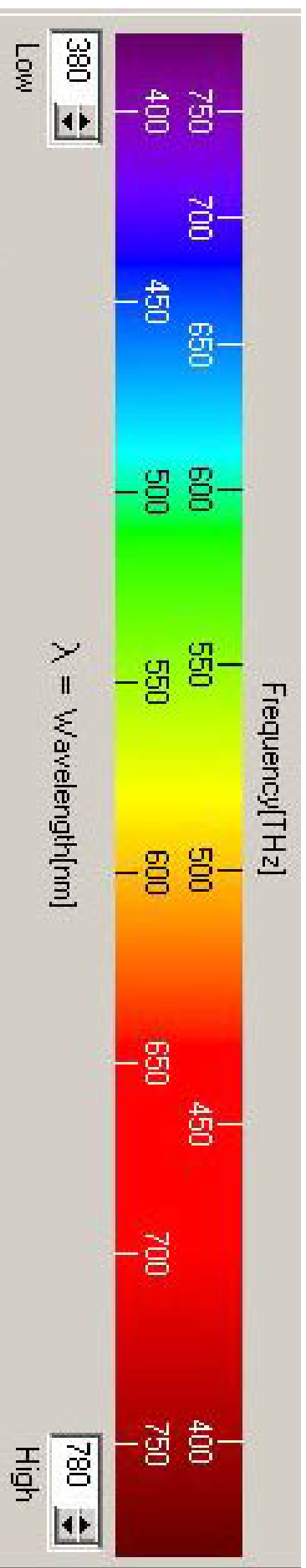
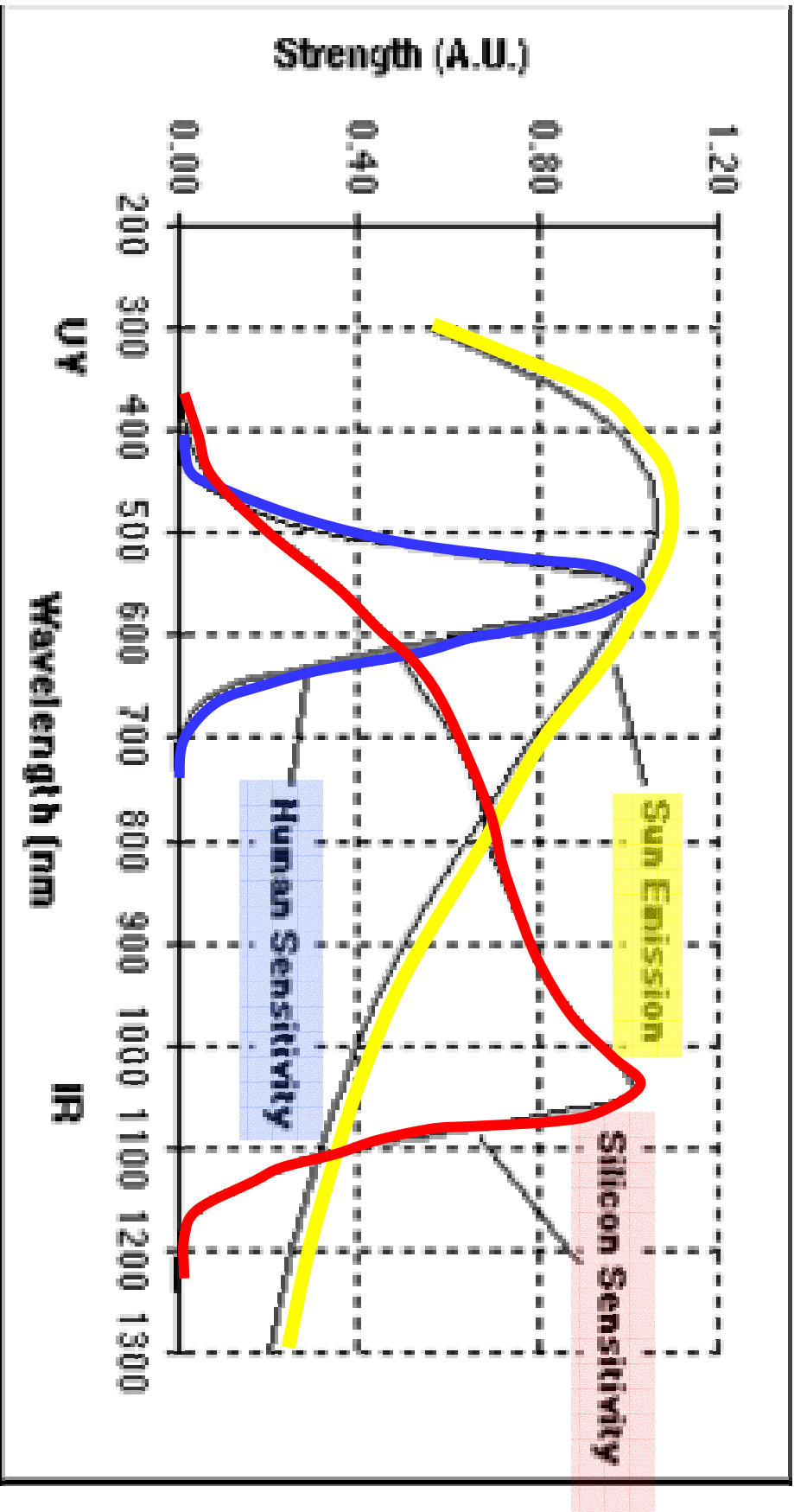




# KOLORIMETRIJA

Irini Reljin





## TV u boji sa zasniva na vizualnim događajima definisanim kao:

- **Osvetljaj (brightness)** – k-ka koja omogućava vizualne gradacije od tamnog do svetlog.
- **Vrsta boje (hue)** – k-ka koja omogućava da se boja opiše kao crvena, žuta,..., itd. Opisuje se talasnom dužinom.
- **Zasićenje boje (saturation)** – definiše u kom iznosu ta boja odstupa od belog u neutralnoj verziji. Blede boje imaju malu (pink), a jarke veliku saturaciju (red).

# Principi kolorimetrije – Grassman-ovi zakoni

- Oko može razgraničiti samo **tri vrste promena**.
- U dvokomponentnoj mešavini boja, rezultujuća boja će se **menjati postepeno** ako se jedna komponenta ravnomerno menja, a druga zadržava nepromenjenom.
- Izvori iste boje proizvode **identičan vizuelni efekat** u mešavini, nezavisno od dela spektra.
- Ukupna sjajnost boje je jednaka **sumi sjajnosti** pojedinih komponenata.

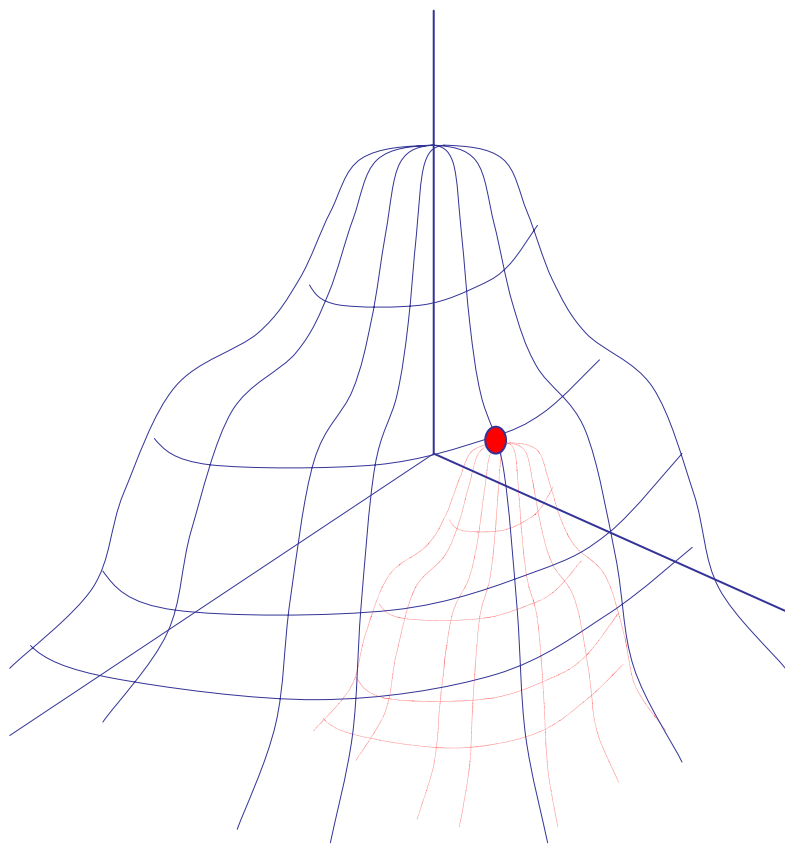
**Osvetljaj (brightness), sjajnost** – k-ka koja omogućava vizualne gradacije od tamnog do svetlog. Odgovara intenzitetu

$$Y(x_s, y_s) = L(x_s, y_s) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S(x_s, y_s, \lambda) V_s(x_s, y_s, \lambda) d\lambda$$

