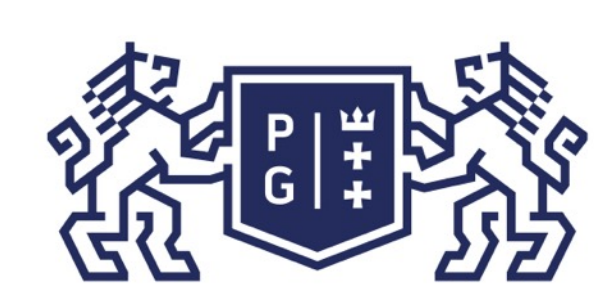




# Świat obrazów cyfrowych

Jacek Rumiński, Mariusz Kaczmarek



# Świat obrazów cyfrowych

Jacek Rumiński



Mariusz Kaczmarek

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



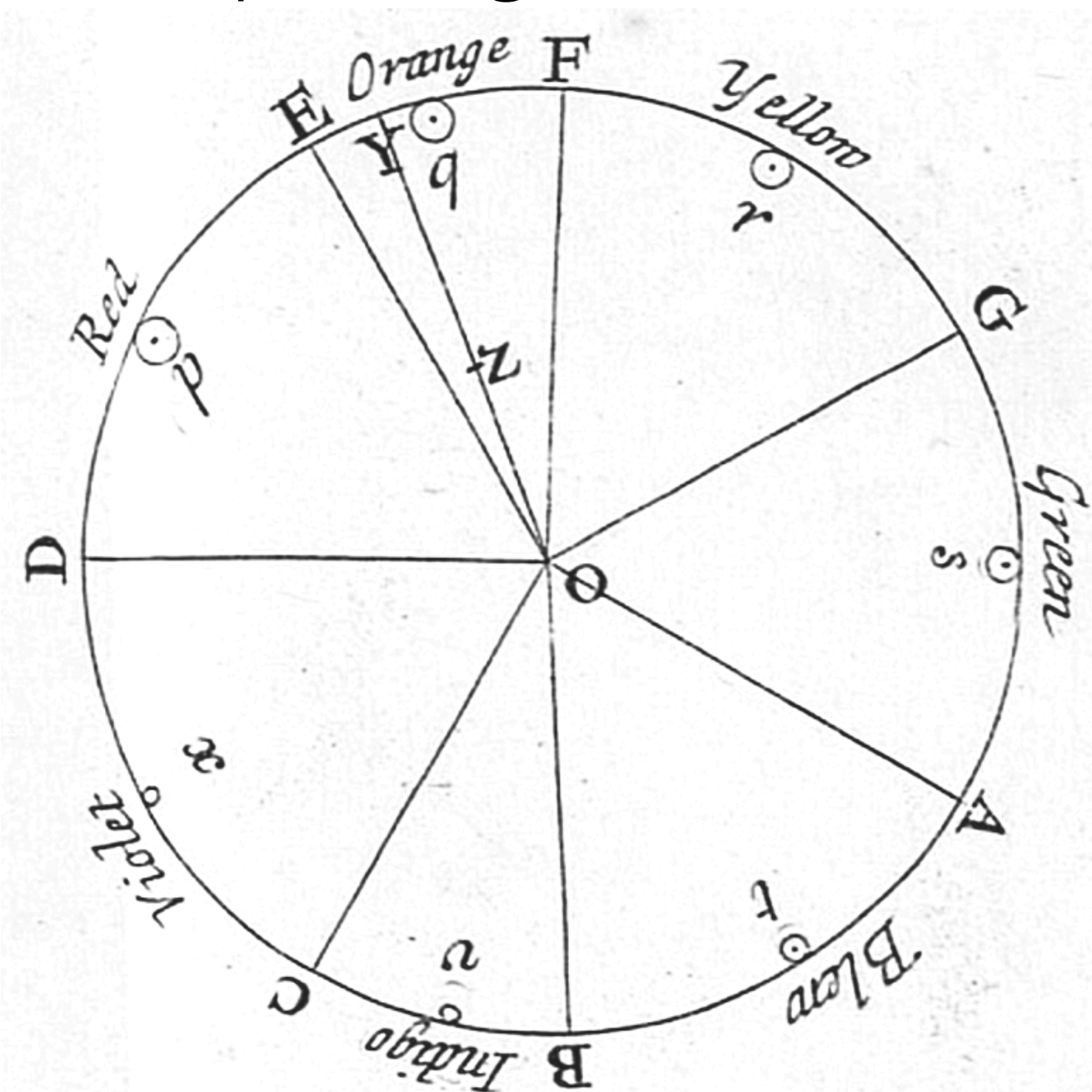
## Plan prezentacji

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

**Kolor** - wrażenie wywoływane w mózgu powstałe w efekcie rejestracji przez oko promieniowania elektromagnetycznego.

Jakie są kolory i skąd nazwy?

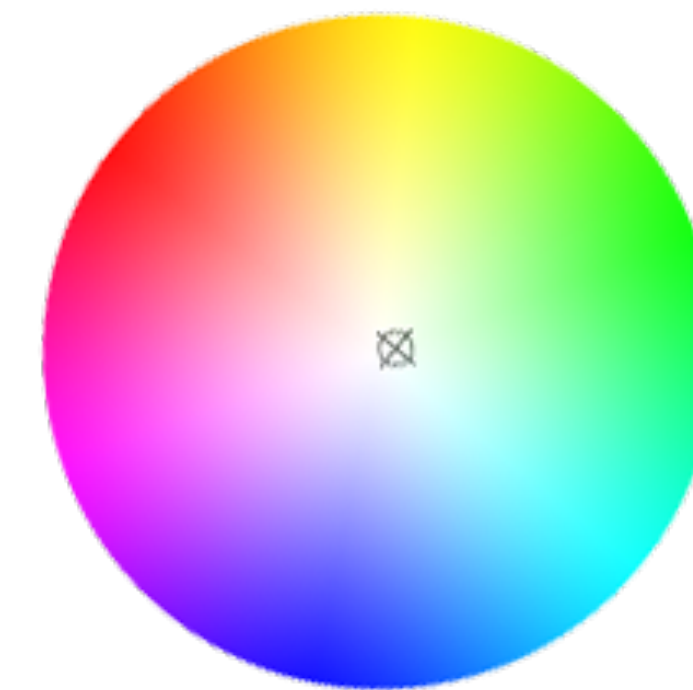
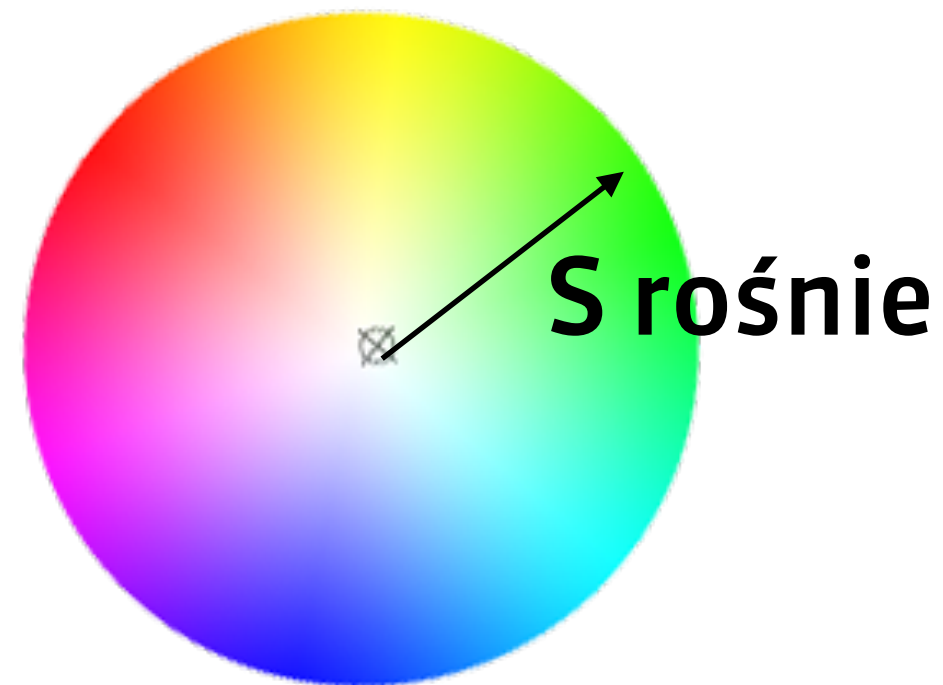
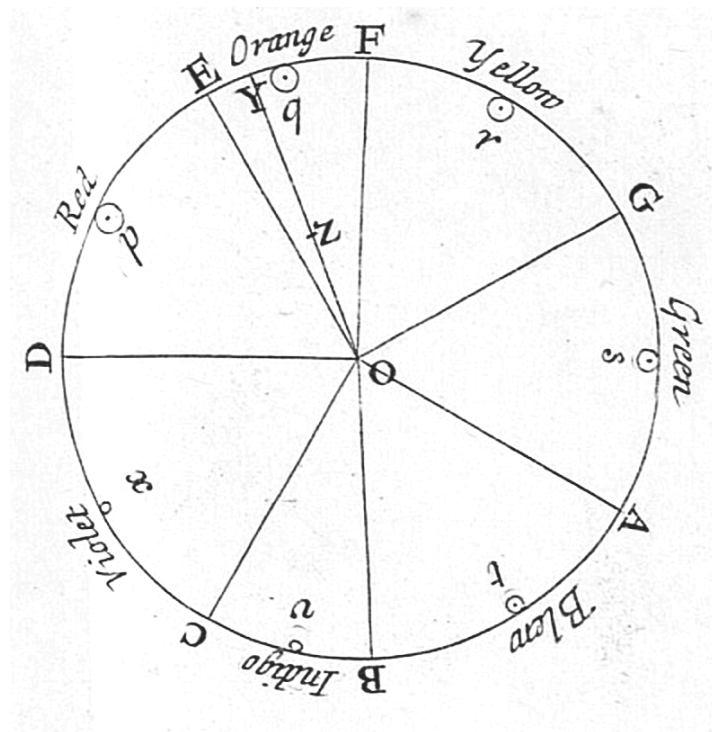
Nazwy kolorów wprowadzano w celu możliwości wymiany zgodnych informacji. Isaac Newton (w dziele Opticks) zaproponował 7 barw podstawowych odnosząc je do rozczepionego światła białego budując swoiste koło barw.



