

# Grafika Komputerowa. Percepcja wizualna i modele barw

Aleksander Denisiuk

Polsko-Japońska Akademia Technik Komputerowych

Wydział Informatyki w Gdańsku

ul. Targ Drzewny 9/11

80-894 Gdańsk

denisiuk@pja.edu.pl

Najnowsza wersja tego dokumentu dostępna jest pod adresem

<http://users.pja.edu.pl/~denisjuk>

Percepcja informacji  
wizualnej

---

informacja wizualna

Percepcja barwy

Teoria trzech kolorów

Teoria procesu  
przeciwstawnego

Metameryzm

Modele barw

---

# Percepcja informacji wizualnej

Percepcja informacji  
wizualnej

---

informacja wizualna

Percepcja barwy

Teoria trzech kolorów

Teoria procesu  
przeciwstawnego

Metameryzm

Modele barw

---

- zmysł wzroku
  - oko
  - receptory: czopki i pręciki
  
- informacja wizualna
  - tekstowa
  - obrazowa

Percepcja informacji  
wizualnej

informacja wizualna

Percepcja barwy

Teoria trzech kolorów

Teoria procesu

przeciwstawnego

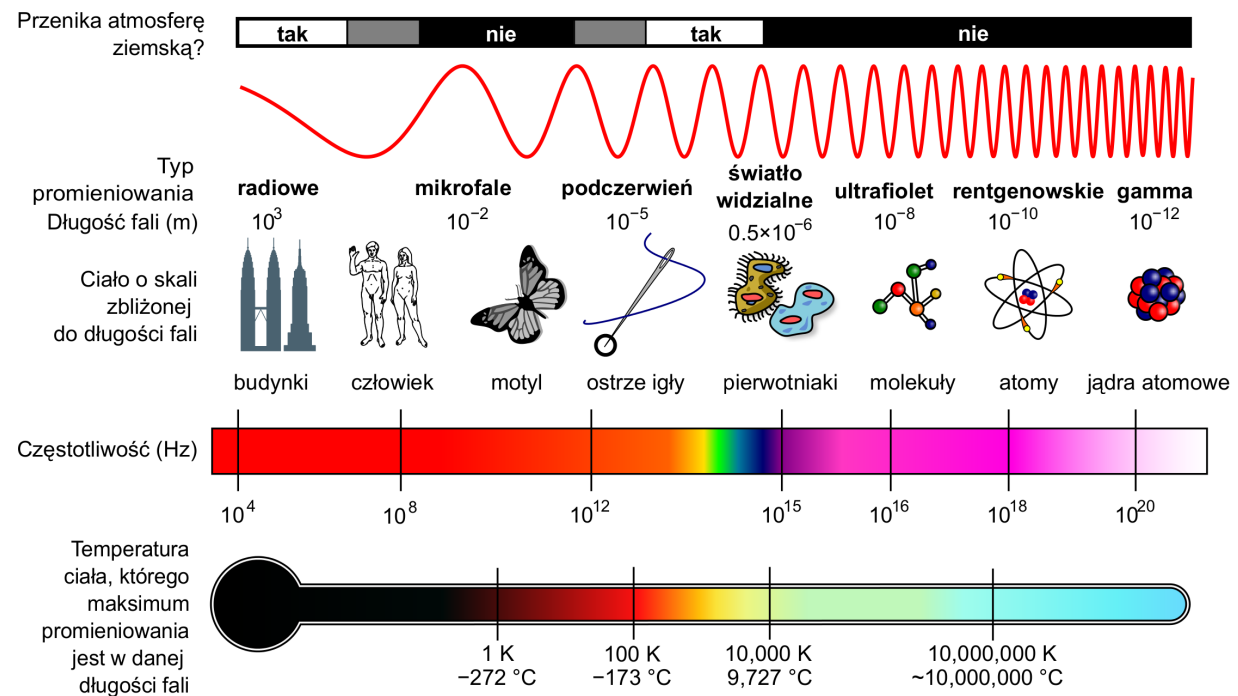
Metameryzm

Modele barw

## ■ promieniowanie fotonowe, fale elektromagnetyczne

promieniowanie monochromatyczne

barwa



Percepcja informacji  
wizualnej

informacja wizualna

Percepcja barwy

Teoria trzech kolorów

Teoria procesu  
przeciwstawnego

Metameryzm

Modele barw

## ■ Izaak Newton, 1666 r



Percepcja informacji  
wizualnej

informacja wizualna

Percepcja barwy

Teoria trzech kolorów

Teoria procesu  
przeciwstawnego

Metameryzm

Modele barw

- **czzerwony**, 760 ÷ 620 nm
- **pomarańczowy**, 620 ÷ 585 nm
- **żółty**, 585 ÷ 575 nm
- **zielony**, 575 ÷ 500 nm
- **niebieski**, 500 ÷ 445 nm
- **granatowy**, 445 ÷ 425 nm
- **fioletowy**, 425 ÷ 380 nm

# Barwy proste, złożone i podstawowe

Percepcja informacji  
wizualnej

---

informacja wizualna

Percepcja barwy

Teoria trzech kolorów

Teoria procesu  
przeciwstawnego

Metameryzm

Modele barw

---

- prosta reprezentuje jedną długość fali
- złożona — poprzez mieszanie barw
- podstawowe — trzy barwy, poprzez mieszanie można uzyskać wrażenie dowolnej barwy, a poprzez mieszanie dwóch nie można uzyskać trzeciej
- ludzkie oko nie rozróżnia barw prostych od złożonych



