

# Spracovanie farebného obrazu

Zuzana Černeková  
[cernekova@sccg.sk](mailto:cernekova@sccg.sk)  
miestnosť I3

# Sylabus

Kolorimetria, základné pojmy

Systemy farieb a ich súvislosť

Kvantovanie farieb, určovanie palety

Farebná morfológia

Hľadanie hrán

Segmentácia a úprava farebného obrazu

# Požiadavky na hodnotenie

- 40 bodov na cvičeniach  
(20b z cvičení treba ku skúške)
- 60 bodov na písomnej skúške  
(30b treba na úspešné absolvovanie skúšky)

body	známka
91 - 100	A
81 - 90	B
71 - 80	C
61 - 70	D
50 - 60	E

# Užitečné linky

<http://www.it.uu.se/edu/course/homepage/bild1/V04/links.html>

<http://www.efg2.com/Lab/Library/ImageProcessing/index.html>

<http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/CVentry.htm>

<http://www.icaen.uiowa.edu/~dip/LECTURE/contents.html>

<http://www-2.cs.cmu.edu/afs/cs/project/cil/ftp/html/v-pubs.html>

slovensky: <http://pg.netgraphics.sk/>

# Literatúra:

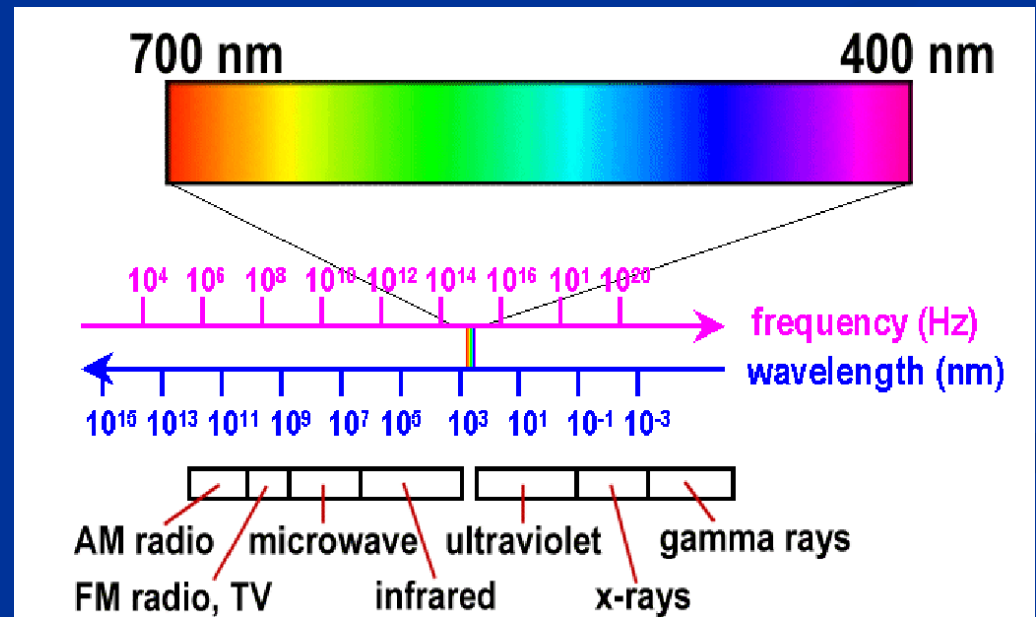
- A. Koschan, M. Abidi: **Digital Color Image Processing**, Wiley&sons 2008
- K. N. Plataniotis, A. N. Venetsanopoulos: **Color Image Processing and Applications**, Springer 2000
- **Digital Color Imaging Handbook**, Ed. Gaurav Sharma, CRC PRESS LLC, 2003
- R. Lukáč, K. N. Plataniotis: **Color Image Processing – Methods and Applications**, CRC Press 2007
- Pavol Horňák: **Svetelná technika**, ALFA 1989
- William K. Pratt: **Digital Image Processing: PIKS Inside**, John Wiley & Sons, Inc., 2001
- Gonzalez, C. R., Woods, E. R.: **Digital Image Processing**, Addison - Wesley, London, 1992

# Svetlo a farba

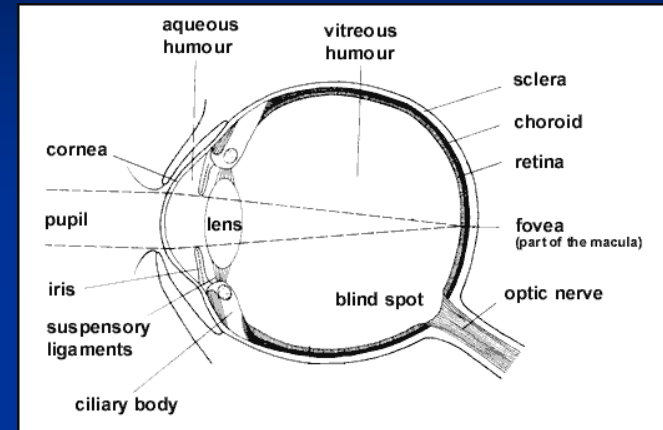
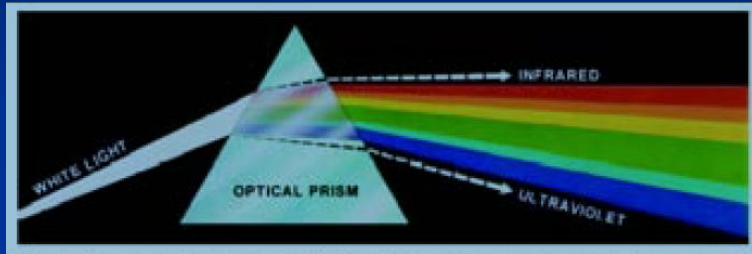
# Svetlo a farba

- Elektromagnetické vlnenie
- Svetlo – viditeľná časť spektra
- Čisté farby zodpovedajú jednotlivým vlnovým dĺžkam

**Farba objektu** je daná spektrom dopadajúceho svetla a svetlom absorbovaným a/alebo odrazeným (vlastnosťami objektu)

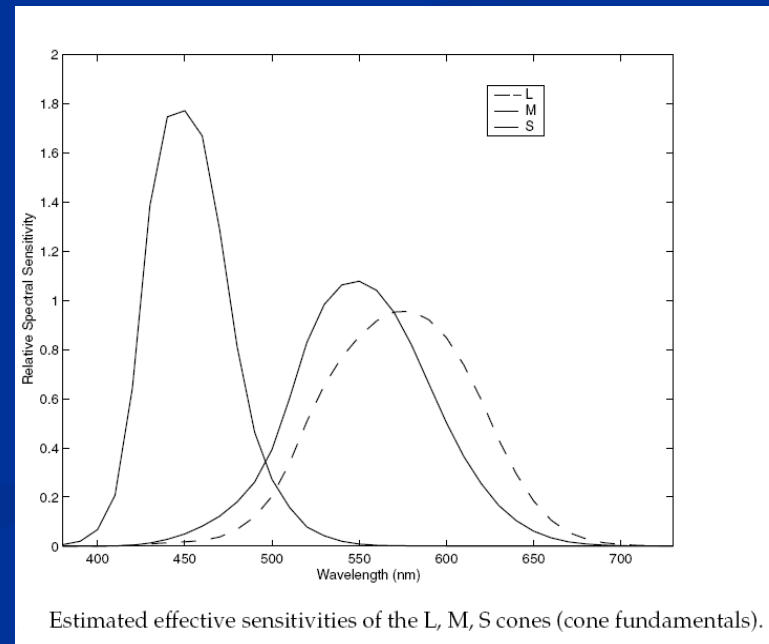


# Zrak a videnie



## Na sietnici oka

- Tyčinky – videnie za šera
- Čapíky – farebné videnie
  - 3 typy čapíkov citlivé na
    - dlhé (L)
    - stredné (M) a
    - krátke (S) vlny





