

Wprowadzenie do grafiki maszynowej. Wprowadzenie do percepcji wizualnej i modeli barw

Aleksander Denisiuk
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Olsztyn, ul. Słoneczna 54
denisjuk@matman.uwm.edu.pl

Wprowadzenie do percepcji wizualnej i modeli barw

Percepcja informacji
wizualnej

Modele barw

Najnowsza wersja tego dokumentu dostępna jest pod adresem

<http://wmii.uwm.edu.pl/~denisjuk/uwm>

Percepcja informacji wizualnej

- ❖ informacja wizualna
- ❖ Percepcja barwy
- ❖ Teoria trzech kolorów
- ❖ Teoria procesu przeciwnego
- ❖ Metameryzm

Modele barw

Percepcja informacji wizualnej

Percepcja informacji wizualnej

Percepcja informacji
wizualnej

❖ informacja
wizualna

- ❖ Percepcja barwy
- ❖ Teoria trzech kolorów
- ❖ Teoria procesu przeciwnego
- ❖ Metameryzm

Modele barw

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

Źródło informacji wizualnej

Percepcja informacji wizualnej

❖ informacja wizualna

❖ Percepcja barwy

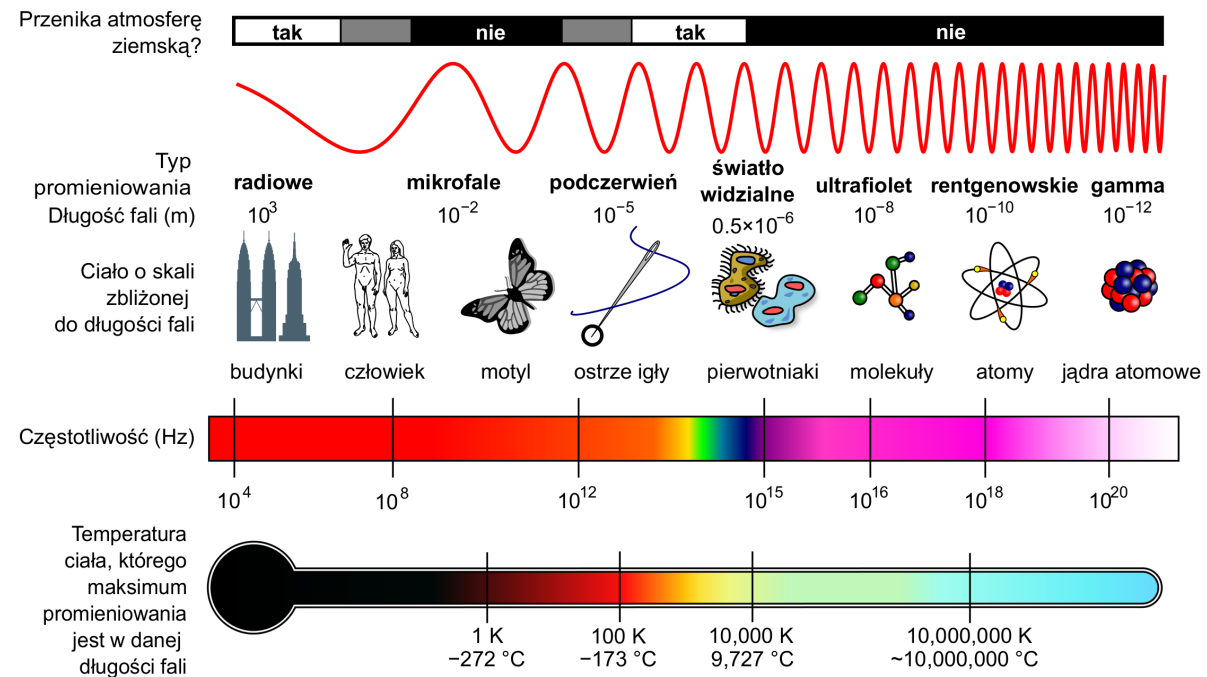
❖ Teoria trzech kolorów

❖ Teoria procesu przeciwnego

❖ Metameryzm

Modele barw

- promieniowanie fotonowe, fale elektromagnetyczne
 - ◆ promieniowanie monochromatyczne
 - ◆ barwa



Rozszczepienie i skupienie światła

Percepcja informacji
wizualnej

❖ informacja
wizualna

- ❖ Percepcja barwy
- ❖ Teoria trzech kolorów
- ❖ Teoria procesu przeciwnego
- ❖ Metameryzm

Modele barw

- Izaak Newton, 1666 r



Siedem kolorów

Percepcja informacji
wizualnej

❖ informacja
wizualna

❖ Percepcja barwy

❖ Teoria trzech
kolorów

❖ Teoria procesu
przeciwstawnego

❖ Metameryzm

Modele barw

- czerwony, $760 \div 620$ nm
- pomarańczowy, $620 \div 585$ nm
- żółty, $585 \div 575$ nm
- zielony, $575 \div 500$ nm
- niebieski, $500 \div 445$ nm
- granatowy, $445 \div 425$ nm
- fioletowy, $425 \div 380$ nm

Barwy proste, złożone i podstawowe

Percepcja informacji
wizualnej

❖ informacja
wizualna

- ❖ Percepcja barwy
- ❖ Teoria trzech kolorów
- ❖ Teoria procesu przeciwnego
- ❖ Metameryzm