źródło: Isaac Newton, Opticks, Wikipedia

**Barwa** prosta (własność koloru) - to w uproszczeniu kolor (nazwa) związany z pojedynczą długością fali promieniowania elektromagnetycznego (np. obserwowana w tęczy). Przykładowo w jednym z modeli przyjmuje się, że barwa czerwona jest postrzegana dla promieniowania o długości fali 645nm, zielona dla 526nm, a niebieska dla 444nm.

**Barwa** (ang. **hue - H**) jest dzisiaj określana jako stopień podobieństwa lub różnicy odbieranego bodźca do bodźca opisywanego jako „czerwony”, „zielony”, „niebieski” lub „żółty”.



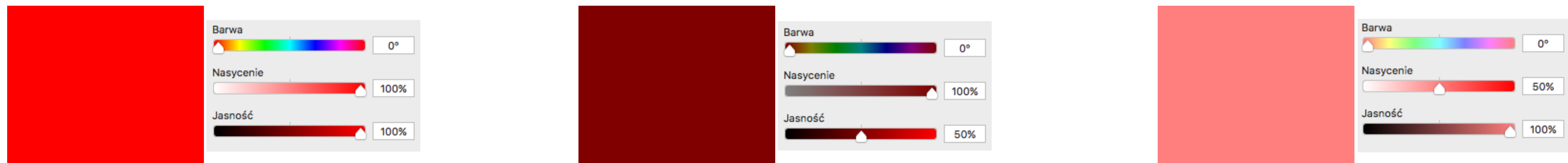
Inne własności barwy to **nasycenie** czy **jaskrawość**.

**Nasycenie** (ang. **saturation - S**) - to intensywność koloru. Im kolor jest mniej intensywny tym jest bardziej „pastelowy” czy nasycony bielą.

**Jaskrawość** (ang. **brithness - B**) - to „ilość” światła w kolorze, czyli jasność barwy (np. kolor jest ciemnozielony lub jasnozielony ponieważ ma różną jaskrawość).

## Właśnie poznaliśmy pierwszy model koloru: HSB!

W modelu tym definiowana jest przestrzeń 3D wyznaczana przez dziedzinę wartości dla H (barwa od 0 do 360 stopni), dla S (nasycenie od 0 do 1 lub od 0% do 100%) oraz dla B (jaskrawość od 0 do 1 lub od 0% do 100%).



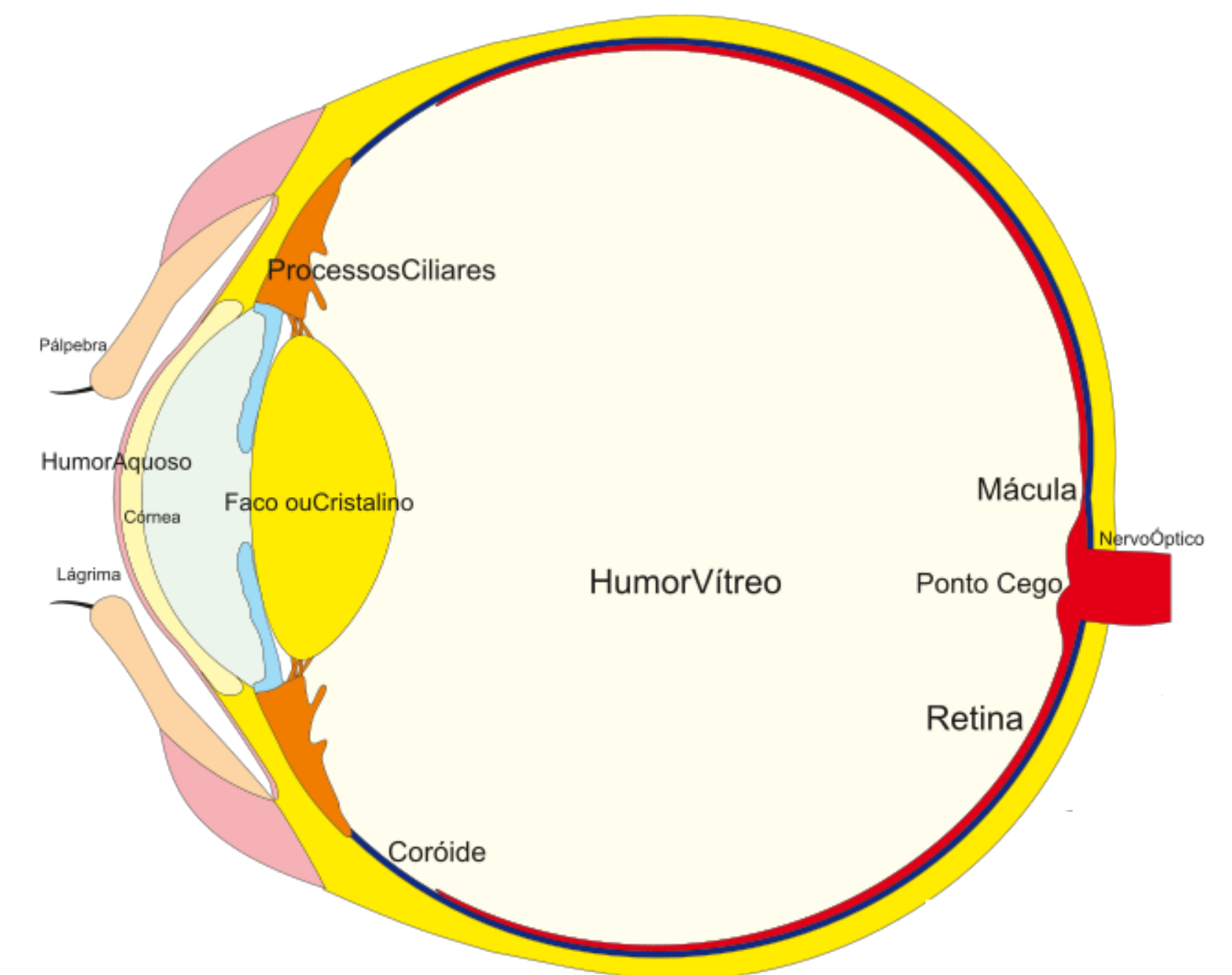
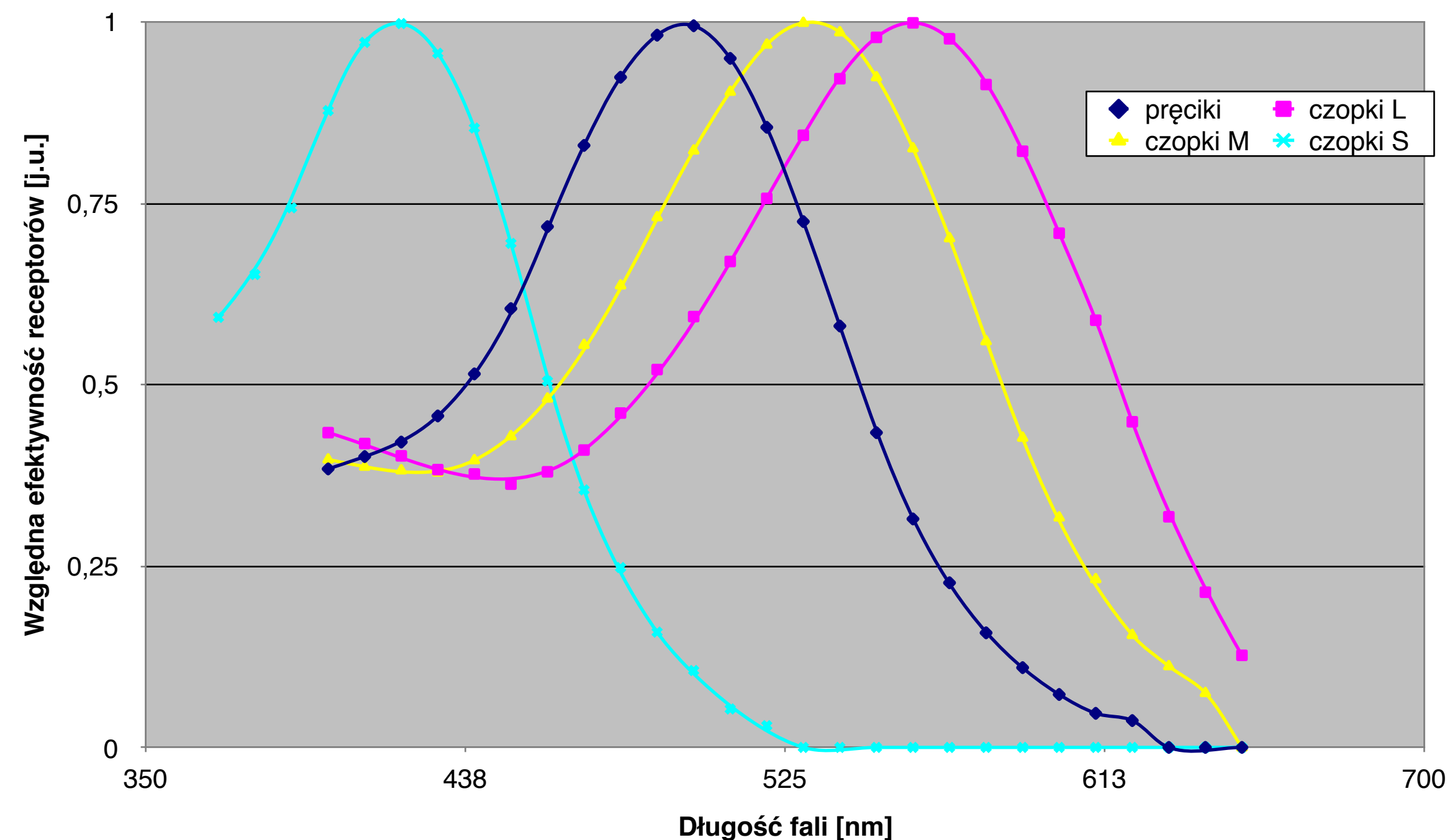
Czyli kolor jest reprezentowany przez 3 współrzędne, np. (0,100,100) lub (0,50,100), itd.

