



Świat obrazów cyfrowych

Jacek Rumiński, Mariusz Kaczmarek



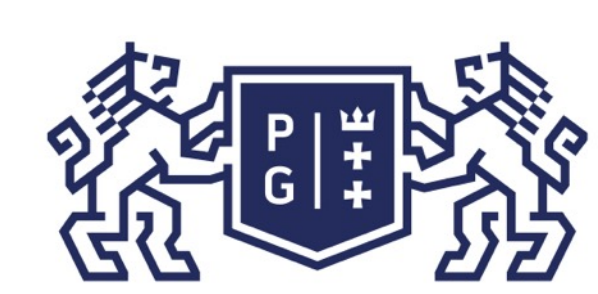
Świat obrazów cyfrowych

Jacek Rumiński



Mariusz Kaczmarek

Katedra Inżynierii Biomedycznej,
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Politechnika Gdańska



Plan prezentacji

1. Co to jest kolor?
2. Model RGB
3. Model YUV
4. Inne modele koloru

Zastanówmy się teraz czy jest różnica w tym jak postrzegamy kolory, a jak jasność (lub jasność) w obrazie.

W tym celu wykonamy ciekawy eksperyment ale najpierw musimy zapoznać się z kolejnym ważnym modelem koloru, modelem YUV (lub inaczej ~ YCbCr).

Transformacja
bezstratna

$$\begin{aligned} Y &= \left[\frac{1}{4}(R + 2G + B) \right] & G &= Y - \left[\frac{1}{4}(C_b + C_r) \right] \\ C_b &= B - G & R &= C_r + G \\ C_r &= R - G & B &= C_b + G \end{aligned}$$

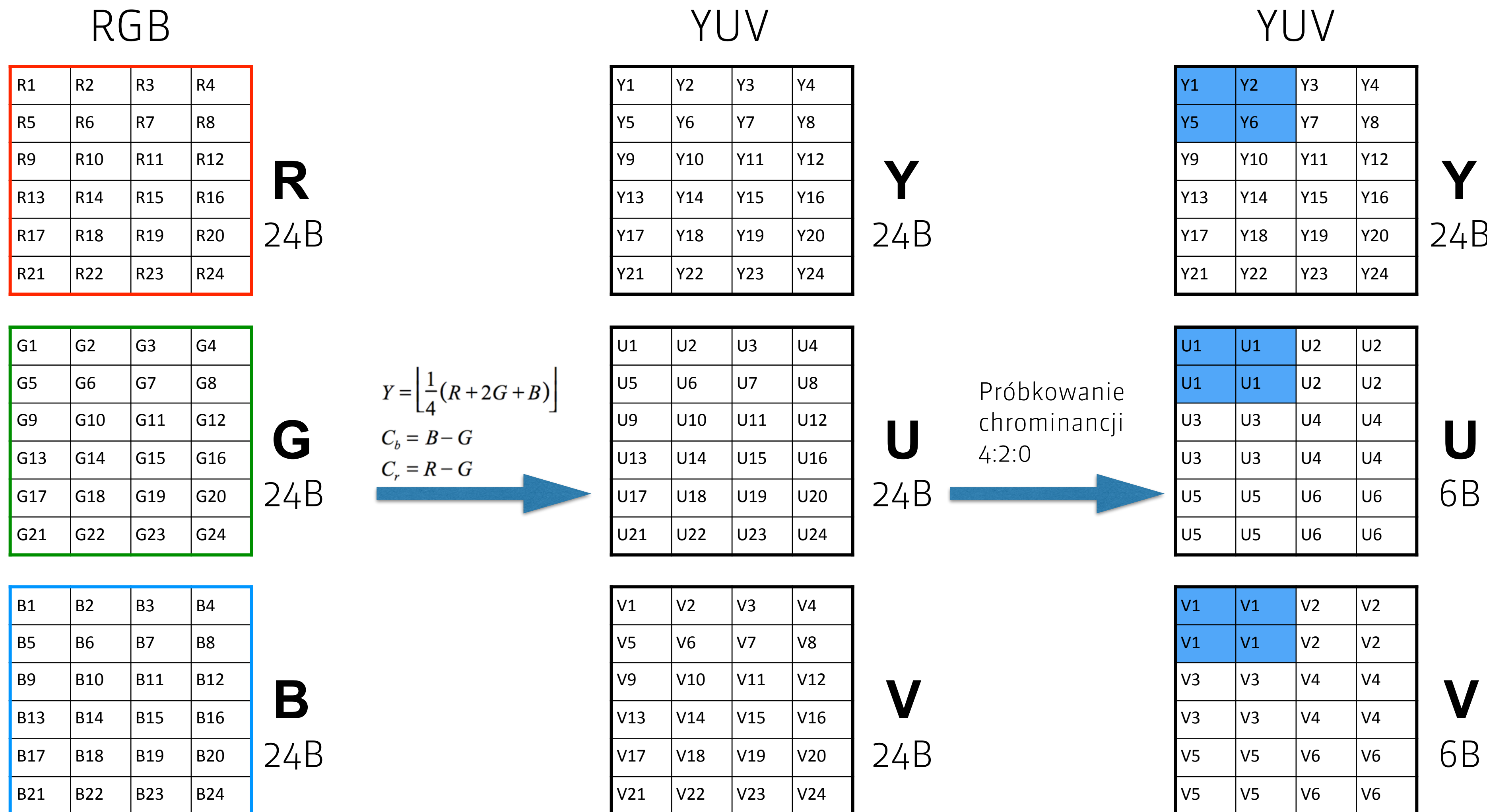
Transformacja
stratna

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.500 \\ 0.500 & -0.419 & -0.081 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

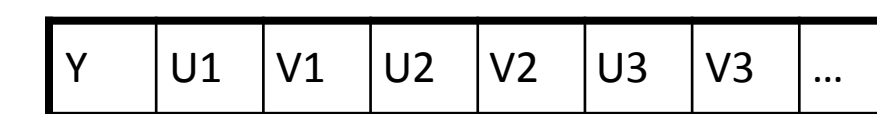
$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.0 & 1.4021 \\ 1.0 & -0.3441 & -0.7142 \\ 1.0 & 1.7718 & 0.0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix}$$

Y - luminancja (cd/m²)
UV (CbCr) - składowe
chrominancji

W stratnej kompresji danych redukuje się często dokładność zapisu wag dla danego piksela. Załóżmy przykładowo, że mamy obraz o rozmiarze 6x4, czyli razem 24 piksele.



$36B/72B=0,5$
czyli mamy o połowę mniej!



Chcąc „pokazać” obraz dokonamy przejścia ze skompresowanego zapisu YUV na RGB.

ALE CO Z JAKOŚCIĄ OBRAZU?

Czas na przykład!



ORYGINAŁ
(wysoka rozdzielczość)



