кадров сливаются в единое впечатление (см. стр. 63).

Зрительное ощущение, сохраняющееся в течение некоторого времени после того, как прекращено излучение сетчатки, называется *последовательным образом*. Его возникновение объясняется тем, что продукты фотораспада зрительного пигмента восстанавливаются не сразу после прекращения освещения и отрицательные ионы продолжают давать импульсы тока, приводящие к возникновению зрительного ощущения. Различают положительные и отрицательные последовательные образы. *Положительные образы* возникают тогда, когда в течение короткого времени рассматривать яркий предмет. Если после этого закрыть глаза, то появятся светящиеся пятна, которые будут сохраняться в течение нескольких секунд. Если же экспозиция более длительна, формируется *отрицательный последовательный образ*. Например, если около 30 секунд фиксировать взглядом цветное изображение, а затем перевести взгляд на лист серой бумаги, то на нем появится изображение в цветах, дополнительных к исходному рисунку. Если после прекращения действия некоторого излучения подействовать другим, то последовательный образ от первого излучения сложится с ощущением второго. Это явление называется *последовательным контрастом*. Соответственно последовательным образам различают положительный и отрицательный последовательные контрасты.

Назовем цвет, вызвавший последовательный образ, *индуцирующим*, а цвет образа – *индуцируемым*. При последовательном контрасте, как и при одновременном, оба цвета приблизительно дополнены. Приблизительная дополнительность цветов соблюдается только вблизи длин волн 500 и 570 нм. В синей и красной областях спектра индуцирующие и индуцируемые цвета нельзя даже приблизительно назвать дополнительными. Длительность существования последовательного образа изучал С. Кравков, который показал, что цвета, индуцированные красным, в общем случае существуют более продолжительное время, чем индуцированные фиолетовым.

3.5. Функции цвета в формировании зрительного образа

Цвет является источником визуальной информации о среде. Он расширяет наши представления о внешнем мире, облегчает ориентацию в нем, его познание. Восприятие цветовых различий повышает информационную пропускную способность зрения. В этом состоит основная функция цвета.

В процессе жизнедеятельности человек создает материальные объекты и их восприятие обусловлено формированием зрительных

образов, обеспечивающих зрительный комфорт и эмоциональную направленность акта восприятия. В связи с этим можно выделить следующие функции цвета: эмоциональную, эстетическую, комфортную.

Эмоциональная функция. Эта функция направленного психофизиологического воздействия цвета на эмоциональную сферу человека. Цвет избирательно влияет на эффективность протекания жизнедеятельности человека и имеет определенную психологическую направленность (рис. 21). Воздействие красного и оранжевого

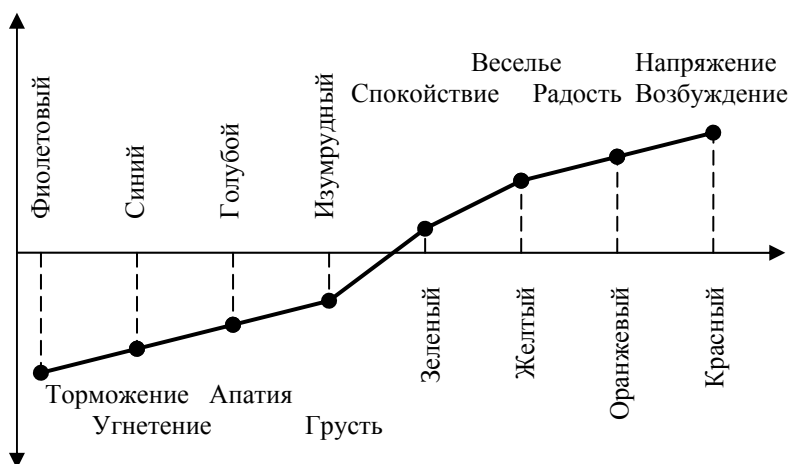


Рис. 21. Зависимость эмоциональной оценки среды и состояние человека от цвета

цветов увеличивают мускульную силу и возбуждают, создавая этим условия для формирования активных реакций эмоционально-психологического подъема. Желто-зеленые и зеленые цвета оптимальны в своем воздействии на физиологические функции человека, сохраняют некоторую эмоциональную приподнятость, способствуют большему сбалансированию реакций возбуждения и торможения. Сине-зеленые несколько успокаивают. Синие и фиолетовые цвета вызывают понижение мускульной активности, способствуют усыплению и вызывают состояние психологической угнетенности. Пурпурные цвета вызывают стойкое напряжение и раздражение.

Эстетическая функция. Эстетика цвета неразрывно связана с понятием «гармонии», являющейся эмоциональной основой эстетического воздействия цветовых сочетаний. Цветовая гармония обеспечивает достаточную информационную насыщенность, т. е. разнообразие цветовых ощущений, не переходящее в пестроту и хаос и вместе с тем комфортно организованное, способствующее быстрому и адекватному усвоению сознанием. Структура цветовой гармонии включает качественный и количественный составы цветностей. Качественный состав гармоничных цветов проявляется в активном,

контрастном или пассивном, нюансном различии цветностей. Количественный состав – это преобладание одной из цветностей, формирующей общий качественный колористический строй. Результаты спектрального и колориметрического анализа состава суммарного отраженного излучения от локальных цветов общепризнанных шедевров живописи показали, что контрастные гармонические гаммы сформированы определенным количеством n цветов (где $2 < n < 4$), контрастно отличающимися друг от друга на одинаковое и достаточно большое число порогов цветоразличения $\Delta\lambda$. Различия цветового тона можно представить следующими соотношениями: при $n = 2$ (пара дополнительных тонов) $\Delta\lambda = 54$ порога; при $n = 3$ (триада, компоненты которой дополняют друг друга) $\Delta\lambda = 36$ порогов; при $n = 4$ (две пары дополнительных тонов) $\Delta\lambda = 27$ порогов. Полученное количество контрастно различающихся цветностей совпадает с данными инженерной психологии, согласно которым крайние пороги чувствительности и пресыщения находятся приблизительно в интервале 1 – 3,1 бит информации. Нижний порог соответствует двум цветностям, верхний – восьми. Нижний определяет уровень цветовой информации, уменьшение которого приводит к информационному голоду, монохромности; верхний – максимум допустимого уровня цветовой информации, одновременно различаемой органом зрения. Полученные данные при анализе живописных полотен совпадают с данными спектральных и колориметрических измерений природной среды. Так, например кактус *Gimnocalycium michanovii* построен на чистой паре ($\Delta\lambda = 54$) – светло-малахитовые наросты на ярко-красном фоне. В расцветке птицы *Cioebia goudiae* (14 см) отражен яркий пример идеальной четверки, многократно применявшийся художниками Гогеном, Рублевым и природой (в кактусах). Большой белый клюв окружен ярко-красной шапочкой, закрывающей почти всю голову; черная «бабочка», изумрудные крылья дополнительные к красному. Ультрамариновая грудка и лазурный хвост дополнительные к золотисто-желтому брюшку ($\Delta\lambda = 27$). Рыба *Gentooryge* обладает гаммой оранжево-красного (почти все тело и хвост с четырьмя черными полосками) и ультрамаринового на плавниках у хвоста ($\Delta\lambda = 36$). Особое место в природной колористике занимают палитры минералов. Например, Байкальский лазурит построен на сопоставлении фиолетово-синих цветностей с зеленовато-желтыми ($\Delta\lambda = 54$). Анатолийский туркус (Турция) образует колористическую триаду из изумрудно-лазурного, пурпурно-фиолетового и желто-оранжевого тонов ($\Delta\lambda = 36$) и т. д.

