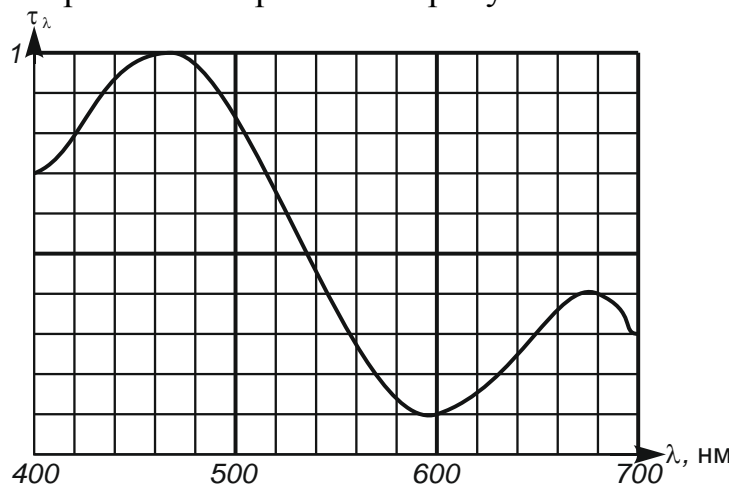


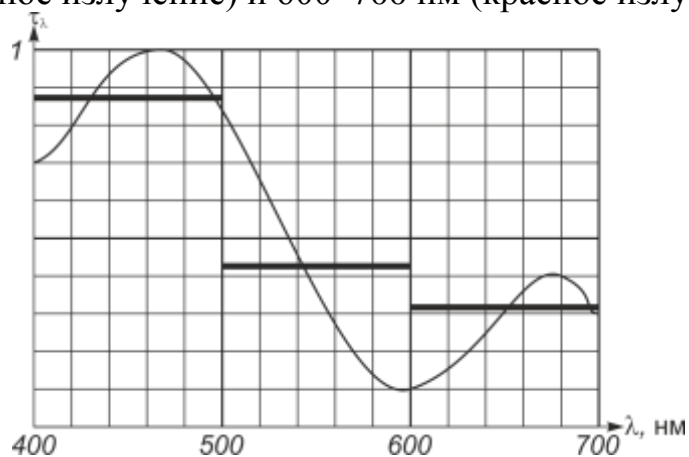
ТИПОВЫЕ ЗАДАЧИ И ПРИМЕРЫ ИХ РЕШЕНИЯ по дисциплине «Теория цвета и цветовоспроизведения»

Задача 1. Охарактеризовать цвет образца (определить его цветовой тон и насыщенность) по кривой спектрального пропускания.

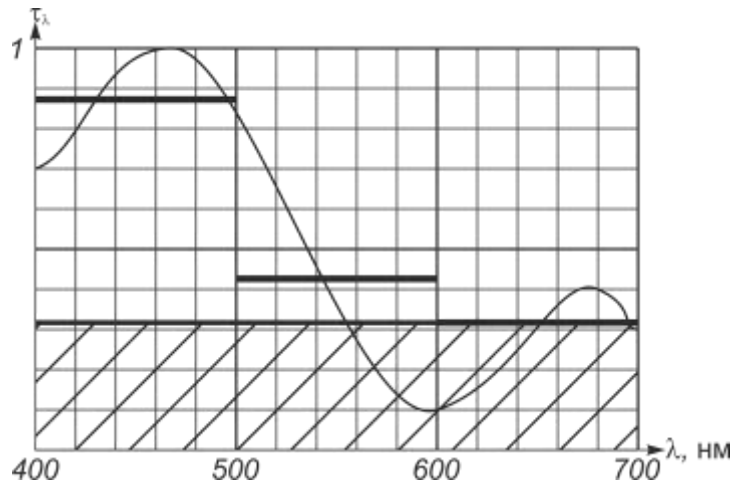


Решение

1. Необходимо определить среднее количество пропущенного светового потока (*приблизительно*) по зонам спектра 400–500 нм (синее излучение), 500–600 нм (зеленое излучение) и 600–700 нм (красное излучение).



2. Найти наибольшее пропускание, среднее и наименьшее. Наименьшее отвечает за долю белого в составе излучения и в образовании цветового тона не участвует.



3. По наибольшему и среднему количествам определяем цвет образца.

Наибольшему количеству соответствует синее излучение. Среднему – зеленое. Доля зеленого меньше по сравнению с синим, поэтому цвет сине-зеленый.

(Если бы доля зеленого излучения была бы сравнима или близка к синему, то цвет был бы сине-голубой).