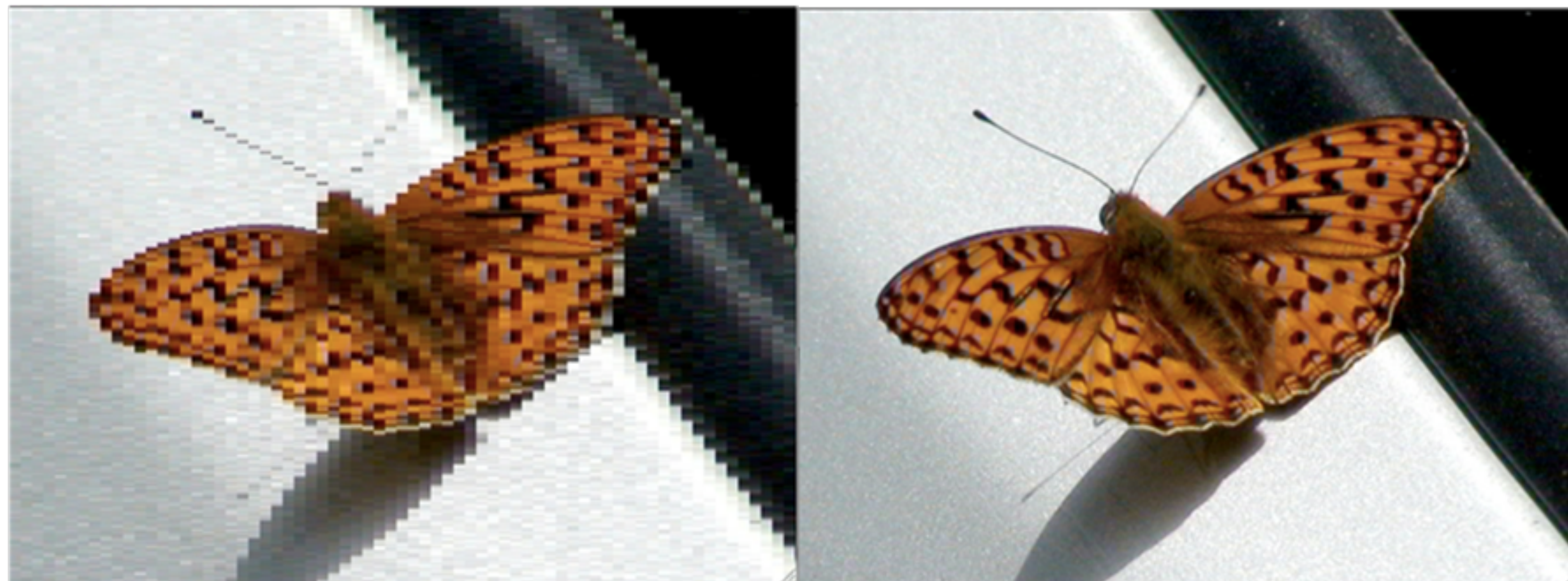
ORYGINAŁ



Luminancja (Y) co 4 wartość, U i V bez zmian Chrominancja (U i V) co 4 wartość, Y bez zmian



ORYGINAŁ



Luminancja (Y) co 16 wartość, U i V bez zmian Chrominancja (U i V) co 16 wartość, Y bez zmian



ORYGINAŁ



Luminancja (Y) co 64 wartość, U i V bez zmian Chrominancja (U i V) co 64 wartość, Y bez zmian



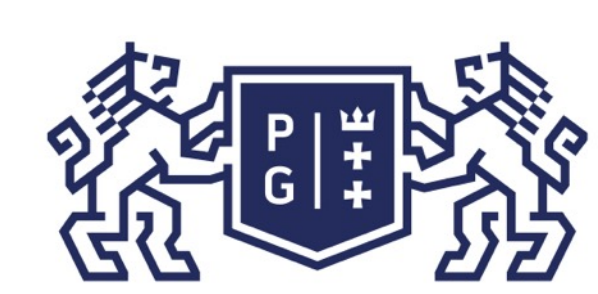
The screenshot shows the NetBeans IDE 8.0 interface. The main editor window displays the source code for the `chromaSubSample` method in a Java file. The code is as follows:

```
};
    result[i]=(255<<24)+(c1<<16)+(c2<<8)+c3;
}
return result;
} // subsample()

public int [] chromaSubSample(int [] data, int ch, int factor){
    int [] result=new int[data.length];
    int c1=0,c2=0,c3=0;

    int prevC1=0,prevC2=0,prevC3=0;
    //factor=16;
    int j=factor;
    for(int i=0;i<data.length;i++){
        c1=(data[i]>>16)&255;
        c2=(data[i]>>8)&255;
        c3=(data[i])&255;
        if((j%factor)!=0){
            /*
            switch(ch){
                case 2: c2=prevC2;
                       c3=prevC3;
                       break;
                case 3: c1=prevC1;
                       break;
                default: break;
            };

            */
            switch(ch){
                case 4:
                    c1=prevC1;
                    break;
                case 2:
                    c2=prevC2;
                    break;
                case 1:
                    c3=prevC3;
                    break;
                case 3:
                    c2=prevC2;
```



Plan prezentacji

1. Co to jest kolor?
2. Model RGB
3. Model YUV
4. Inne modele koloru

W 1931 roku Międzynarodowa komisja Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) zdefiniowała system barw podstawowych XYZ (3 współrzędne – 3 rodzaje czopków), jako referencyjny dla wszystkich innych systemów kolorów rozróżnialnych dla „standardowego” obserwatora.

System XYZ jest często wykorzystywany jako podstawa definicji innych systemów lub jako referencja przy ocenie reprezentacji barw i cechuje się następującymi właściwościami:

- umożliwia uzyskanie tylko nieujemnych wartości wag (tristimulus values),
- umożliwia reprezentację dowolnego koloru,
- jest tak obrany, że równe wartości X, Y, Z dają kolor biały,
- pojedynczy parametr Y określa luminancję,
- jest bezpośrednio związany z czułością oka ludzkiego poprzez zdefiniowane funkcje dopasowania koloru (dla średniego obserwatora).

Model CIE XYZ i współrzędne tróchromatyczne X, Y, Z :

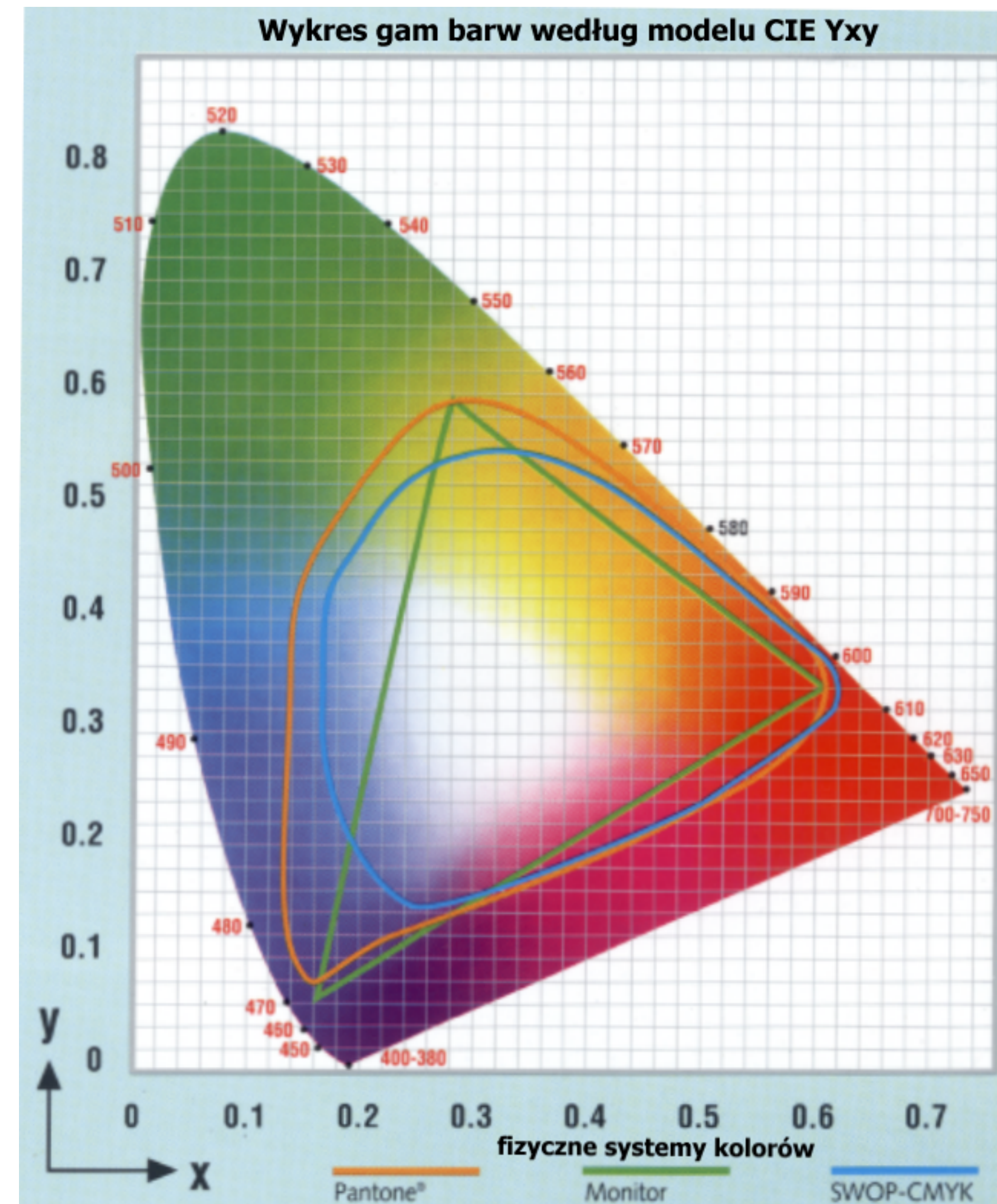
$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