Таким образом, в природе обнаружен устойчивый характер организации цветовых характеристик визуально воспринимаемых объектов. Они подчиняются строгим законам симметрии (статическое цветовое пространство гармонических информационных гамм) и

асимметрии (нюансные гаммы с доминирующей цветностью, вносящие динамику). Поэтому изобразительное искусство, используя эти законы, следует законам красоты, созданные самой природой.

Функция комфортности. Эта функция реализуется благодаря гармоничности цветовой палитры, из которой формируется в процессе восприятия целостный образ. На этапах этого формирования реализуются следующие функции: обнаружение объекта обеспечивается информативным соотношением цветности сигналов образа и фона; различие характера конфигурации образа реализуется контрастным гармоническим соотношением образа и фона; опознание осуществляется благодаря активной возможности цвета кодировать какие-либо объекты, замещая их в кратковременной памяти.

Условия цветового комфорта формирования целостного константного образа формы объекта, т. е. структурные принципы организации цветовой гармонии, элементы которой строят образ, представлены на рис. 22. Экспериментально было обнаружено, что нарушение принципов

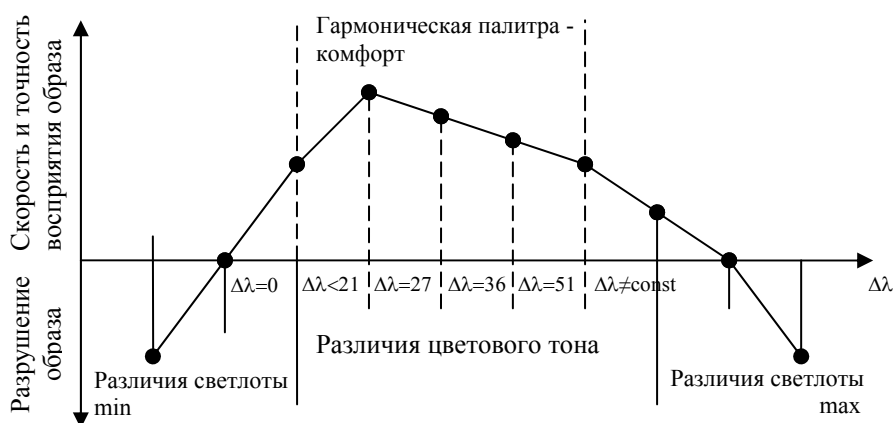


Рис. 22. Влияние информативности палитры на восприятие целостного образа: $\Delta\lambda$ – количество порогов цветоразличения цветовых гармоний

способствует разрушению целостности, константности образа и при этом разрушается его simultaneity (единовременность), особенно в случае предельной дисгармонии и очень резких цветовых контрастов. Было установлено, что формирование формы и анализ деталей в воспринимаемом объекте оказываются наиболее эффективными при ахроматической гамме и средненасыщенной (до $p = 25\%$) нюансной гармонии. Колористические палитры с резкими светлотными контрастами, давали самые низкие показатели опознания. В качестве объектов были использованы известные архитектурные детали и гипсовые античные слепки. Их освещали с разных сторон, меняя фильтры, раскрашивали и предъявляли на нейтральном фоне.

Условиями комфорта восприятия также являются информативные соотношения цветностей образа объекта и фона, т.е. соотношения различий по светлоте и цветовому тону, обеспечивающие скорость и точность протекания всех фаз восприятия (обнаружение, различение, опознание, анализ) (рис.23).

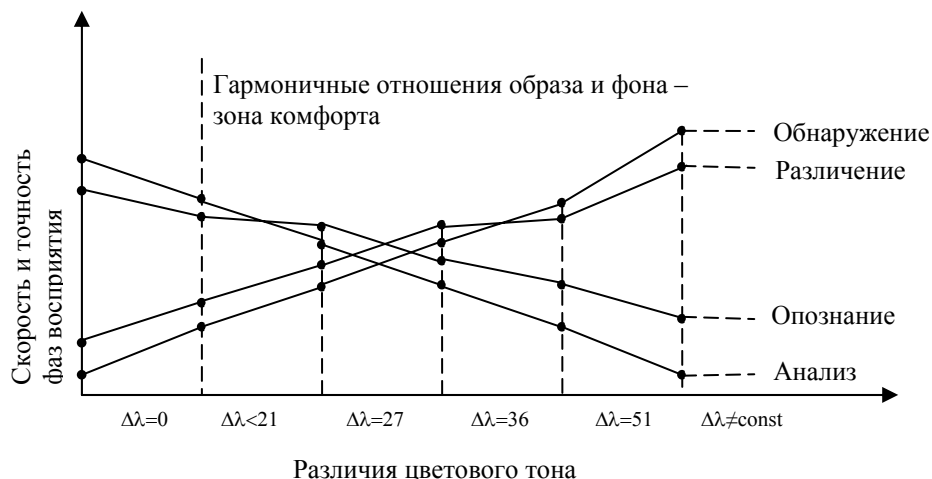


Рис. 23. Зависимость эффективности фаз восприятия от организации цветовой информации в системе образ – фон

На оси ординат обозначена эффективность и надежность фаз восприятия, на оси абсцисс — значения информативного соотношения образ фон: диссонансные контрасты, гармонические контрасты, гармонические нюансы, ахроматические контрасты, ахроматические нюансы, слияние образа и фона. Результативность обнаружения измерялась количеством образов и его скоростью. Наиболее результативно обнаружение при максимальном разрыве диссонансных световых характеристик фона и образа. При контрастных, но гармоничных цветовых характеристиках фона и объекта обнаружение реализовывалось надежно, но менее успешно. В случае нюансной гармонии эффективность снижалась (равна результатам при светлотных контрастах и при цветовой насыщенности $p \rightarrow 0$). Минимальная результативность наблюдается при $\Delta\lambda \rightarrow 0$, $\Delta B \rightarrow 0$. Надежность опознания повышается при обратном направлении изменения соотношения цветностей фон — образ: чем активнее различие, больше контраст, острее диссонанс, тем ниже надежность опознания. Аналогичен график, отражающий эффективность анализа деталей и фактуры внутри силуэта. Различения силуэта максимально эффективны в случае контрастной гармонии, а опознание и анализ (опознание внутренних деталей) — при нюансной гармонии. Таким образом, кривые обнаружения и различения, с одной стороны, и опознания, анализа и классификации, с другой, отражая эффективность различных фаз восприятия, спадают навстречу друг другу. Их

пересечение лежит на участке соотношений цветностей фона и образа, которые отражают зону максимальной комфортности восприятия.

Комфортность акта восприятия связана и с ассоциативными «знаковыми» свойствами цвета, которые обусловлены знаниями человека и его жизненным опытом. Например, на севере ассоциативная цепь развивается по следующей схеме: красный – тепло – жизнь; голубой – лед – холод – смерть. В знойной пустыне, наоборот, первое ассоциируется с губительным воздействием солнца, а второе – с живительным значением воды и зелени. Таким образом, изобразительная знаковость цвета может создавать или разрушать комфорт: при одинаковой температуре людям в желтой комнате теплее, а в голубой холоднее.