**Dlaczego akurat 3 wymiary (i trzy współrzędne)?**

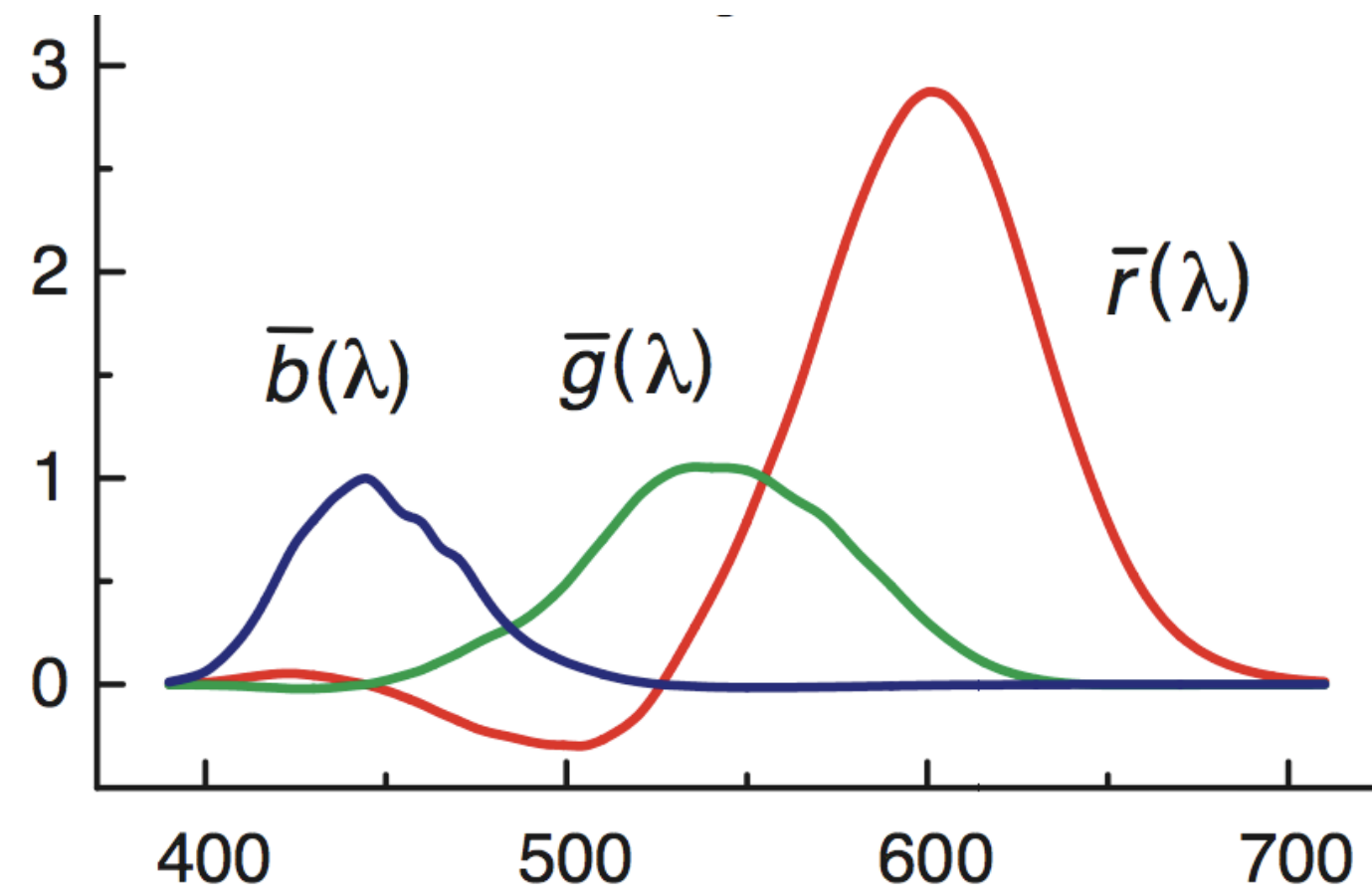
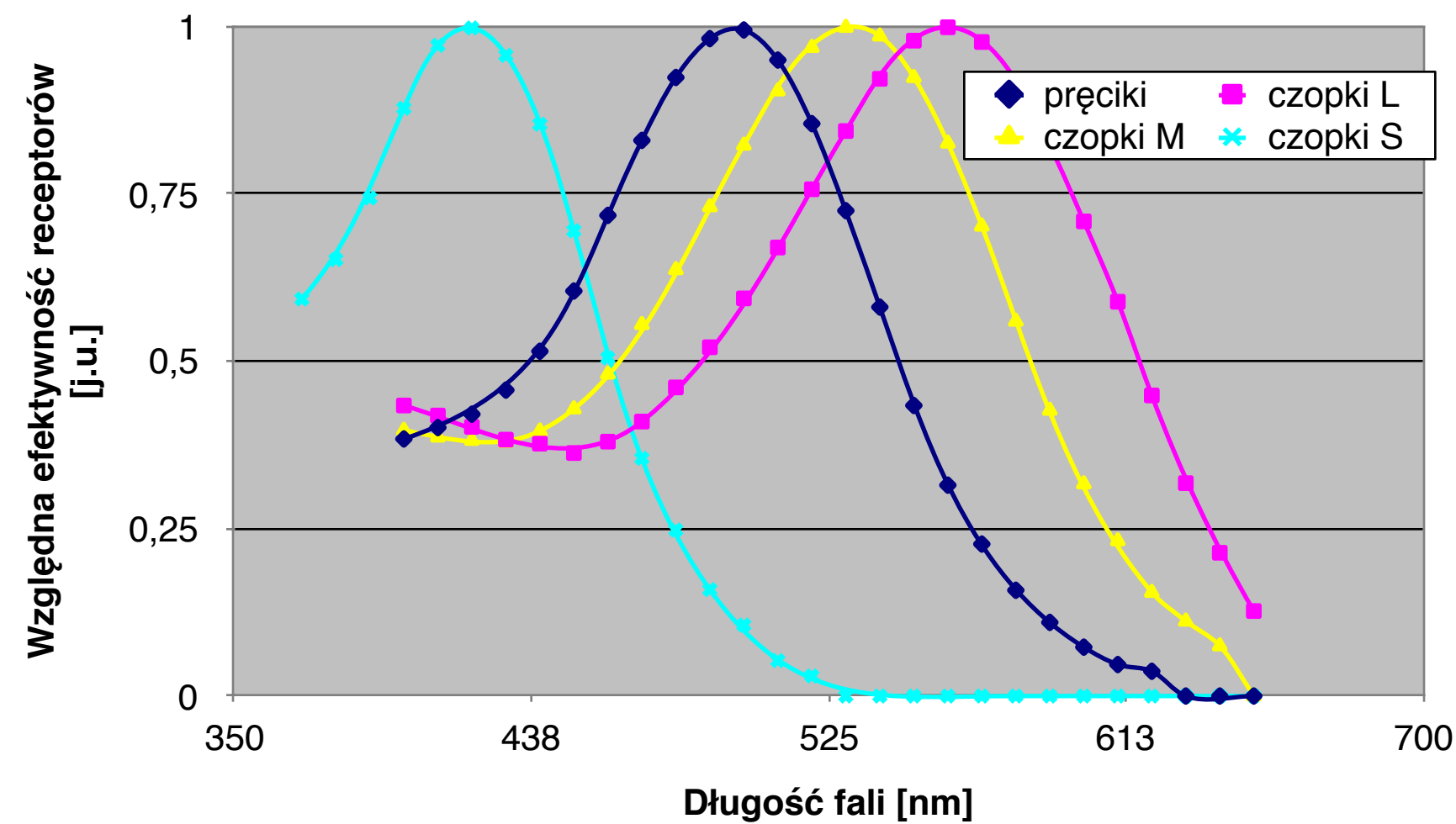
Postrzeganie światła przez człowieka związane jest z dwoma rodzajami receptorów w siatkówce oka. Są to **czopki** i **pręciki**.

