

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДЫ ЦВЕТОВОГО ОЩУЩЕНИЯ

Х.Н. Комилов, студент группы 17В41,

научный руководитель: Полицинский Е.В., к.пед.н., доцент

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

Характер цветового ощущения связан со спектральным составом действующего на глаз света и со свойствами зрительного аппарата человека.

Влияние спектрального состава следует из таблицы 1, в которой цвета излучений сопоставлены с занимаемыми ими спектральными интервалами.

Таблица 1

Сопоставление цвета излучений с занимаемыми спектральными интервалами

| | |
|------------|------------|
| Фиолетовый | 400-450 нм |
| Синий | 450-480 нм |
| Голубой | 480-510 нм |
| Зеленый | 510-565 нм |
| Желтый | 565-580 нм |
| Оранжевый | 580-620 нм |
| Красный | 620-700 нм |

Вместе с тем задача оценки цвета не решается простым измерением распределения энергии излучения по спектру, как можно предположить на основании таблицы 1. По интервалу, занимаемому излучением, цвет можно указать вполне однозначно: если тело излучает или отражает в пределах 565 – 580 нм, то цвет его всегда жёлтый. Однако обратное заключение верно не всегда: по известному цвету излучения невозможно уверенно указать его спектральный состав или длину волны. Например, если излучение желтое, то это не значит, что оно занимает названный интервал или его часть. Желтой выглядит и смесь монохроматических излучений, находящихся вне этого интервала: зеленого ($\lambda_1 = 546$ нм) с красным ($\lambda_2 = 700$ нм) при определенных соотношениях их мощностей. В общем случае видимое тождество световых пучков не гарантирует их тождества по спектральному составу. Неразличимые по цвету, пучки могут иметь как одинаковый состав, так и разный. В первом случае их цвета называются изомерными, во втором – метамерными.

Практика воспроизведения цветных объектов требует получения цвета, зрительно неотличимого от воспроизводимого. При этом не имеет значения, метамерны или изомерны оригинальный цвет и цвет-копия. Отсюда возникает потребность воспроизводить и измерять цвет, не зависимо от спектрального состава излучения, вызывающего данное цветовое ощущение. Для специалиста, использующего или воспроизводящего цвет, безразличен спектральный состав света, отражаемого образцом. Для него существенно, чтобы копия была действительно, например желтой, как образец, а не желто-зеленой или желто-оранжевой.

Теория цветового зрения объясняет, почему участок спектра, находящийся в пределах 400 – 700 нм, оказывает световое действие и по какой причине мы видим излучения в диапазоне 400 – 450 нм фиолетовым, 450 – 480 – синим и т.д. Сущность теории состоит в том, что светочувствительные нервные окончания, находящиеся в одной из оболочек глаза и называемые фоторецепторами, реагируют только на излучения видимой части спектра. Глаз содержит три группы рецепторов, из которых одна наиболее чувствительна к интервалу 400 – 500 нм, другая – 500 – 600 нм, третья – 600 – 700 нм. Рецепторы реагируют на излучения в соответствии с их спектральной чувствительностью, и ощущения всех цветов возникают в результате комбинации трех реакций.

Способность глаза реагировать на возможно малый поток излучения называется световой чувствительностью. Она измеряется, как величина, пороговой яркости. Пороговой называется та наименьшая яркость объекта, например светового пятна, при которой оно может быть обнаружено с достаточной вероятностью на абсолютно черном фоне. Вероятность обнаружения зависит не только от яркости объекта, но и от угла зрения, под которым он рассматривается, или, как говорят, от его углового размера. С возрастанием углового размера растет число рецепторов, на которое проецируется пятно. Практически, однако, с увеличением угла зрения более чем на 50° чувствительность перестаёт изменяться.

В соответствии с этим световая чувствительность S_p , определяется как величина, обратная пороговой яркости $B_{п.}$, при условии, что угол зрения $\alpha \geq 50^\circ$:

$$S_n = (1 / B_n) \alpha \geq 50^\circ$$

Световая чувствительность очень велика. Так, по данным Н. И. Пинегины, для отдельных наблюдателей минимум энергии, необходимый для появления зрительного эффекта, составляет 3 – 4 кванта. Это значит, что в благоприятных условиях палочковая световая чувствительность глаза близка к предельной, физически мыслимой.

Колбочковая световая чувствительность, обеспечивающая цветовые ощущения, намного ниже «ахроматической», палочковой. По Н. И. Пинегину, для возбуждения колбочкового зрения необходимо, чтобы на одну колбочку в среднем упало не менее 100 квантов.

Монохроматические излучения действуют на глаз по-разному. Его реакция максимальна на среднюю часть спектра. Чувствительность к монохроматическим, определяемая как относительная, называется спектральной.

Реакция глаза, выражающаяся в возникновении светового ощущения, зависит, во-первых, от потока излучения Φ_λ , упавшего на сетчатку, а во-вторых, – от той доли потока, которая воздействует на рецепторы. Эта доля есть спектральная чувствительность k_λ . Иногда для обозначения того же понятия применяется термин спектральная эффективность излучения. Произведение $k_\lambda \cdot \Phi_\lambda$ определяет характеристику потока излучения, связанную с уровнем его светового действия называемую световым потоком F_λ

$$F_\lambda = \Phi_\lambda \cdot k_\lambda. (1)$$

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 этой величины.

При световых измерениях значение k_λ в формуле (1) принято заменять произведением $k_{555} \cdot v_\lambda$, где v_λ – относительное значение спектральной чувствительности, называемое относительной спектральной световой эффективностью излучения (видностью):

$$v_\lambda = k_\lambda / v_{555}.$$

В таблице 2 даны значения относительной спектральной световой эффективности некоторых излучений.

Таблица 2

Относительная спектральная эффективность глаза

| Наименование цвета световых потоков | Длина волны, нм | Относительная спектральная световая эффективность |
|---------------------------------------|-----------------|---|
| Синевато-пурпурный (фиолетовый) (bP) | 380 | 0,0001 |
| Пурпурно-синий (сине-фиолетовый) (bP) | 480 | 0,0116 |
| Синий (B) | 465 | 0,075 |
| Зеленовато-синий (gB) | 482 | 0,15 |
| Сине-зелёный (BG) | 487 | 0,18 |
| Синевато-зелёный (bG) | 493 | 0,24 |
| Зелёный (G) | 498 | 0,29 |
| Желтовато-зелёный (yG) | 530 | 0,862 |
| Желто-зелёный (YG) | 555 | 1,00 |
| Зеленовато-желтый (gY) | 570 | 0,952 |
| Желтый (Y) | 575 | 0,91 |
| Желтовато-оранжевый (yO) | 580 | 0,87 |
| Оранжевый (O) | 586 | 0,80 |
| Красновато-оранжевый (rO) | 596 | 0,68 |
| Красный (R) | 620 | 0,381 |

Литература.

1. Спектральная чувствительность глаз / Технический словарь. Том III: <http://www.ai08.org/index.php>
2. Основы цветового восприятия: <http://www.cambridgeincolour.com/ru/tutorials/color-perception.htm>
3. Островский М.А., Говардовский В.И. Механизмы фоторецепции позвоночных // Физиология зрения. М.: Наука, 1992. С. 5 – 58.