Percepcja informacji  
wizualnej

informacja wizualna

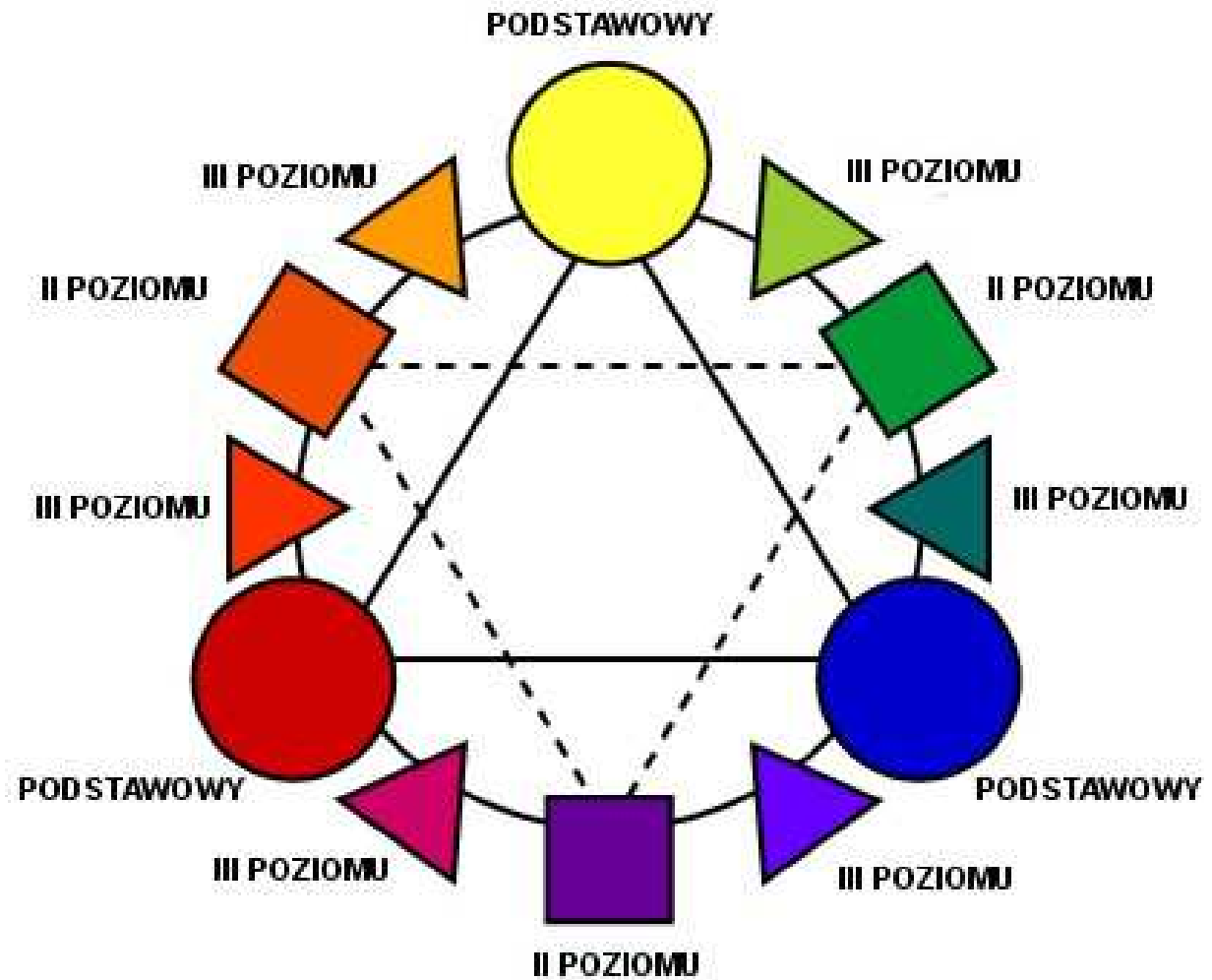
Percepcja barwy

Teoria trzech kolorów

Teoria procesu  
przeciwstawnego

Metameryzm

Modele barw



Percepcja informacji  
wizualnej

---

informacja wizualna

Percepcja barwy

Teoria trzech kolorów

Teoria procesu  
przeciwstawnego

Metameryzm

Modele barw

---

- obiekty samoświecące się
- odbijające lub rozpraszające światło na nie padające

Percepcja informacji  
wizualnej

---

informacja wizualna

Percepcja barwy

Teoria trzech kolorów

Teoria procesu  
przeciwstawnego

Metameryzm

Modele barw

---

- nośnikiem percepcji wizualnej jest światło
- wrażenie wzrokowe wywołuje cały skład widma wpadającego do oka
- sposób percepcji jest złożoną funkcją

# Sposób percepcji brawy zależy od

Percepcja informacji  
wizualnej

---

informacja wizualna

Percepcja barwy

Teoria trzech kolorów

Teoria procesu  
przeciwstawnego

Metameryzm

Modele barw

---

- właściwości źródła światła
- właściwości ośrodka i odległości między źródłem a obiektem
- zdolności fizycznych obiektu do odbijania i/lub pochłaniania światła o określonej długości fal
- właściwości otaczających obiektów
- stanu oka i systemu wzrokowego
- charakterystyk transmisyjnych receptorów i ośrodków nerwowych
- poprzednich doświadczeń przy obserwowaniu podobnego obiektu