Значение отдельных цветов могут реализовываться только в конкретной культуре, которая их сформировала. Например, на Руси красный цвет всегда означает праздник, торжество, в Индии красный – цвет свободы, в Японии – цвет страсти, смелости, справедливости, в Шотландии радости и победы. Белый цвет на Руси означал веру и чистоту, голубой не имел устойчивого символического значения, в Монголии обозначал вечность и верность, во Франции – нежность. Желтый цвет во всех культурах означает веселье, радость, богатство.

Цвет и физико-механические свойства объектов. Изобразительная знаковость цвета свойственна и для физико-механических свойств предметов. Так, например, темные тона характеризуют процесс сжатия, а оценка степени сжатия связана с цветовым тоном: сине-фиолетовые тона максимально сопутствуют ощущению сжатия, зеленые – нейтральные, а желто-оранжевые и красные активно сопротивляются сжатию. Физическая характеристика предметов – вес, эмоционально воспринимаемый как «тяжесть» или «легкость», также имеют изобразительную знаковость. При равных размерах более светлые предметы кажутся более легкими, а черные и коричневые самыми тяжелыми. При равных светлотах и размерах различия в цветовом тоне активно влияют на оценку веса. Самыми тяжелыми кажутся сине-фиолетовые тона, голубой значительно легче, зеленые и изумрудные несколько тяжелее, а желтые и оранжевые самые легкие, красный тяжелее оранжевого, но легче зеленого и изумрудного.

Цвет и форма объектов. Цвет как свойство формы объектов может скорректировать уровень эмоциональной оценки ее объективных параметров, таких как размеры, геометрическая характеристика, рельефность, фактура, текстура. Явление расширения силуэта цветом было отмечено еще в 1 в. до н. э. Витрувием, а первые измерения по выявлению корректирующей функции цвета сделал Гете в своем трактате «Учение о цветах», где он указывает, что черный круг на белом фоне кажется на одну пятую меньше белого круга на черном фоне.

Экспериментально были получены следующие соотношения коррекции размеров формы: белый цвет воспринимается ближе черного на 14,6% и ближе серого на 13,8%; серый – ближе черного на 11,2%; кадмий желтый – ультрамарина на 27,1%; желто-зеленый – фиолетового на 18,2%; красный – изумрудного на 24%; оранжевый ближе голубого на 25,2%.

Геометрическая форма также корректируется цветом при восприятии. Степень коррекции определена при исследовании влияния цвета на восприятие силуэта простейших плоских геометрических форм (круг, квадрат, равносторонний треугольник, пятиугольная звезда). Желтый, оранжевый, желто-зеленый, зеленый цвета значительно расширяют силуэт квадратных и треугольных фигур (круг просто увеличивается), как бы раздвигают границы внешних очертаний, захватывают часть фона (белого или черного), увеличивают площадь фигуры.

Текстура как свойство формы выражает структуру материала. Фактура – выявление той же структуры на его поверхности. Чем выше насыщенность элемента формы, тем с большим трудом воспринимаются фактура и текстура материала. Гладкая (нулевая) фактура материала лучше выявляется теплыми тонами насыщенностью 10-15% средней светлоты и любыми тонами при низкой светлоте, т. е. любыми темными тонами низкой насыщенности. Светлые голубоватые и сиреневые тона зрительно придают гладкой поверхности шероховатость, т. е. ощущение мелкозернистой, рассеивающей свет поверхности.

Таким образом, соотношение цветовых параметров λ_d , p , B , определяя качество цветового сигнала, участвует в формировании эмоциональной реакции человека, вызванной психофизиологическими последствиями этого сигнала, и являются уровнем комфортности акта восприятия.

4. Восприятие пространства

Наблюдение предметов двумя глазами дает представление о глубине пространства. На сетчатке каждого глаза создается лишь одно двумерное изображение предмета, а так как глаза расположены на некотором расстоянии друг от друга, они видят их под разными углами и соответственно посылают мозгу различную информацию. На основе объединения двумерных изображений воссоздается трехмерный образ предмета, и такое зрение называется стереоскопическим.

Рассмотрим возможные признаки глубины, которые лежат в основе стереоскопического зрения. К ним относятся: аккомодация; конвергенция; двоящиеся изображения; двигательный параллакс; размер предмета, рельеф.

Проблема трехмерного зрительного восприятия связана с самим устройством глаза, который формирует оптическое изображение

трехмерного пространства на поверхности сетчатки. Понятно, как такой механизм может обеспечить восприятие направления объекта, но неясно, как он справляется с оценкой расстояния до него (рис. 24).

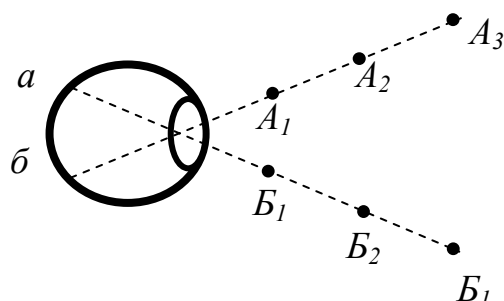


Рис. 24. Проекция разноудаленных точек на сетчатке, лежащих на одной прямой.

Различные направления (A , B) проецируются в различные точки сетчатки (a , $б$) и поэтому могут различаться. Проекция же точек, лежащих в одном направлении (A_1 , A_2 , A_3) попадают на одно и ту же точку сетчатки (a), поэтому положение точки на сетчатке может указывать только направление объекта, но не его расстояние. Как же человек может сказать, какая из них ближе и какая дальше? В этом и заключается проблема восприятия глубины

Аккомодация. Фокусировка глаза на объект осуществляется изменением кривизны и силы хрусталика, который представляет собой эластичную двояковыпуклую линзу. Этот процесс называется аккомодацией и осуществляется цилиарной мышцей (рис. 25). На рисунке показана оптическая схема глаза, объясняющая механизм аккомодации. Из точки B_2 лучи идут во всех направлениях, как это показано стрелками. Лучи, падающие на линзу (хрусталик), преломляются и собираются на сетчатке в точке B_2 (сплошные линии). Лучи от точки B_3 падают на линзу под более прямым углом и фокусируются в точке B_3 перед сетчаткой. Поскольку здесь нет поверхности, они вновь расходятся, образуя на сетчатке размытое пятно. Лучи от B_1 собираются в (теоретическом) фокусе за сетчаткой, давая на сетчатке также размытое пятно. Все точки, которые лежат на расстоянии, соответствующем аккомодации (фокусировке) линзы, дают четкие изображения; остальные – размытые пятна.

Если объект сравнительно далеко (1,8 м и больше), мышца расслаблена: по мере приближения объекта сокращение мышцы увеличивается, что заставляет поверхность хрусталика все больше и больше искривляться. Здесь, таким образом, заложен важный признак

глубины. Сначала обеспечивается четкое изображение объекта (путем проб и ошибок), затем степень сокращения цилиарной мышцы с помощью кинестетических импульсов передается в мозг и может служить показателем расстояния до объекта. Фокусируя близкий предмет в нескольких сантиметрах от открытого глаза, можно ощутить

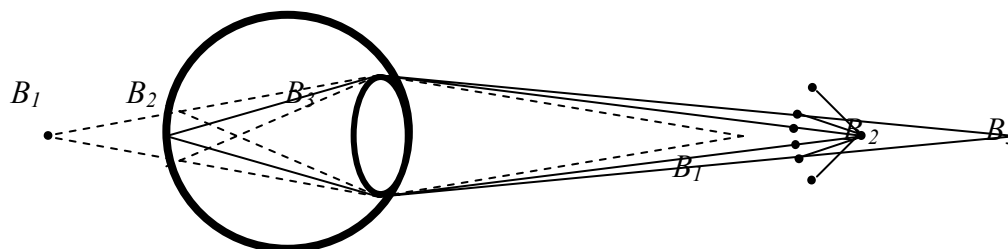


Рис. 25. Оптическая схема глаза.