Modele barw

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

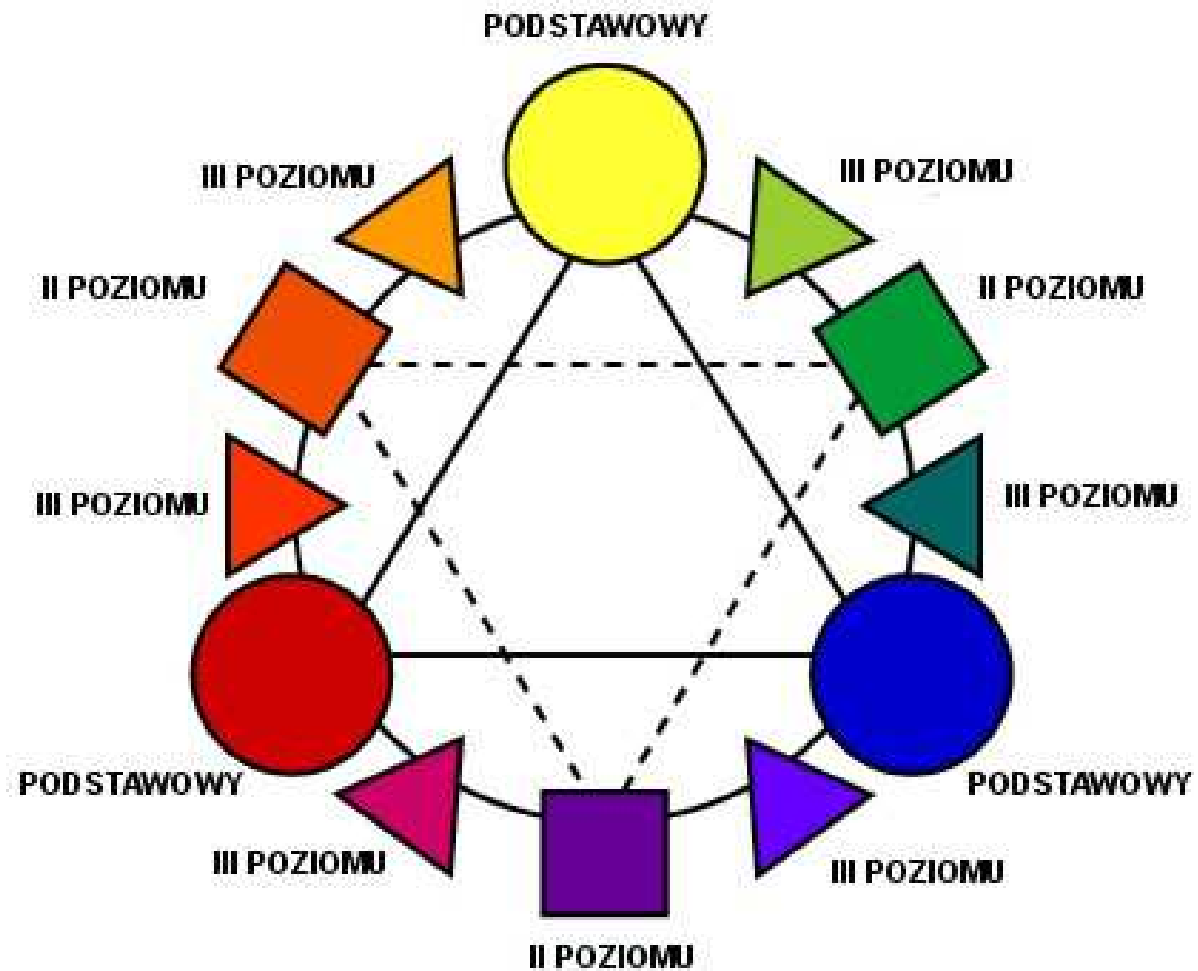
Koło barw

Percepcja informacji
wizualnej

❖ informacja
wizualna

- ❖ Percepcja barwy
- ❖ Teoria trzech kolorów
- ❖ Teoria procesu przeciwnego
- ❖ Metameryzm

Modele barw



Światło pierwotne i wtórne

Percepcja informacji
wizualnej

❖ informacja
wizualna

- ❖ Percepcja barwy
- ❖ Teoria trzech kolorów
- ❖ Teoria procesu przeciwnego
- ❖ Metameryzm

