

УДК: 535.5+543.47

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ВОСПРИЯТИЕ ЦВЕТА, ОСНОВАННОЕ НА ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ ПОЛЯРИМЕТРИИ

Ю. В. Корбан, аспирант

Южноукраинский национальный педагогический университет
им. К. Д. Ушинского, г. Одесса

В статье рассмотрена взаимосвязь между психофизиологическим восприятием и поляризационными параметрами цветовой волны видимого диапазона у студентов художественных специальностей.

До настоящего времени основополагающими научными знаниями о цвете как физическом, так и психологическом явлении остаются разработанные Г. Гельмгольцем основы строгой научной систематизации цвета [1]. Однако Г. Гельмгольц не обнаружил доказательства существования трех цветоощущающих зрительных волокон, указанных Томасом-Юнгом, и этого доказательства нет до сих пор. Имеется ряд новых данных о цветовом зрении [2]. Но иная теория взамен созданной Г. Гельмгольцем с позиции психофизиологии цветоощущения пока не создана. Г. Гельмгольц нашел способ измерения цвета путем числового выражения трех его характеристик – цветового тона, насыщенности и светлоты. Разработал трехкомпонентную теорию цветового зрения, нашел отличия результатов смешения цветных лучей света и красок аналогичного цветового тона. Цветовая система смешения цветов из трех основных цветовых тонов в соответствии с работой [3] геометрически изображается в виде равнобедренного треугольника, в углах которого обозначены три первичных цвета: красный, зеленый, синий. Аддитивным смешением монохроматического света трех основных цветов получают широкий диапазон цветов и цветовых тонов. Это возможно только при совершенно определенном соотношении между яркостями красного, зеленого и синего цвета и расстоянии до экрана, на который проектируются монохроматические потоки основных цветов. Однако в красках нет субтрактивного способа смешения цветов в чистом виде, поскольку связующее вещество не является прозрачным и бесцветным. И. Ньютон предложил линейный спектр цветов изображать в виде светового круга, включающего семь последовательно расположенных и радиально ориентированных секторов: красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого, синего и фиолетового цветов. Гёте предложил цветовой круг в виде шестиконечной звезды, более соответствующей смешению красок, в которой три основных цвета – красный, желтый и синий, располагались в углах равностороннего треугольника, а между ними находились фиолетовый, оранжевый и зеленый. Затем на основе светового круга Ньютона были предложены двенадцати, двадцати, двадцати четырех, сорока восьми и ста секторные цветовые круги. На основе этой цветовой систе-

мы разработаны и выпущены цветовые атласы. В международной практике принят метод определения цвета, разработанный международной комиссией по освещению (МКО), по которому можно определить, какие цвета получаются при смешении двух и более световых потоков известных цветов. Для представления чистых ахроматических цветов был разработан трехмерный цветовой шар Отто Рунге и цветовое тело В. Оствальда в виде двойного конуса.

По психофизиологическому восприятию цвета разделяют на отступающие и выступающие [3]. К отступающим относятся: зеленый, сине-зеленый, голубой, синий, сине-фиолетовый, фиолетовый. К выступающим – красный, красно-оранжевый, оранжевый, желто-оранжевый, желтый. Выделяют цвета возбуждающие и успокаивающие.

Типология цветовых гармоний имеет определенную полезность для художественного творчества и анализа написания художественного произведения при подготовке специалистов в художественных учебных заведениях.

Сочетание различных цветов проявляет определенное психофизиологическое воздействие не только на посетителей художественных выставок, но и на самих живописцев при написании художественного произведения. По нашему мнению, это воздействие проявляется через определенную психофизиологическую связь в нашем организме, основанную на собственных поляризационных связях зрительных органов с работой мозга. Поэтому психофизиологические особенности зрительного восприятия цветов характеризуются собственными поляризациями, которые полностью пропускаются через биологические идеальные поляризаторы, представляющие собой предельные случаи частичных поляризаторов, реагирующих на изменение цвета. Зрительная память определенного цвета (цветосочетаний) возникает за счет воздействия параметров поляризации на определенные мозговые центры. Оптическая система человеческого глаза обладает максимальным и минимальным пропусканием на двух ортогональных поляризациях, причем она способна разложить произвольную поляризацию на два ортогональных состояния и определить функцию близости того или иного цвета.