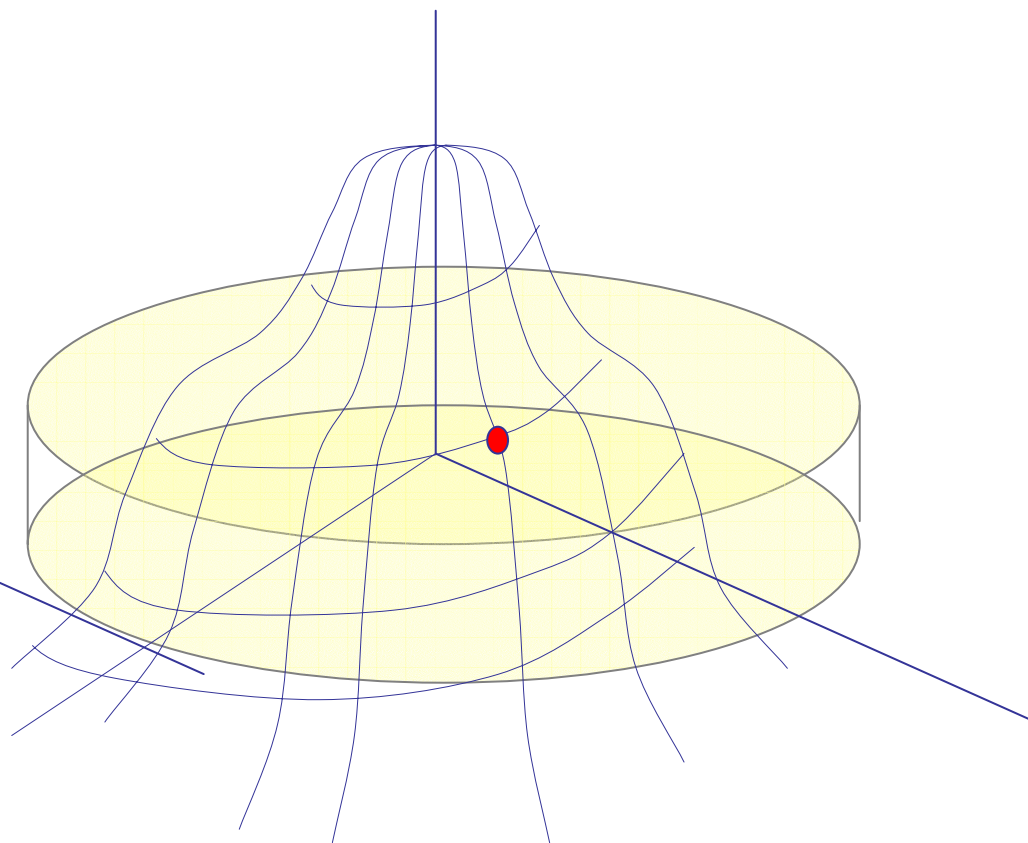
$S(x_s, y_s, \lambda)$  – sjajnost – energija po tal. duzinama

$V_s(x_s, y_s, \lambda)$  – efikasnost sistema za akviziciju

$x_s, y_s$  – prostorne koordinate



**Vs - sistem sa  
prostornim izoblicenjem**

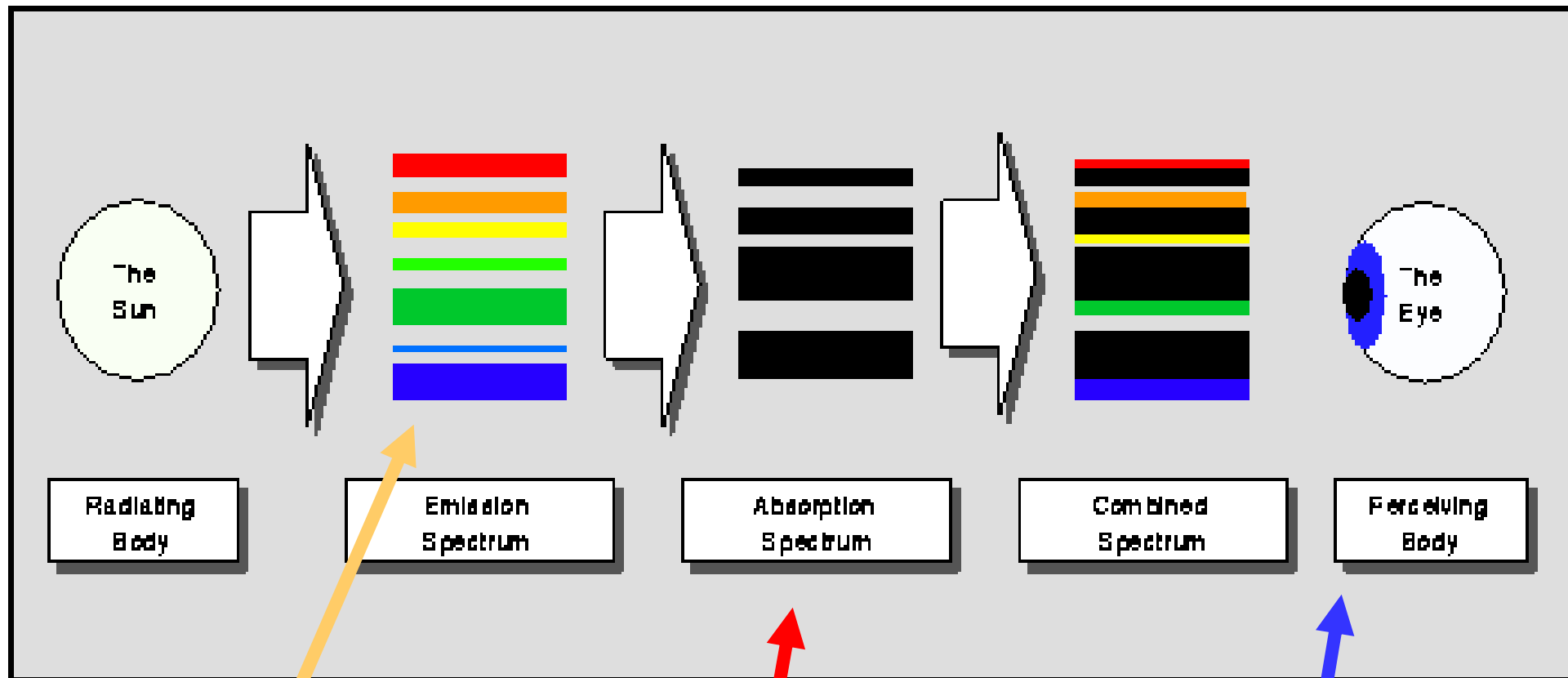


**Vs - sistem bez prostornog  
izoblicenja**



# Savremena kolorimetrija

- Boje se predstavljaju u trodimenzionalnom koordinatnom sistemu (X,Y,Z)
- Jedinična ravan ( $X+Y+Z=1$ ) sadrži sve koordinate različitih boja.
- Čitava površina prekrivena bojama se zove Plankovi koreni (Planckian locus).
- Koordinate boje zavise od spektralne k-ke svetlosti izvora, odziva ljudskog oka, spektr. k-ke refleksije (transmitansa) posmatrane svetlosti.