4. Определяем насыщенность цвета образца по наименьшей составляющей.

Так как наименьшее количество составляет почти 1/3 от наибольшей, то цвет средней насыщенности.

Ответ. Цвет образца сине-зеленый средней насыщенности.

Задача 2. Определить показатели цветового тона, насыщенности, охарактеризовать цвет, заданный уравнением:

$$Ц = 3,3\bar{K} + 4,4\bar{З} + 5,5\bar{С}.$$

Решение

1. Из значений координат цвета находим наибольшую, среднюю и наименьшую составляющие:

$$x_1 = 5,5 \text{ (наибольшая)}; x_2 = 4,4 \text{ (средняя)}; x_3 = 3,3 \text{ (наименьшая)}.$$

2. Определяем показатель цветового тона из формулы

$$K_{\text{ЦТ}} = \frac{x_1 - x_3}{x_2 - x_3};$$

$$K_{\text{ЦТ}} = \frac{5,5 - 3,3}{4,4 - 3,3} = \frac{2,2}{1,1} = 2,$$

т. е. наибольшая координата преобладает над средней в два раза и цветовой тон сине-зеленый (наибольшая координата – синяя, средняя – зеленая).

Если бы $K_{\text{ЦТ}}$ был равен 1, то наибольшая координата была равна средней и цвет был бы голубым.

3. Определяем показатель насыщенности из формулы

$$K_H = \frac{(x_1 - x_3) + (x_2 - x_3)}{x_1 + x_2 + x_3};$$

$$K_H = \frac{(5,5 - 3,3) + (4,4 - 3,3)}{5,5 + 4,4 + 3,3} = \frac{2,2 + 1,1}{13,2} = \frac{3,3}{13,2} = 0,25.$$

Значение показателя изменяется от 0 до 1. Чем ближе к 1 тем более насыщенный цвет, чем ближе к 0, тем менее насыщенный. В данном случае малонасыщенный цвет.

Ответ. Цвет сине-зеленый ($K_{ЦГ} = 2$) малонасыщенный ($K_H = 0,25$).

Задача 3. Написать уравнение цвета в системе КЗС, если цвет задан уравнением:

$$Ц = 0,25\bar{\Gamma} + 0,4\bar{\Pi} + 0,5\bar{Ж}.$$

Решение.

1. Поскольку основные даны в системе СМУ, то необходимо перейти по дополнительным цветам к системе RGB:

$$K = 10^{-D_r} = 10^{-0,25} = 0,56;$$

$$З = 10^{-D_{п}} = 10^{-0,4} = 0,40;$$

$$С = 10^{-D_{ж}} = 10^{-0,5} = 0,32.$$

2. Записываем уравнение цвета в системе КЗС:

$$Ц = 0,56\bar{K} + 0,40\bar{З} + 0,32\bar{С}.$$

3. Чтобы охарактеризовать цвет находим показатели цветового тона и насыщенности (аналогично задаче 2):

$$K_{ЦГ} = \frac{0,56 - 0,32}{0,40 - 0,32} = 3 \quad K_H = \frac{(0,56 - 0,32) + (0,40 - 0,32)}{0,56 + 0,40 + 0,32} = 0,25,$$

т. е. цвет красный (с преобладанием над зеленым в 3 раза) малонасыщенный.

Ответ. Цвет красный ($K_{ЦГ} = 3$) малонасыщенный ($K_H = 0,25$), уравнение цвета $Ц_{КЗС} = 0,56\bar{K} + 0,40\bar{З} + 0,32\bar{С}.$

Задача 4. Показать положение цветов на диаграмме цветности $r-g$, найти суммарный цвет и определить его колориметрическую чистоту, доминирующую длину волны, яркость:

$$\begin{cases} Ц_1 = 0,2\bar{R} + 0,5\bar{G} + 0,3\bar{B} \\ Ц_2 = 7\bar{R} + 1\bar{G} + 1\bar{B} \end{cases}.$$

Решение.

1. Определяем координаты цветности цветов $Ц_1$ и $Ц_2$.