# Intenzita svetla

- Intenzita je vážená funkcia r, g, b hodnôt.
- Ľudské oko nedáva všetkým komponentom r, g, b rovnaké váhy

$$\text{intensity} = 0.299 * \text{Red} + 0.587 * \text{Green} + 0.144 * \text{Blue}$$

- Predpokladajme, že máme 3 zdroje svetla s rovnakou intenzitou ale rôznymi farbami červenou, zelenou a modrou
- Zelená sa bude zdať najsvetlejšia, potom červená a modrá

# Popis farby

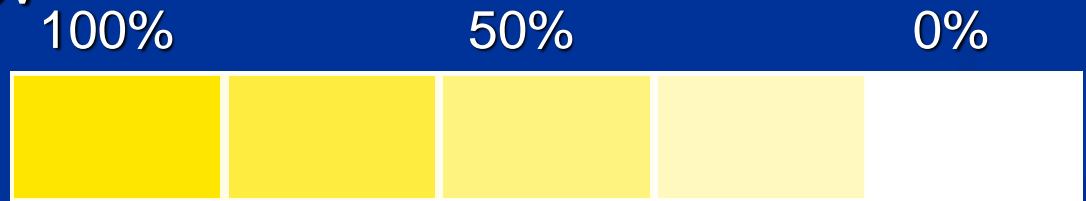
■ Trojica

Hue = odtieň



V priemere dokáže ľudské oko rozpoznať ~200 rôznych odtieňov

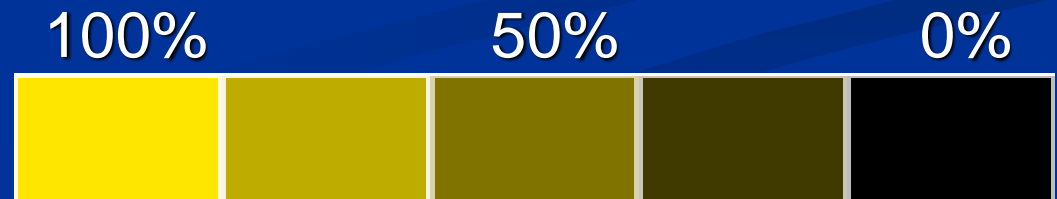
Saturation = sýtosť



(pastelové farby ... nenasýtené)

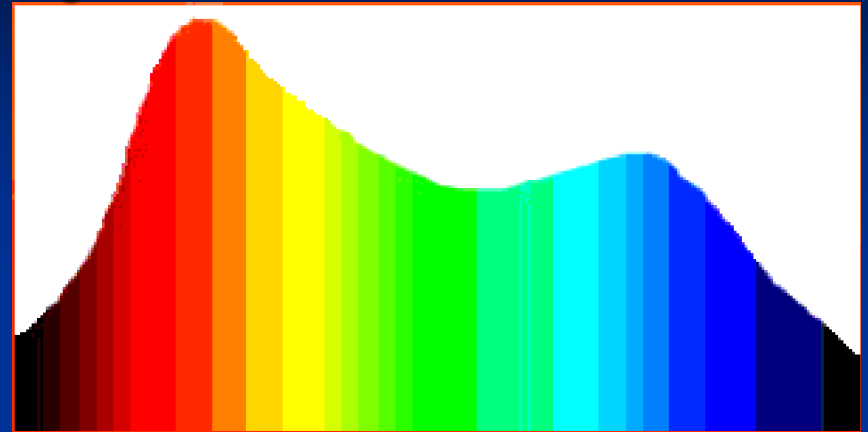
**Ružová** má taký istý odtieň ako **červená**, ale je menej saturovaná