Modele barw

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

Percepcja barwy

Percepcja informacji wizualnej

- ❖ informacja wizualna

❖ Percepcja barwy

- ❖ Teoria trzech kolorów
- ❖ Teoria procesu przeciwnego
- ❖ Metameryzm

Modele barw

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

Sposób percepcji barwy 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

Wrażenie barwy

Percepcja informacji wizualnej

❖ informacja wizualna

❖ Percepcja barwy

❖ Teoria trzech kolorów

❖ Teoria procesu przeciwnego

❖ 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

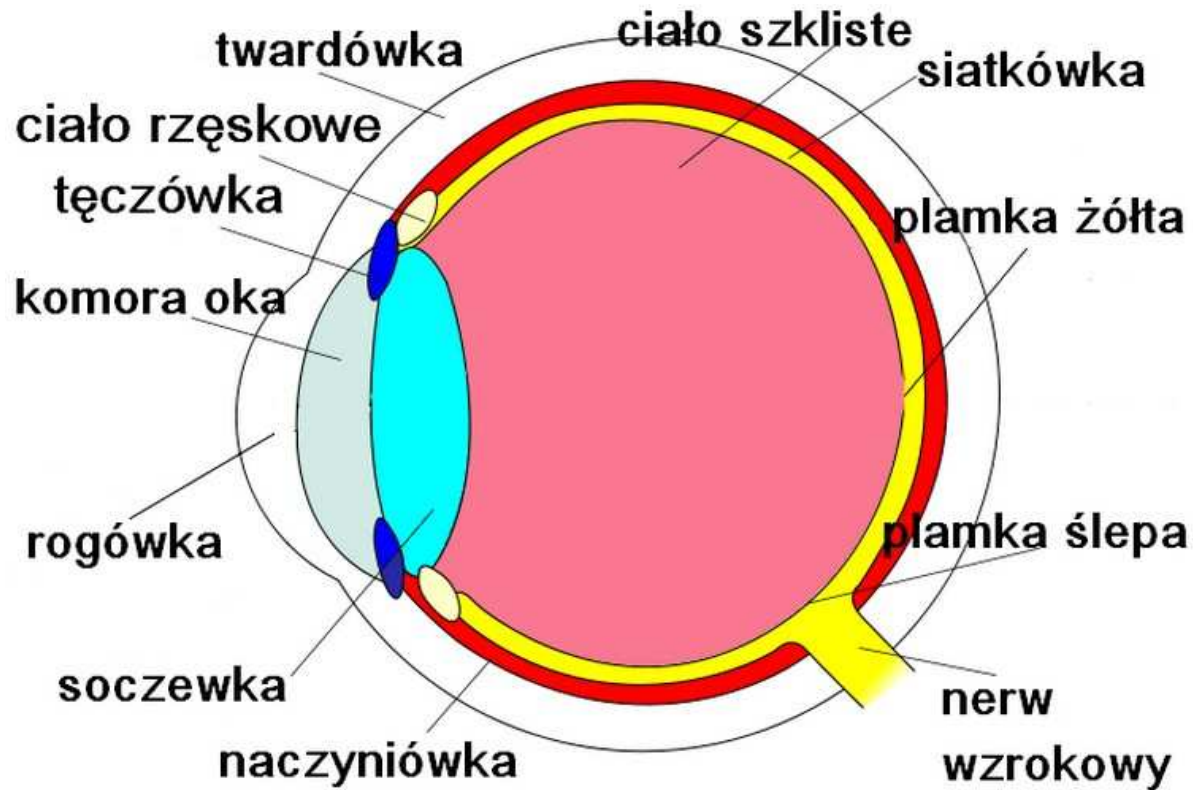
❖ Percepcja barwy

❖ Teoria trzech
kolorów

❖ Teoria procesu
przeciwstawnego

❖ Metameryzm

Modele barw



Receptory

Percepcja informacji wizualnej

❖ informacja wizualna

❖ Percepcja barwy

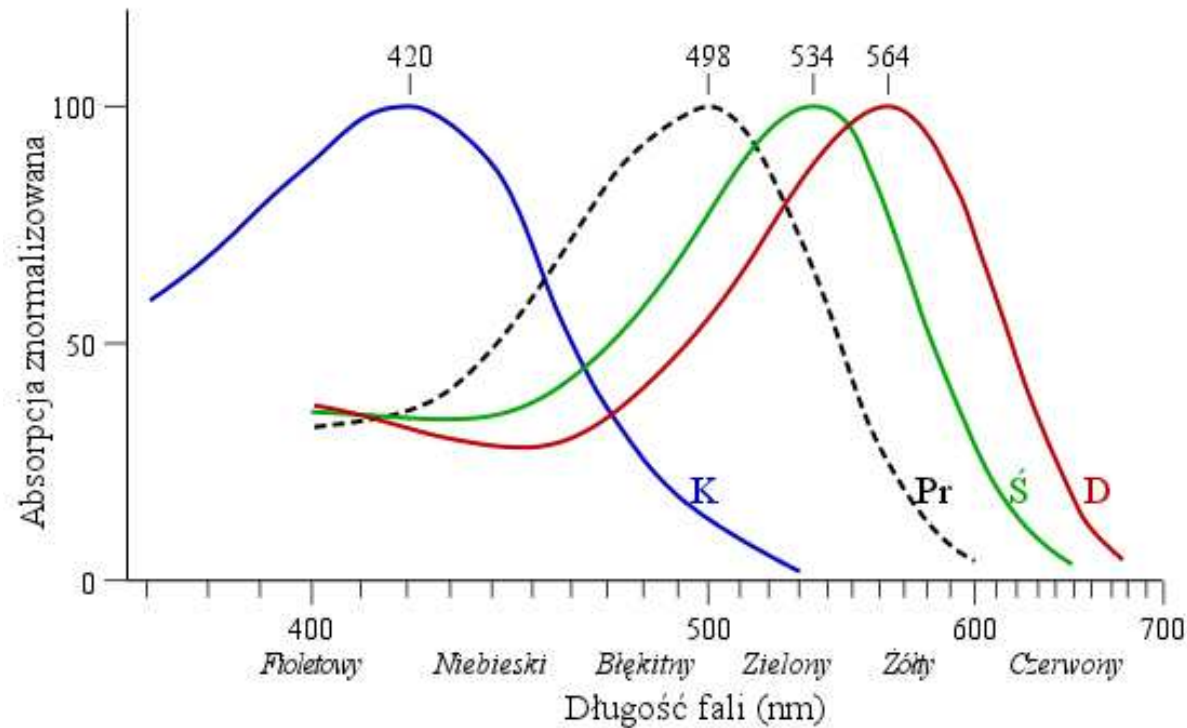
❖ Teoria trzech kolorów

❖ Teoria procesu przeciwnego

❖ Metameryzm

Modele barw

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



Teoria trzech kolorów

Percepcja informacji
wizualnej