Оптическая система нашего глаза приспособлена для пропускания света по интенсивности в зависимости от его поляризации. Обозначим интенсивность света определенной поляризации α через $I(\alpha)$. Интенсивность света, которую пропускает наш глаз изменяется от $I(\alpha)_{\min}$ до $I(\alpha)_{\max}$. В молодом возрасте оптическая система человека практически одинаково прозрачна и для поляризации α_{\min} и α_{\max} . С возрастом это соотношение нарушается и оптическая система становится наиболее прозрачной для поляризации α_{\max} и наименее прозрачной для поляризации α_{\min} . Пропускание света оптической системой нашего глаза $I(\alpha)$ с возрастом падает постепенно при оптимальном питании и здоровом образе жизни и более быстро от $I(\alpha)_{\max}$ до $I(\alpha)_{\min}$ – при различных болезнях. Состояние оптической системы глаза оказывает существенное влияние на психофизиологическое восприятие цвета в зависимости от его поляризации.

Обозначим отношение квадратов модулей поляризаций через K^2 [4]:

$$K^2 = \frac{|\alpha - \alpha_{\max}|^2}{|\alpha - \alpha_{\min}|^2}. \quad (1)$$

Из (1) видно, что если пропускание оптической системы глаза по интенсивности света $I(\alpha)$ сохраняется постоянным ($I(\alpha) = const$), то отношение K , равное расстоянию от α до α_{\max} и α_{\min} на построенном по ним треугольнике (Рисунок), должно оставаться постоянным.

Обозначим через η^2 отношение, в котором начало координат делит расстояние между α_{\max} и α_{\min} :

$$\eta^2 = \frac{|\alpha_{\max}|^2}{|\alpha_{\min}|^2}. \quad (2)$$

В формуле (2) $\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max}^* = -1$, то есть состояния поляризации, соответствующие α_{\max} и α_{\min} пропусканию оптической системы глаза, ортогональны. Из (2) также следует, что

$$|\alpha_{\max}|^2 = \eta; |\alpha_{\min}|^2 = \eta^{-1}. \quad (3)$$

Тогда

$$I = \frac{\eta}{\eta + K} I_{\max} + \frac{K^2}{\eta + K^2} I_{\min} \quad (4)$$

Уравнение (4) описывает зависимость пропускания света оптической системой глаза по интенсивности I от α , которая характеризует цветное состояние поступающего света. Пропускание оптической системы глаза заданы двумя ортогональными состояниями поляризации α_{\max} и α_{\min} , которым соответствуют максимальное I_{\max} и минимальное I_{\min} пропускание при прохождении света через оптическую систему глаза.

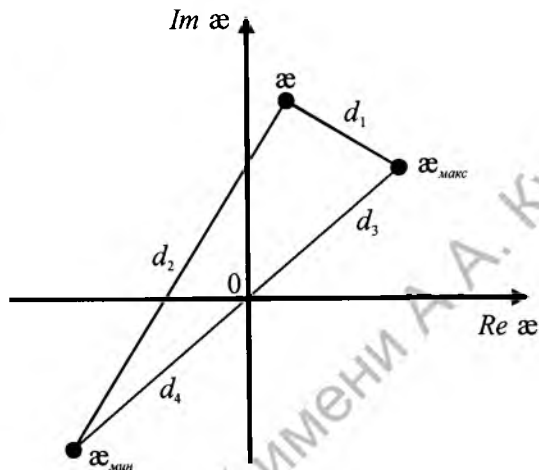
Значение поляризации, соответствующее на сфере Пуанкаре определенной цветности, представляются на рисунке тремя точками поляризационной комплексной плоскости. Отношение расстояний K и η определяются следующим образом:

$$K = \frac{|\alpha - \alpha_{\max}|}{|\alpha - \alpha_{\min}|}; \eta = \frac{|\alpha_{\max}|}{|\alpha_{\min}|}, \quad (5)$$

Тогда I равняется:

$$I = I_{\min} + \frac{\eta}{\eta + K^2} \ell. \quad (6)$$

Из уравнения (6) видно, что зависимость от поляризации, поступающего света на оптическую систему глаза, содержится только в одном коэффициенте ℓ , равном:



Представление тремя точками комплексной плоскости значения поляризации, соответствующее определенной цветности световой волны

$$\ell = I_{\max} - I_{\min}. \quad (7)$$

Состояние поляризации света, поступающего на оптическую систему глаза, выражено лишь через одну комплексную переменную α , а коэффициенты K и η на комплексной плоскости (рисунок) определяются с помощью отношения расстояний d_1, d_2, d_3, d_4 между тремя точками плоскости как $K = d_1/d_2$ и $\eta = d_3/d_4$.