Luminance (brightness) = jas, intenzita



# Spectral density functions

Spektrograf  
 $s(\lambda)$  – spektrálna krivka

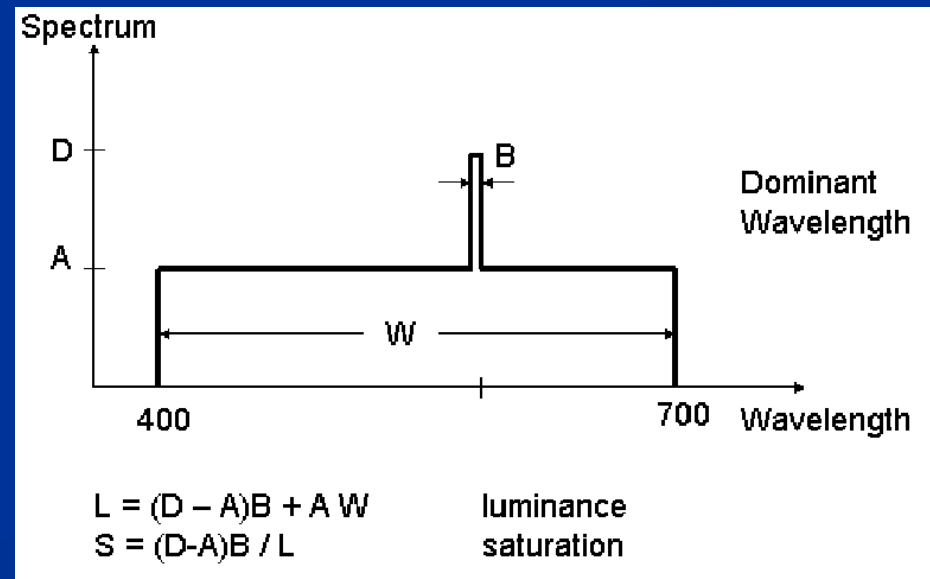


pomocou dominantnej  
vlnovej dĺžky

Odtieň je určený  
vlnovou dĺžkou

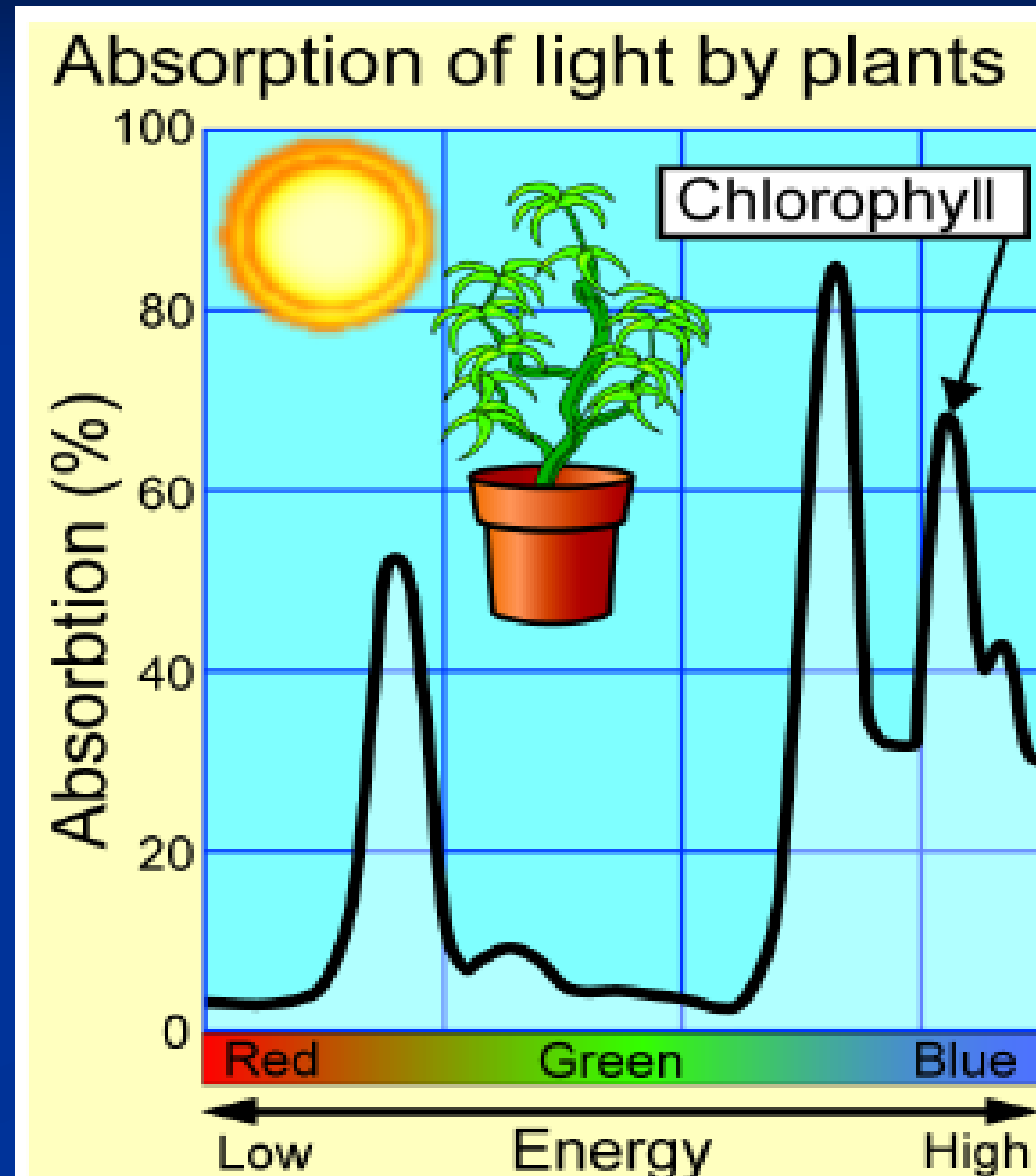
Ak  $A=D \Rightarrow$

bezfarebné svetlo



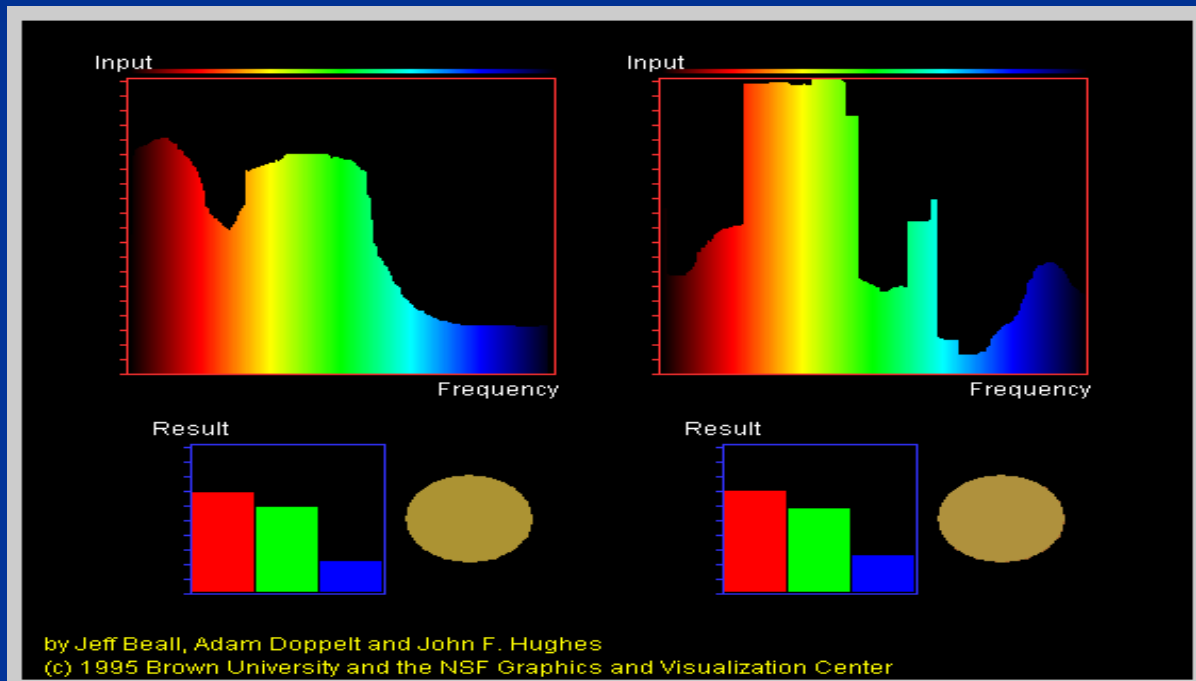
# Prečo sú rastliny zelené?