❖ informacja
wizualna

❖ Percepcja barwy

❖ Teoria trzech
kolorów

❖ Teoria procesu
przeciwstawnego

❖ Metameryzm

Modele barw

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

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

Mieszanie barw

Percepcja informacji
wizualnej

❖ informacja
wizualna

❖ Percepcja barwy

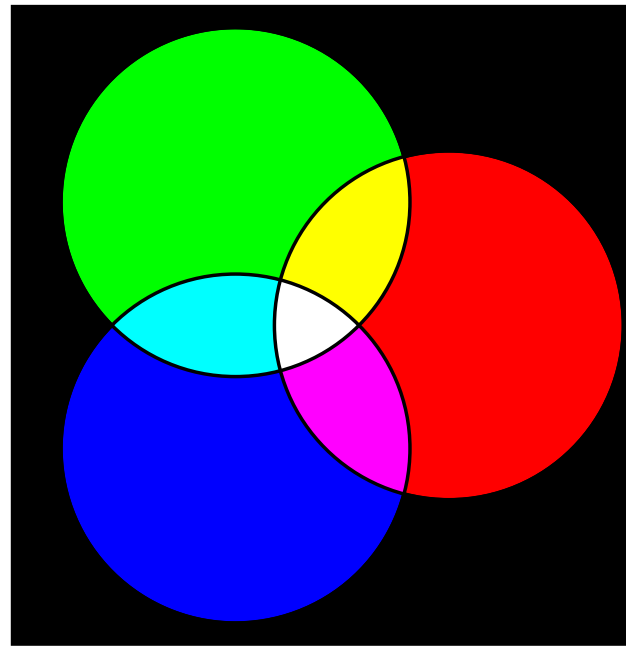
❖ Teoria trzech
kolorów

❖ Teoria procesu
przeciwstawnego

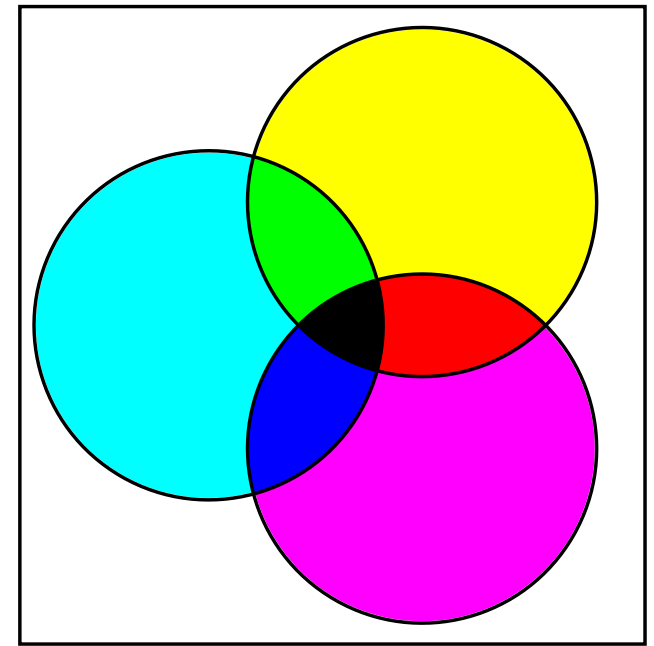
❖ Metameryzm

Modele barw

- 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.

Teoria procesu przeciwnego

Percepcja informacji
wizualnej

- ❖ informacja wizualna
- ❖ Percepcja barwy
- ❖ Teoria trzech kolorów
- ❖ Teoria procesu przeciwnego
- ❖ Metameryzm

Modele barw

● Ewald Hering, 1878

ciemny $\leftrightarrow$ jasny

$R \leftrightarrow G$

$B \leftrightarrow Y$

Metameryzm

Percepcja informacji wizualnej

- ❖ informacja wizualna
- ❖ Percepcja barwy
- ❖ Teoria trzech kolorów
- ❖ Teoria procesu przeciwnego
- ❖ 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.