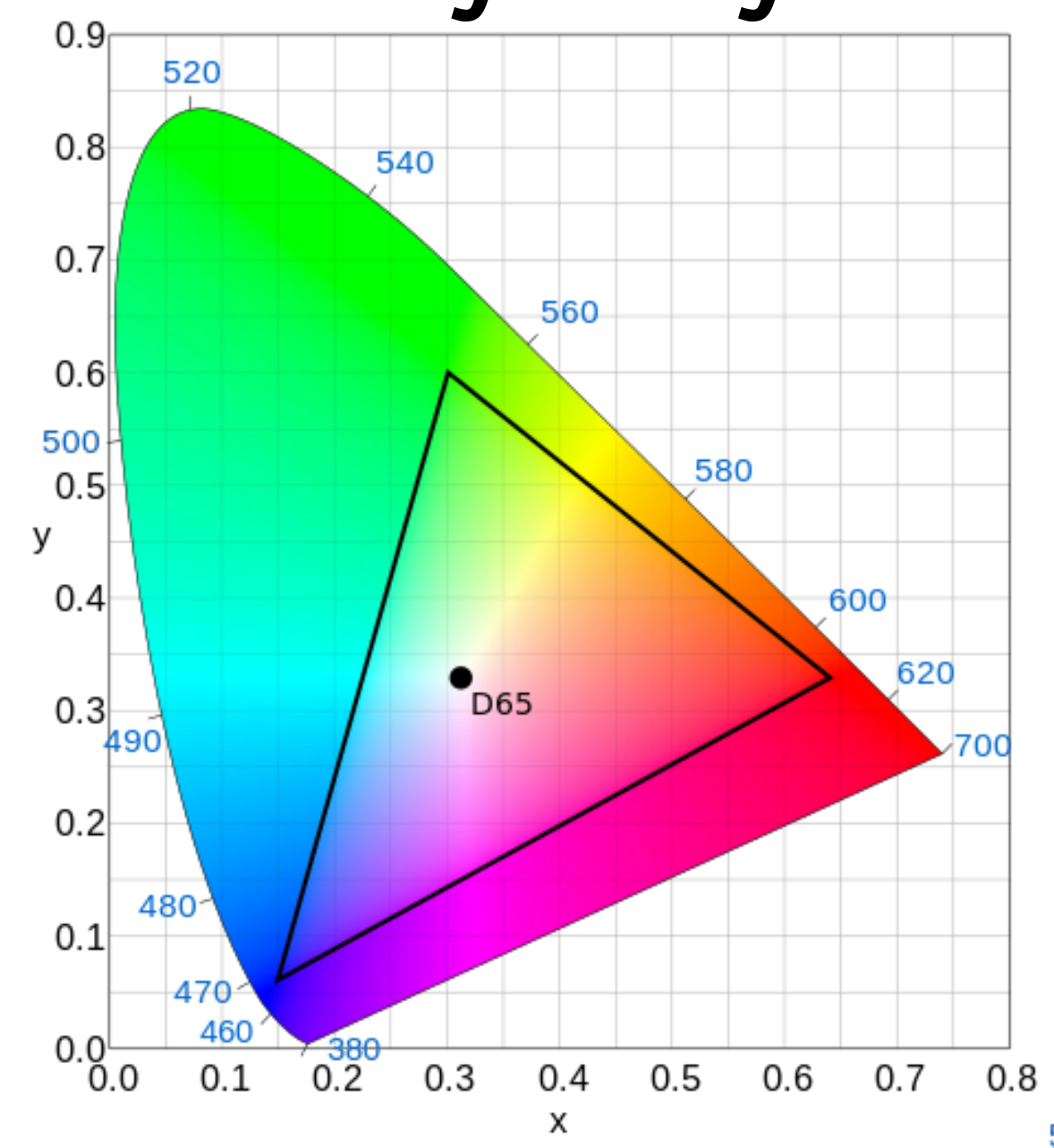
Przykładowa transformacja wag pomiędzy przykładowym systemem RGB a XYZ:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.490 & 0.310 & 0.200 \\ 0.177 & 0.813 & 0.011 \\ 0.000 & 0.010 & 0.990 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R_{CIE} \\ G_{CIE} \\ B_{CIE} \end{bmatrix}$$

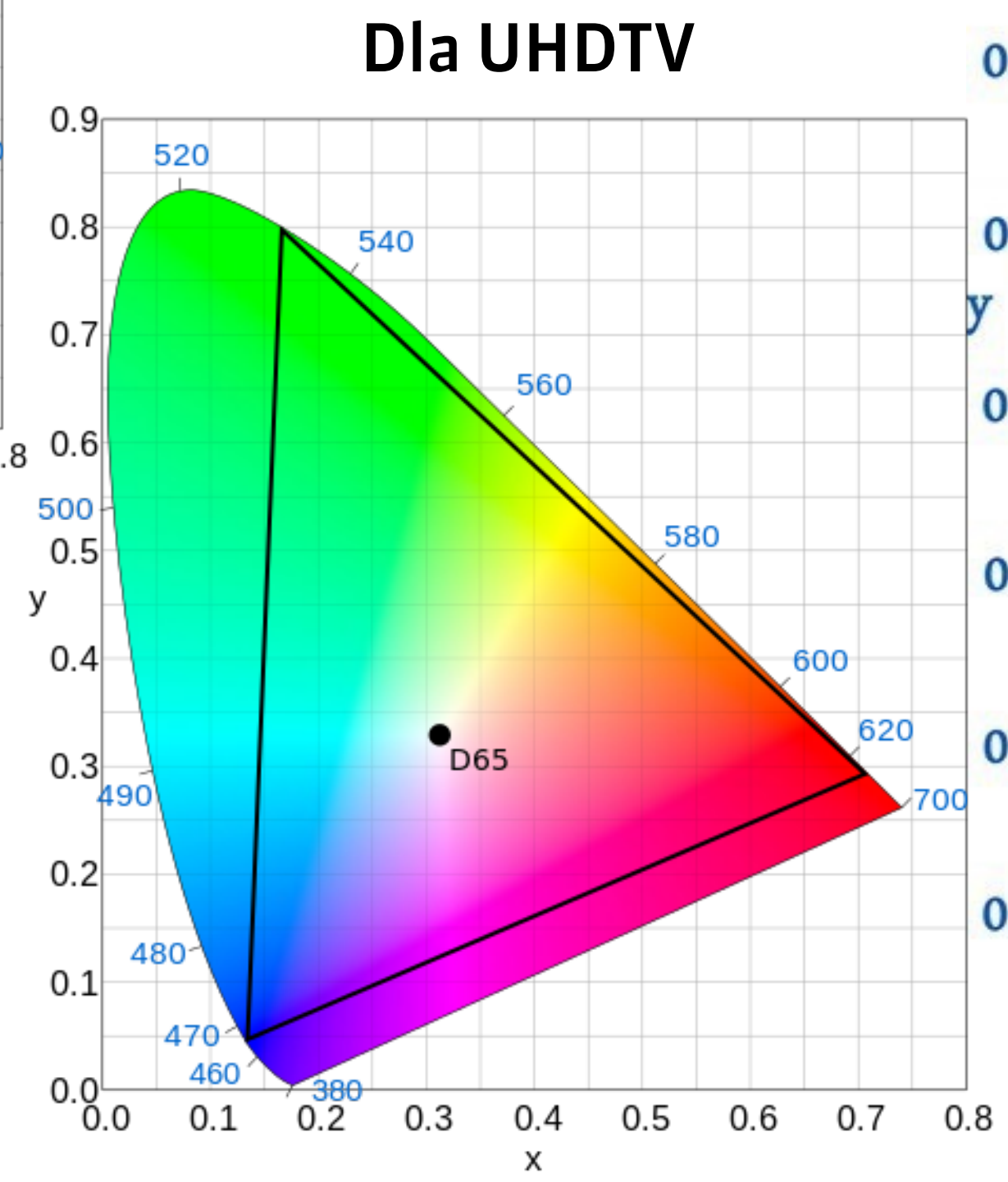
Dla różnych systemów RGB (różne kolory podstawowe – długości fal) będą oczywiście różne współczynniki transformacji.