Percepcja informacji  
wizualnej

informacja wizualna

Percepcja barwy

Teoria trzech kolorów

Teoria procesu  
przeciwstawnego

Metameryzm

Modele barw

- obiekt jest oświetlany przez światło
- powierzchnia obiektu pochłania wszystkie składowe oprócz odpowiadających obiektowi, a ten odbija je do detektora
- detektor (oko) odbiera odbite światło i sygnalizuje to mózgowi
- mózg wywołuje pewne wrażenie barwne
  - całkowicie odbite
  - całkowicie pochłonięte
  - częściowo odbite i częściowo pochłonięte

# Wzrok i właściwości widzenia

Percepcja informacji  
wizualnej

informacja wizualna

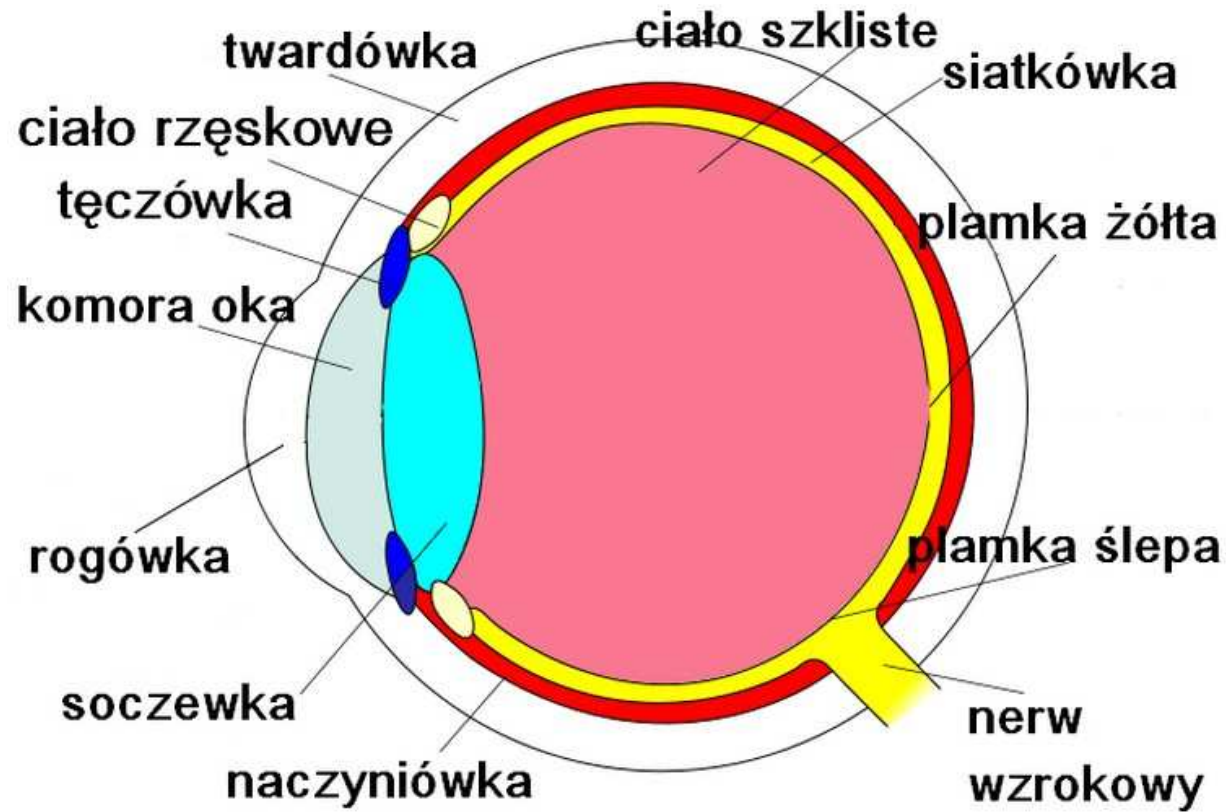
Percepcja barwy

Teoria trzech kolorów

Teoria procesu  
przeciwstawnego

Metameryzm

Modele barw



Percepcja informacji  
wizualnej

informacja wizualna

Percepcja barwy

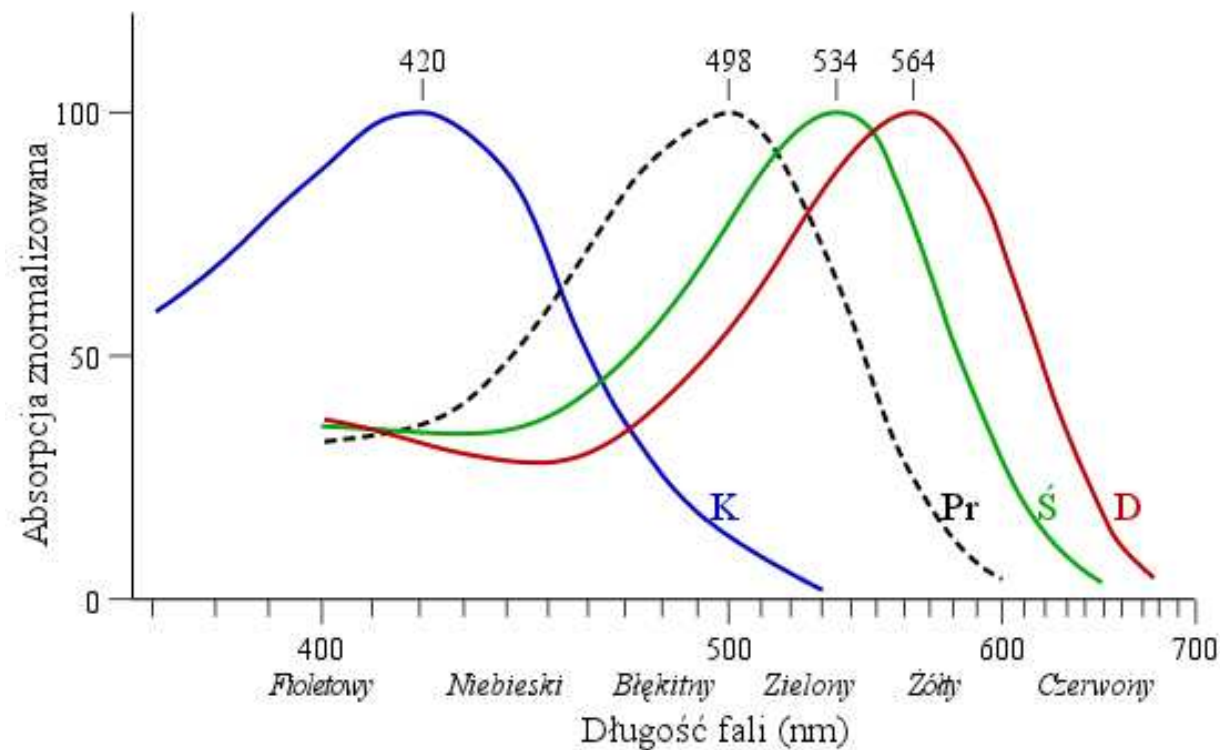
Teoria trzech kolorów

Teoria procesu  
przeciwstawnego

Metameryzm

Modele barw

- pręciki — oświetlenie słabe
- czopki — oświetlenie intensywne, trzy rodzaje



Percepcja informacji  
wizualnej

---

informacja wizualna

Percepcja barwy

Teoria trzech kolorów

Teoria procesu  