а) для цвета Ц₁:

$$m_1 = 0,2 + 0,5 + 0,3 = 1,$$

значит это единичный цвет и координаты цвета равны координатам цветности:

$$r_1 = 0,2; g_1 = 0,5; b_1 = 0,3.$$

б) для цвета Ц₂:

$$m_2 = 7 + 1 + 1 = 9;$$

$$r_2 = R_2 / m_2 = 7 / 9 \approx 0,78;$$

$$g_2 = G_2 / m_2 = 1 / 9 = 0,11;$$

$$b_2 = B_2 / m_2 = 1 / 9 = 0,11;$$

$$0,78 + 0,11 + 0,11 = 1$$

2. Рассчитываем координаты цвета и цветности суммарного цвета:

а) координаты суммарного цвета определяются путем сложения координат слагаемых цветов:

$$Ц_{\Sigma} = Ц_1 + Ц_2.$$

$$R_{\Sigma} = R_1 + R_2 = 0,2 + 7 = 7,2;$$

$$G_{\Sigma} = G_1 + G_2 = 0,5 + 1 = 1,5;$$

$$B_{\Sigma} = B_1 + B_2 = 0,3 + 1 = 1,3.$$

Уравнение суммарного цвета

$$Ц_{\Sigma} = 7,2\bar{R} + 1,5\bar{G} + 1,3\bar{B}.$$

б) координаты цветности суммарного цвета:

$$m_{\Sigma} = 7,2 + 1,5 + 1,3 = 10;$$

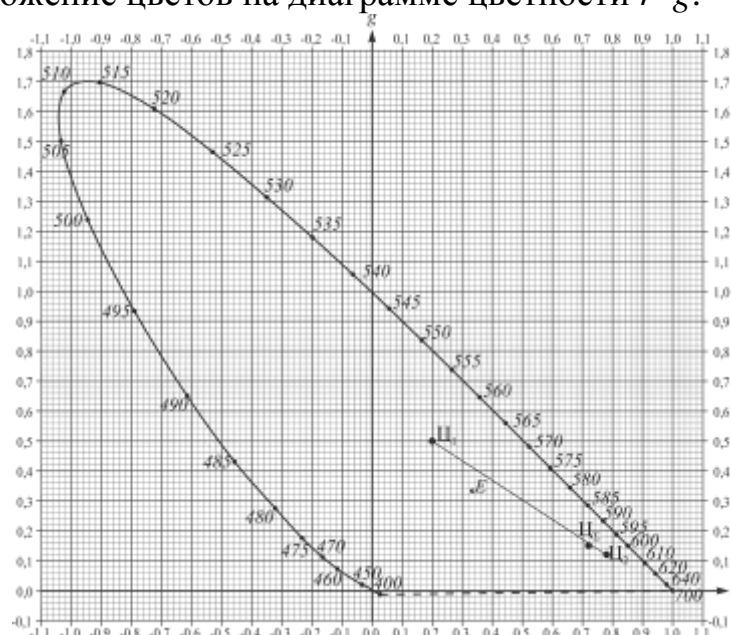
$$r_{\Sigma} = R_{\Sigma} / m_{\Sigma} = 7,2 / 10 = 0,72;$$