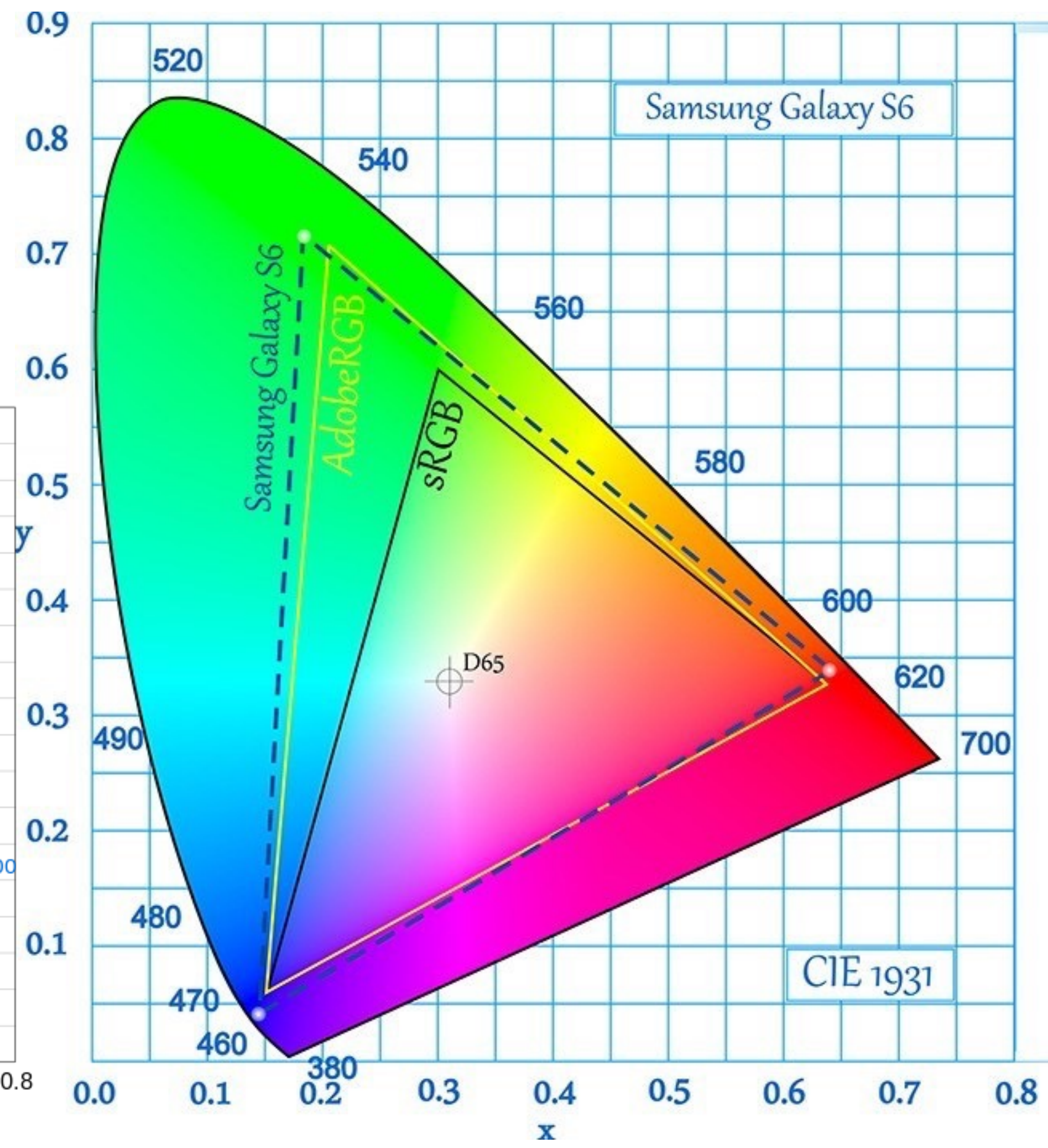
Przykłady



Dla HDTV



Dla UHDTV



Coverage (CIE)

- 99% sRGB
- 94% NTSC
- 98% Adobe RGB

Coordinates (CIExy)

R	0.640	0.343
G	0.180	0.717
B	0.145	0.037

Przestrzeń Hue, Saturation, Intensity (lub Value, albo Brithness) wyprowadza kolor ze światła białego definiując jego barwę, nasycenie i intensywność.

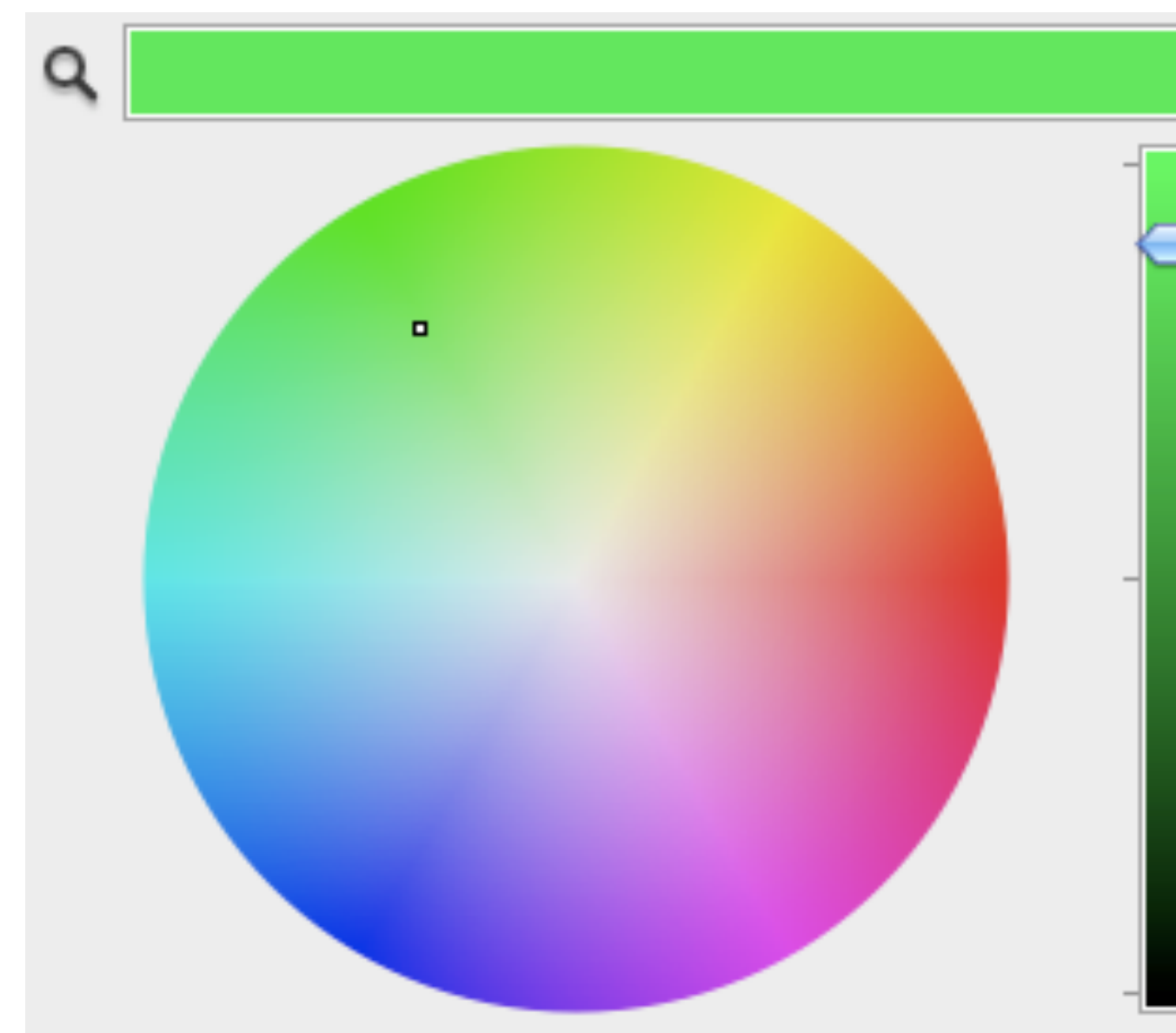
Barwa (0-360 stopni) to własność postrzegania, zgodnie z którą dany obszar podobny jest do koloru czerwonego, zielonego, żółtego, niebieskiego lub ich kombinacji.