przeciwstawnego

Metameryzm

Modele barw

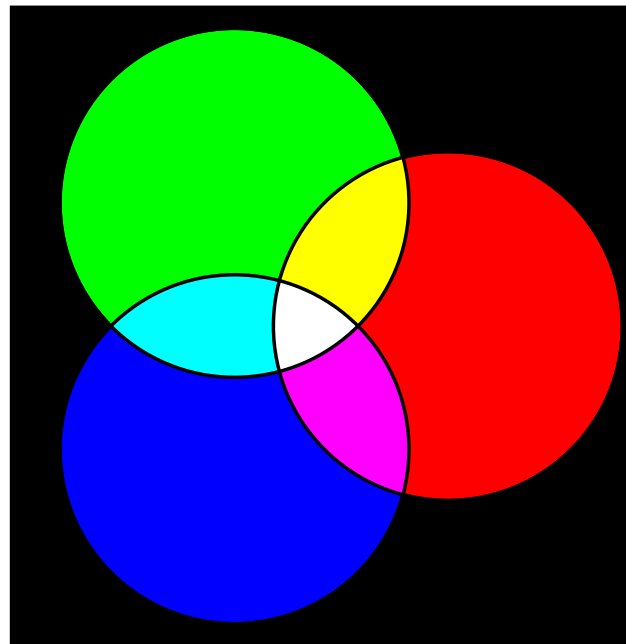
---

- G. Palmer, 1777
- T. Young, 1801
- Helmholtz, 1850

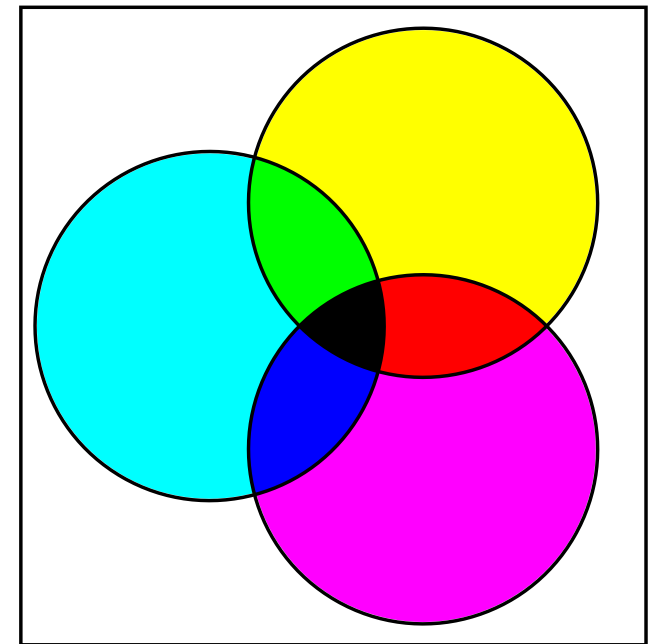
$(R, G, B) \mapsto \text{barwa}$



- synteza addytywna.
- synteza subtraktywna.



(a)



(b)

Figure VI.1: (a) The additive colors are red, green, and blue. (b) The subtractive colors are cyan, magenta, and yellow. See color plate C.2.

Percepcja informacji  
wizualnej

informacja wizualna

Percepcja barwy

Teoria trzech kolorów

Teoria procesu  
przeciwstawnego

Metameryzm

Modele barw

## ■ Ewald Hering, 1878

ciemny  $\leftrightarrow$  jasny

*R*  $\leftrightarrow$  *G*

*B*  $\leftrightarrow$  *Y*

Percepcja informacji  
wizualnej

---

informacja wizualna

Percepcja barwy

Teoria trzech kolorów

Teoria procesu  
przeciwstawnego

Metameryzm

Modele barw

---

- różne barwy dają to same barwne wrażenie
- różny odbiór barwy (np. zawartej w farbie) uzależniony od rodzaju światła.
- dwie substancje barwiące, oglądane w tym samym oświetleniu, odczytywane są jako zbliżone, w innym oświetleniu jako różniące się między sobą.