- Rastliny absorbujú energiu zo svetla a premieňajú ju na chemickú energiu vo forme cukrov
- **Chlorofyl** je dôležitý v tomto procese. Absorbuje vlnové dĺžky zodpovedajúce **modrej a červenej farbe**



# Metamer

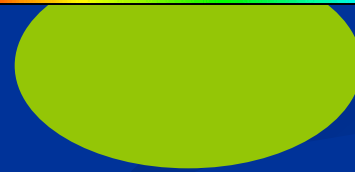
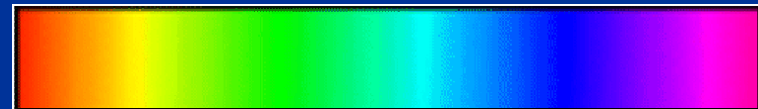
- Spektrálne rôzne farby ale ľudským okom nerozlíšiteľné



<http://www.cs.brown.edu/exploratories/freeSoftware/home.html>

# Color matching

Priame určovanie hodnôt H, S, L je nevhodné pre „color matching“ = určovanie rovnakých farebných vnemov



H 54

S 240 /255

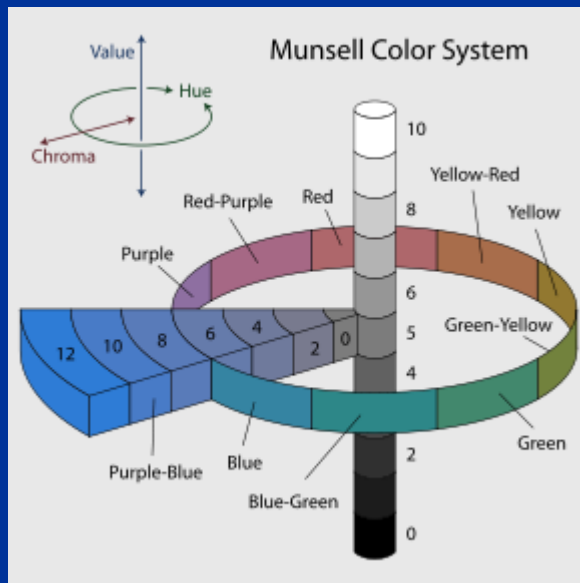
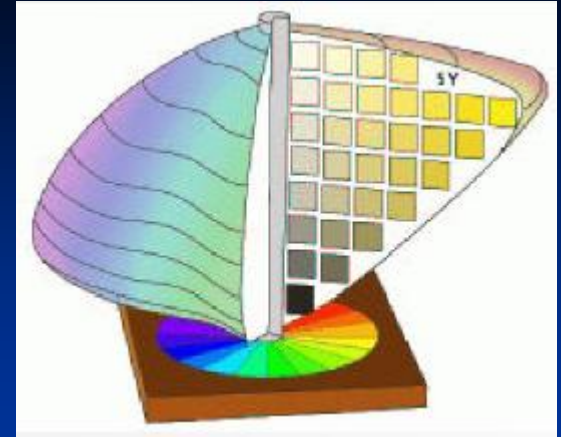
L 102

Potrebuje iný popis farby

Porovnávanie s atlasom farieb

# Munsellov atlas

- Vytvorený Albertom H. Munsellom na začiatku 20. storočia
- Reprerentuje farbu v 3 dimenziách
- Ako prvý oddelil hue (odtieň), value (hodnotu) a chroma (saturácia) do vnemovo uniformných a nezávislých dimenzií

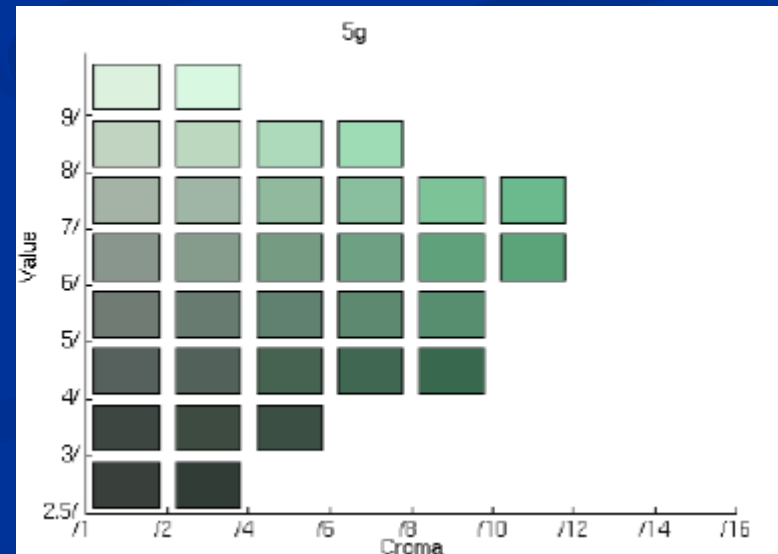
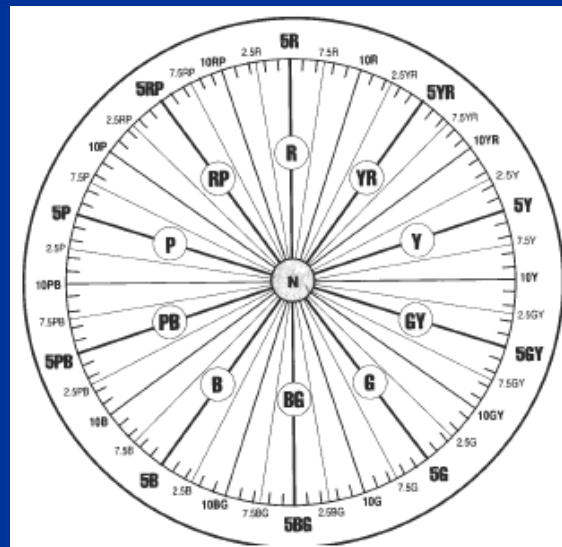


# Munsellov atlas

Hue: Red, Yellow-Red, Yellow, Green-Yellow, Green, Blue-Green, Blue, Purple-Blue, Purple, Red-Purple

Value: 0 ... 10 (tmavá ... biela)

Chroma: 0 ... 20 (neutrálna ... saturovaná)