**Pręciki** rejestrują natężenia promieniowania elektromagnetycznego w określonym zakresie długości fal (ogólnie istnieje jeden typ pręcików) i są bardziej aktywne przy mniejszej intensywności oświetlenia.

**Czopki** związane są z możliwością rejestracji promieniowania w **trzech** oddzielnych zakresach promieniowania (trzy typy czopków), co w efekcie umożliwia widzenie koloru.



## Co „widzą” czopki i pręciki.



## Funkcje CMF dla RGB

$$\bar{l}_R \bar{r}(\lambda) + \bar{l}_G \bar{g}(\lambda) + \bar{l}_B \bar{b}(\lambda) = \bar{l}(\lambda),$$

$$\bar{m}_R \bar{r}(\lambda) + \bar{m}_G \bar{g}(\lambda) + \bar{m}_B \bar{b}(\lambda) = \bar{m}(\lambda),$$

$$\bar{s}_R \bar{r}(\lambda) + \bar{s}_G \bar{g}(\lambda) + \bar{s}_B \bar{b}(\lambda) = \bar{s}(\lambda),$$

wagi

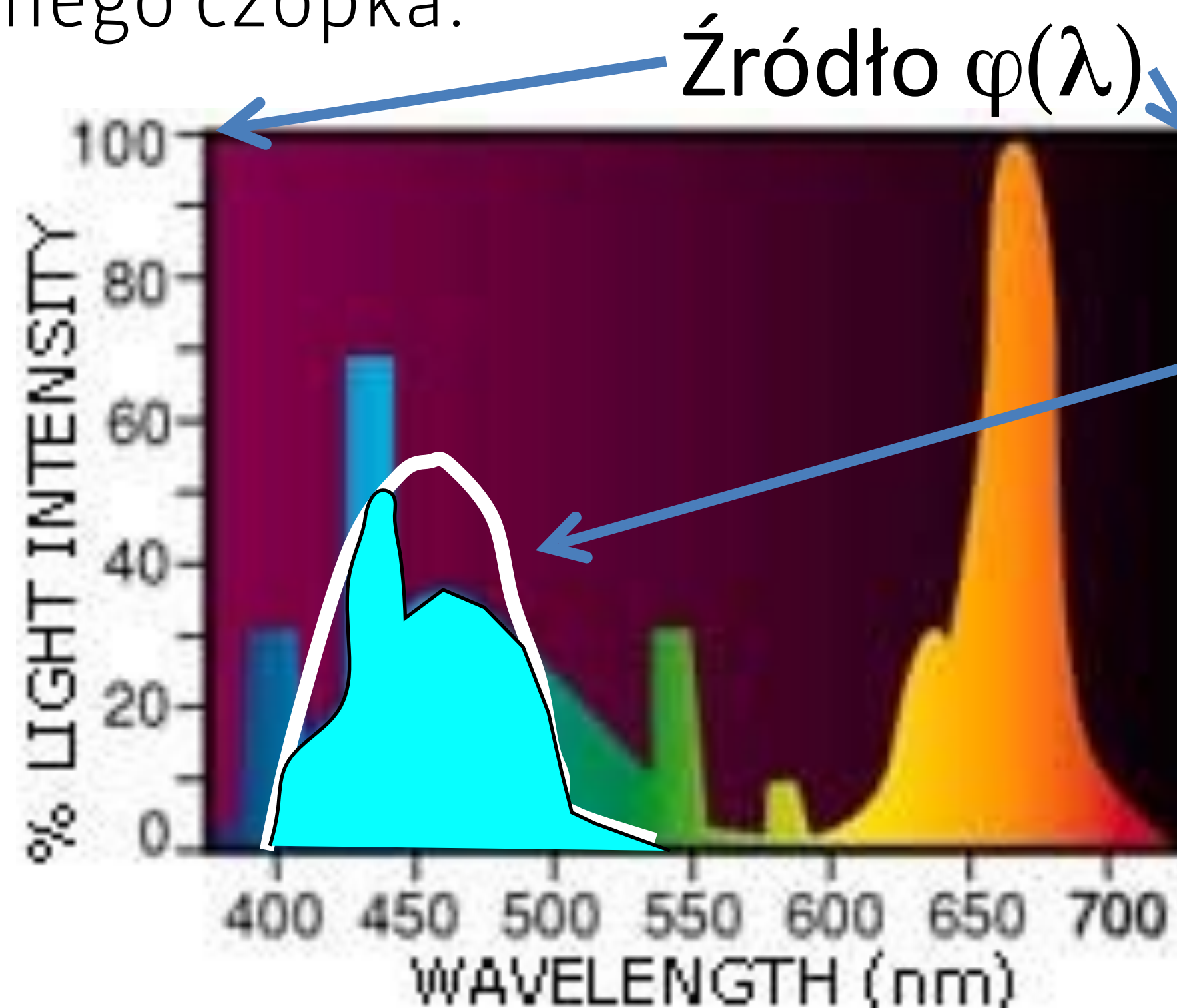
Funkcje dopasowania kolorów (ang. Color Matching Functions – CMF) to odpowiedź obserwatora (czopków) na pobudzenie światłem o określonej długości fali ("czułość na barwę").



Co „widzi” czopek?

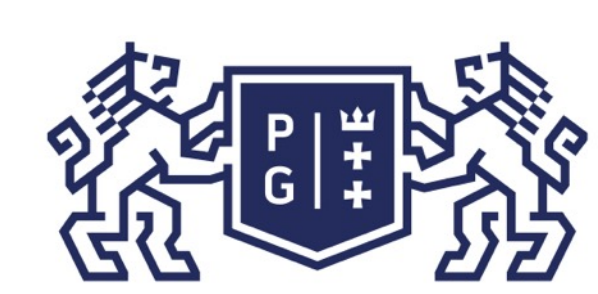
Z padającego na niego światła „wycina” tylko tę część (fotony), które są w zakresie jego czułości.

Jeśli funkcja  $\varphi(\lambda)$  opisuje źródło światła (intensywności dla różnych długości fal) wówczas to co rejestruje czopek jest częścią  $\varphi(\lambda)$ , która przechodzi przez filtr opisywany czułością danego czopka.



$\sim \bar{s}(\lambda)$   
wycinamy z  $\varphi(\lambda)$

$$S = \int \varphi(\lambda) \bar{s}(\lambda) d\lambda$$



## Plan prezentacji

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

Ze względu na rozwój technologii zaproponowano użycie modelu koloru, w którym kolorami podstawowymi są „czerwony” (ang. Red - **R**), „zielony” (ang. Green - **G**) oraz niebieski (ang. Blue - **B**).

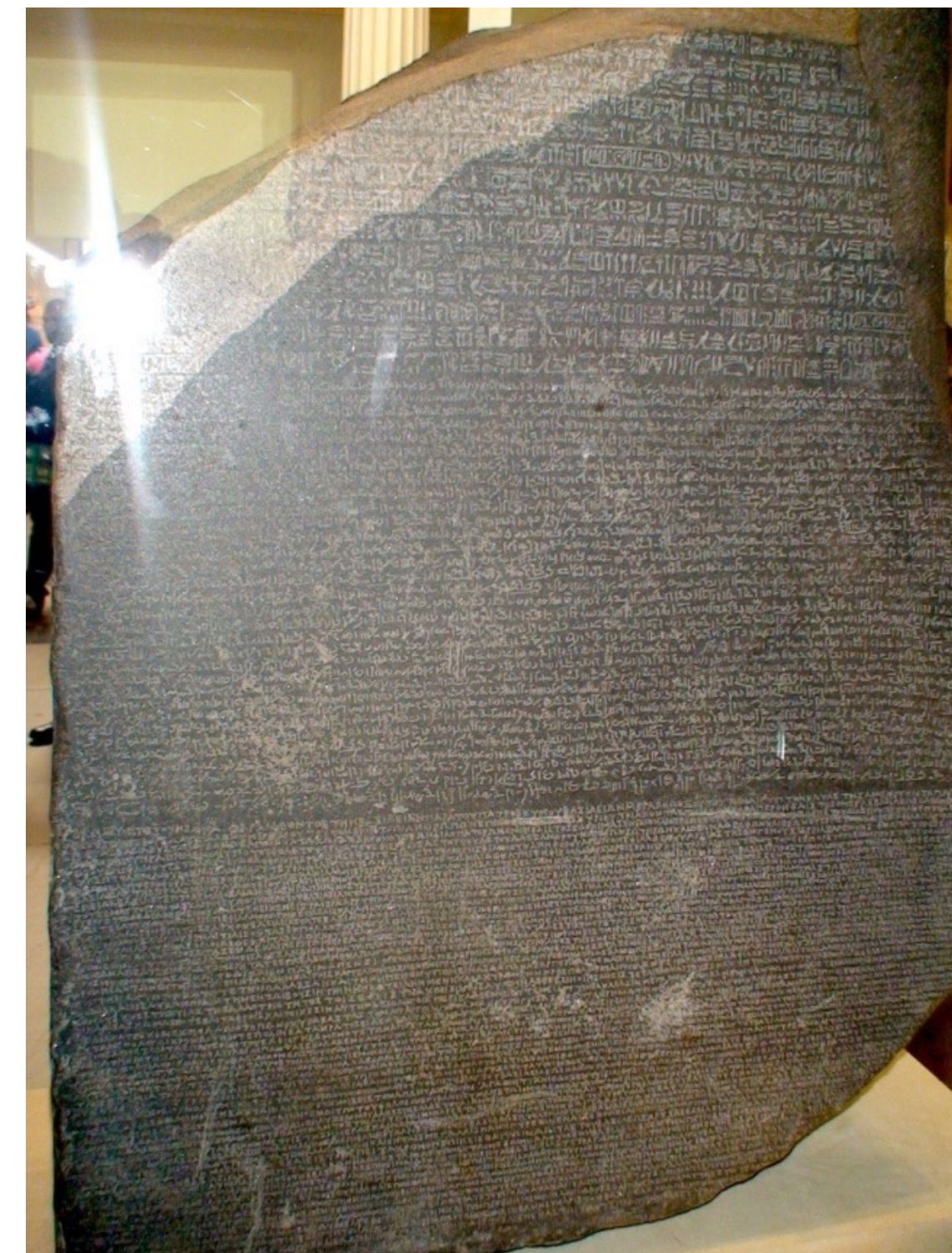
Thomas Young (teoria Younga-Helmholtza) zaproponował definicję koloru jako mieszaninę trzech kolorów związanych z sygnałami odbieranymi przez trzy rodzaje czopków. W konsekwencji kolor można opisać jako:

$$K = r \cdot R + g \cdot G + b \cdot B;$$

K – uzyskiwany kolor,

r, g, b – oznaczają wagi kolorów podstawowych (tworzenie odcieni)

R, G, B – oznaczają kolory podstawowe (konkretne długości fal).

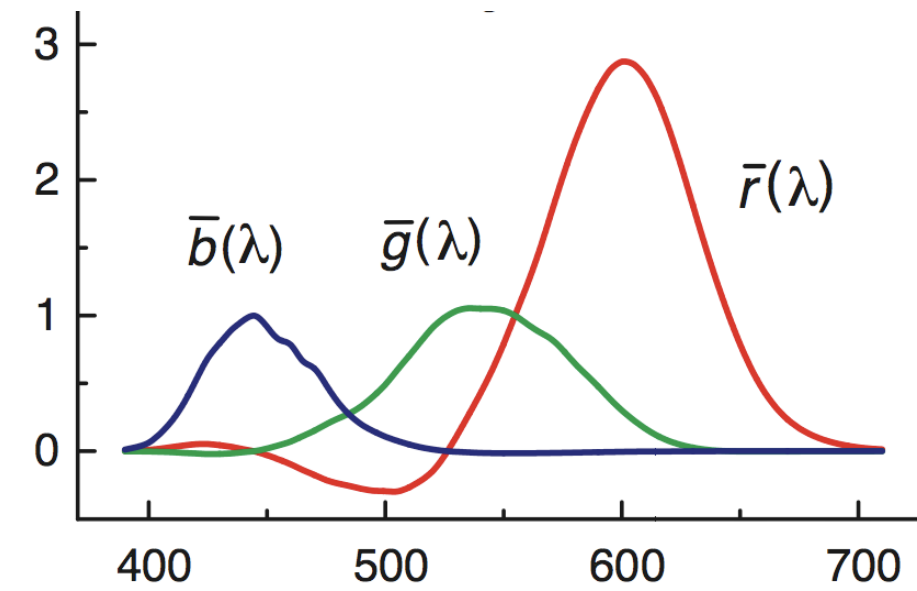


Wagi  $r$ ,  $g$ ,  $b$  są często oznaczane wielkimi literami  $R$ ,  $G$ ,  $B$  i odnoszą się do

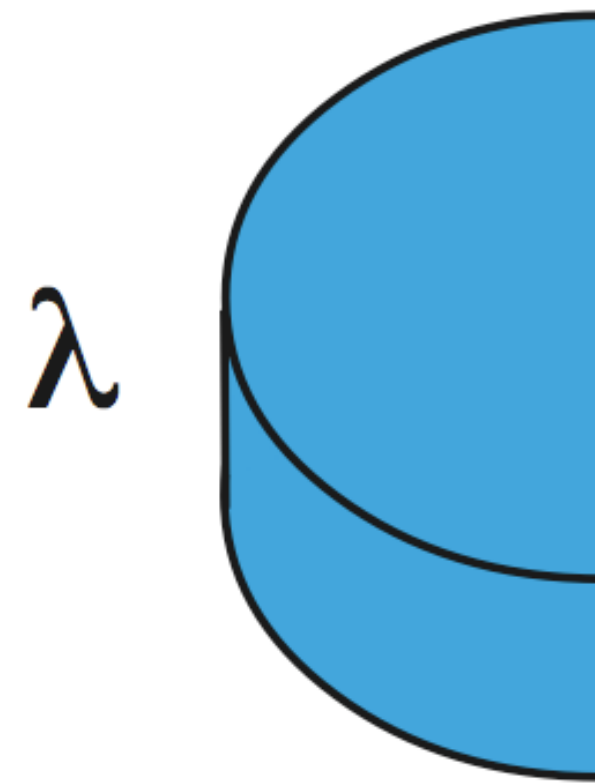
$$R = \int \varphi(\lambda) \bar{r}(\lambda) d\lambda$$

$$G = \int \varphi(\lambda) \bar{g}(\lambda) d\lambda$$

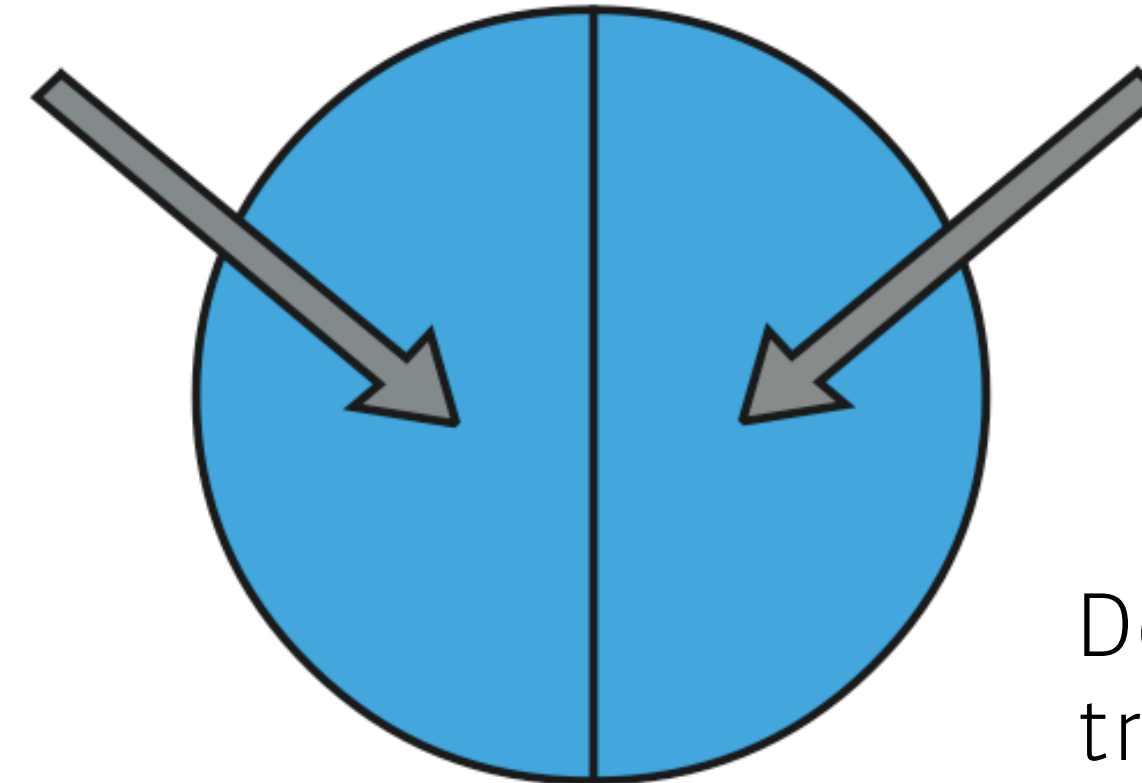
$$B = \int \varphi(\lambda) \bar{b}(\lambda) d\lambda$$



Źródło badane



Porównujemy



Źródła referencyjne  
(barwy podstawowe)