Percepcja informacji  
wizualnej

---

**Modele barw**

---

Modele barw

Modele techniczne

Modele percepcyjne

Modele teoretyczne

# Modele barw

Percepcja informacji  
wizualnej

---

Modele barw

---

Modele barw

Modele techniczne

Modele percepcyjne

Modele teoretyczne

- określony trójwymiarowy układ współrzędnych barwowych wraz z widzialnym podzbiorem
- RGB, CMY(K), YUV, YIQ
- HSV, HLS
- CIE

Percepcja informacji  
wizualnej

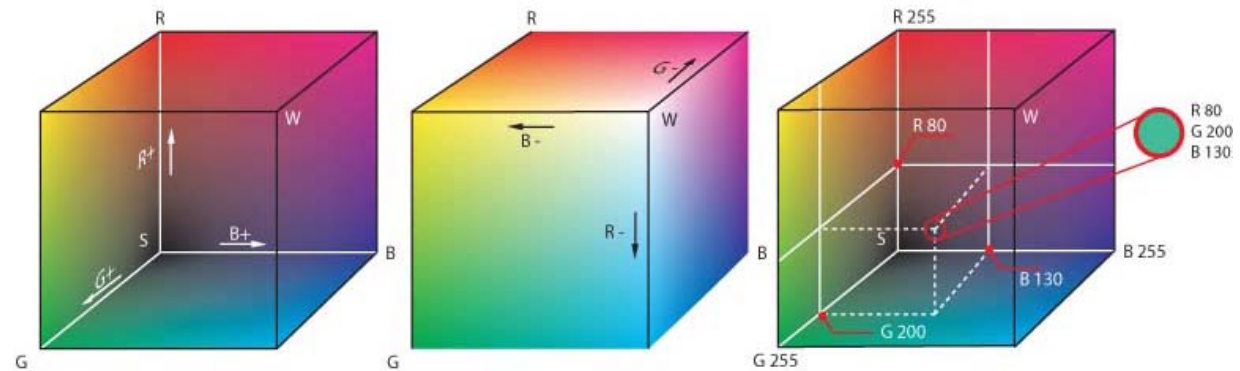
Modele barw

Modele barw

Modele techniczne

Modele percepcyjne

Modele teoretyczne



- 32 (24) bitów (true color, millions of colors)  $8R + 8G + 8B + 8\alpha$
- 16 bitów (high color, thousands of colors)  $5R + 5G + 5B + 1\alpha$
- 8 bitów  $3R + 3G + 2B$

Percepcja informacji  
wizualnej

---

Modele barw

---

Modele barw

Modele techniczne

Modele percepcyjne

Modele teoretyczne

- CLUT (LUT)
- Barwy *indeksowane*.
- GIF, PNG  $k$ -bitowy index
- kompresja

## bezpieczna paleta kolorów

Każda liczba złożona z par 00, 33, 66, 99, CC oraz FF odpowiada barwie “bezpiecznej”.

$$6^3 = 216$$

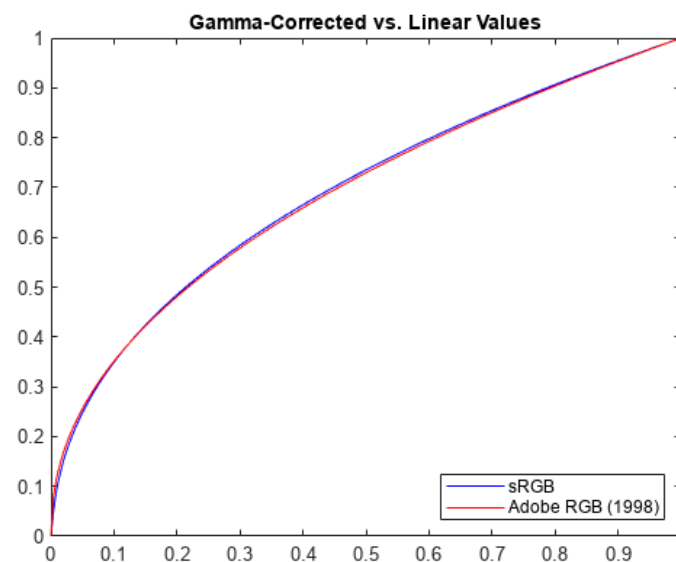




- HP, Microsoft 1996
- Odmiana RGB

$$C_{\text{srgb}} = \begin{cases} 12,92C, & C \leq 0.0031308 \\ (1,055)C^{1/2,4} - 0,055, & C > 0.0031308 \end{cases}$$