# Macbeth ColorChecker

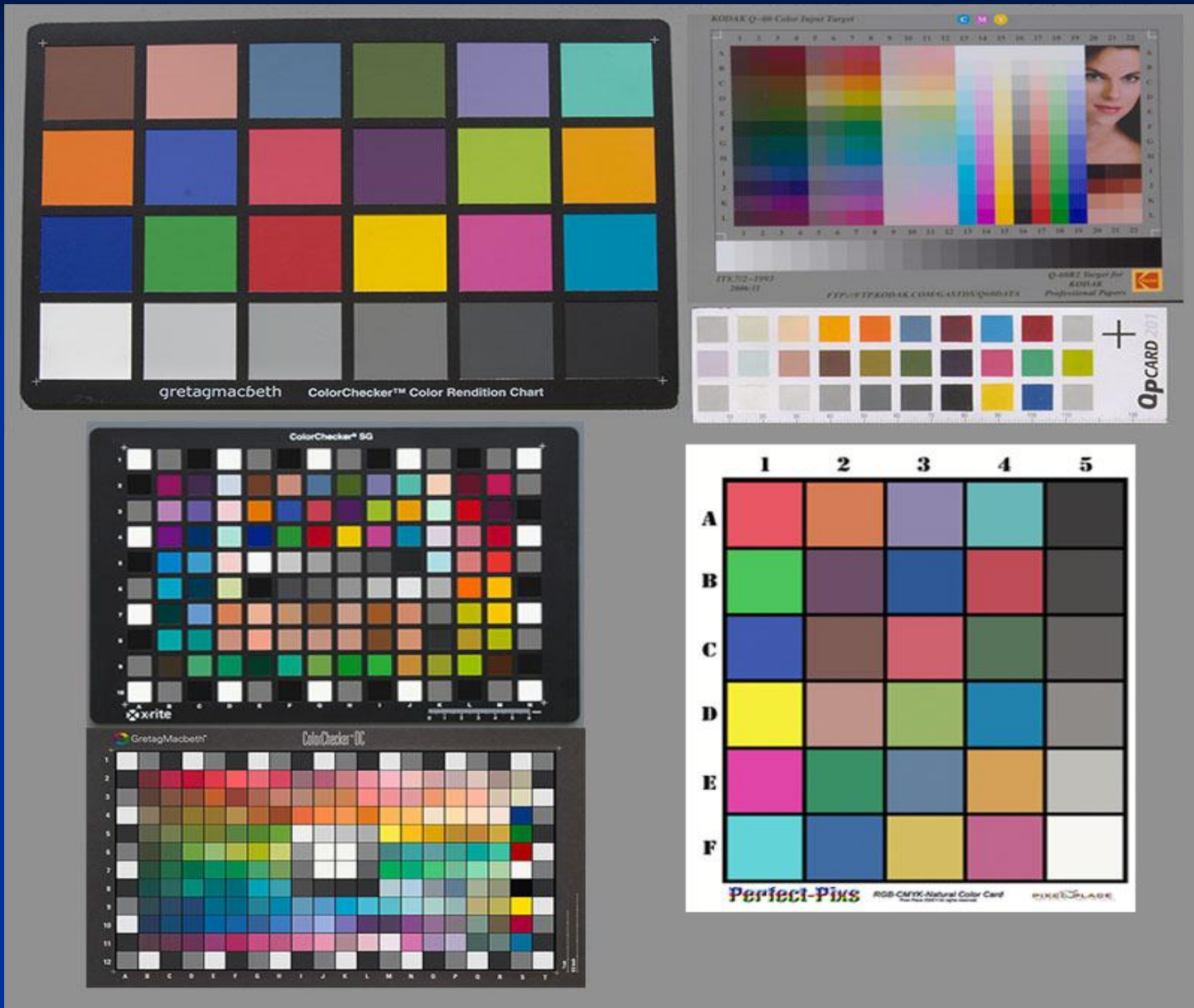
- Na kalibráciu systémov spracovania farebného obrazu
- 24 matných farieb



3YR 3.7/3.2 Dark Skin	2.2YR 6.47/4.1 Light Skin	4.3PB 4.95/5.5 Blue Sky	6.7GY 4.2/4.1 Foliage	9.7PB 5.4/6.7 Blue Flower	2.5BG 7/6 Bluish Green
5YR 6/11 Orange	7.5PB 4/10 Purplish Blue	2.5R 5/10 Moderate Red	5P 3/7 Purple	5GY 7.1/9.1 Yellow Green	10YR 7/10 Orange Yellow
7.5PB 2.9/12.7 Blue	0.25G 5.4/8.65 Green	5R 4/12 Red	5Y 8/11.1 Yellow	2.5RP 5/12 Magenta	5B 5.08/8.0 Cyan
N 9.5/ White	N 8/ Gray	N 6.5/ Gray	N 5/ Gray	N 3.5/ Gray	N 2/ Black

**Table 3.2.** The color or gray-level denotations and the Munsell denotations for the corresponding standardized color patches of the Macbeth ColorChecker.

# Iné množiny farieb – výrobcovia foto potrieb

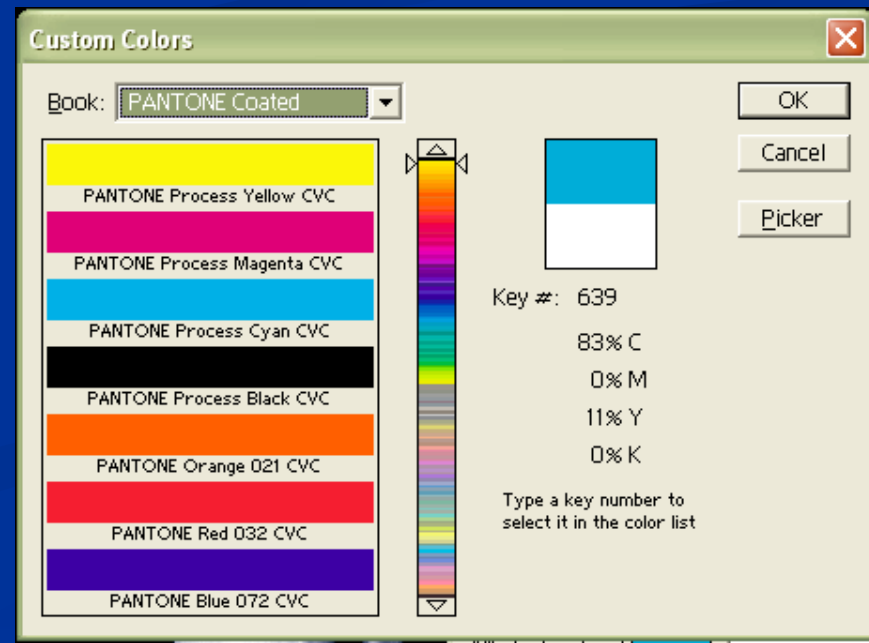


# Pantone Matching System

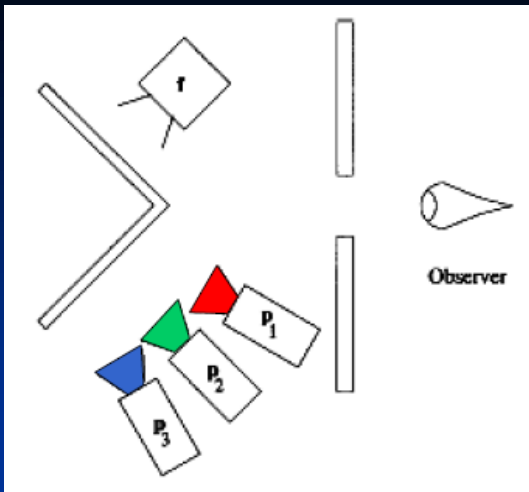
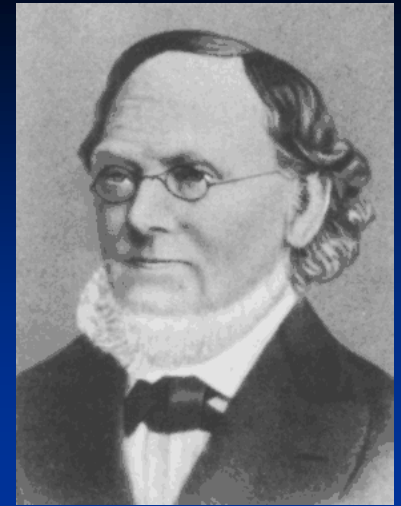
Každá farba má daný presný postup, podľa ktorého ju môžeme namiešať zo základných farieb.