Выразим пропускание света оптической системой глаза в явной форме через цветность, которой соответствуют параметры эллипса поляризации световой волны – азимут θ и угол эллиптичности ε . $\alpha = \operatorname{tg}\left(\varepsilon + \frac{\pi}{4}\right)e^{-j2\theta}$;

$$\alpha_{\max} = \operatorname{tg}\left(\varepsilon_{\max} + \frac{\pi}{4}\right)\exp[-j2\theta_{\max}],$$

$$\alpha_{\min} = \operatorname{tg}\left(-\varepsilon_{\max} + \frac{\pi}{4}\right)\exp\left[-j2\left(\theta_{\max} - \frac{\pi}{2}\right)\right]. \quad (8)$$

$$K = \frac{g^2 + g_{\max}^2 - 2gg_{\max}\cos 2(\theta - \theta_{\max})}{g^2 + g_{\max}^{-2} + 2gg_{\max}^2\cos 2(\theta - \theta_{\max})}, \quad (9)$$

$$\eta = g_{\max}^2, \quad (10)$$

где параметр $g = \operatorname{tg}\left(\varepsilon + \frac{\pi}{4}\right)$, а $g_{\max} = \operatorname{tg}\left(\varepsilon_{\max} + \frac{\pi}{4}\right)$.

Связь параметра g с эллиптичностью поляризационного эллипса определяется следующей зависимостью:

$$g = \frac{(1+e)}{(1-e)}. \quad (11)$$

Так как наш глаз является идеальным поляризатором, то $I_{\min} = 0$, тогда для любой поляризации света, поступающего в оптическую систему глаза, т. е. для любой его цветности, пропускание характеризуется следующим выражением:

$$I = \frac{1 + g^2 g_{\max}^2 + 2gg_{\max}\cos 2(\theta - \theta_{\max})}{(1 + g^2)(1 + g_{\max}^2)} I_{\max}. \quad (12)$$

Взаимосвязь основных характеристик цвета можно представить в условно-графической координатной системе на сфере Пуанкаре, на которой азимут θ и угол эллиптичности ε поляризационного состояния цветовой волны соответствуют точке с долготой 2θ и широтой 2ε . Линии долготы и широты являются кривыми постоянного азимута и постоянной эллиптичности.

Световые волны имеют электромагнитную природу, а их поляризация определяется изменением во времени вектора напряженности электрического поля,

наблюдаемого в фиксированной точке пространства. Фурье-анализ изменений напряженности электрического поля во времени для световых волн дает спектральные компоненты с частотами от 10^{12} Гц (далекая инфракрасная область) до 10^{16} Гц (далекая ультрафиолетовая область), которые и охватывают оптическую часть спектра электромагнитных колебаний, причем видимому спектру соответствует только одна октава ($4\text{--}8 \cdot 10^{14}$ Гц).

В нашем организме взаимосвязь различных органов с центральным управляющим “компьютером” – мозгом осуществляется с помощью электромагнитных сигналов, в том числе и с оптической системой глаз. Так как цвет световой волны соответствует определенным ее электрическим параметрам, то с выхода оптической системы глаз эти сигналы поступают в мозг, вызывая определенную реакцию организма на цветовую волну определенной поляризации, которая в свою очередь влияет на психофизиологическое состояние в зависимости от цветности. Поэтому художник, занимаясь живописью, будет отражать в своем произведении реальные изменения цвета видимых или воспроизводимых в памяти объектов, рассеивающих свет определенной поляризации. В соответствии с этим разные живописцы, в том числе и студенты художественных учебных заведений, обладают различным цветовым восприятием, в зависимости от которого происходит корректировка поступающей информации о цвете. Из этого можно сделать предположение, что поляризация – это одна из многих составляющих понимания того, как цвет воспринимается человеком, в зависимости от его психофизиологических способностей.

Выводы

1. Показано, что психологические особенности зрительного восприятия цветов обусловлены поляризационными свойствами световых волн.
2. Спектральные компоненты световых волн, соответствующие определенным частотам спектра, представляются через параметры поляризации, соответствующие определенным цветам на сфере Пуанкаре.
3. Воздействие цвета на психофизиологическое состояние живописцев обусловлено отражательной поляризацией.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Медведев, В. Ю.* Цветоведение и колористика : учебное пособие [Текст] / Ю. В. Медведев. – СПб. : ИПЦ СПГУТД, 2005. – 116 с.
2. *Миронова, Л. Н.* Цветоведение : учебное пособие [Текст] / Л. Н. Миронов. – Минск : Высшая школа, 1984. – 286 с.
3. *Фрилинг, Г.* Человек. Цвет. Пространство. Прикладная цветопсихология [Текст] / Генрих Фрилинг, Ксавер Ауэр. – Сокращенный перевод с немецкого. – М. : Стройиздат, 1973. – 141 с.
4. *Аззам, Р.* Эллипсометрия и поляризованный свет [Текст] / Р. Аззам, Н. Башара. – М. : Изд-во “Мир”, 1981. – 583 с.

Поступила в редакцию 16.06.2014 г.

Summary

The article describes the correlation between psycho-physiological state of the art students of the special values and polarization parameters of color wave of visible range.