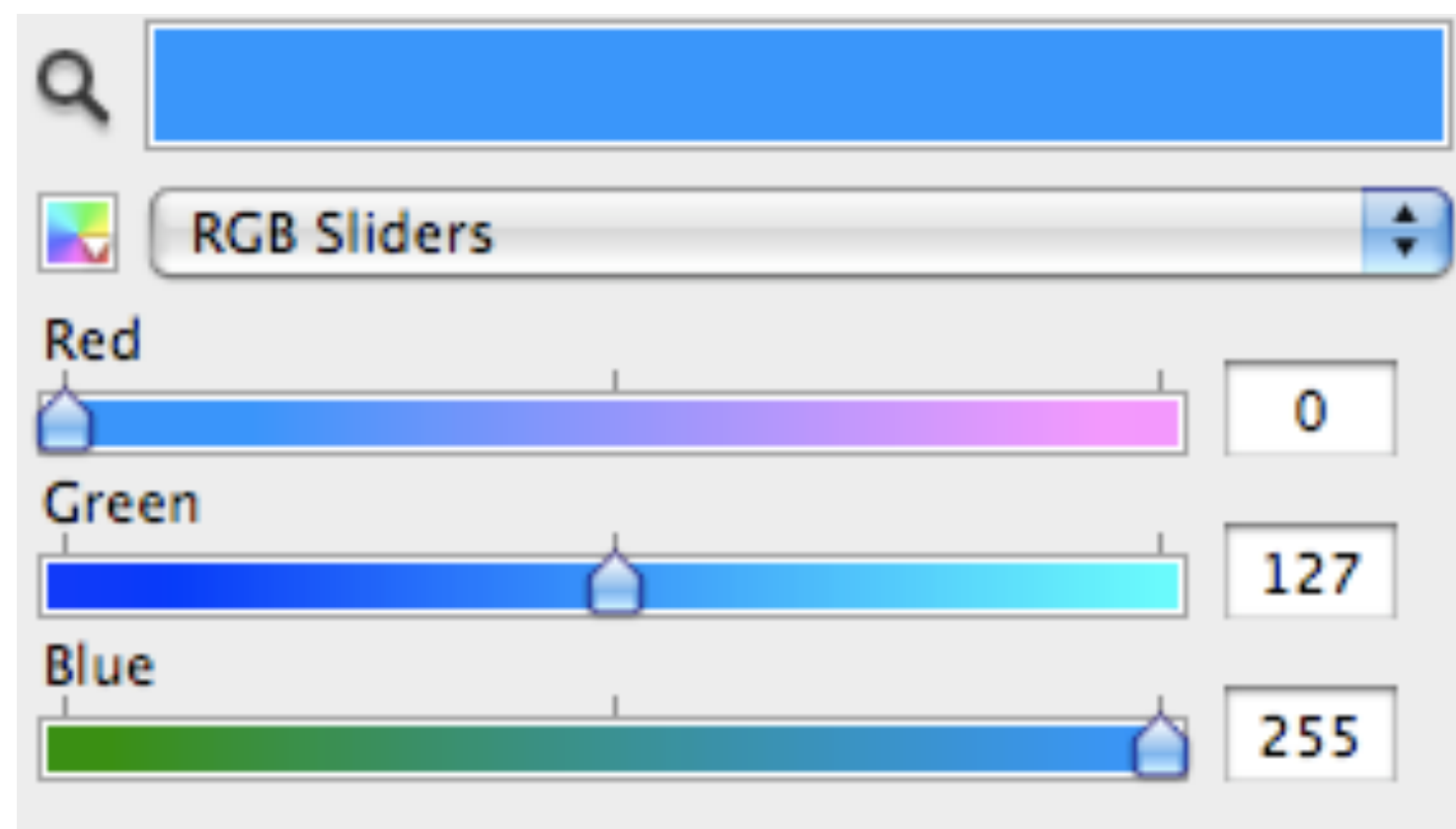


R (645 nm)

G (526 nm)

B (444 nm)

Dobieramy "wagi":  
tristimulus values



Tylko skąd te liczby od 0 do 255? Czemu nie od 0 do 100%?

Jakiego rodzaju liczby będą zapisywane w macierzy danych? Skąd wartości wag od 0 do 255?

Komputery operują na kodach binarnych i wykorzystują bity (1 bit to wartość 0 lub 1) i bajty (8 bitów, czyli np. 0110 1100) jako podstawowe jednostki pamięci. Dlatego najprościej i dokładnie można zapisać liczby całkowite.

Przykładowo jeden bajt zapisywany jest na 8 bitach, wówczas:

wartość 0    jako **0000 0000**

wartość 1    jako **0000 0001**

wartość 2    jako **0000 0010**

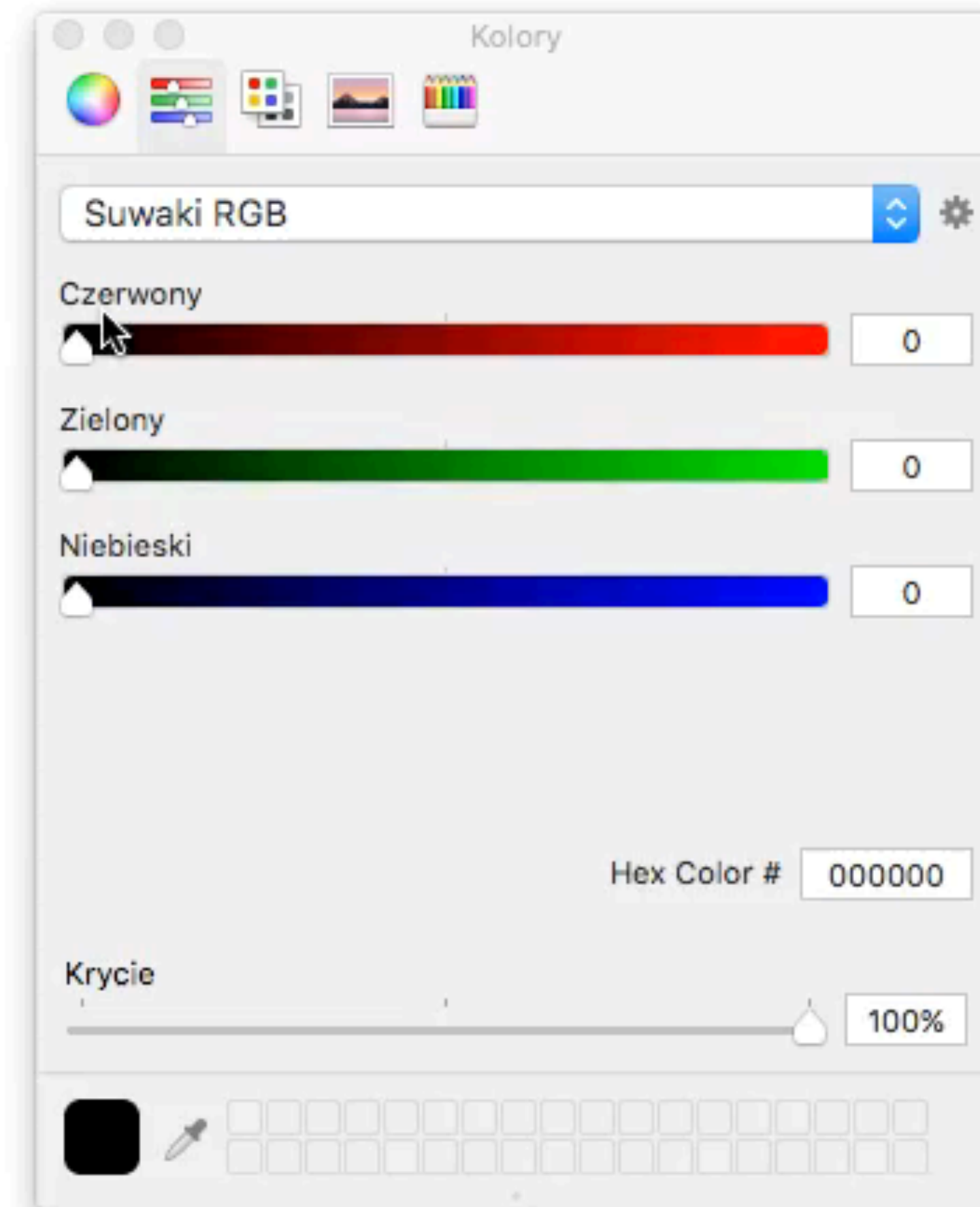
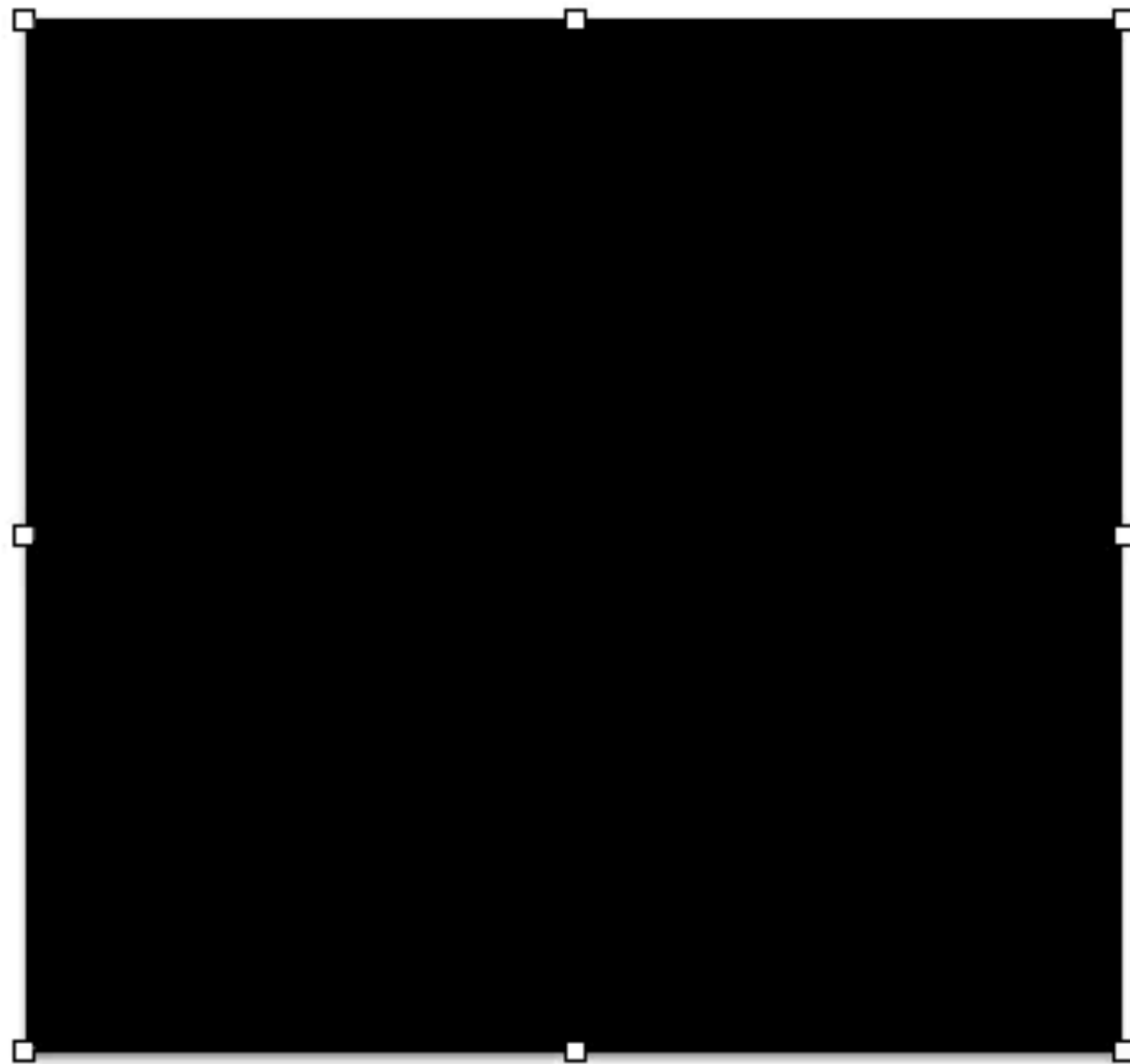
wartość 3    jako **0000 0011**