напряжение мышц, что, однако, отсутствует при переводе глаз с одного близкого объекта на другой.

Различают ближнюю точку ясного видения, соответствующую максимальному напряжению мышцы, и дальнюю, соответствующую полному покою аккомодации. Расстояние между ближней и дальней точками ясного видения называют объемом аккомодации. Объем аккомодации равен примерно 11 диоптриям. Нормальный глаз в неаккомодированном состоянии способен хорошо видеть предметы в бесконечном удалении, а при полной аккомодации – на расстоянии около 15 см от роговицы. Рассматривание близких предметов производится с расстояния наилучшего видения, которое для нормального глаза приблизительно равно 250 мм.

Конвергенция – это способность глаза при рассматривании близких предметов принимать положение, при котором зрительные оси обоих глаз направлены на рассматриваемый предмет. Человек при бинокулярном зрении направляет взгляд на объект и конвергирует глаза так, чтобы спроецировать его на сетчатке каждого глаза, получив тем самым слитное изображение. В этом случае он имеет дело с треугольником, основанием которого является расстояние между глазами, а прилежащие углы задаются степенью конвергенции каждого глаза или их суммой, которая равна углу конвергенции (рис. 26). Угол, при котором получается слитное изображение, называется углом конвергенции $\angle C$, и его максимальное значение приблизительно равно 32° .

Слитное видение удаленного объекта (находящегося, например, в 45 м от наблюдателя) происходит при параллельном положении глаз, но по мере приближения объекта степень сокращения мышц постепенно

увеличивается, и кинестетическая импульсация от этих мышц в качестве сигнала обратной связи поступает в мозг и служит одним из возможных признаков удаленности, т.е. изменение угла конвергенции тесно связано с изменением аккомодации. Чем больше угол конвергенции, тем больше аккомодация глаз.

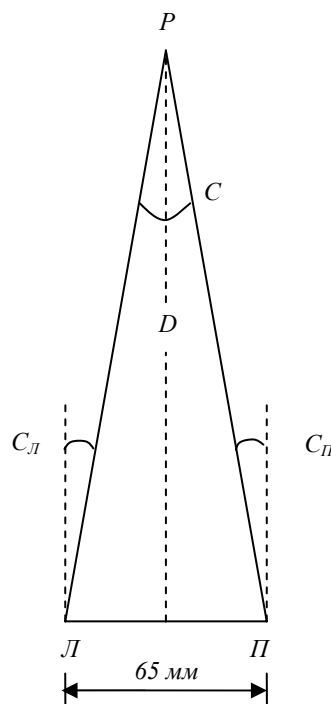


Рис.26. Угол конвергенции и расстояние до фиксируемого объекта.

Где P – объект; L и Π – левый и правый глаза, расстояние между ними равно 65 мм. Конвергируя на P , левый глаз поворачивается на угол C_L , правый – на угол C_Π . Сумма этих углов представляет собой полную конвергенцию и равна углу C .

При заданном $\angle C$ может быть вычислена удаленность объекта. Вычисления производятся по формуле:

$$\frac{1}{2} \angle C = 32,5/D \quad (14)$$

где 32,5 – половина расстояния между глазами.

В большинстве случаев, однако, удобнее и точнее рассматривать межглазное расстояние $L\Pi$, которое называется глазным базисом, как дугу окружности с радиусом D (в мм), так что $\angle C = 65/D$, где C выражено в радианах (1 радиан $\approx 57,3^\circ$, или 206265 угл. сек.). Таким образом, можно сделать следующие вычисления:

1) дано D в мм, найти $\angle C$ в угл. сек.

$$\angle C = \frac{65}{D} \times 206265 = \frac{13407225}{D} \text{ угл. сек.};$$

2) дан $\angle C$ в угл. сек., найти D в мм.

$$D = \frac{13407225}{\angle C} \text{ мм.}$$

Например, если слитное изображение получено при 10^0 полной конвергенции, расстояние до объекта равно:

$$\frac{13407225}{36000} = 372 \text{ мм.}$$

В экспериментах D обычно известно, и $\angle C$ вычисляется, исходя из D .

Двоящиеся изображения. Это кинестетический признак конвергенции и аккомодации. Он проявляется только после получения слитного изображения.

Если ближний и дальний объекты расположены прямо перед наблюдателем, и он фиксирует ближний объект, изображение дальнего объекта двоится, причем видимое правым глазом лежит справа оттого, что видно левым. Когда же фиксируется дальний объект, двоится изображение ближнего, и видимое правым глазом лежит слева оттого, что видно левым.

Возьмем прямоугольную полоску плотной бумаги или просто линейку и поместим ее перед глазами, направив от себя так, чтобы она смотрела одной гранью вправо, другой – влево. Правый глаз тогда будет видеть правую сторону, а левый – левую. Если смотреть одним правым глазом, дальний конец будет виден справа от ближнего; поэтому глаз смещается вправо при переводе взгляда с ближнего конца на дальний и влево при переводе с дальнего на ближний. Если смотреть одним левым глазом, дальний конец виден слева от ближнего, что соответственно при переводе взора заставляет левый глаз смещаться в направлении, противоположном движению правого. Теперь посмотрим двумя глазами и увидим сразу обе стороны. Если фиксировать ближний конец, дальний начнет раздваиваться, образуя букву V, направленную открытой частью от наблюдателя, причем то, что видно правым глазом, лежит справа. Если же фиксировать дальний конец, та же V-образная фигура будет направлена открытой частью к наблюдателю, и видимое правым глазом окажется слева (рис. 27). При бинокулярной смене фиксации каждый глаз будет следовать вдоль своего изображения, как если бы он был открыт только один.

Таким образом, если мы получаем перекрещивающиеся двойные изображения предмета, этот предмет лежит ближе к точке фиксации, и мы должны увеличить конвергенцию, чтобы увидеть его четко; если же

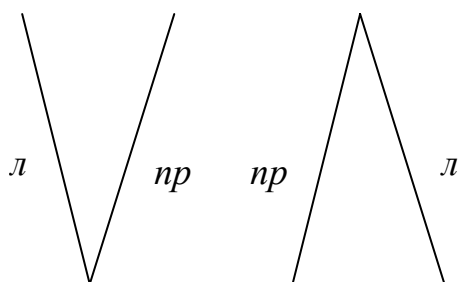


Рис. 27. Двоющиеся изображения. В случае, когда ближняя точка фиксируется двумя глазами, дальняя дает неперекрывающееся изображение. Когда же фиксируется дальняя точка, ближняя дает перекрывающееся двойное изображение: л – видимое левым глазом; пр – видимое правым глазом.

мы получаем неперекрывающиеся двойные изображения предмета, он лежит за точкой фиксации и нужно ослабить конвергенцию (посмотреть вдаль), чтобы увидеть его четко.

Когда ближняя и дальняя точка не лежат на одной линии взора, перевод глаз с одной точки фиксации на другую состоит из скачка и конвергенции. Скачок определяется направлением объекта и может считаться равным для обоих глаз, тогда как движения конвергенции зависят от удаленности объекта и по существу проходят так же, как в рассматриваемом простом случае.