- Alternatywa: Adobe RGB



Percepcja informacji  
wizualnej

Modele barw

Modele barw

Modele techniczne

Modele percepcyjne

Modele teoretyczne

**Linear RGB**



**sRGB**



**Adobe RGB (1998)**



Percepcja informacji  
wizualnej

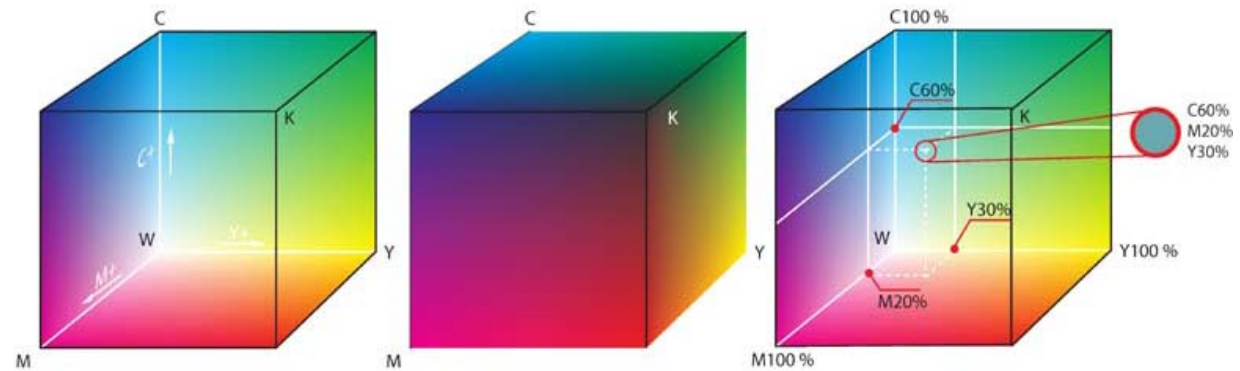
Modele barw

Modele barw

Modele techniczne

Modele percepcyjne

Modele teoretyczne



$$\begin{cases} C = 1 - R \\ M = 1 - G \\ Y = 1 - B \end{cases}$$

- Procedura generowania czerni (component colors replacement, ccr)

Percepcja informacji  
wizualnej

Modele barw

Modele barw

Modele techniczne

Modele percepcyjne

Modele teoretyczne

## ■ YUV

$$\begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,299 & 0,587 & 0,114 \\ -0,14713 & -0,28886 & 0,436 \\ 0,615 & -0,51499 & -0,10001 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

## ■ PAL

Percepcja informacji  
wizualnej

---

Modele barw

---

Modele barw

Modele techniczne

Modele percepcyjne

Modele teoretyczne



Percepcja informacji  
wizualnej

Modele barw

Modele barw

Modele techniczne

Modele percepcyjne

Modele teoretyczne

## ■ Luminance-Inphase-Quadrature

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,299 & 0,587 & 0,114 \\ 0,596 & -0,275 & -0,321 \\ 0,212 & -0,528 & 0,311 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

## ■ NTSC

Percepcja informacji  
wizualnej

Modele barw

Modele barw

Modele techniczne

Modele percepcyjne

Modele teoretyczne

- systemy fotograficzne i wideo

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1,0 & 0,0 & 1,40210 \\ 1,0 & -0,34414 & -0,71414 \\ 1,0 & 1,77180 & 0,0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y \\ C_b - 128 \\ C_r - 128 \end{pmatrix}$$

- podstawa JPEG

# Percepcyjne atrybuty barwy

Percepcja informacji  
wizualnej

Modele barw

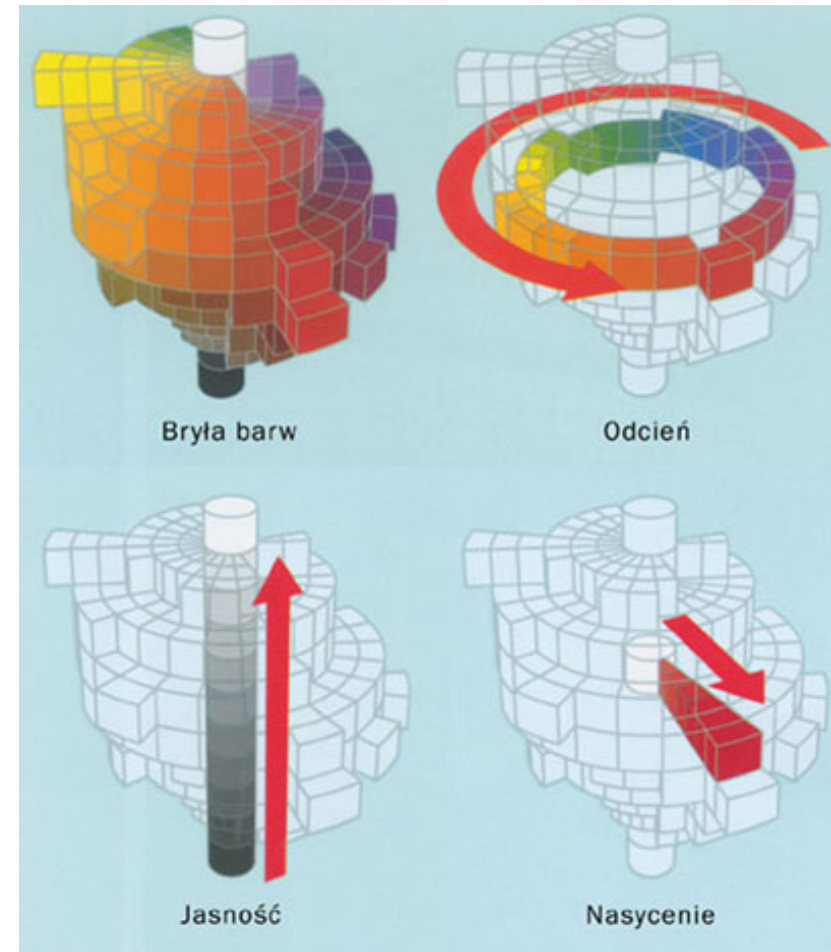
Modele barw

Modele techniczne

Modele percepcyjne

Modele teoretyczne

- odcień
- nasycenie
- jasność (jaskrawość)