$$g_{\Sigma} = G_{\Sigma} / m_{\Sigma} = 1,5 / 10 = 0,15;$$

$$b_{\Sigma} = B_{\Sigma} / m_{\Sigma} = 1,3 / 10 = 0,13;$$

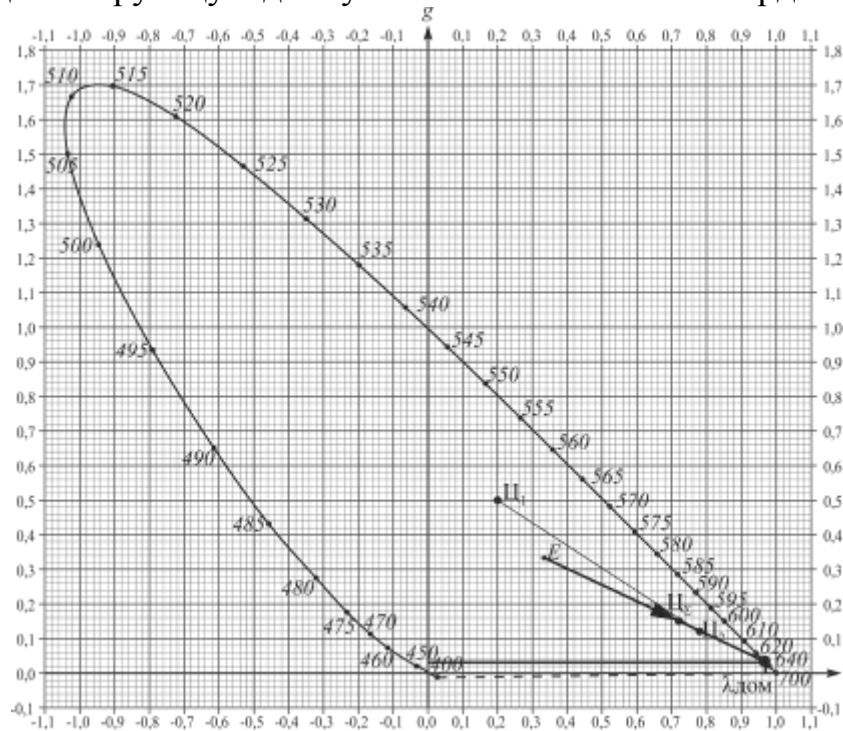
$$0,72 + 0,15 + 0,13 = 1$$

3. Находим положение цветов на диаграмме цветности r-g.



4. Определяем характеристики суммарного цвета.

а) находим доминирующую длину волны и значение ее координат:



$\lambda_{\text{дом}} \text{Ц}_\Sigma = 635 \text{ нм} (0,97; 0,03; 0)$ – красный;

б) определяем колориметрическую чистоту суммарного цвета.

Так как проекция на ось r больше, то расчет ведется по p_r .

$$p = \frac{r_{\text{Ц}_\Sigma} - r_{\text{Б}}}{r_{\lambda_{\text{Ц}_\Sigma}} - r_{\text{Б}}} \cdot \frac{r_{\lambda_{\text{Ц}_\Sigma}} + 4,59g_{\lambda_{\text{Ц}_\Sigma}} + 0,06b_{\lambda_{\text{Ц}_\Sigma}}}{r_{\text{Ц}_\Sigma} + 4,59g_{\text{Ц}_\Sigma} + 0,06b_{\text{Ц}_\Sigma}};$$

$$p = \frac{0,72 - 0,33}{0,97 - 0,33} \cdot \frac{0,97 + 4,59 \cdot 0,03 + 0,06 \cdot 0}{0,72 + 4,59 \cdot 0,15 + 0,06 \cdot 0,13} = \frac{0,39}{0,64} \cdot \frac{1,108}{1,416} \approx 0,48,$$

т. е. цвет средней насыщенности.

в) рассчитываем яркость суммарного цвета

$$B = 680m(r_{\text{Ц}_\Sigma} + 4,59g_{\text{Ц}_\Sigma} + 0,06b_{\text{Ц}_\Sigma}) = 680 \cdot 10 \cdot 1,416 = 9628,8 \text{ кд/м}^2,$$

т. е. цвет средней яркости близок к светлону.

Ответ. $\text{Ц}_\Sigma = 7,2\bar{R} + 1,5\bar{G} + 1,3\bar{B}$ – красный средней насыщенности близок к светлону.

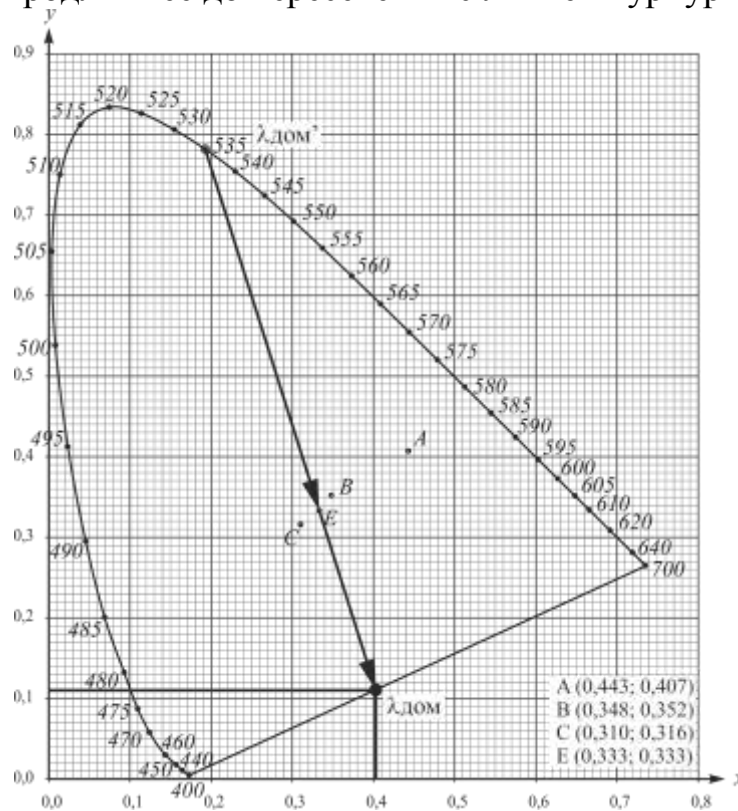
Задача 5. Написать уравнение цвета в системе XYZ по заданным значениям доминирующей длины волны ($\lambda_{\text{дом}}$), колориметрической чистоты цвета (p) и яркости (B):

$$\lambda'_{\text{дом}} = 535 \text{ нм}, p = 0,7, B = 23\,800 \text{ кд/м}^2.$$

1. Определяем координаты цветности доминирующей длины волны.