...

wartość 255 jako **1111 1111**.

Oznacza to, że używając tylko jednego bajtu (1B) można zapisać wartości liczb całkowitych z przedziału 0-255 (256 pozycji, czyli 2 do potęgi 8= $2*2*2*2*2*2*2*2=256$ ; do potęgi 8 bo 8 bitów). Z tych względów oraz ze względu na realizacje techniczne wartości macierzy danych sprowadza się najczęściej do zakresu 8 bitowego (czyli z przedziału 0-255).

## Demonstracja:



Różne systemy RGB – różne kolory podstawowe (współczynnik gamma wpływa na lokalizację kolorów na wykresie  $x, y, Y$ ):

Name	Gamma	Reference White	Red Primary			Green Primary			Blue Primary		
			x	y	Y	x	y	Y	x	y	Y
Lab Gamut	-	D50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Adobe RGB (1998)	2.2	D65	0.6400	0.3300	0.297361	0.2100	0.7100	0.627355	0.1500	0.0600	0.075285
Apple RGB	1.8	D65	0.6250	0.3400	0.244634	0.2800	0.5950	0.672034	0.1550	0.0700	0.083332
Best RGB	2.2	D50	0.7347	0.2653	0.228457	0.2150	0.7750	0.737352	0.1300	0.0350	0.034191
Beta RGB	2.2	D50	0.6888	0.3112	0.303273	0.1986	0.7551	0.663786	0.1265	0.0352	0.032941
Bruce RGB	2.2	D65	0.6400	0.3300	0.240995	0.2800	0.6500	0.683554	0.1500	0.0600	0.075452
CIE RGB	2.2	E	0.7350	0.2650	0.176204	0.2740	0.7170	0.812985	0.1670	0.0090	0.010811
ColorMatch RGB	1.8	D50	0.6300	0.3400	0.274884	0.2950	0.6050	0.658132	0.1500	0.0750	0.066985
Don RGB 4	2.2	D50	0.6960	0.3000	0.278350	0.2150	0.7650	0.687970	0.1300	0.0350	0.033680
ECI RGB	1.8	D50	0.6700	0.3300	0.320250	0.2100	0.7100	0.602071	0.1400	0.0800	0.077679
Ekta Space PS5	2.2	D50	0.6950	0.3050	0.260629	0.2600	0.7000	0.734946	0.1100	0.0050	0.004425
NTSC RGB	2.2	C	0.6700	0.3300	0.298839	0.2100	0.7100	0.586811	0.1400	0.0800	0.114350
PAL/SECAM RGB	2.2	D65	0.6400	0.3300	0.222021	0.2900	0.6000	0.706645	0.1500	0.0600	0.071334
ProPhoto RGB	1.8	D50	0.7347	0.2653	0.288040	0.1596	0.8404	0.711874	0.0366	0.0001	0.000086
SMPTE-C RGB	2.2	D65	0.6300	0.3400	0.212395	0.3100	0.5950	0.701049	0.1550	0.0700	0.086556
sRGB	≈2.2	D65	0.6400	0.3300	0.212656	0.3000	0.6000	0.715158	0.1500	0.0600	0.072186
Wide Gamut RGB	2.2	D50	0.7350	0.2650	0.258187	0.1150	0.8260	0.724938	0.1570	0.0180	0.016875

Problem – te same wagi (tristimulus values) dla 3 różnych systemów RGB (inne kolory podstawowe):