Percepcja informacji  
wizualnej

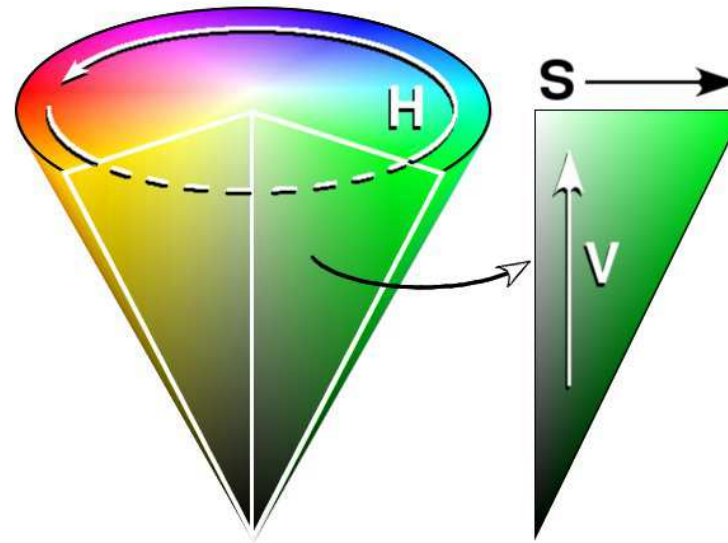
Modele barw

Modele barw

Modele techniczne

Modele percepcyjne

Modele teoretyczne



- Hue — Odcień ( $0^{\circ}$ – $360^{\circ}$ )
- Saturation — nasycenie (0–1)
- Value (Brightness) — jaskrawość

- Hue — Odcień ( $0^{\circ}$ – $360^{\circ}$ )
- Saturation — nasycenie (0–1)
- Luminance — luminancja (średnie światło białe, 0–1)

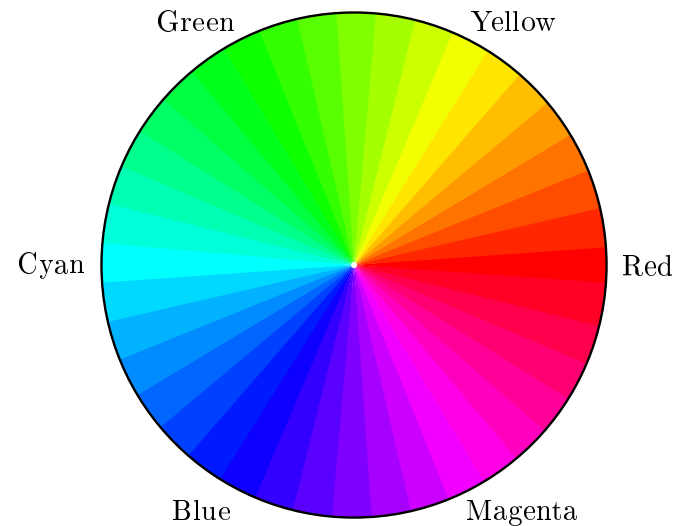


Figure VI.2: Hue is measured in degrees, representing an angle around the color wheel. Pure red has hue equal to 0, pure green has hue equal to 120, and pure blue has hue equal to 240. See color plate C.3.

Percepcja informacji  
wizualnej

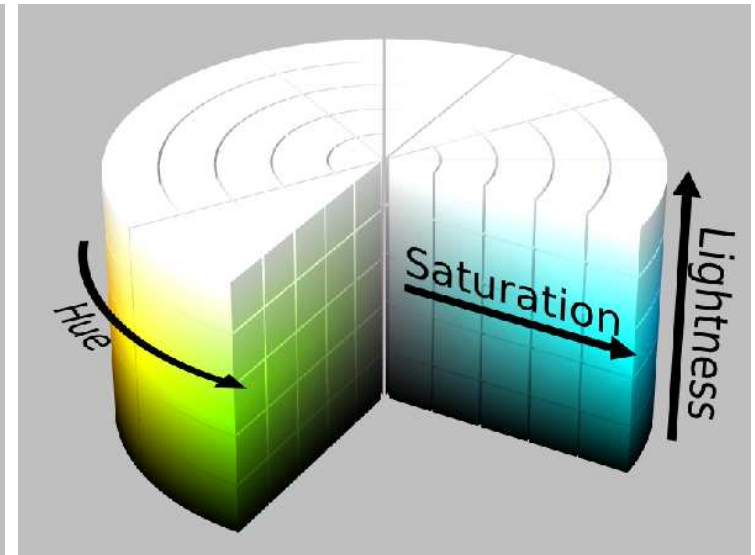
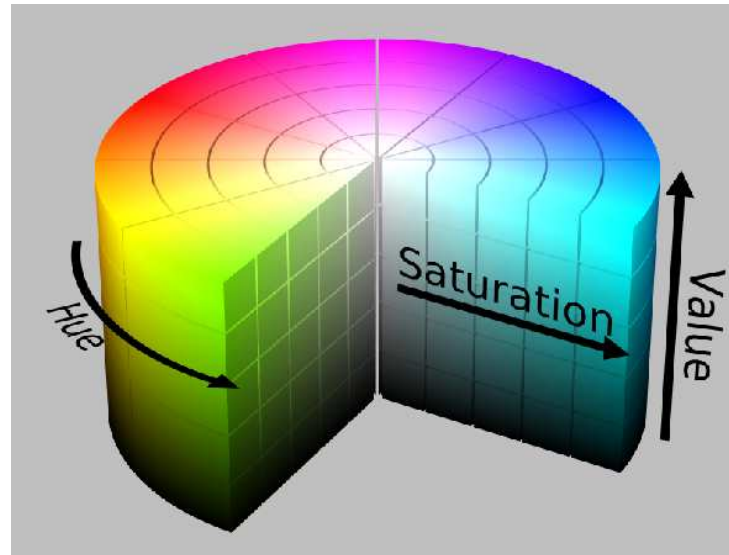
Modele barw