Так как доминирующая длина волны дана со штрихом, то цвет

пурпурный. Для нахождения его координат нужно провести линию, соединяющую доминирующую длину волны дополнительного цвета в 535 нм и источник E и продлить ее до пересечения с линией пурпурных цветов.



Координаты $\lambda'_{\text{дом}} = 535 \text{ нм}$ равны (0,40; 0,11).

2. Решаем систему уравнений исходя из $p_x = p_y = 0,7$:

$$\begin{cases} p_x = \frac{x_{\text{Ц}} - x_{\text{E}}}{x_{\lambda} - x_{\text{E}}} \cdot \frac{y_{\lambda}}{y_{\text{Ц}}} = 0,7 \\ p_y = \frac{y_{\text{Ц}} - y_{\text{E}}}{y_{\lambda} - y_{\text{E}}} \cdot \frac{y_{\lambda}}{y_{\text{Ц}}} = 0,7 \end{cases}$$

В первую очередь находим координату $y_{\text{Ц}}$ через p_y .

$$p_y = \frac{y_{\text{Ц}} - y_{\text{E}}}{y_{\lambda} - y_{\text{E}}} \cdot \frac{y_{\lambda}}{y_{\text{Ц}}} = \frac{y_{\text{Ц}} - 0,33}{0,11 - 0,33} \cdot \frac{0,11}{y_{\text{Ц}}} = \frac{0,11y_{\text{Ц}} - 0,0363}{0,11y_{\text{Ц}} - 0,33y_{\text{Ц}}} = 0,7;$$

$$(0,11y_{\text{Ц}} - 0,33y_{\text{Ц}})0,7 = 0,11y_{\text{Ц}} - 0,0363;$$

$$0,077y_{\text{Ц}} - 0,231y_{\text{Ц}} = 0,11y_{\text{Ц}} - 0,0363;$$

$$0,0363 = 0,11y_{\text{Ц}} - 0,077y_{\text{Ц}} + 0,231y_{\text{Ц}};$$

$$0,0363 = 0,264y_{\text{Ц}};$$

$$y_{\text{Ц}} = 0,14.$$

Зная $y_{\text{Ц}}$ можно найти $x_{\text{Ц}}$:

$$p_x = \frac{x_{\text{Ц}} - x_{\text{E}}}{x_{\lambda} - x_{\text{E}}} \cdot \frac{y_{\lambda}}{y_{\text{Ц}}} = \frac{x_{\text{Ц}} - 0,33}{0,40 - 0,33} \cdot \frac{0,11}{0,14} = 0,7;$$

$$0,11x_{\text{Ц}} - 0,0363 = 0,7 \cdot 0,14 \cdot (0,40 - 0,33);$$

$$0,11x_{\text{Ц}} = 0,7 \cdot 0,14 \cdot 0,07 + 0,0363;$$

$$0,11x_{\text{Ц}} = 0,04316;$$

$$x_{\text{Ц}} = 0,39.$$

3. Находим координату цветности $z_{\text{Ц}}$:

$$z_{\text{Ц}} = 1 - (x_{\text{Ц}} + y_{\text{Ц}}) = 1 - (0,39 + 0,14) = 0,47.$$

4. Из формулы для расчета яркости цвета находим модуль цвета:

$$B = 680Y = 680my = 680 \cdot m \cdot 0,14 = 23\,800 \text{ кд/м}^2;$$

$$m = 23\,800 / (680 \cdot 0,14) = 250.$$

5. Находим значения координат цвета и записываем уравнение цвета.

$$X = x \cdot m = 0,39 \cdot 250 = 97,5;$$

$$Y = y \cdot m = 0,14 \cdot 250 = 35;$$

$$Z = z \cdot m = 0,47 \cdot 250 = 117,5.$$

$$\text{Ц} = 97,5\bar{X} + 35\bar{Y} + 117,5\bar{Z}.$$

Ответ. $\text{Ц} = 97,5\bar{X} + 35\bar{Y} + 117,5\bar{Z}.$