spektralne k-ke  
svetlosti izvora

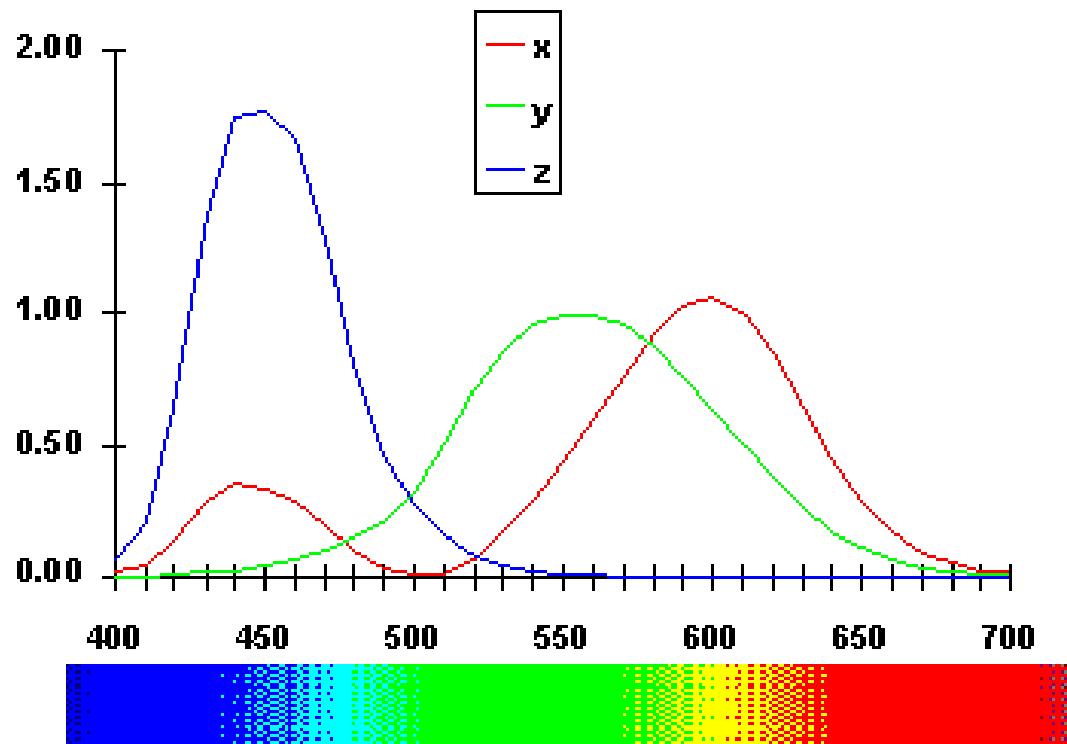
spektr. k-ke refleksije

odziva ljudskog oka

# Commission Internationale de l'Eclairage

## CIE 1931 - 2° standard observer

Tristimulus values of the spectral colours



$$X = K \sum_{\lambda=300}^{700} \bar{x}(\lambda) C(\lambda) L(\lambda) D(\lambda)$$

$$Y = K \sum_{\lambda=300}^{700} \bar{y}(\lambda) C(\lambda) L(\lambda) D(\lambda)$$

$$Z = K \sum_{\lambda=300}^{700} \bar{z}(\lambda) C(\lambda) L(\lambda) D(\lambda)$$

$$K = \frac{1}{\sum_{\lambda=300}^{700} L(\lambda) C(\lambda) \Delta(\lambda)}$$

$L(\lambda)$  = spekt. k - ka svetlosti

$\Delta(\lambda)$  = porast tal. duz. u (nm)

$C(\lambda)$  = spektr. k - ka upotrebljene svetl.

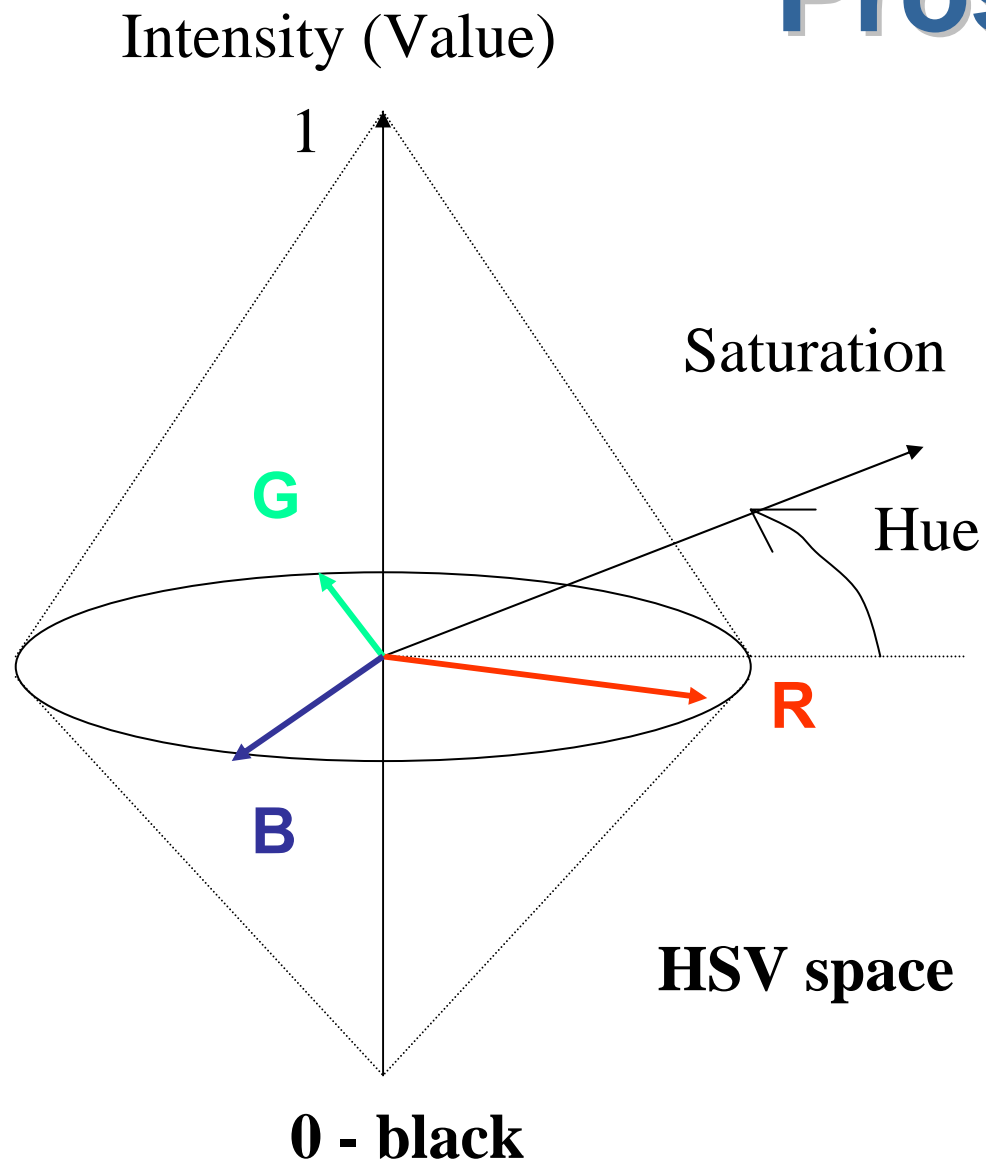
$\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$  = stand. k - ka posmatraca(1931.)