Jaskrawość (0..1) to własność postrzegania, zgodnie z która "widzimy" więcej lub mniej światła.

Nasycenie (0..1) to postrzeganie kolorowości w odniesieniu do jasności. Zwykle odbierana jako ciepło barwy (im barwa bardziej ciepła tym większe nasycenie).

$$\begin{bmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{3}/3 & \sqrt{3}/3 & \sqrt{3}/3 \\ 0 & 1/\sqrt{2} & -1/\sqrt{2} \\ 2/\sqrt{6} & -1/\sqrt{6} & -1/\sqrt{6} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$H = \tan^{-1} \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \quad S = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}$$



Różnica pomiędzy przestrzenią RGB i HSB jest taka, że ta ostatnia bardziej zbliżona jest do percepcji kolorów przez człowieka. Problematiczne jest jednak odniesienie matematycznie zdefiniowanej różnicy koloru (w przestrzeni), a rzeczywiście postrzeganej różnicy kolorów przez obserwatora. W celu wypracowaniu jak najbardziej zbliżonej różnicy kolorów w przestrzeni i w postrzeganiu zdefiniowano przestrzeń L*a*b* (czy CIE Lab). L oznacza jasność jako nieliniową modyfikacją luminancji. Pozostałe dwie współrzędne opisują barwę.

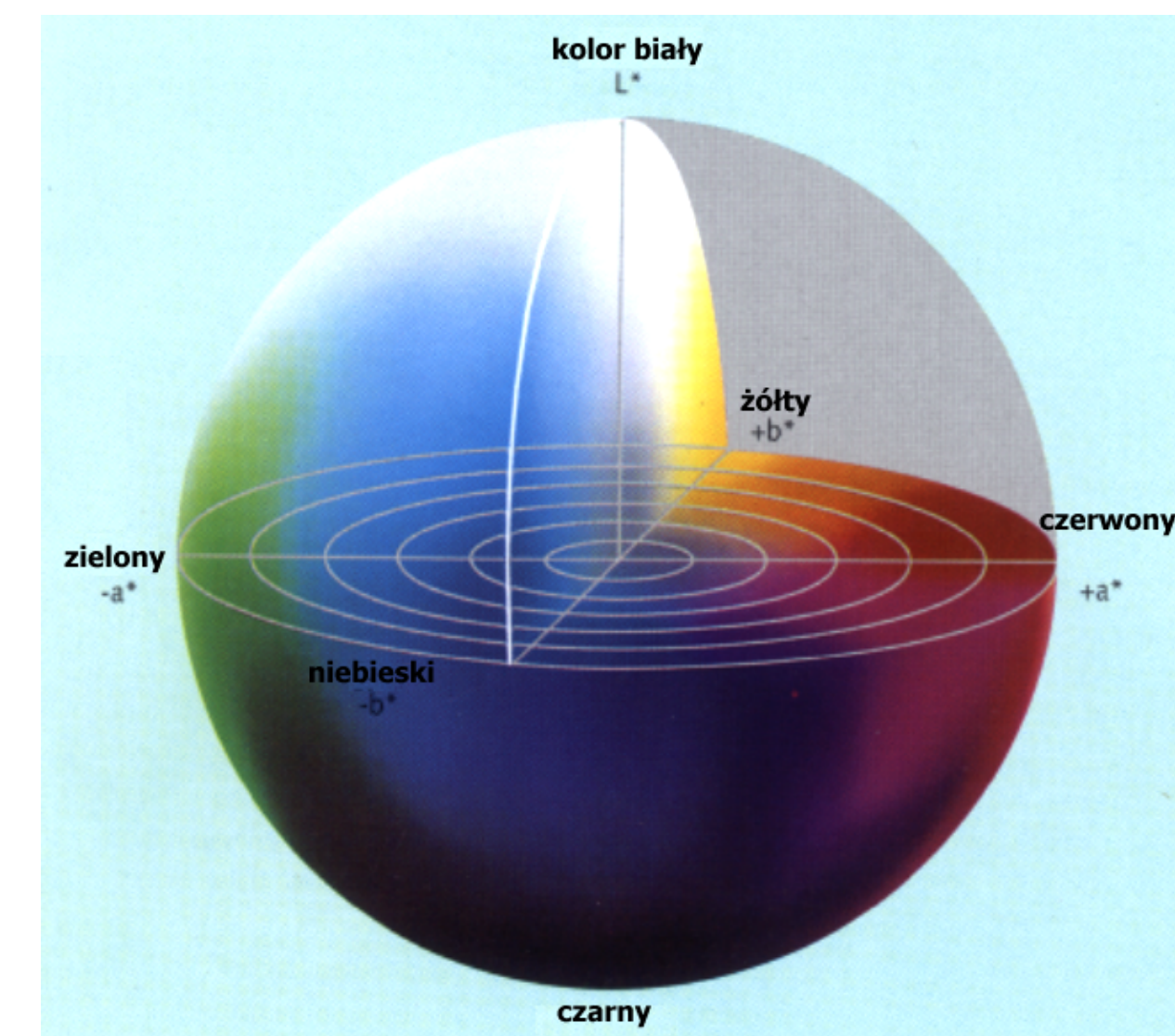
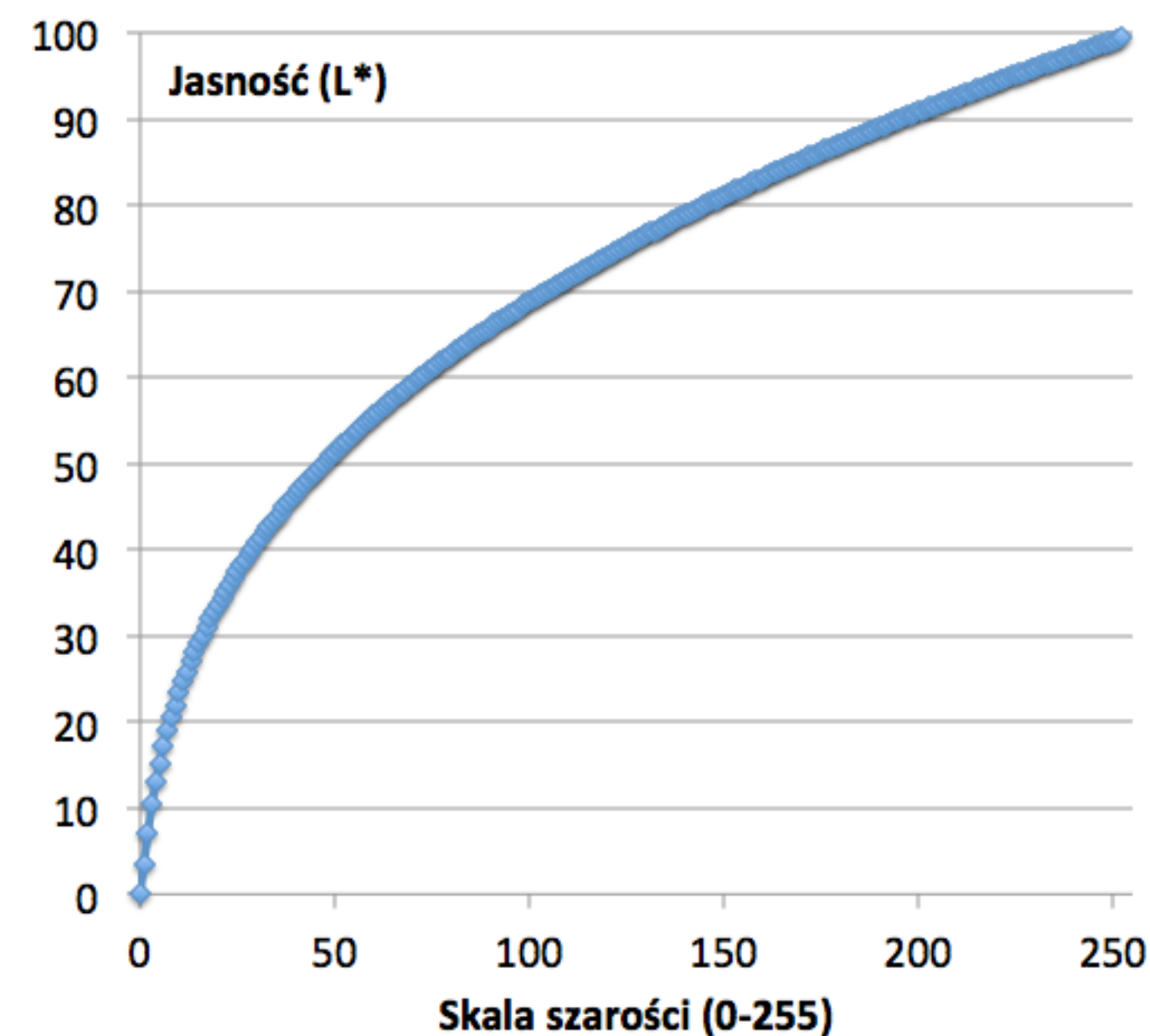
$$L^* = 116 f(Y/Y_n) - 16$$