Двигательный параллакс. В общем случае параллакс – это изменение положения объекта, вызванное изменением положения наблюдателя. Бинокулярный параллакс обусловлен небольшим различием в положении обоих глаз. При смещении головы на 15 см в сторону имеет место значительно больший параллакс. Такое смещение дает очень разные картины объекта, но поскольку они не одновременны, отчетливого стереоскопического бинокулярного эффекта при этом получить невозможно. Однако во время движения мы действительно получаем ясные впечатления об относительной скорости объектов. Когда мы смещаемся вправо, все объекты движутся влево, однако угловое смещение отдаленных объектов значительно меньше, чем ближних (чисто геометрический эффект).

Глаза наблюдателя не остаются пассивными при движении головы или тела. Они фиксируют некоторый объект и удерживают фиксацию на нем с помощью компенсаторных прослеживающих движений. Если фиксировать объект, находящийся на среднем расстоянии, и при этом двигать голову вправо, то изображения всех более близких объектов будут перемещаться по сетчатке в одном направлении, а всех более далеких – в противоположном. Все далекие объекты как бы следуют за

вами, тогда как ближние перемещаются вам навстречу. При этом, чем ближе объект тем больше скорость его относительного движения. Наоборот, чем объект дальше, тем больше скорость его относительного сопровождающего движения. В лесу или в другом подобном месте расстояния как бы оживают, как только мы начинаем двигаться. При быстрой езде на автомобиле оживают даже дали.

Размер предмета. Знакомый размер объекта является хорошим признаком его удаленности. Этот признак, как и рассмотренные выше, базируется на свойствах треугольника (рис.28).

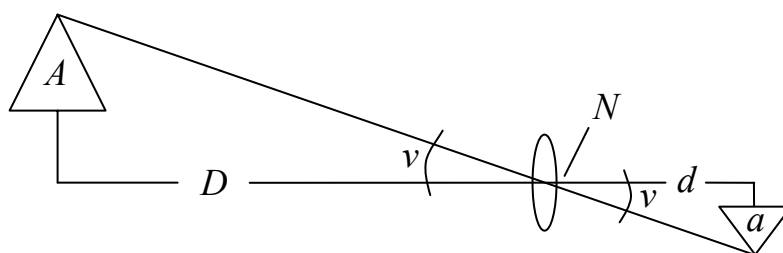


Рис.28. Геометрические соотношения размеров и удаленности. A и a – соответственно размеры объекта и его сетчаточного изображения. D и d – расстояние до фокуса хрусталика (N) соответственно до объекта и до сетчатки. Поскольку d постоянно, то $a = \frac{A}{D}$. Отношение A/D есть tg угла зрения (V)

На рис.23 действительный размер объекта – A , его удаленность – D , величина сетчаточного изображения – a и d – расстояние от точки пересечения всех лучей (центра линзы) до сетчатки. Таким образом, мы имеем два подобных треугольника, в которых $a/d = A/D$. Когда человек смотрит на объект, размеры a и d заданы, даже если он этого не осознает. Размер его глазного яблока можно принять за единицу; тогда из уравнения следует, что $a = A/D$. Если человек знает реальный размер (A) объекта, он может, решив уравнение, получить расстояние до него (D). Поскольку мы действительно знаем размеры многих объектов, вполне возможно, что мы пользуемся этим при оценке расстояний. Сюда же относятся многие признаки, используемые художниками для изображения глубины. Относительный размер, линейная перспектива, положение в поле зрения – все это может быть сведено к той же самой основной формуле. Например, железнодорожные шпалы представляют собой серию объектов известного размера, дающих постепенно уменьшающиеся изображения. Поскольку A остается постоянным, а a уменьшается, из уравнения следует увеличение D . Таким образом, полотно воспринимается уходящим вдаль.

Рельеф можно рассматривается как совокупность форм расчленения поверхности. Текстурный градиент является таким же реальным свойством сетчаточной стимуляции, как цвет или яркость. По мере роста удаленности текстура воспринимается все более плотной

Одним из признаков глубины могут служить наложения или перекрытия предметов относительно друг друга. Зрительный опыт дает нам знание о том, что один объект может быть скрыт другим, что закрытый объект находится дальше и что часто можно увидеть скрытый объект, сдвинувшись вправо или влево.

Признаком глубины также является тень, падающая на сферическую или ребристую поверхность. Тень, отбрасываемая одним объектом на другой, показывает, какой из них дальше, обнаруживая при этом положение источника или направление света. Ложные тени или ложные источники света могут вызвать некоторые эффекты: обычно кажется, что свет на картину падает сверху и выпуклое видится чаще, чем вогнутое.

Когда из-за большого расстояния другие признаки теряют силу, важную роль в оценке удаленности предметов играет воздушная перспектива. Далекие предметы кажутся менее четкими, так как свет, который они отражают, частично поглощается пылью и влагой атмосферы.

В любом реальном случае восприятие глубины может опираться на несколько приведенных выше признаков. Результат при этом не обязательно должен быть простой суммацией действия каждого из них. Один сильный признак, такой, как перекрытие, может полностью определить перцептивный эффект.

5. Восприятие движения

Зрительное восприятие движения не объясняется просто реальным физическим движением стимулов в окружающей среде. Например, в случае индуцированного движения, возникающего при относительном перемещении двух объектов, видится движущимся необязательно именно тот объект, который движется реально. В случае кажущегося движения возникает впечатление движения, несмотря на то, что реальное движение вообще отсутствует. Автокинетический эффект возникает, например, при наблюдении в полной темноте единственного неподвижного источника света. Все эти типы «иллюзорного» движения человек не может отличить от реального.

Индукцированное движение. Когда движущийся предмет «вызывает» видимость движения другого предмета, то это явление называется «вызванным», или индуцированным движением. Если вся информация, которую мы имеем, состоит в смещении двух предметов относительно

друг друга, то ситуация бессмысленна с точки зрения наблюдателя: в действительности могут двигаться как каждый из объектов в отдельности, так и оба объекта вместе. Тогда какой же из них будет восприниматься движущимся? При наличии логической возможности восприятия движения любого объекта «двигаться» имеет тенденцию тот, который видится как фигура относительно фона, создаваемого другим объектом. Это демонстрируется следующим образом. В затемненной комнате на стене расположены светящиеся контуры прямоугольника, а внутри них световая точка, которые могут перемещаться независимо друг от друга.

Рассмотрим три варианта перемещений. 1) Прямоугольник неподвижен, точка медленно движется вправо. При этом точка видится движущейся вправо, а прямоугольник видится неподвижным, т.е. восприятие соответствует физической ситуации. 2) Точка неподвижна, прямоугольник движется влево. В этом случае восприятие не соответствует реальности, поскольку точка движется вправо, а прямоугольник остается неподвижным. 3) Прямоугольник движется влево и одновременно с ним точка движется вправо. И снова прямоугольник остается неподвижным, а точка движется вправо.

Все три варианта физических движений приводят к идентичному восприятию, и движется только точка, потому что она является фигурой.

Когда мы судим о движении только на основании зрительной информации, то склонны воспринимать большие предметы как неподвижные, а меньшие – как движущиеся.