Ďalšie systémy  
TRUMATCH,  
FOCOLTONE,  
TOYO Color Finder 1050,  
ANPA-COLOR,  
DIC Color Guide, ...



# Aditívne skladanie farieb



Grassmannov experiment (1853)

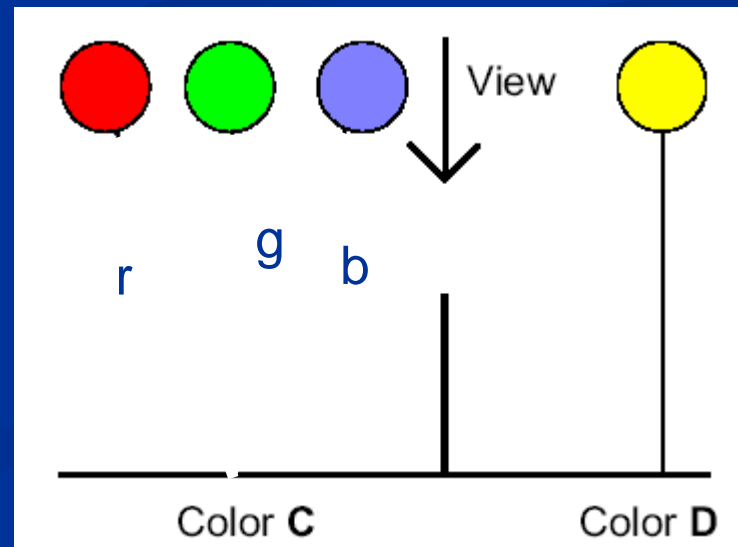
červená (R), zelená (G), modrá (B) – primárne farby

neznáma farba D

váhy  $r, g, b = 0 \dots 100$  (%)

výsledná farba

$$C = r R + g G + b B$$



# Aditívne skladanie farieb

- Dá sa úpravou  $r$ ,  $g$  a  $b$  nájsť farba  $C$  zodpovedajúca (vyzerajúca rovnako) farbe  $D$  vždy?

- Pre niektoré farby áno

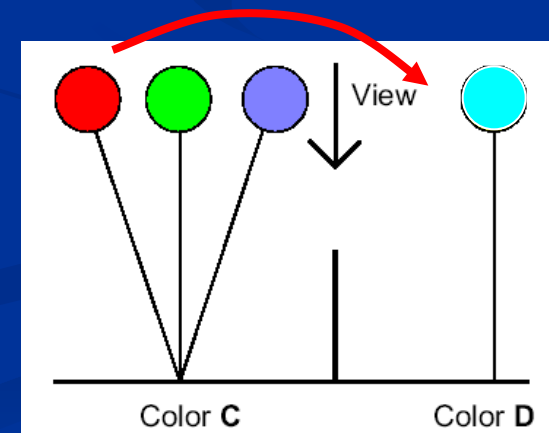
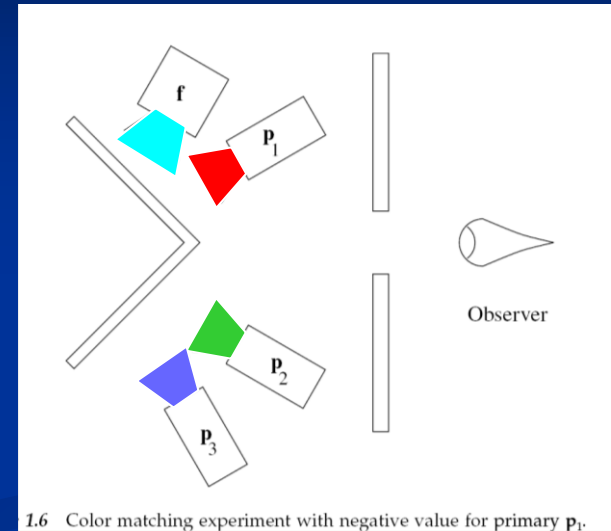
$$\text{Žltá} = 10 R + 11 G + 1 B$$

- Pre iné farby musíme jednu zo základných farieb presunúť doprava a porovnávať nepriamo

$$\text{Modrozelená} + 5 R = 5 G + 6 B$$

$$\text{Modrozelená} = -5 R + 5 G + 6 B$$

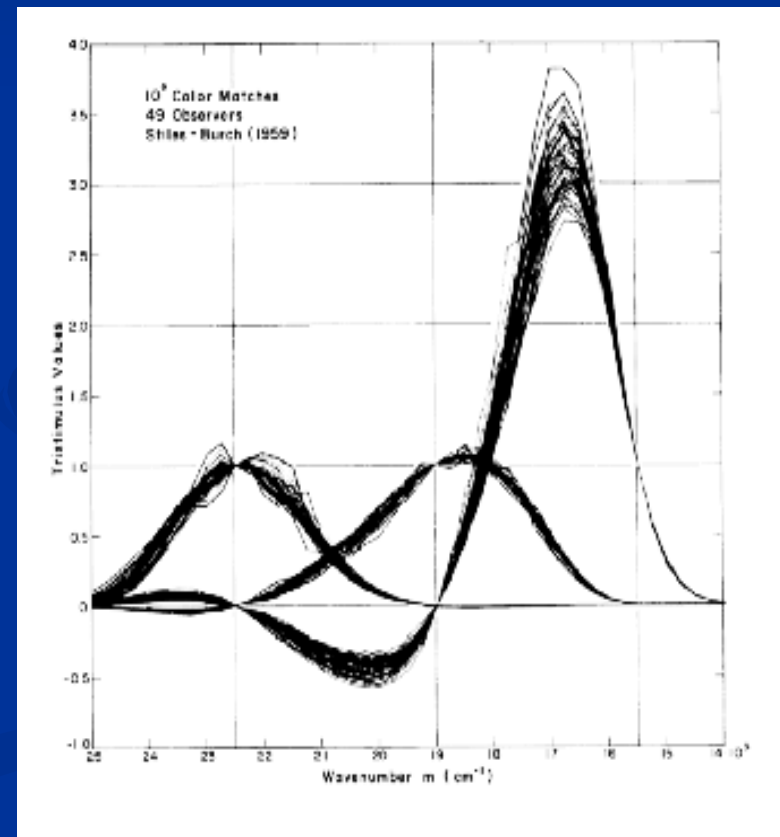
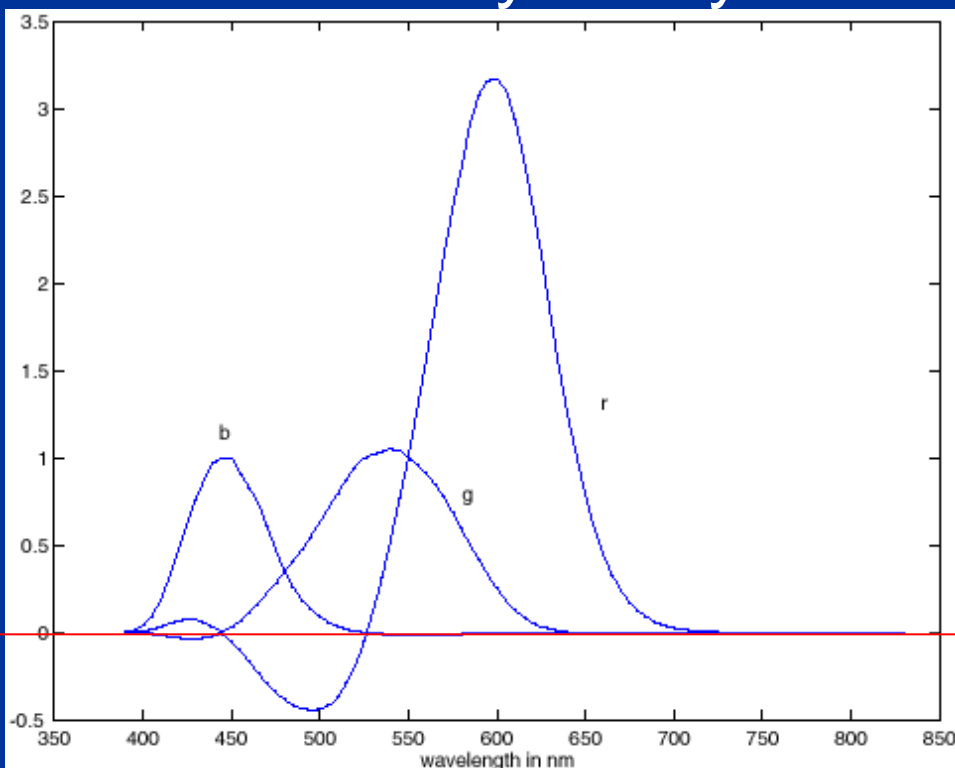
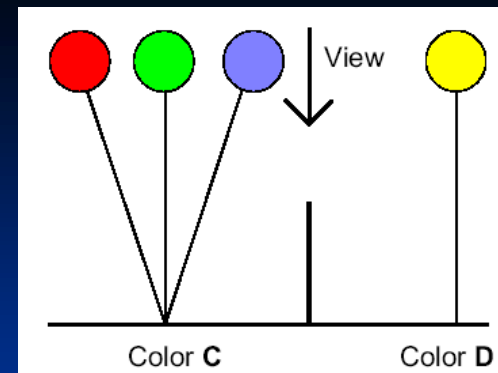
**Váhy môžu byť záporné!**