Modele barw

- ❖ Modele barw
- ❖ Modele techniczne
- ❖ Modele
percepcyjne
- ❖ Modele
teoretyczne

Modele barw

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

Model RGB

Percepcja informacji
wizualnej

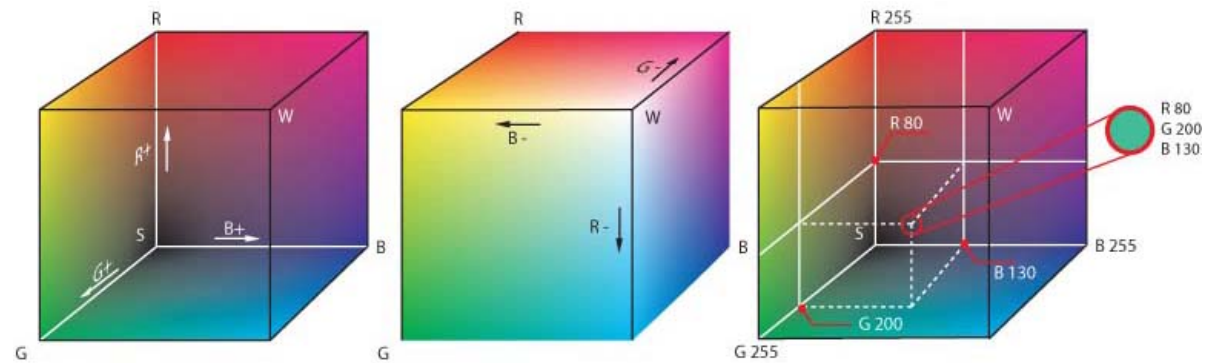
Modele barw

❖ 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 $3R + 3G + 2B$

Color Lookup Table

Percepcja informacji
wizualnej

Modele barw

❖ Modele barw

❖ Modele techniczne

❖ Modele
percepcyjne

❖ Modele
teoretyczne

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

Web-safe Colors

Percepcja informacji
wizualnej

Modele barw

❖ Modele barw

❖ **Modele techniczne**

❖ Modele
percepcyjne

❖ Modele
teoretyczne

bezpieczna paleta kolorów

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

$$6^3 = 216$$



sRGB

Percepcja informacji
wizualnej

Modele barw

❖ Modele barw

❖ **Modele techniczne**

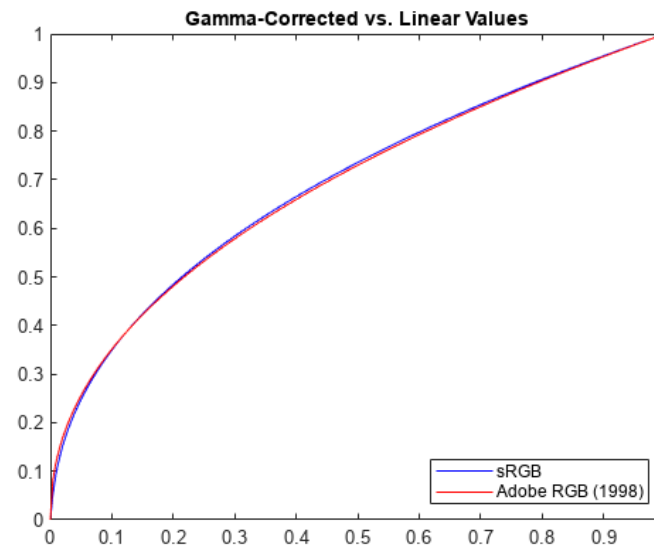
❖ Modele
percepcyjne

❖ Modele
teoretyczne

- 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



sRGB a Adobe RGB

Percepcja informacji
wizualnej

Modele barw

❖ Modele barw

❖ **Modele techniczne**

❖ Modele
percepcyjne

❖ Modele
teoretyczne

Linear RGB



sRGB



Adobe RGB (1998)



Model CMYK

Percepcja informacji
wizualnej

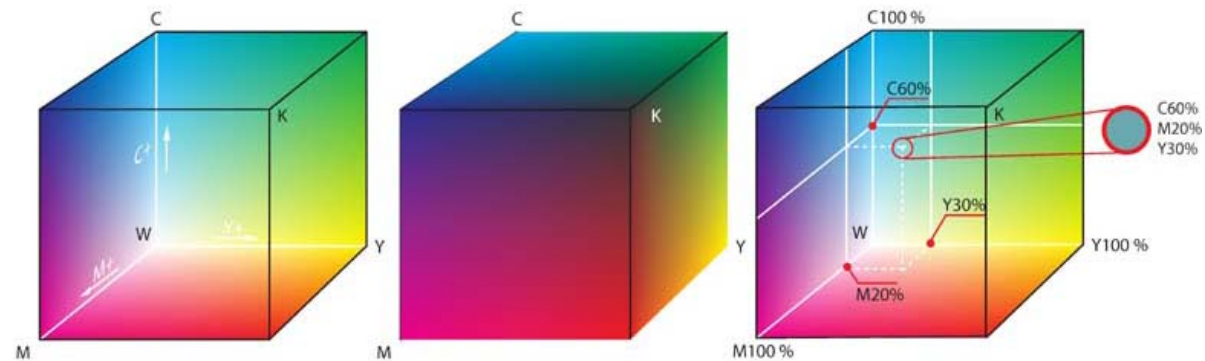
Modele barw

❖ 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)