Modele barw

Modele techniczne

Modele percepcyjne

Modele teoretyczne



Percepcja informacji  
wizualnej

Modele barw

Modele barw

Modele techniczne

Modele percepcyjne

Modele teoretyczne

**Wejście:**  $R, G, B$

**Wynik:**  $H, S, L$

$$Max \leftarrow \max\{R, G, B\}$$

$$Min \leftarrow \min\{R, G, B\}$$

$$\Delta \leftarrow Max - Min$$

$$L \leftarrow \frac{Max + Min}{2}$$

**if**  $Max == Min$  **then**

$$S \leftarrow 0; H \leftarrow 0$$

**else**

**if**  $L < \frac{1}{2}$  **then**

$$S \leftarrow \frac{\Delta}{Max + Min}$$

**else**

$$S \leftarrow \frac{\Delta}{2 - Min - Max}$$

**end if**

**if**  $R == Max$  **then**

$$H \leftarrow 60 \frac{G - B}{\Delta}$$

**if**  $H < 0$  **then**

$$H = 360 + H$$

**end if**

**else if**  $G == Max$  **then**

$$H \leftarrow 120 + 60 \frac{B - R}{\Delta}$$

**else**

$$H \leftarrow 240 + 60 \frac{R - G}{\Delta}$$

**end if**

**end if**

Percepcja informacji  
wizualnej

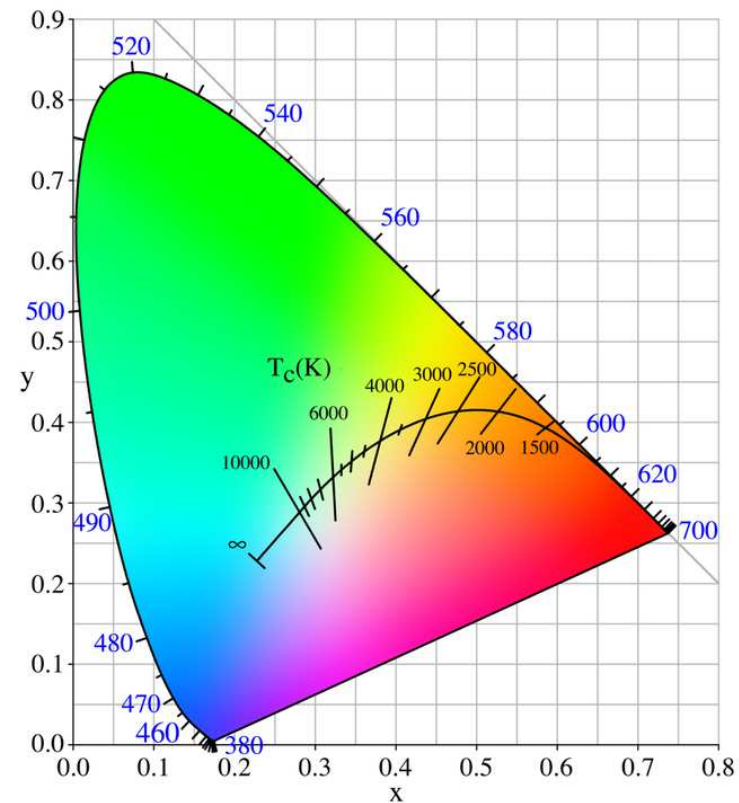
Modele barw

Modele barw

Modele techniczne

Modele percepcyjne

Modele teoretyczne



- 1931, Commission Internationale de l'Eclairage: CIE-RGB, CIE-XYZ

# Przestrzenie barw percepcyjnie równomierne

Percepcja informacji  
wizualnej

Modele barw

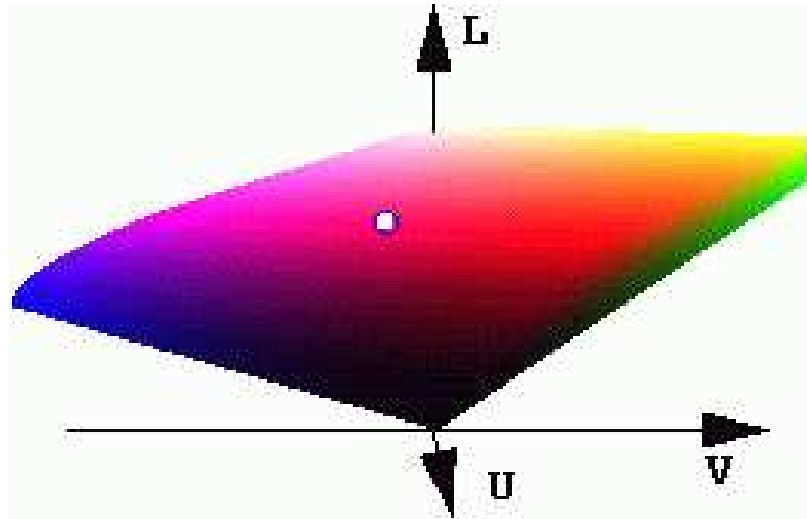
Modele barw

Modele techniczne

Modele percepcyjne

Modele teoretyczne

## ■ CIE-Lu\*v\* (LUV)



Percepcja informacji  
wizualnej

Modele barw

Modele barw

Modele techniczne

Modele percepcyjne

Modele teoretyczne