# Aditívne skladanie farieb

$R = 700\text{nm}$ ,  $G = 546\text{nm}$ ,  $B = 436\text{nm}$

Pokusy na mnohých  
subjektoch priniesli  
nasledovné výsledky:



# Aditívne skladanie farieb

Funkcie  $r(\lambda)$ ,  $g(\lambda)$ ,  $b(\lambda)$  určujú množstvo R, G, B na dosiahnutie 100% saturovanej farby s dominantnou vlnovou dĺžkou  $\lambda$  ( ozn.  $\text{mono}(\lambda)$  )

$$\text{mono}(\lambda) = r(\lambda)R + g(\lambda)G + b(\lambda)B$$

používajú sa škálované hodnoty:

$$\bar{a}(\lambda) = \frac{a(\lambda)}{r(\lambda) + g(\lambda) + b(\lambda)}, \{ \text{pre } a = r, g, b \}$$

Potom  $\bar{r}(\lambda) + \bar{g}(\lambda) + \bar{b}(\lambda) = 1$

# CIE - *Commission internationale de l'éclairage* Medzinárodná komisia pre svetlo

Nová trojica primárnych farieb X, Y, Z

Lineárnou transformáciou z RGB

- všetky farby sa dajú vyrobiť **pozitívnu** kombináciou X, Y, Z
- nereálne, supersaturované ( $> 100\%$ )
- Y zodpovedá intenzite L

CIE definuje **standard (colorimetric) observer**

– chromatic response of the average human viewing through a 2° angle

**CIE 1931 Standard Observer**, alebo aj **CIE 1931 2° Standard Observer**

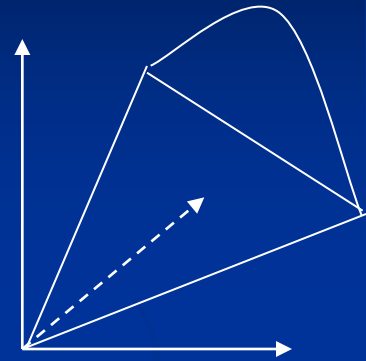
Neskôr **CIE 1964 10° Standard Observer** – málo používaný



# CIE 1931 -Color matching functions

Opäť funkcie  $x(\lambda)$ ,  $y(\lambda)$ ,  $z(\lambda)$  určujú intenzitu  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$

$$\text{mono}(\lambda) = x(\lambda)X + y(\lambda)Y + z(\lambda)Z$$



## Farebný priestor XYZ

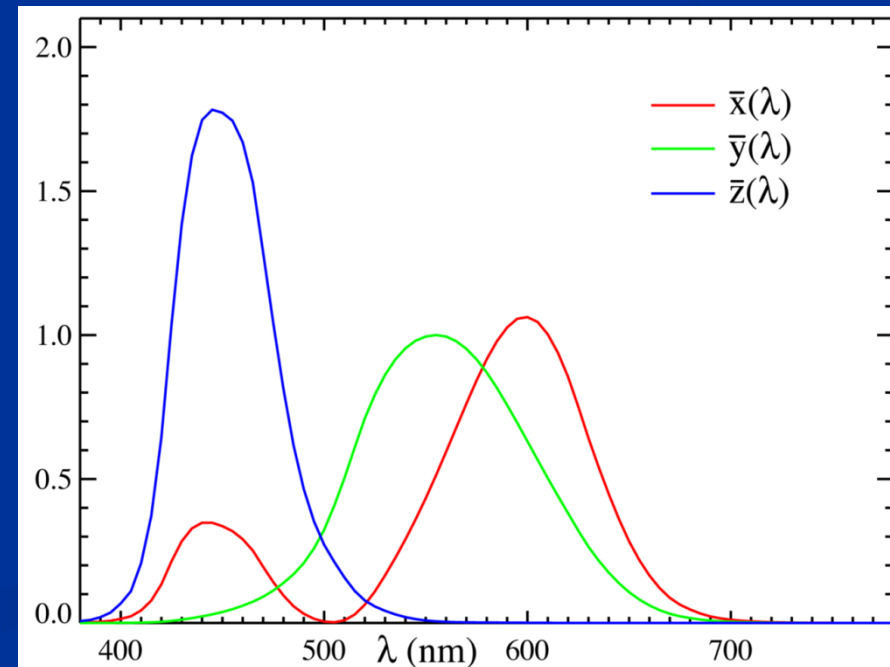
Pre farbu danú spektrálnou krivkou  $I(\lambda)$

$$X = \int_0^{\infty} I(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y = \int_0^{\infty} I(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = \int_0^{\infty} I(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