Vitrines CMYK

Percepcja informacji
wizualnej

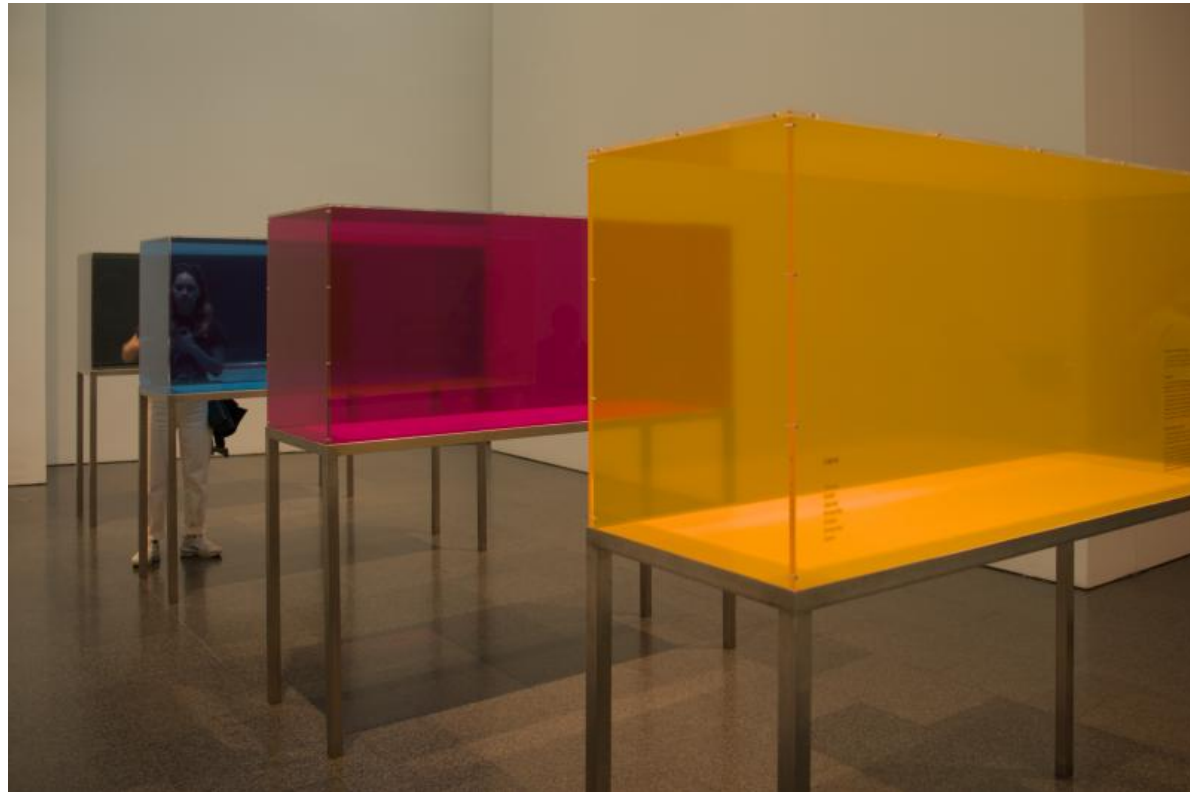
Modele barw

❖ Modele barw

❖ Modele techniczne

❖ Modele
percepcyjne

❖ Modele
teoretyczne



- Ignasi Aballí
- MACBA Collection

Modele telewizyjne

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

YUV, przykład

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

YCbCr

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

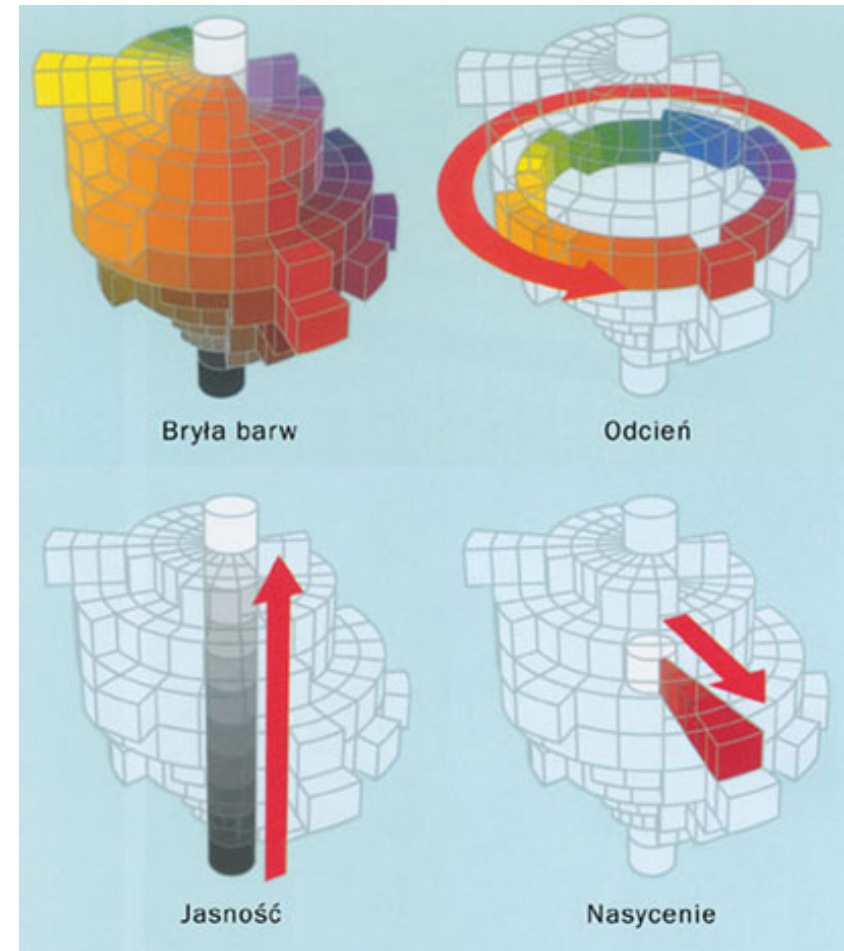
❖ Modele barw

❖ Modele techniczne

❖ Modele
percepcyjne

❖ Modele
teoretyczne

- odcień
- nasycenie
- jasność (jaskrawość)