Когда два объекта в одинаковой степени могут быть фигурами, движущимся имеет тенденцию восприниматься тот, который фиксируется. Фиксация того или другого объекта может определяться инструкцией, ожиданием или установкой. Если в темноте предъявляются две световые точки, одна над другой, и одна из них движется горизонтально вперед – назад, мы получим ситуацию, в которой может восприниматься движение как нижней, так и верхней точки. Если установить, что это, например «метроном», то движущейся будет восприниматься верхняя точка, если установить, что это «маятник», то будет казаться, что движется нижняя точка. Для наблюдателя индуцированное движение неотделимо от «реального».

Кажущееся движение. Полное впечатление движения может возникнуть при быстрой смене неподвижных картин, как это бывает, например, в кино (24 кадра в секунду в звуковом фильме и 16 или 18 в немых). Это связано с двумя различными зрительными явлениями с инерцией зрения, в результате которой появляются последовательные образы (см. стр. 48), и в фи-феноменом.

Инерция зрения представляет собой неспособность сетчатки отвечать на частые колебания яркости света и сигнализировать о них. Если свет включается и выключается сначала медленно, а затем все чаще, мы будем видеть мелькание света до тех пор, пока его частота не достигнет приблизительно 30 вспышек в секунду, после чего он будет казаться непрерывным. Частота мельканий света в секунду, при которой достигается ощущение постоянной яркости, называется критической. Критическая частота мельканий (КЧМ) возрастает с увеличением яркости изображения, его углового размера и сложности конфигурации. При освещении до 0,1 лк КЧМ = 10 Гц, 10 лк КЧМ = 30 Гц, 100 лк КЧМ = 40 Гц.

Фи-феномен или как его иногда называют «стробоскопическое движение» возникает при изменении временного интервала между стимулами, в результате чего появляются три качественно различных впечатления: последовательность, движение и одновременность. Это явление можно наблюдать с помощью простого приспособления – двух источников света, выключение одного из которых автоматически вызывает включение другого. При точном соблюдении определенного расстояния между источниками света и определенного временного интервала между включением одного и другого можно видеть, как единое световое пятно движется от места первого источника света к месту второго. Когда временной интервал становится совсем коротким, ощущение движения пропадает, и вспышки видятся одновременно, каждая на своем месте.

Автокинетическое движение. Этот эффект известен как самогенерируемое движение. Когда мы смотрим на светящуюся точку (единственный видимый символ) в темноте, то нам кажется, что эта точка движется, меняя свое направление то в одну, то в другую сторону с разными скоростями и при этом амплитуда движений может быть достаточно большой. Если держать вытянутый палец в направлении движущейся точки, воспроизводя ее движение, и внезапно зажечь свет, можно обнаружить, что палец отклонился на 30^0 от настоящего положения точки. Знание того, что точка на самом деле неподвижна, не нарушает эффекта. Этот эффект нарушается, если, например увеличить освещенность комнаты или ввести дополнительную зрительную стимуляцию.

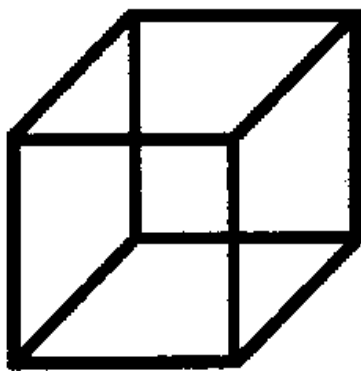
Всякий раз, когда мы видим движение, мозг должен решить, что именно движется и что неподвижно относительно некоторой системы отсчета. Хотя иллюзорное движение не предполагает обязательно реальное движение, любое реальное движение относительно и всякий раз требует решения, когда мы изменяем положение – при ходьбе, езде на машине, в полете. Иногда это решение ложно, и тогда возникают ошибки восприятия и иллюзии. Восприятие величины, расстояния и

скорости неотделимо друг от друга и ошибки в восприятии одного из них могут быть причиной неожиданных ошибок в восприятии другого.

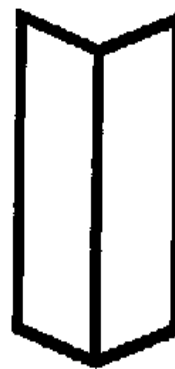
6. Иллюзии восприятия

Организация перцептивных процессов и черты постоянства, которые мы устанавливаем в мире, обеспечивают нам непротиворечивое и связанное восприятие окружающего. Однако существуют случаи, когда восприятие искажено, - когда, например, от самих предметов поступают противоречивые сигналы (неоднозначные, двусмысленные фигуры) или когда мы неправильно интерпретируем монокулярные сигналы, получаемые от предметов (искажение формы фигуры).

Неоднозначные фигуры. Наиболее известный пример противоречивости восприятия представлен на рис.29. Куб Неккера нарисован без соблюдения правил перспективы, ближняя и дальняя



Куб Неккера



Фигура Маха

Рис.29. Неоднозначные фигуры, дающие две зрительные гипотезы

границ куба одинакового размера и формы. Тем не менее, в любой данный момент времени одна из них воспринимается как передняя, а другая – как задняя. При наблюдении куб спонтанно (самопроизвольно) «переворачивается»: одна объемная проекция сменяется другой. То же самое происходит и с фигурой Маха – она похожа то на корешок книги, обращенный к нам страницами, то обложкой. Такая противоречивость вызвана неоднозначным изображением глубины, которая определяет соотношение размеров и форм предметов в пространстве.

Двусмысленные фигуры. На рис.30 представлены изображения объектов, которые на первый взгляд кажутся «нормальными», но вскоре становятся непонятными, т. к. они могут вызвать два противоречивых восприятия. Каждый угол треугольника в отдельности выглядит

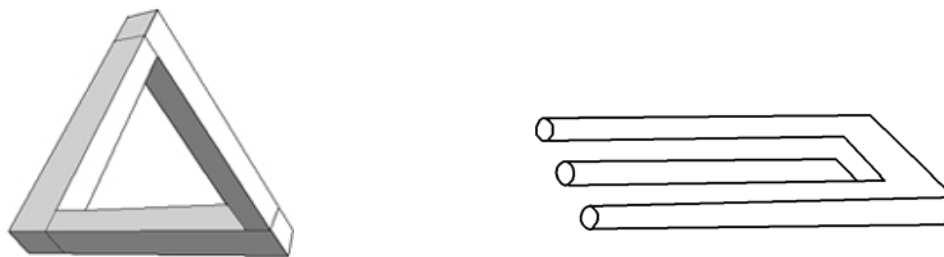


Рис. 30. Двусмысленные фигуры, трехмерная интерпретация которых приводит к противоречиям

совершенно нормально, однако не один реальный объект не может одновременно иметь три угла, повернутые к наблюдателю в таких ракурсах. То же самое наблюдается и в другом представленном объекте. Объект является двусмысленным тогда, когда отсутствует правильная зрительная гипотеза, позволяющая верно интерпретировать его сетчаточное изображение. В частности, двусмысленно связанными кажутся части того объекта, который мы воспринимаем как двумерный, хотя на самом деле он лежит в пространстве трех измерений.

При восприятии изображений (картин) двусмысленность глубины может быть обнаружена и независимо от плоскости картины: когда изображенное пространство воспринимается неправильно вследствие того, что не была найдена наилучшая перцептивная гипотеза, и когда в изображении существуют несовместимые глубинные планы, из-за чего целостная интерпретация не возможна.