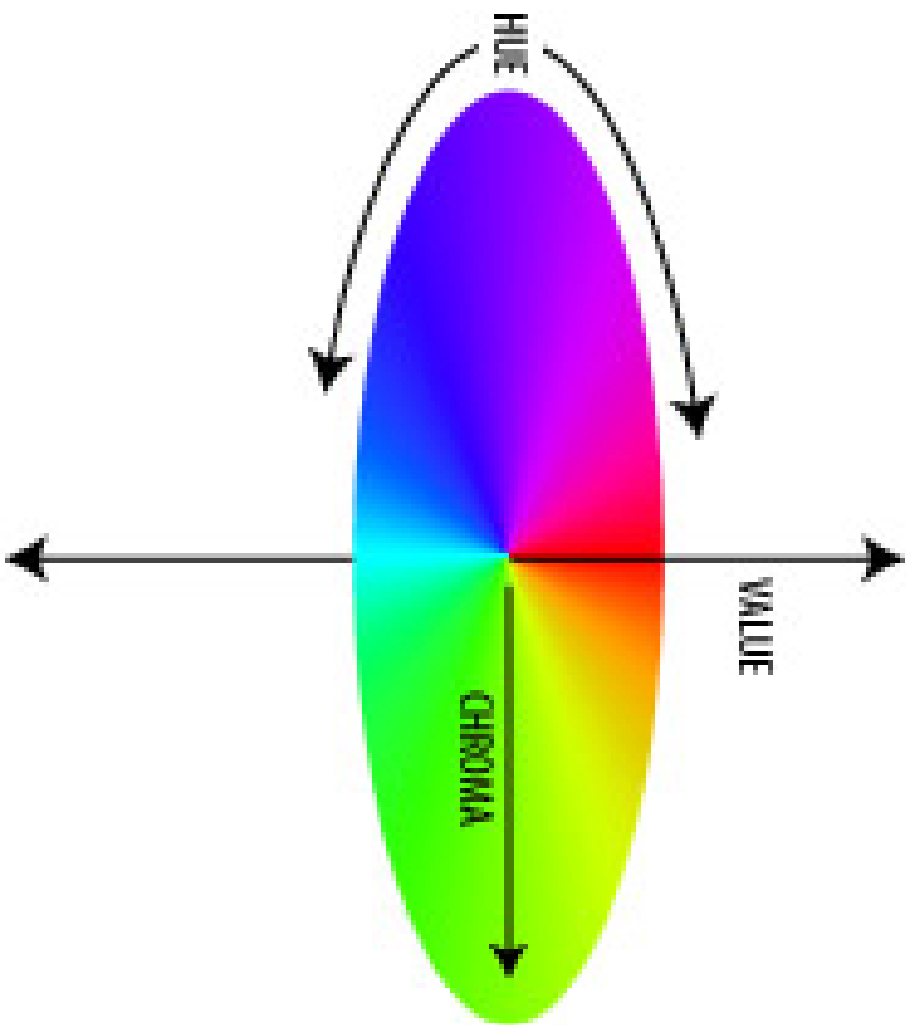
$\lambda$  = talasna duzina

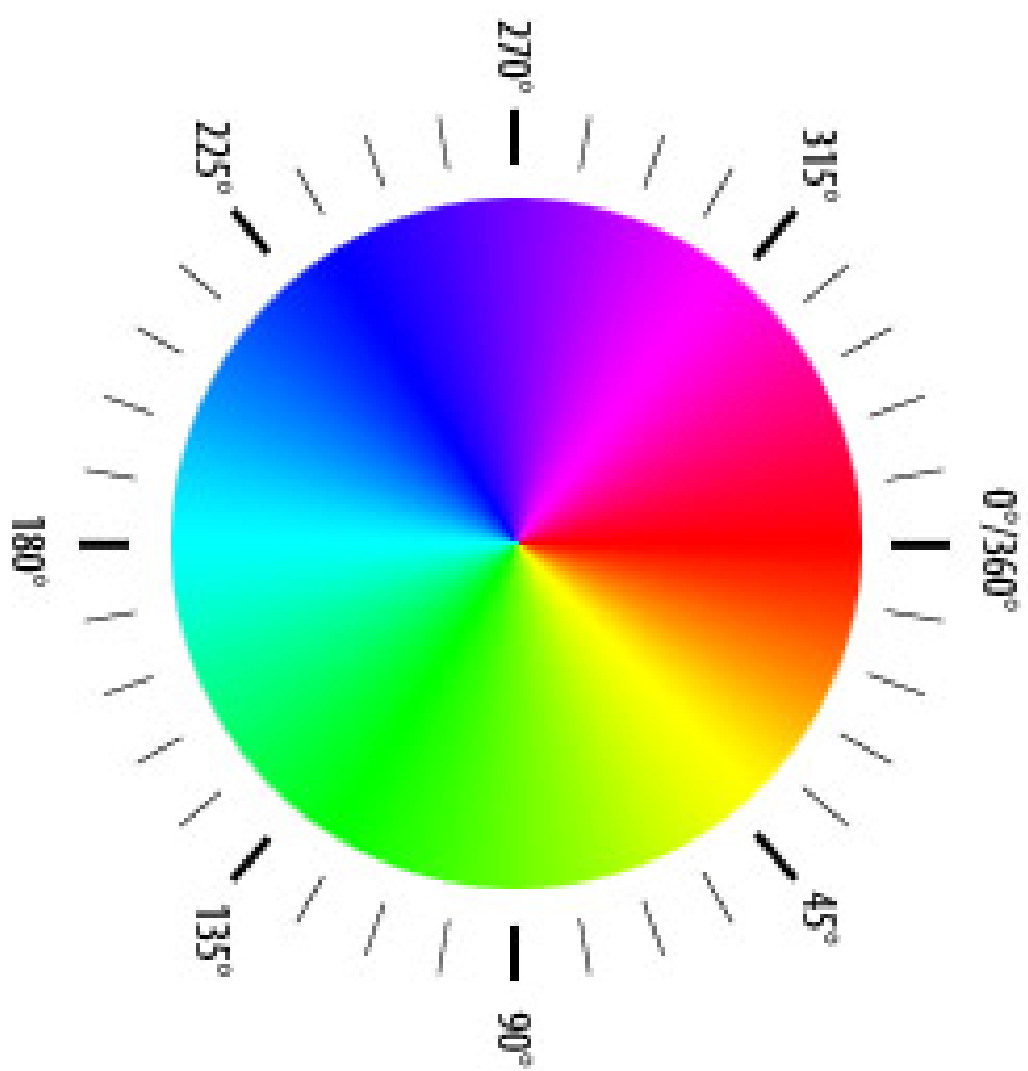
$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad \wedge \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

Prema **Grassman-ovom zakonu**:  
 sve boje koje se mogu formirati  
 pomoću tri izvora svetlosti su unutar trougla  
 ili na ivicama trougla čija temena čine izvori.