Model HSV

Percepcja informacji
wizualnej

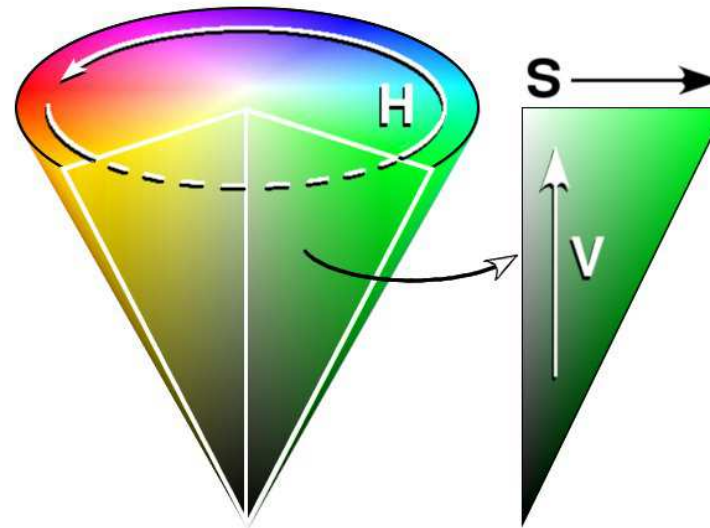
Modele barw

❖ Modele barw

❖ Modele techniczne

❖ Modele
percepcyjne

❖ Modele
teoretyczne



- Hue — Odcień (0° – 360°)
- Saturation — nasycenie (0–1)
- Value (Brightness) — jasność

Model HSL

Percepcja informacji
wizualnej

Modele barw

❖ Modele barw

❖ Modele techniczne

❖ Modele
percepcyjne

❖ Modele
teoretyczne

- Hue — Odcień (0° – 360°)
- Saturation — nasycenie (0–1)
- Luminance — luminancja (średnie światło białe, 0–1)

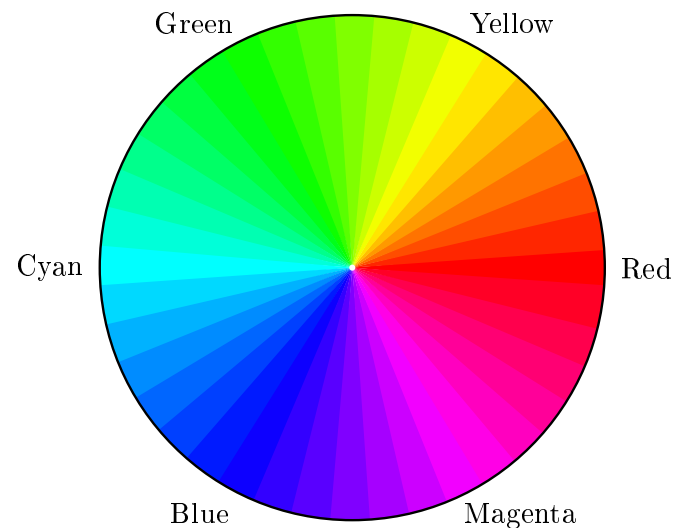


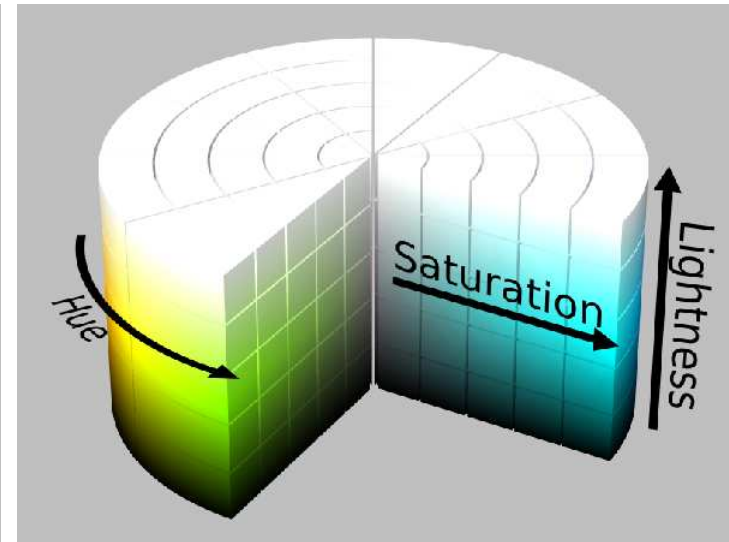
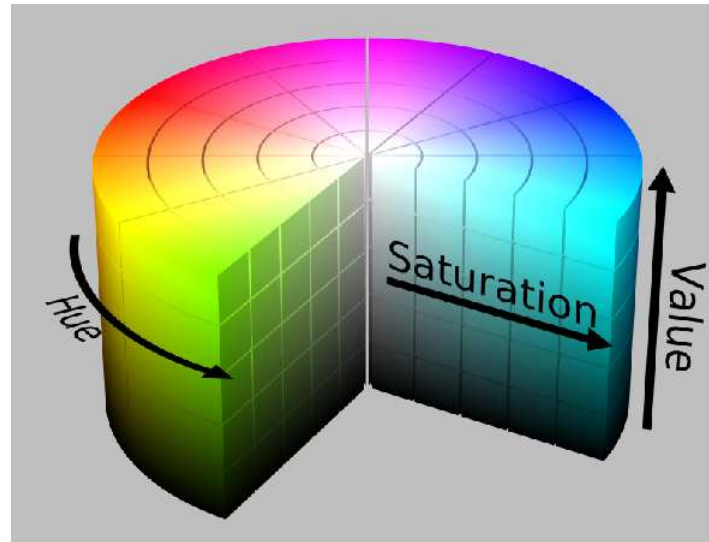
Figure VI.2: Hue is measured in degrees, representing an angle around the color wheel. Pure red has hue equal to 0, pure green has hue equal to 120, and pure blue has hue equal to 240. See color plate C.3.