Рисунки, вызывающие дискомфорт. Существуют рисунки, которые вызывают неприятное ощущение. Они могут быть довольно простыми, состоящими обычно из повторяющихся линий (рис.31).

Предполагается, что при рассматривании таких рисунков нарушается работа зрительной системы из-за перенасыщенности структур. Рисунок с расходящимися лучами вызывает любопытное последствие; если смотреть на него в течение нескольких секунд, появляются волнистые линии. Они видны в течение некоторого времени и после того, как взор переводится на однородное поле, например на стену. Остается неясным, являются ли причиной подобного явления мелкие движения глаз, смещающие повторяющиеся линии по сетчатке и таким образом посылающие массовые сигналы рецепторам «включения» и «выключения». Если это так, то описанный эффект сходен с нарушением зрительной системы, возникающим при мелькающем свете.

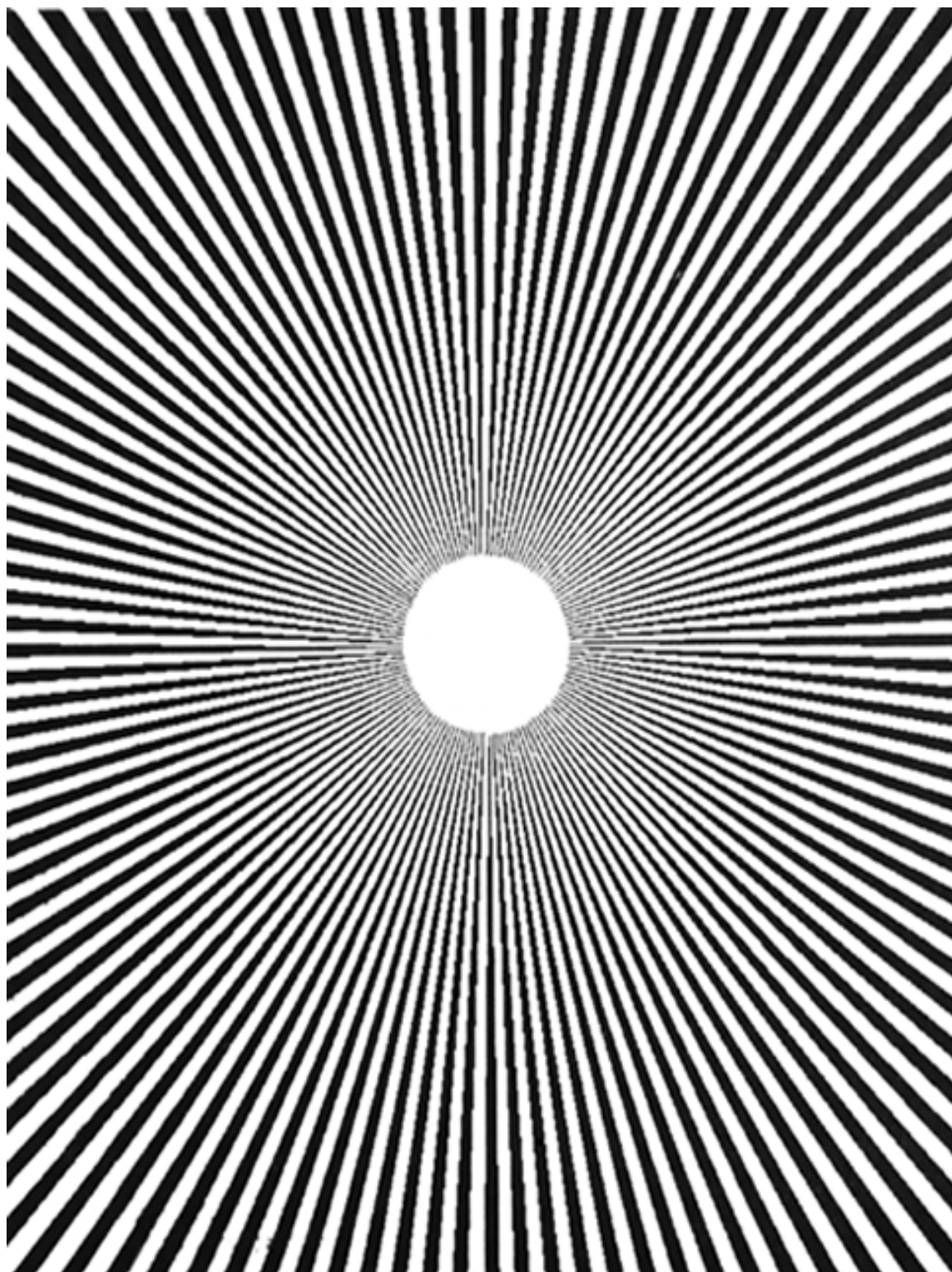


Рис.31. Перенасыщенная структура изображения, вызывающая дискомфорт

Зрительные искажения. Некоторые простые рисунки мы видим искаженными. Часть рисунка может казаться на 20% короче или длиннее; прямая линия может настолько искривляться, что трудно поверить, что она действительно прямая. Рисунки 32 - 34 демонстрируют наиболее известные иллюзии. Они носят имена открывших их исследователей.

На рис.32 изображена пара стрел, древки которых

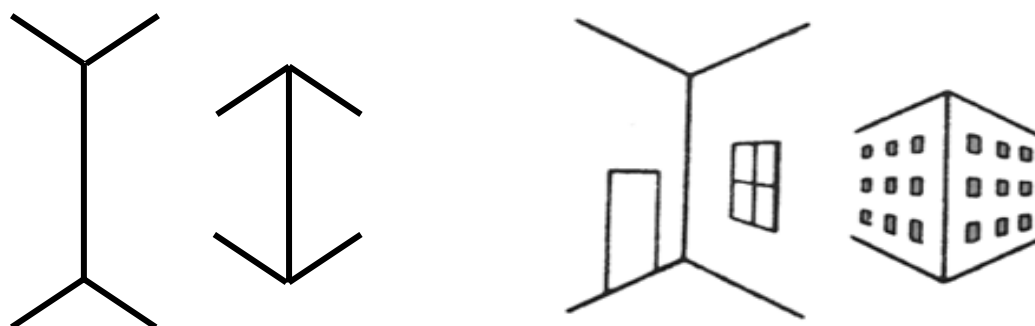


Рис. 32. Иллюзия Мюллер-Лайера, или иллюзия стрелы



Рис. 33. Иллюзия Понцо, или иллюзия железнодорожных путей

одинаковой длины, но одна стрела имеет наконечники с расходящимися, а другая со сходящимися к древку концами. Стрела с расходящимися наконечниками кажется длиннее, хотя фактически обе стрелы одинаковой длины. На рис.33 представлена хорошо известная иллюзия Понцо. Этот рисунок состоит из четырех линий: двух одной и той же длины, идущих рядом, но не сходящихся, и между ними двух других, равных по длине и параллельных. Одна из линий, расположенная в узкой части пространства, заключенного между двумя сходящимися линиями, кажется длиннее, хотя фактически обе параллельные линии одинаковой длины.

На рис. 34 слева, квадрат искривляется на фоне круговых линий, а справа – расходящиеся в виде лучей линии изгибают наложенные на них параллельные прямые. Мы видим, что одна часть рисунка влияет на другую, в то время как стрелы Мюллер-Лайера неверно воспринимаются сами по себе.