$$a^* = 500 [f(X/X_n) - f(Y/Y_n)]$$

$$b^* = 200 [f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)]$$

$$f(t) = \begin{cases} t^{1/3} & t > (6/29)^3 \\ \frac{1}{3} \left(\frac{29}{6}\right)^2 t + \frac{4}{29} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Indeks "n" odnosi się do koloru białego.



W przestrzeni L*a*b* (czy CIE Lab) najważniejsza jest możliwość jest zastosowania poprzez wyznaczenie różnicy w percepcji kolorów.

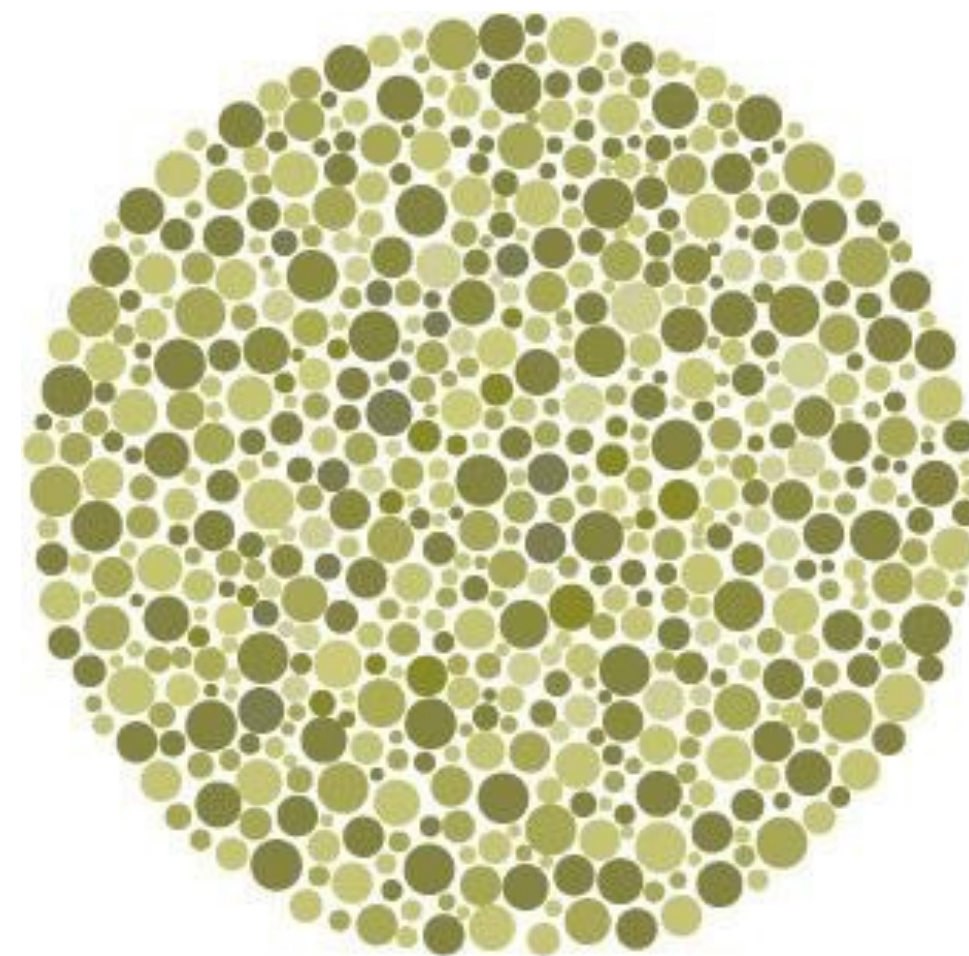
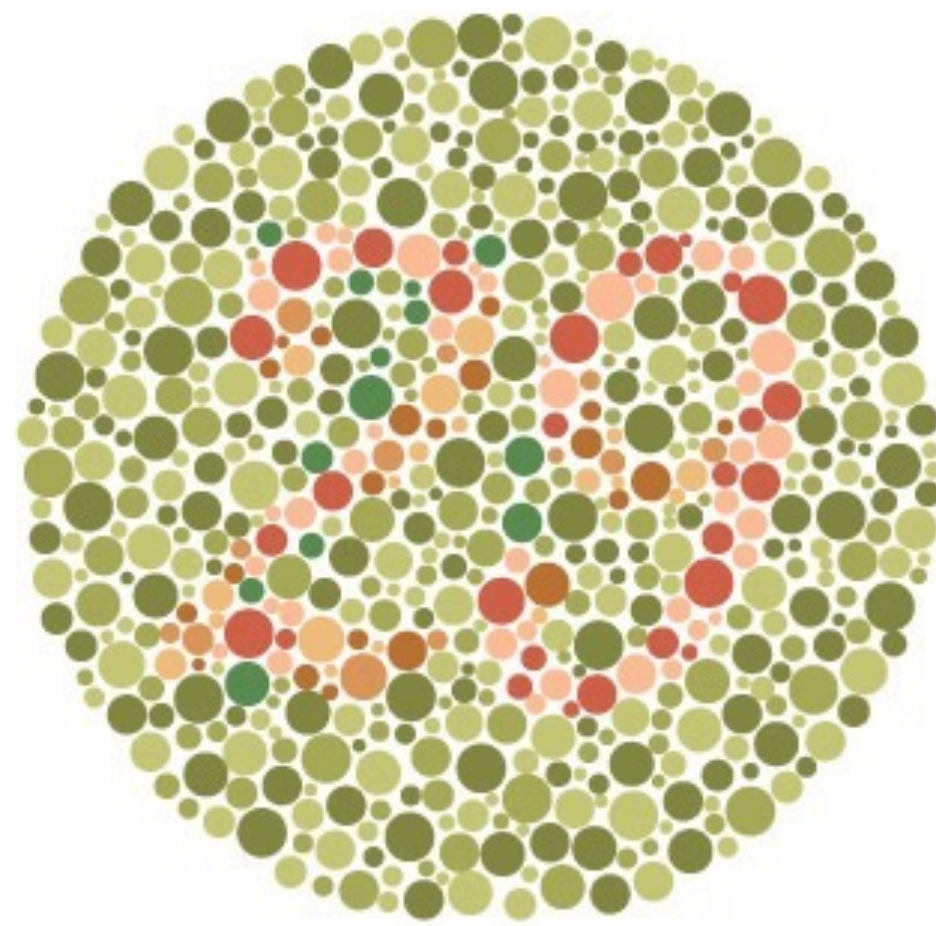
Założmy, że mamy dwa kolory:

K1=R1G1B1 -> L1a1b1

K2=R2G2B2 -> L2a2b2

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

gdzie: $\Delta L=L1-L2$, $\Delta a=a1-a2$, $\Delta b=b1-b2$



Jakie jest znaczenie miar różnicy kolorów?