HSV a HSL

Percepcja informacji
wizualnej

Modele barw

- ❖ Modele barw
- ❖ Modele techniczne
- ❖ Modele percepcyjne
- ❖ Modele teoretyczne



RGB $\rightarrow$ HSL

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

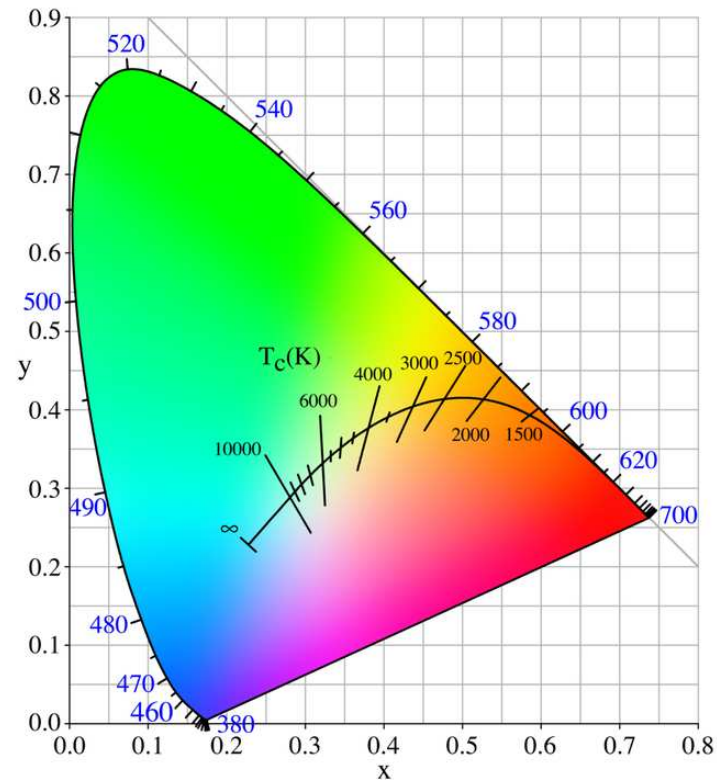
end if

Standard CIE

Percepcja informacji
wizualnej

Modele barw

- ❖ Modele barw
- ❖ Modele techniczne
- ❖ Modele percepcyjne
- ❖ Modele teoretyczne



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

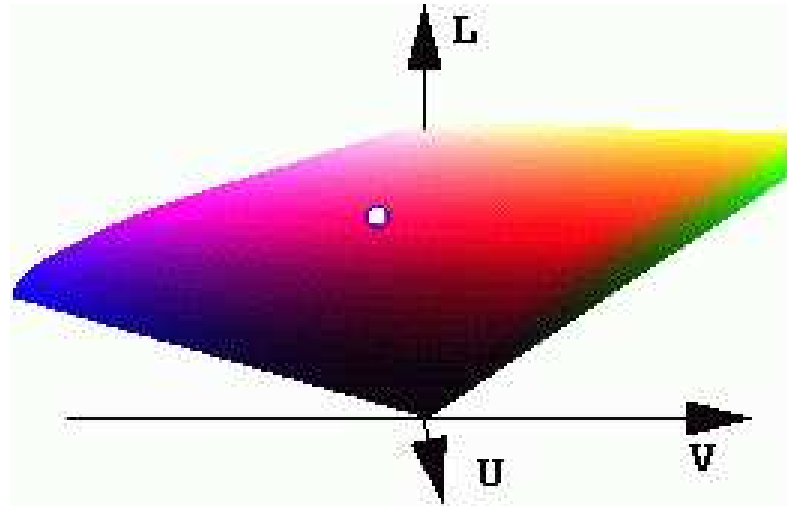
Przestrzeń barw percepcyjnie równomierne

Percepcja informacji wizualnej

Modele barw

- ❖ Modele barw
- ❖ Modele techniczne
- ❖ Modele percepcyjne
- ❖ Modele teoretyczne

● CIE-Lu*v* (LUV)



*CIE-La*b* (LAB)*

Percepcja informacji
wizualnej

Modele barw

- ❖ Modele barw
- ❖ Modele techniczne
- ❖ Modele percepcyjne
- ❖ Modele teoretyczne