# Prostor boja HSV

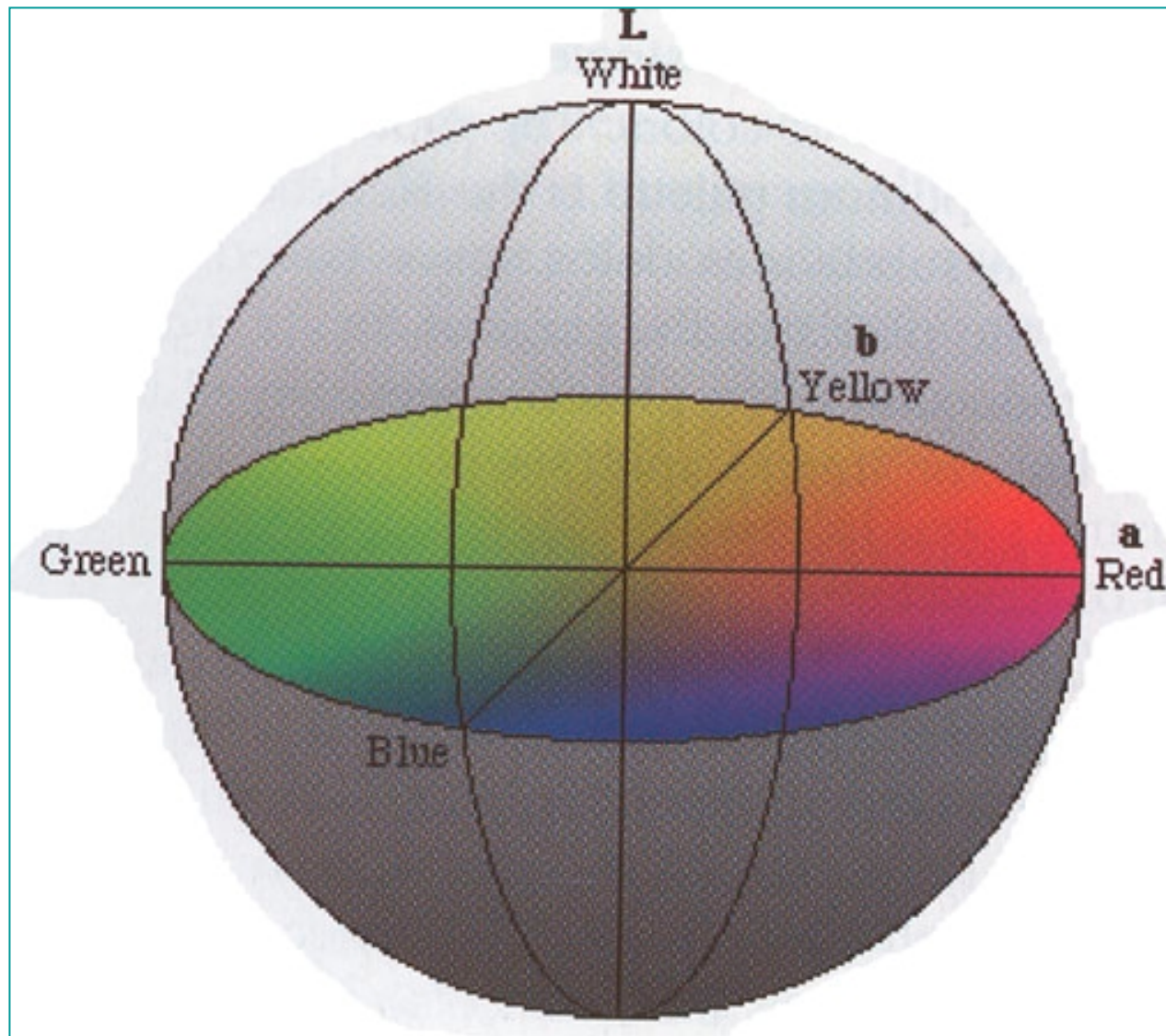


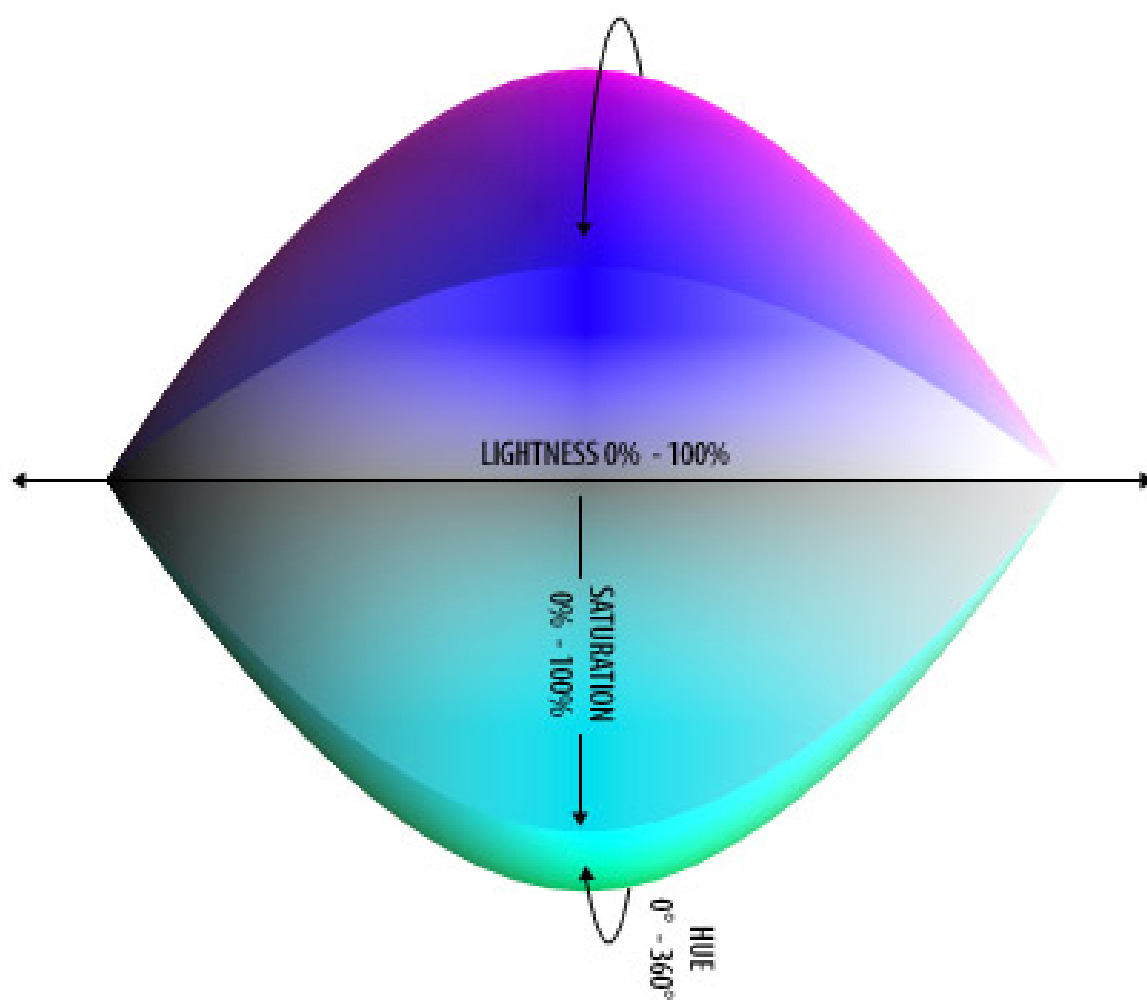




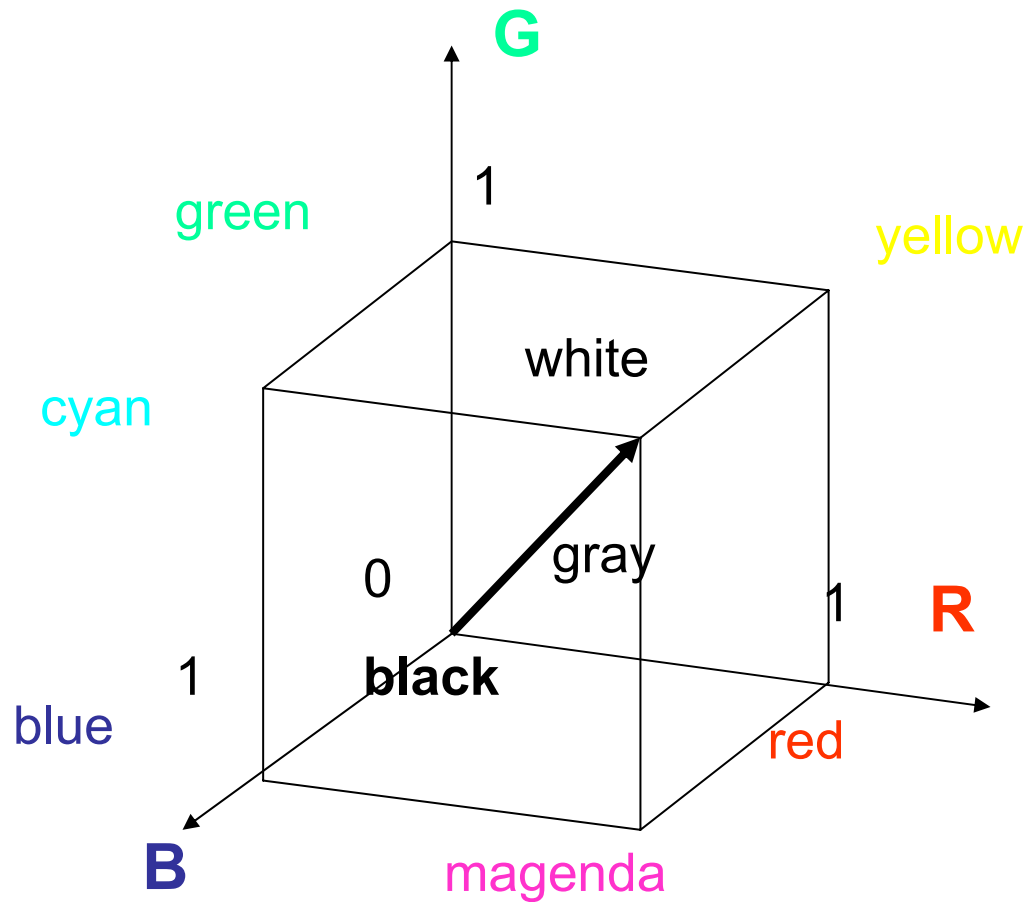


# HVS

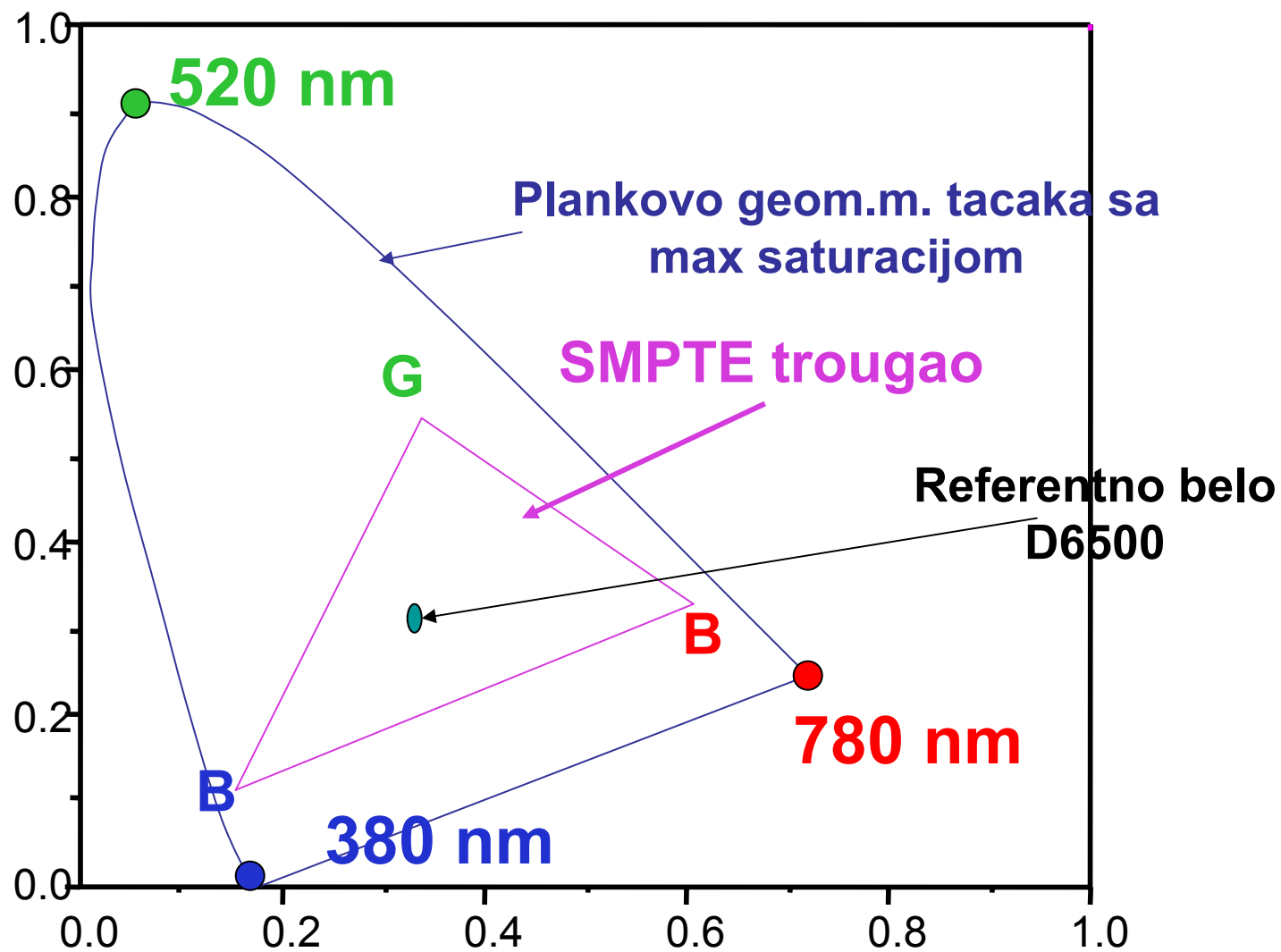




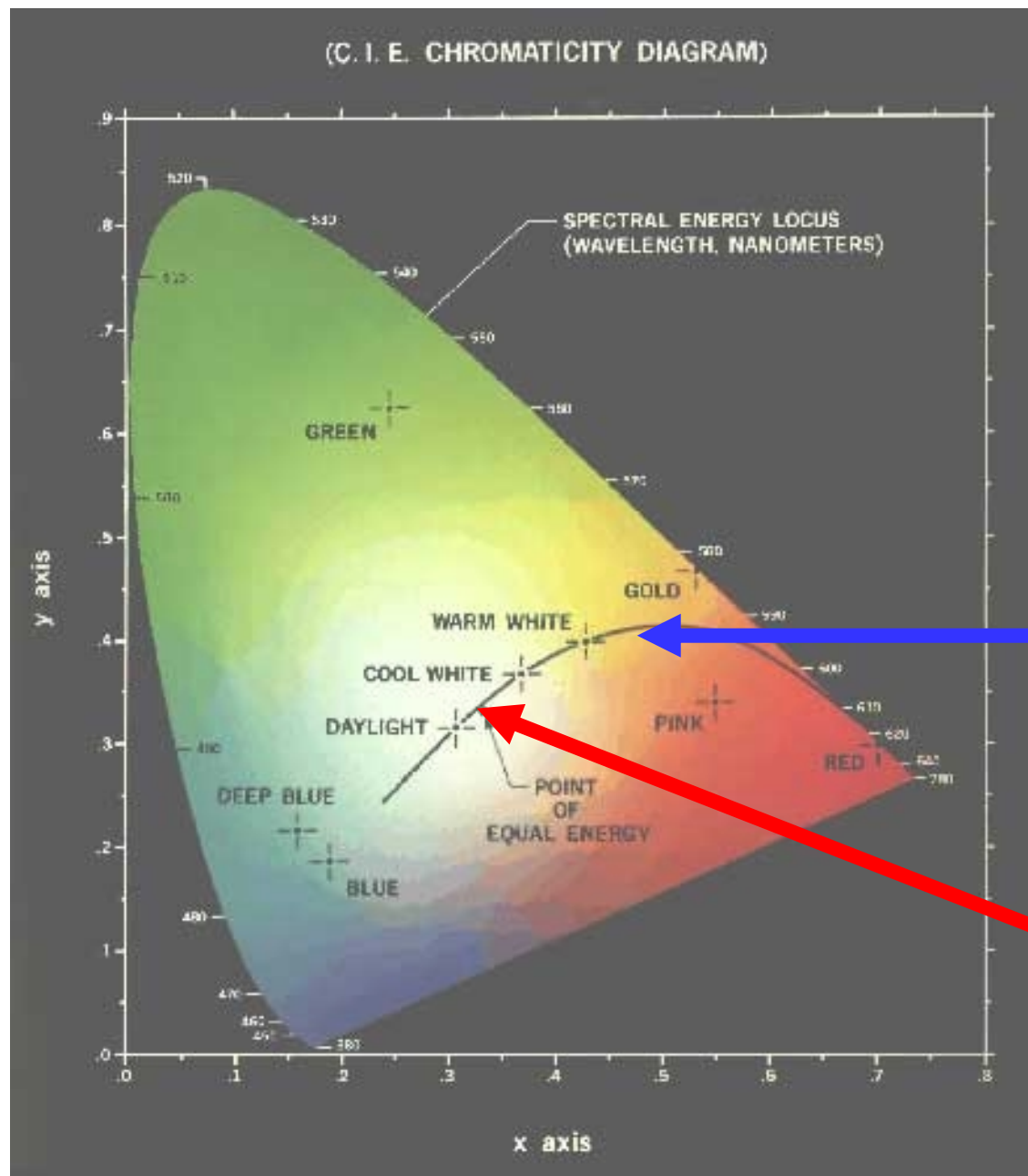
# Prostor boja RGB



RGB color cube