Innym systemem kolorów jest system C (Cyan), M (Magenta), Y (Yellow), K (Black). System ten wykorzystywany jest w poligrafii.

Teoretycznie wystarczyłyby trzy wymiary CMY, jednak ze względu na realizowalność techniczną (problem w uzyskaniu czerni z mieszaniny atramentów/farb) wprowadzono jeszcze kolor czarny (B).

$$C = 1 - R$$

$$M = 1 - G$$

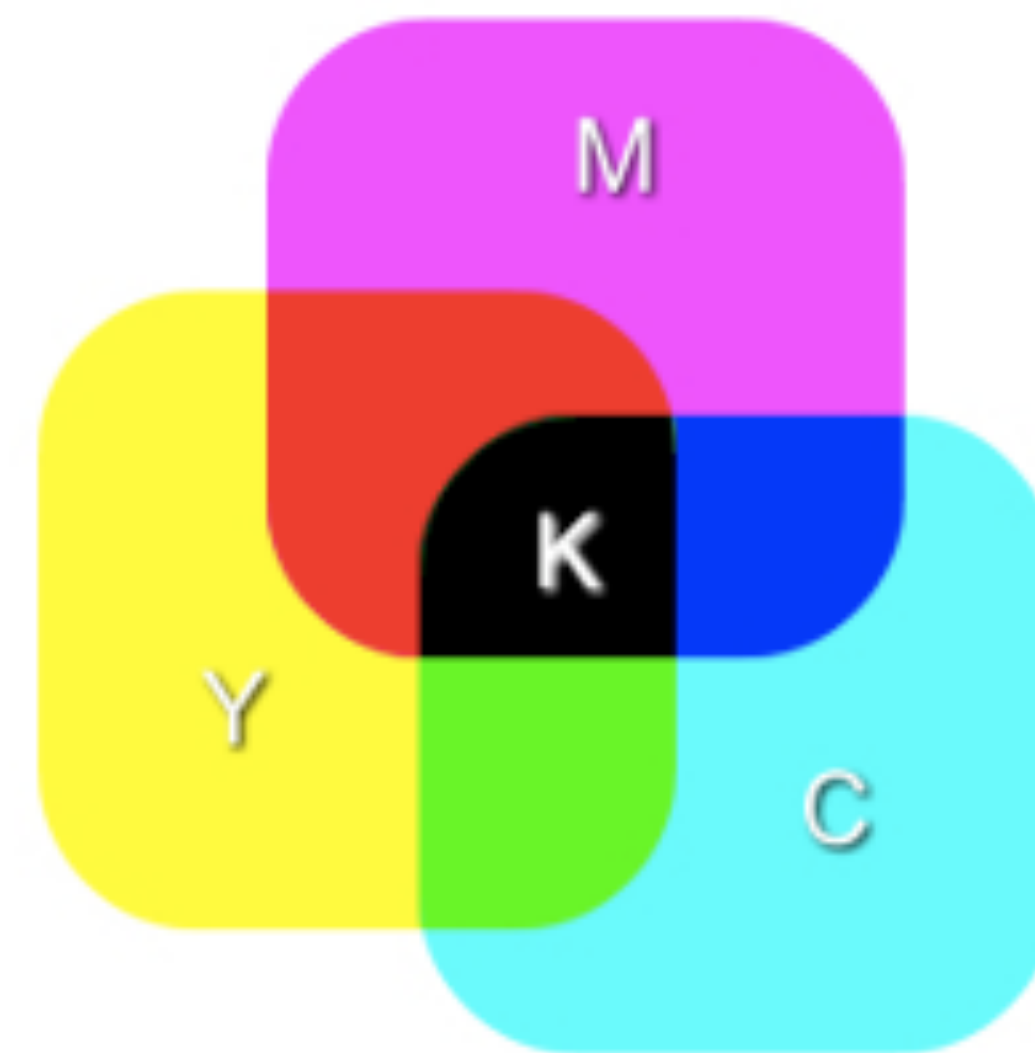
$$Y = 1 - B$$

$$K = 1 - \max\{R, G, B\}$$

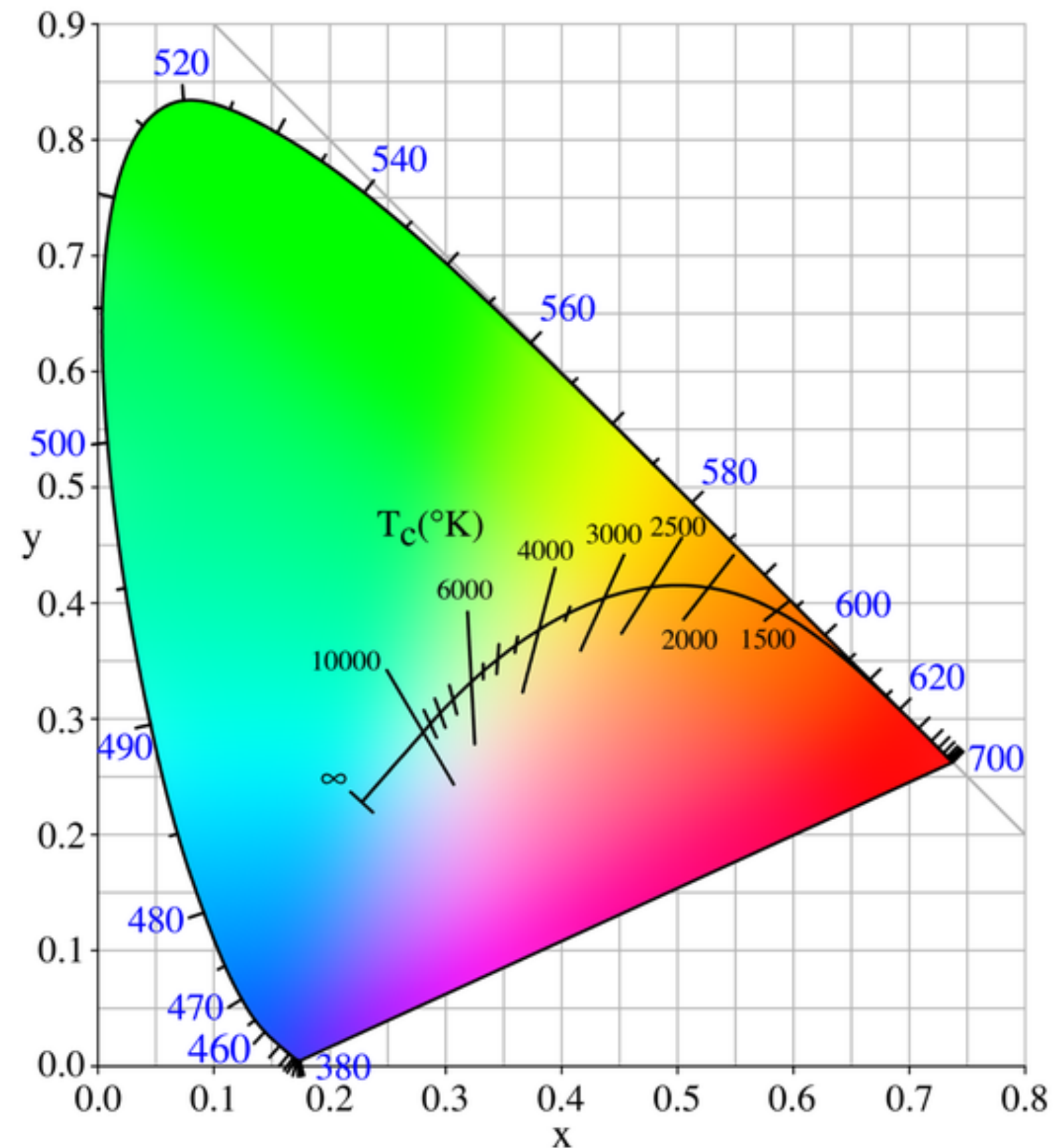
$$C = (1 - R - K) / (1 - K)$$

$$M = (1 - G - K) / (1 - K)$$

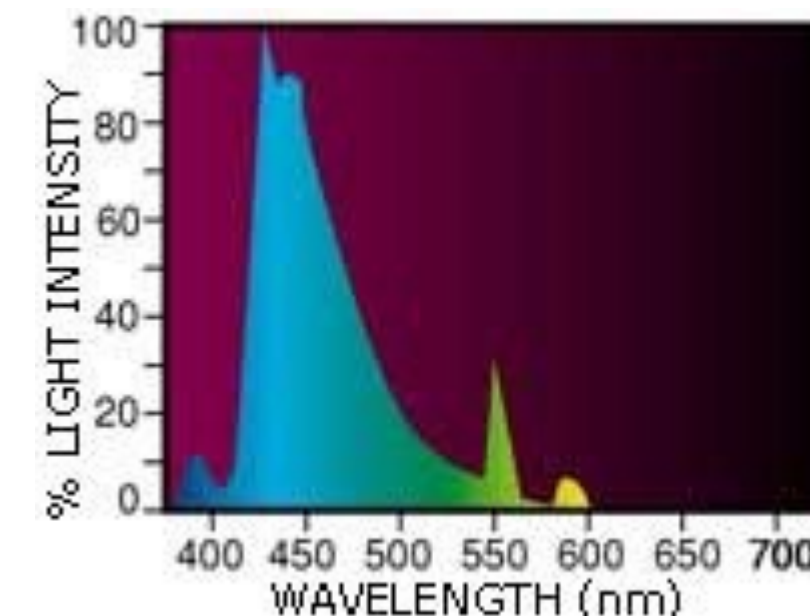
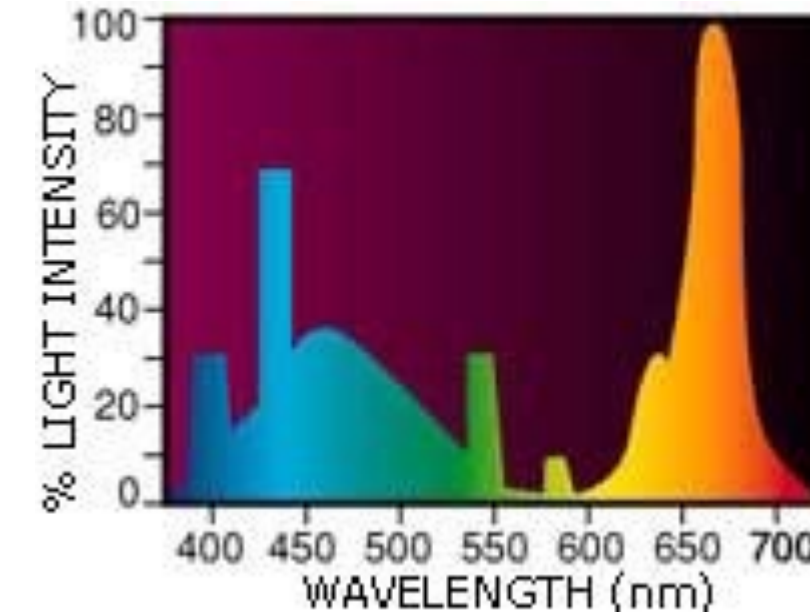
$$Y = (1 - B - K) / (1 - K)$$