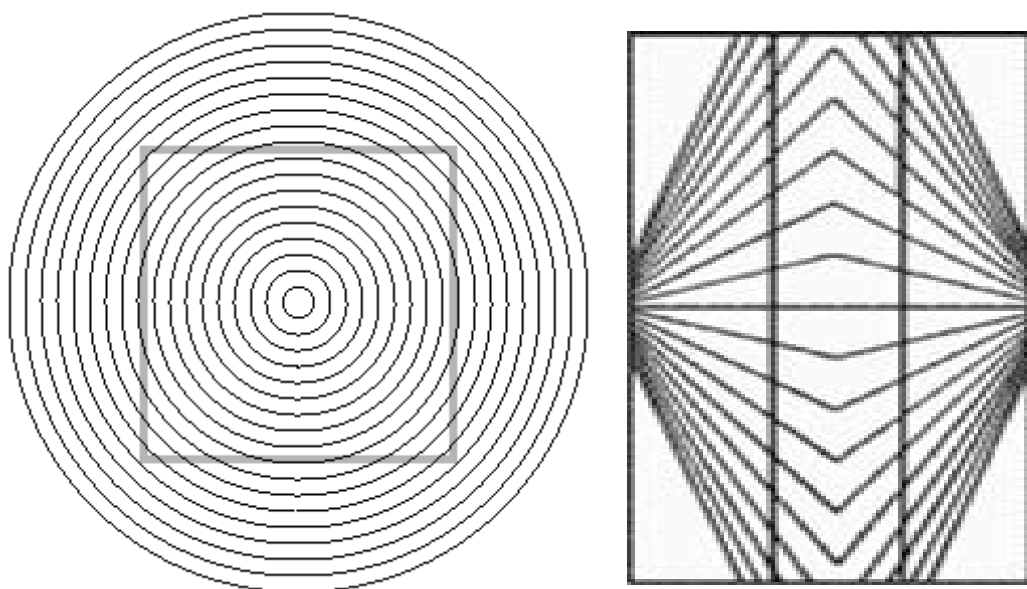


Рис. 34. Рисунки Геринга

Иллюзии можно подразделить на две группы: одни – это искажения, вызываемые фоном определенного рода (например, иллюзия Геринга), другие – это искажения самой фигуры (например, иллюзия стрелы), без фона. Одно из традиционных объяснений ряда иллюзий основано на нашей склонности воспринимать как более крупное то, что находится дальше, с учетом эффекта перспективы. Это заставляет наш мозг ошибочно преувеличивать размеры того из двух равных предметов, который больше удален.

Современная теория иллюзий, учитывая положение о перспективе, связывает иллюзии с другими явлениями восприятия. Причиной

возникновения искажений в процессе восприятия является константность величины. Это явление состоит из тенденции перцептивной системы компенсировать изменения сетчатого образа, происходящие вместе с изменением расстояния до видимого объекта. Если, например, мы смотрим на свои руки, причем левая находится в 20 см от лица, а правая протянута далеко вперед, то нам все-таки кажется, что их кисти одинакового размера. Однако достаточно разместить их друг за другом на одной прямой с глазами, и сразу выявляется разница в величине соответствующих изображений на сетчатке. Предполагается, что существует перцептивная шкалирующая система, благодаря которой одинаковые по размерам объекты, расположенные на различных расстояниях от наблюдателя, кажутся ему равной по величине. Можно увидеть действие своего собственного шкалирующего механизма константности. Сначала надо посмотреть на яркий свет (лучше всего на фотографическую вспышку), для того чтобы получить последовательный образ. Далее посмотреть на расположенную вблизи ровную поверхность, а затем взглянуть на дальнюю стену комнаты. Вы обнаружите, что последовательный образ очень заметно изменяется по величине. Он будет уменьшаться при взгляде на ближнюю поверхность и увеличиваться, когда вы посмотрите на дальнюю стену. Известно, что существует прямая пропорциональная зависимость между размером последовательного образа и расстоянием между глазом и поверхностью, на которую проецируется этот образ. Это соотношение между величиной и расстоянием известно под названием закона Эммерета. Так, например последовательный образ, спроецированный на стену в 10 раз более удаленную, чем стимул, кажется в 10 раз больше его. При создании изображений следует учитывать возможные зрительные искажения для обеспечения комфортного акта восприятия.

Литература

1. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие, изд. «Прогресс», М., 1974 г.
2. Ашкенази Г.И. Цвет в природе и технике, изд. «Энергоатомиздат», М., 1985 г.
3. Веккер Л.М. Психика и реальность: единая теория психических процессов, изд. «Per Se», М., 2000 г.
4. Годфруа Ж. Что такое психология, пер. с франц., изд. «Мир», М., 1992 г.
5. Грановская Р.М. Элементы практической психологии, изд. ЛГУ, Л., 1988 г.
6. Грегори Р. Л. Разумный глаз, М, 1994 г.
7. Кравец В. И. Колористическое формообразование в архитектуре, изд. ХГУ, Харьков, 1987 г.
8. Луизов А.В. Цвет и свет, изд. «Энергоатомиздат», Л., 1989 г.
9. Психология ощущений и восприятий, под ред. Ю.Б. Гиппенрейтер, В. В. Любимова и М.Б. Михалевской, изд. «ЧеРо», м., 1999 г.
10. Пэдхэм Ч., Сондрес Дж. Восприятие света и цвета, пер. с англ., изд. «Мир», 1978 г.
11. Шашлов Б.А. Цвет и цветовоспроизведение, изд. «Книга», М., 1986г.

Содержание

Введение	3
1. Сенсорные процессы - ощущения.....	4
1.1. Чувствительность зрительной системы.....	9
1.2. Адаптация и привыкание	16
2. Перцептивные процессы - восприятие	18
2.1. Восприятие и внимание.....	22
2.2. Эмпирические характеристики восприятия	25
3. Восприятие цвета	32
3.1. Трехкомпонентная теория цветового зрения	32
3.2. Смещение цветов	38
3.3. Одновременный цветовой контраст.....	46
3.4. Последовательный контраст	47
3.5. Функции цвета в формировании зрительного образа.....	48
4. Восприятие пространства	54
5. Восприятие движения	61
6. Иллюзии восприятия	64
Литература.....	70

В. Т. Прокопенко, В. А. Трофимов, Л.П. Шарок

ПСИХОЛОГИЯ ЗРИТЕЛЬНОГО ВОСПРИЯТИЯ

Учебное пособие

В авторской редакции

Зав. Редакционно-издательским отделом

Н.Ф. Гусарова

Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99

Подписано к печати 2006 г.

Отпечатано на ризографе Тираж 100 экз. Заказ №



Кафедра Твердотельной оптоэлектроники (ТТОЭ) организована в 1988 году, в период активного развития оптоэлектроники как компонентной базы высокоскоростных систем передачи и обработки информации, и ее выделения в самостоятельную область науки, техники и производства.

Специалисты кафедры обладают большим опытом научной, преподавательской и производственной деятельности, кафедра располагает оснащенными учебными и научными лабораториями.

Выпускники кафедры ТТОЭ получают специальную подготовку по прикладной и физической оптике, физике полупроводников, полупроводниковой оптической технике, оптическим методам передачи и обработки информации, оптико-физическим измерениям, лазерной технике, волоконной и интегральной оптике, компьютерным технике и технологиям, оптоэлектронным средствам массовой информации, экологии, иностранному языку, основам менеджмента и другим.

Редакционно-издательский отдел
Санкт-Петербургского государственного
университета информационных
технологий, механики и оптики
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