# CIE

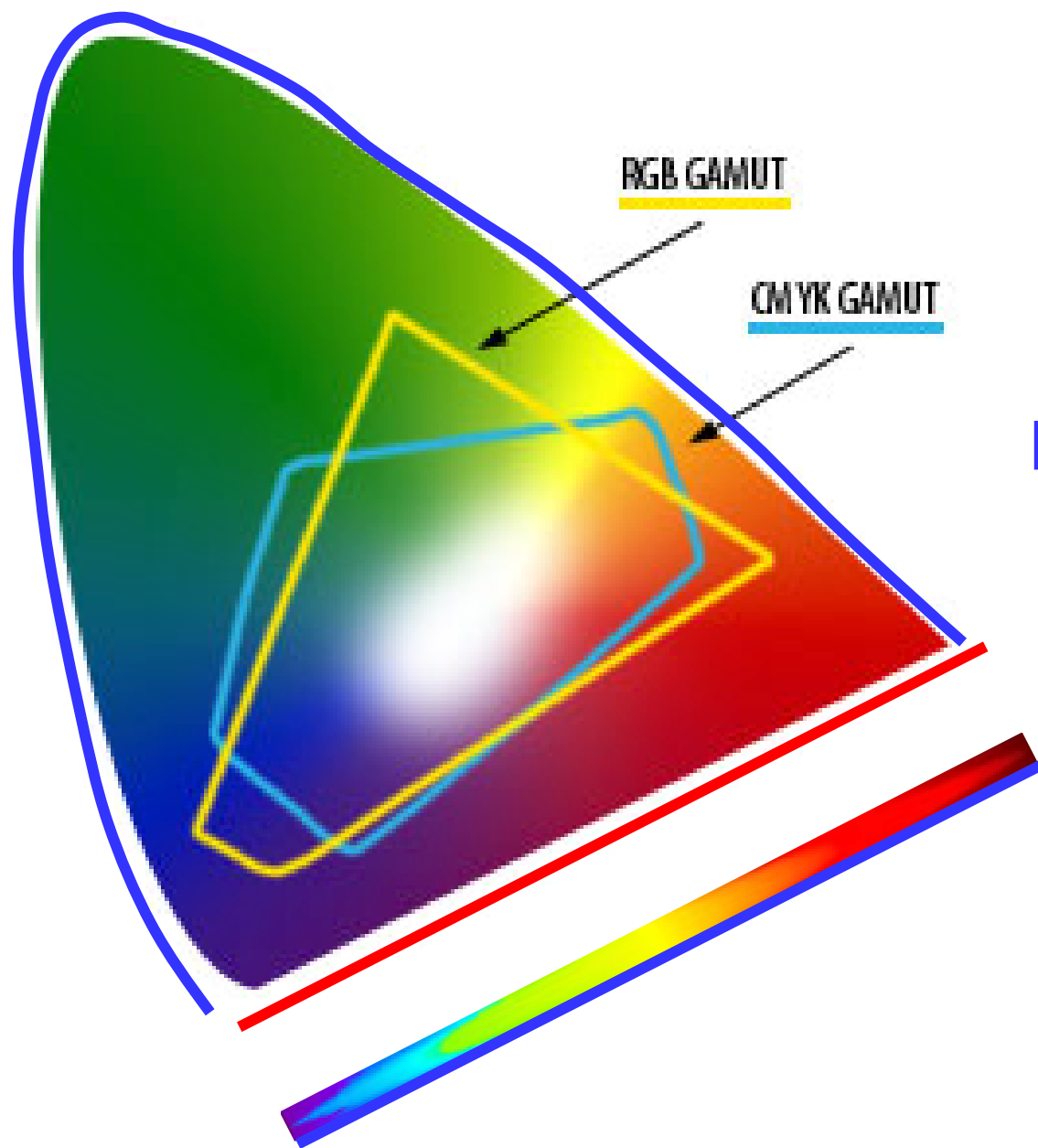


kriva zračenja  
crnog tela

tačka jednake energije  
tri izvora

# Temperatura boje

predstavlja **temperaturo**  
na koju treba zagrejati crno telo  
da bi njegova spektralna k-ka  
odgovarala k-stici izvora.