sRGB



Adobe RGB



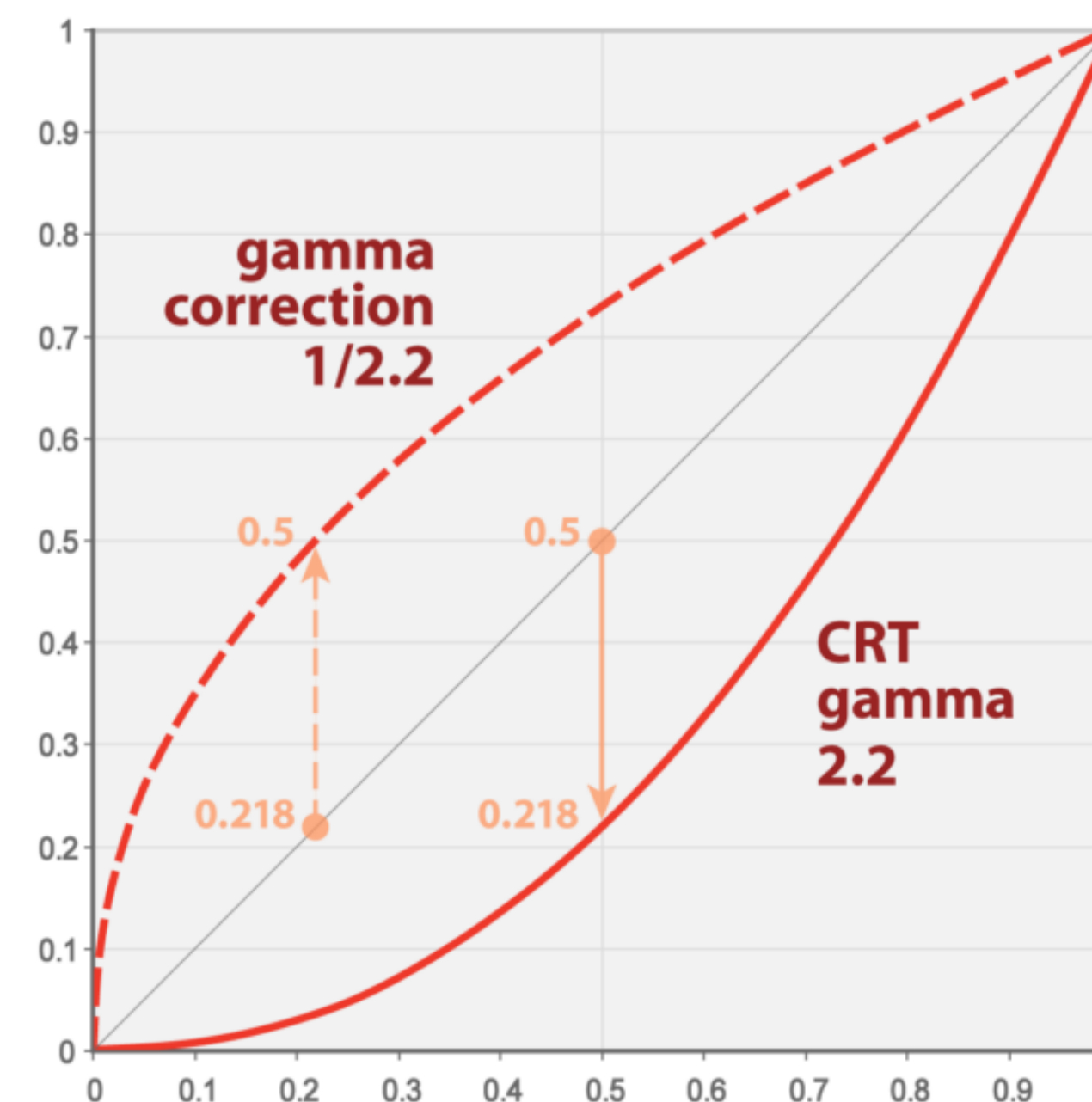
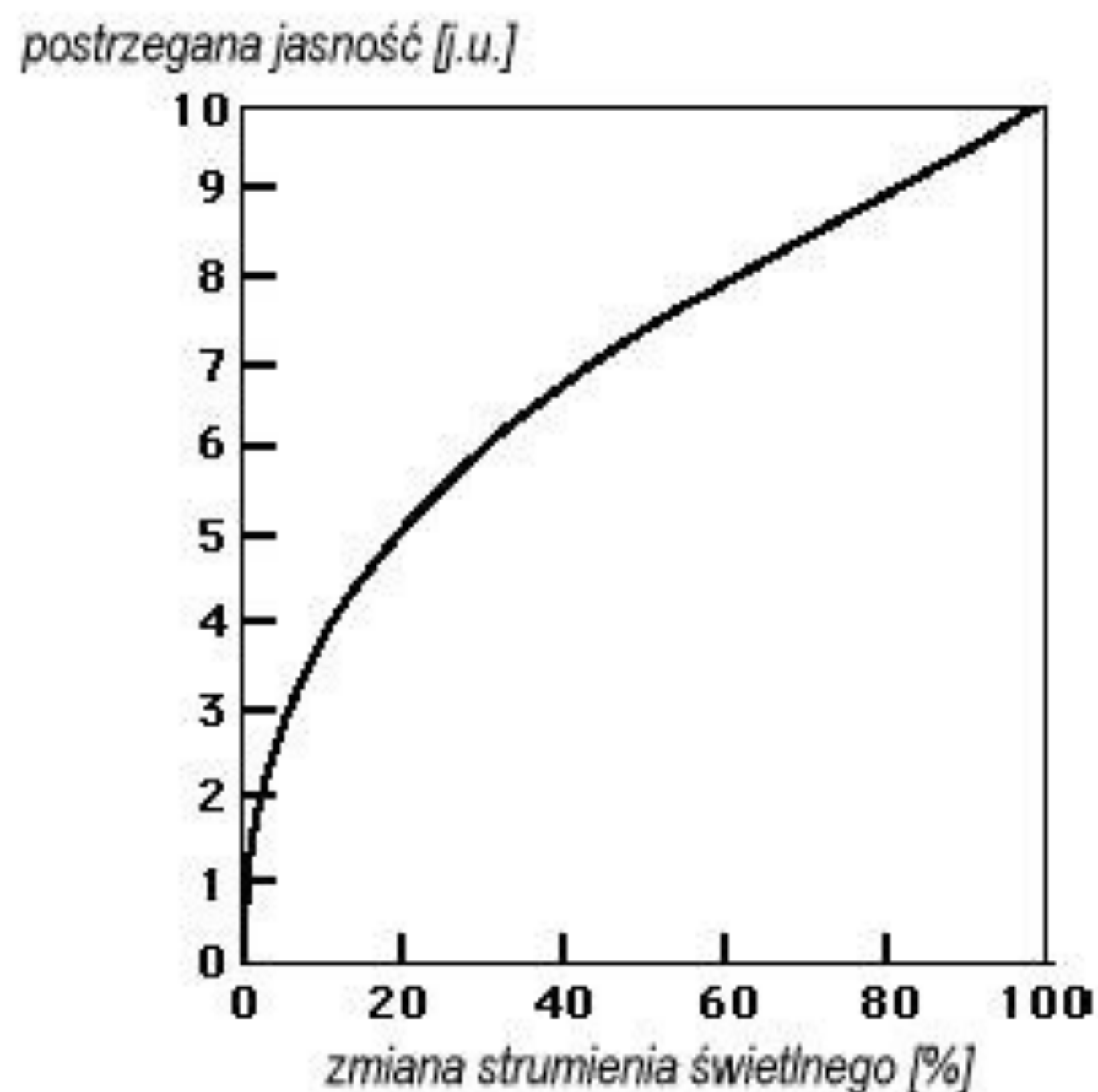
Wide Gamout RGB



Nieliniowy charakter postrzegania zmian jasności i korekcja gamma

$$V_o = V_i^\gamma$$

Kodowanie gamma  $\gamma < 1$

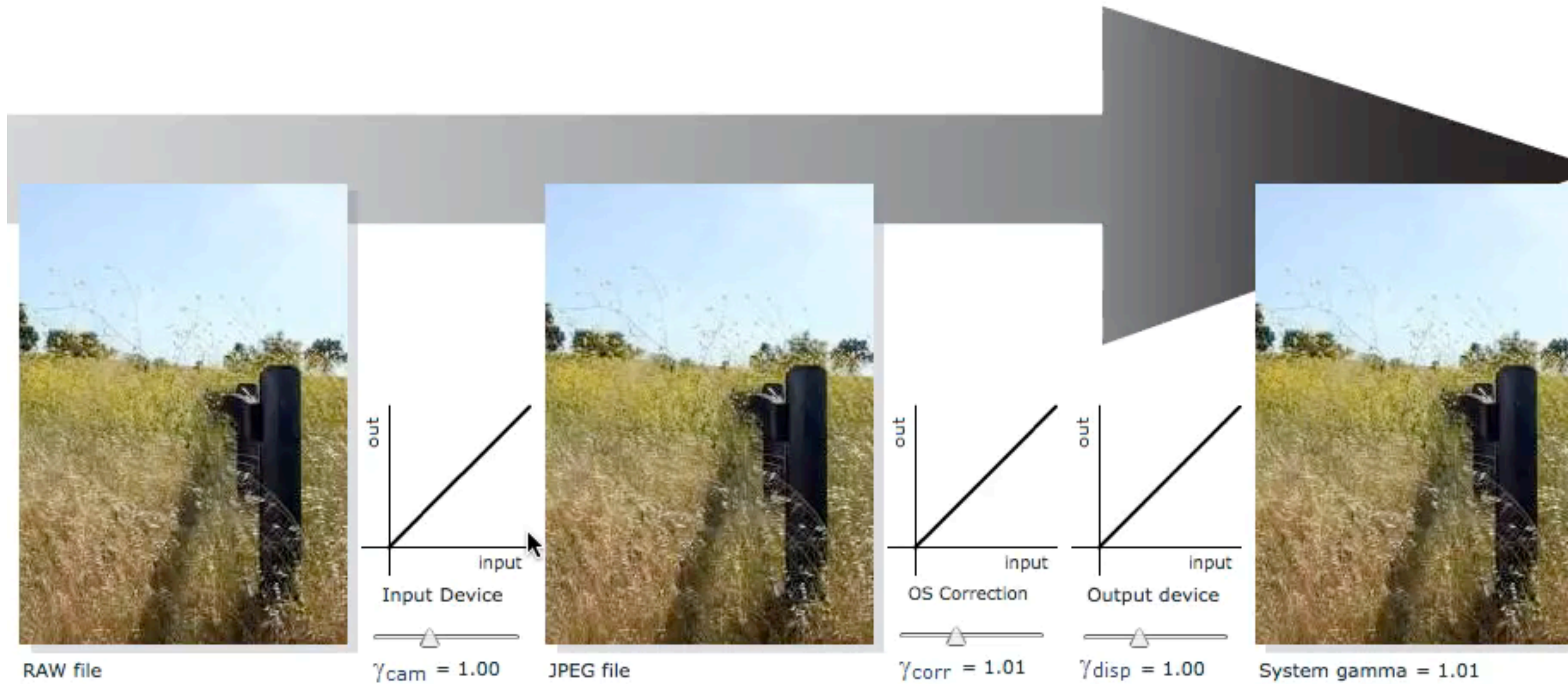


Dekodowanie  
gamma  $\gamma > 1$

Źródło: Wikipedia

**Kodowanie gamma** ( $\gamma < 1$ , typowo  $\gamma = 1/2.2$ ) wykorzystywane w kompresji obrazów (np. JPEG) w celu zapisu danych obrazu z wykorzystaniem mniejszej liczby bitów.

**Dekodowanie gamma** ( $\gamma > 1$ , typowo  $\gamma = 2.2$ ) wykorzystywane w odtwarzaniu obrazu np. na monitorze.



**Choose input device & operating system**

- NTSC television camera → CRT in a dark living room
- Silicon Graphics workstation (1990's) rendering a 3D computer model
- AppleRGB digital camera → Macintosh running Leopard → LCD in a bright room
- sRGB digital camera → Macintosh running Leopard → LCD in a bright room
- sRGB digital camera → Macintosh running Snow Leopard → LCD
- sRGB digital camera → PC running Windows Vista → LCD
- Custom

Help

Reset



## Plan prezentacji

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