Ważny parametr związany z kolorem: temperatura koloru dla danego źródła światła, to temperatura idealnego ciała czarnego, który promieniuje światło o podobnej barwie jak badane źródło.

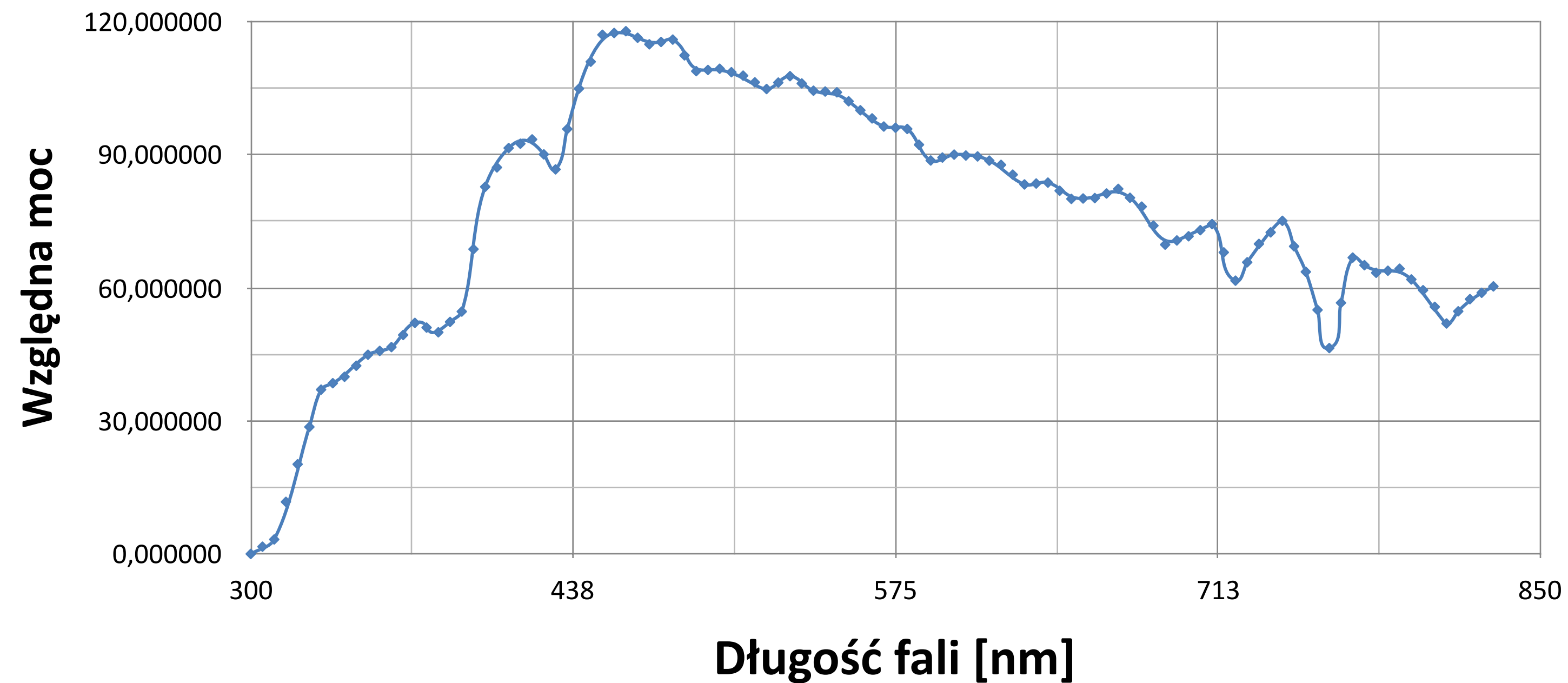


Źródło: Wikipedia



Źródło: Hagen, świetlówki do akwariów

Jak zdefiniować kolor biały – punkt bieli (ang. white point)? Często definiowany jest jako równoważnik światła dziennego (dla danego obszaru geograficznego). Przykładowo **D65** (ang. **D**aylight illuminant) określa oświetlenie dzienne o temperaturze koloru około **6500K** o współrzędnych chromatycznych $x=0,31271$; $y=0,32902$ oraz SPD (widmowy rozkład mocy):



Inne definicje punktów bieli to np. **D50**, D55, D75, itp.



Zapraszamy na kolejne zajęcia w przyszłym tygodniu