RGB GAMUT

CMYK GAMUT

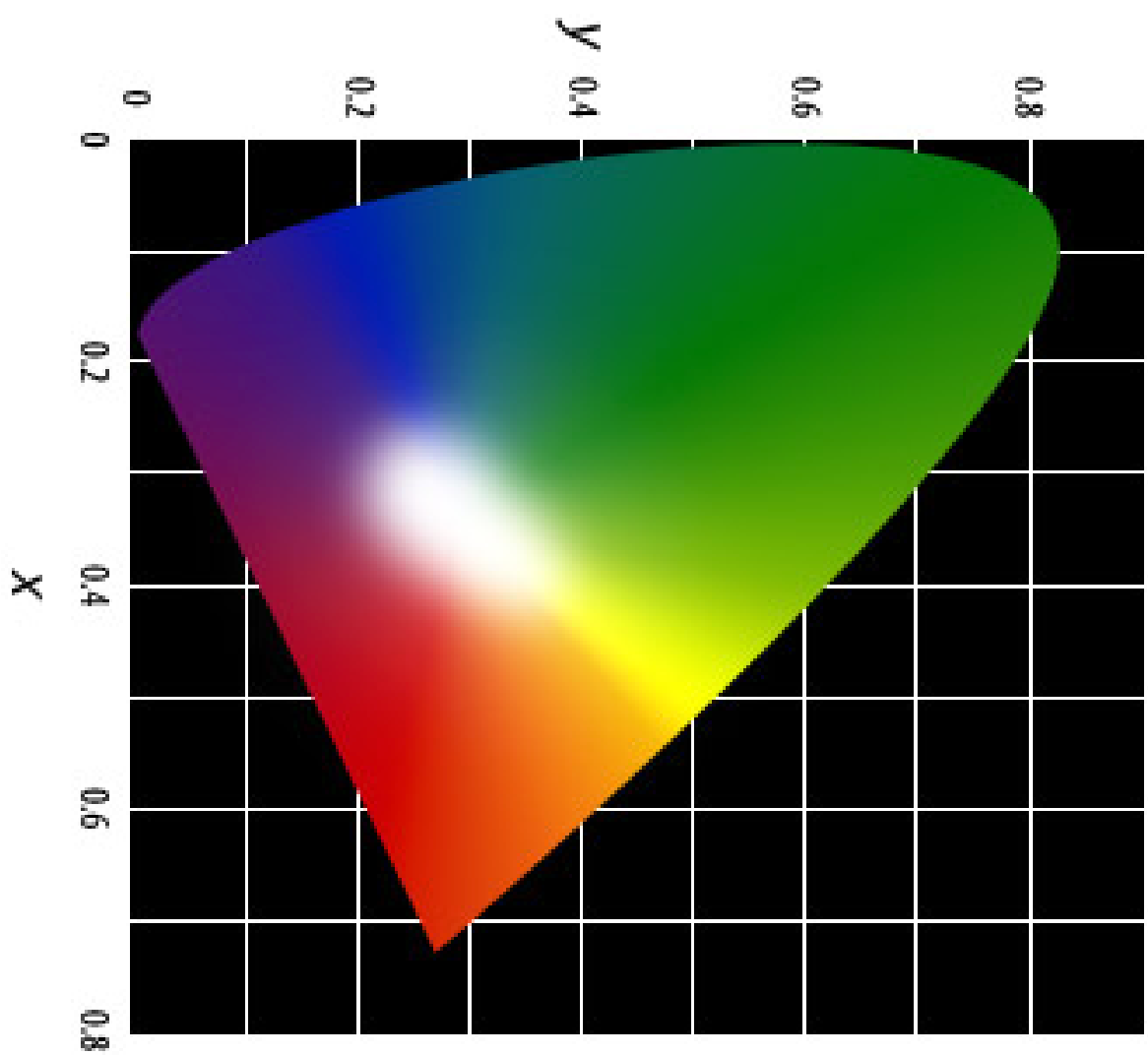
prirodne boje

nepostojece talasne  
dužine

# $k(\lambda)$ – monohromatska svetlost

- monohromatska boja se ne može ostvariti sa dva primara
- $k(\lambda)$  + jedna primarna = zbir druge dve primarne
- $k(\lambda) + R = G + B$
- sledi:  $k(\lambda) = -R + G + B$





## Usaglašen standard za fosfore

- **SMPTE** – **S**ociety of **M**otion **P**icture and **T**elevision **E**ngineers
- **EBU** – **E**uropean **B**roadcaster **U**nion

$$x = 0.630 \quad y = 0.340 \quad \text{R}$$

$$x = 0.310 \quad y = 0.595 \quad \text{G}$$

$$x = 0.155 \quad y = 0.070 \quad \text{B}$$

$$x = 0.3127 \quad y = 0.3290, W \text{ standardno belo}$$

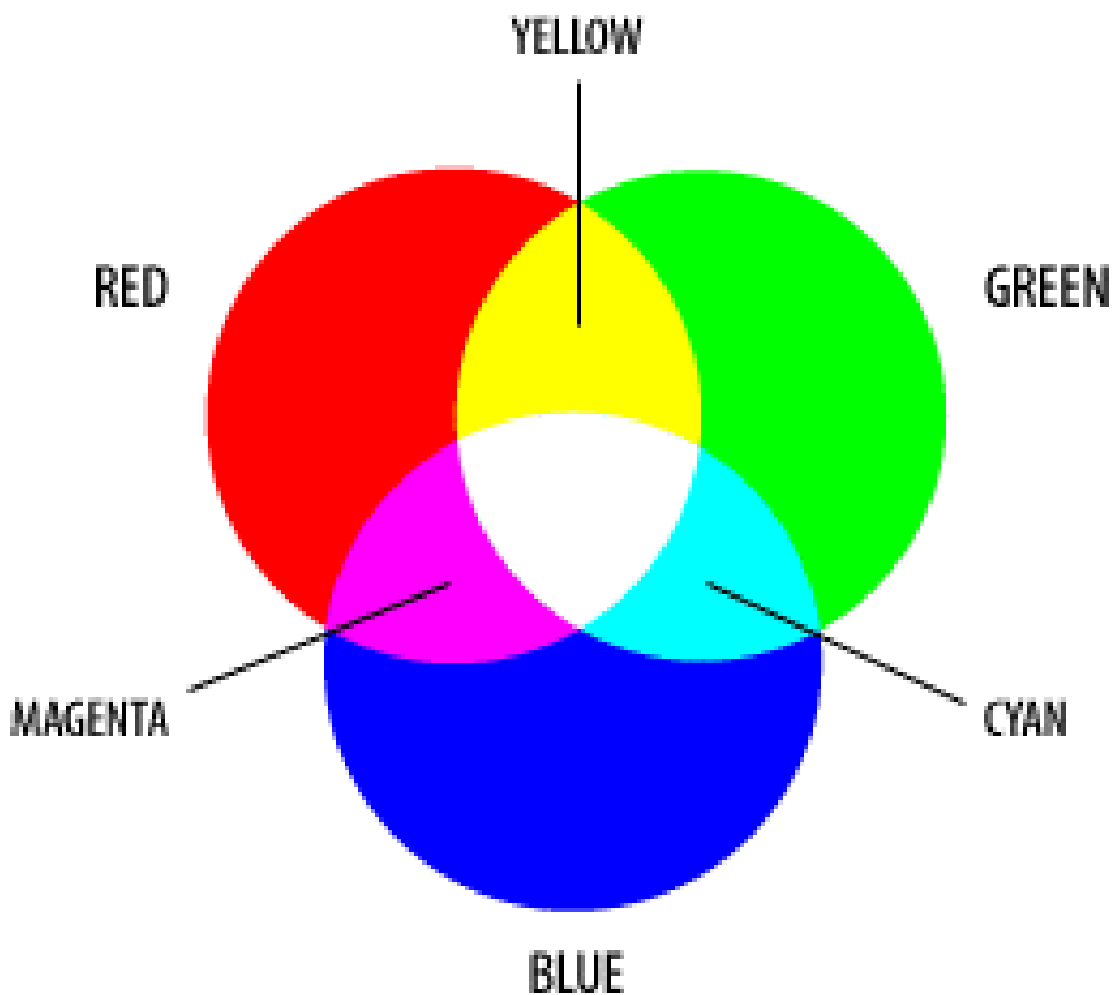
## Matrice transformacije

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.6067 & 0.1736 & 0.2001 \\ 0.2988 & 0.5868 & 0.1143 \\ 0.0000 & 0.0661 & 1.1149 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

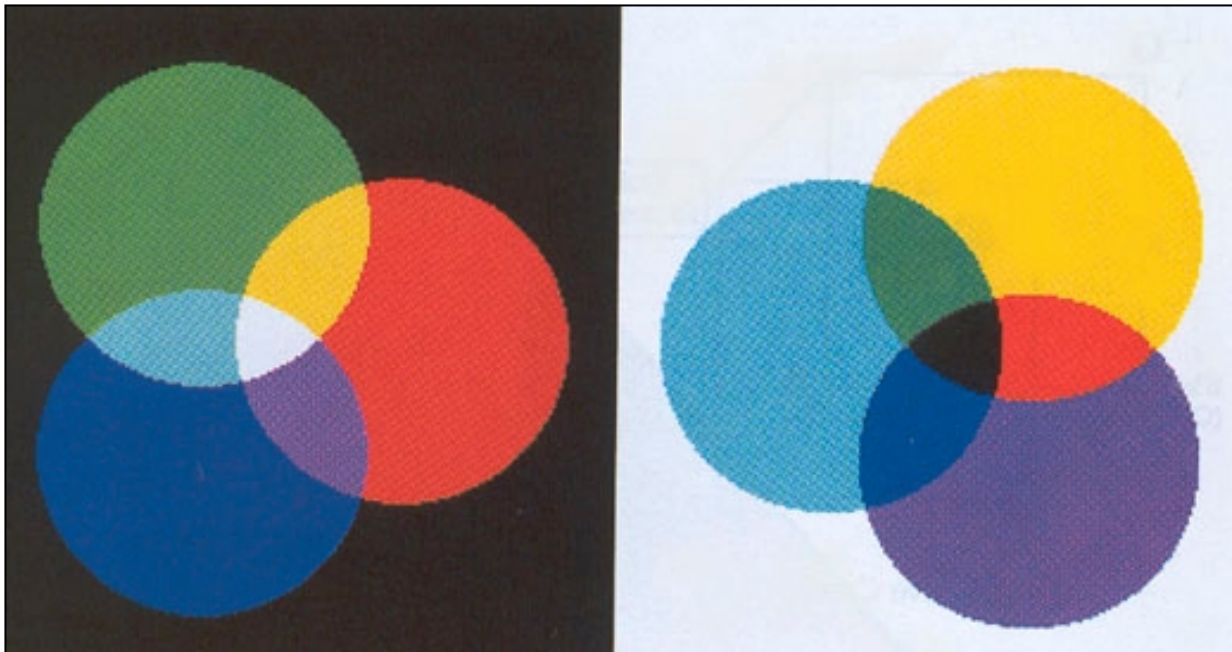
$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.9107 & -0.5326 & -0.2883 \\ -0.9843 & 1.9984 & -0.0283 \\ 0.0583 & -0.1185 & 0.8986 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

**Aditivni kolor: RGB, osnova crna – pa se dodaje boja**

**Subtraktivni kolor: MCY, osnova bela – pa se oduzima boja**

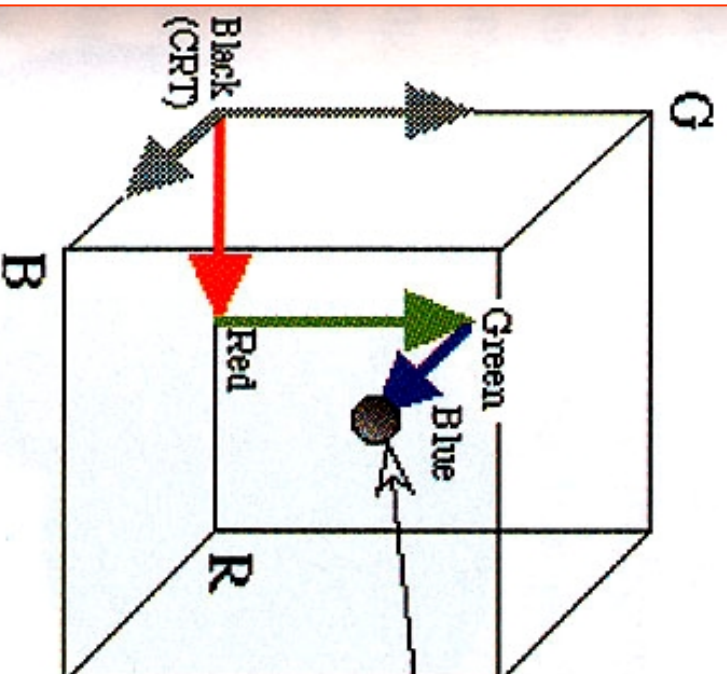


# RGB vs MCY



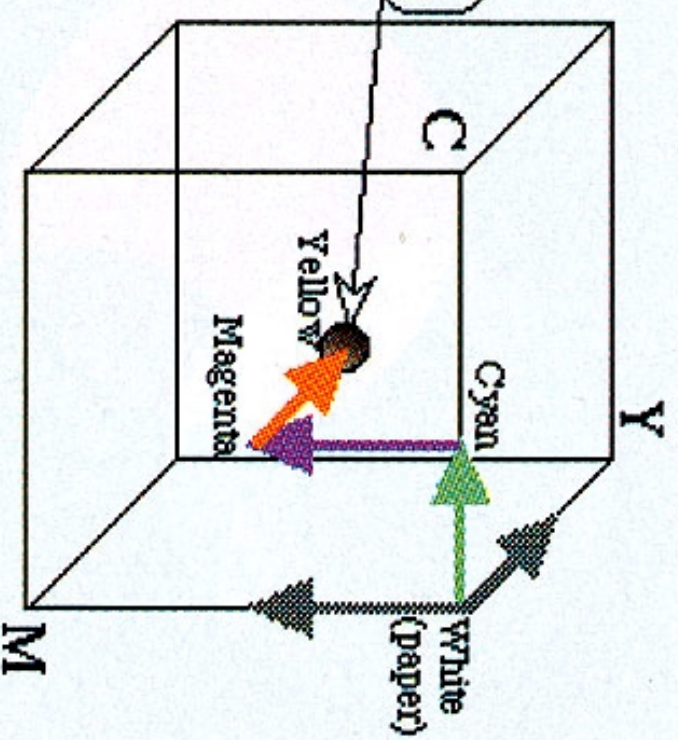
Aditivni

Subtraktivni



RGB Additive Colors

Color  
Represented



CMY Subtractive Colors

## Funkcija prenosa elektrooptičkog pretvarača CRT (Cathode Ray Tube)

$$L_T = \begin{cases} \left[ \frac{V_r + 0.099}{1.099} \right]^\gamma, & \text{za } 0.0812 \leq V_r \leq 1 \\ \frac{V_r}{4.5}, & \text{za } 0 \leq V_r \leq 0.0812 \end{cases}$$

**V<sub>r</sub>** nivo video signala za pobuđivanje  
referentne CRT normalizovane na referento belo

**L<sub>t</sub>** svetlosni izlaz referentne CRT  
normalizovane na referento belo

$$\gamma = 2.2$$

## Funkcija prenosa optoelektronskog pretvarača - kamere

$$V_c = \begin{cases} 1.099 \times L_c^{\left(\frac{1}{\gamma}\right)} - 0.099, & \text{za } 0.018 \leq L_c \leq 1 \\ 4.500 \times L_c, & \text{za } 0 \leq L_c \leq 0.018 \end{cases}$$

**V<sub>c</sub>** nivo izlaznog video signala referentne kamere  
normalizovan na referentno belo

**L<sub>c</sub>** svetlosni ulaz referentne kamere  
normalizovane na referentno belo

$$\gamma = 2.2 \quad (\text{NTSC})$$