$\lambda$  je vlnová dĺžka zodpovedajúceho monochromatického svetla

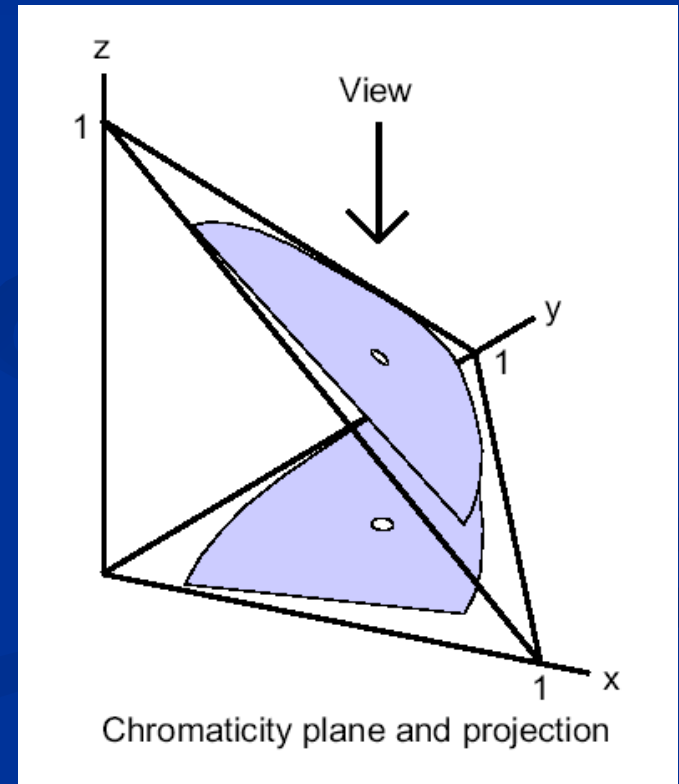
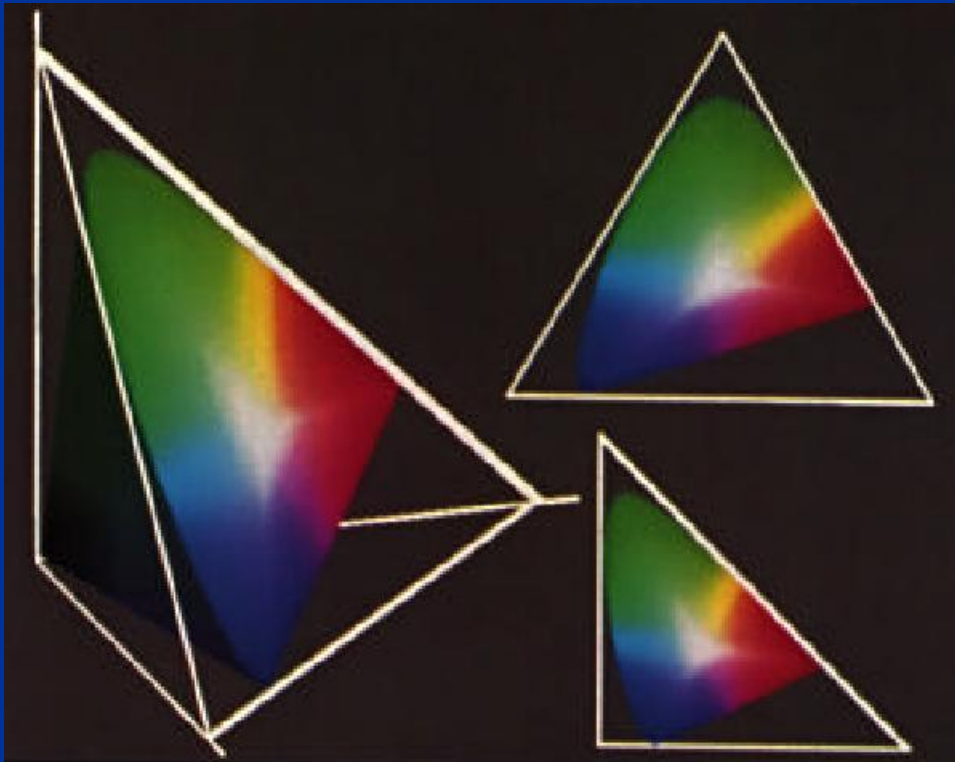


# CIE 1931

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

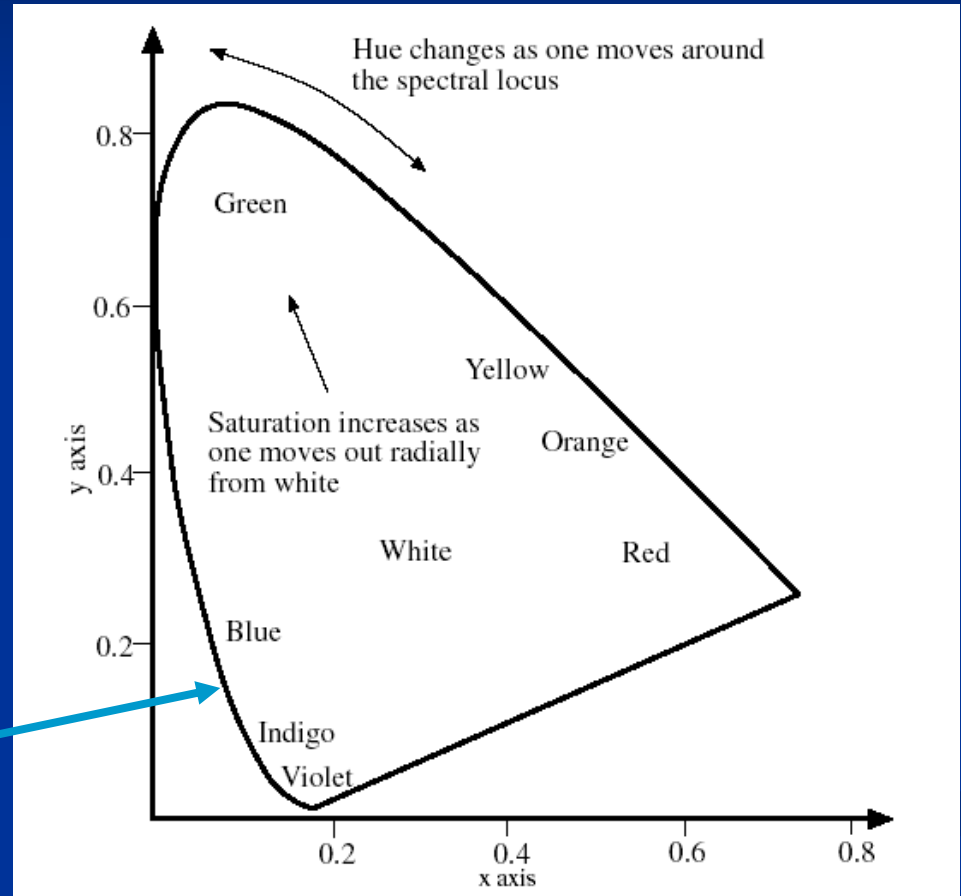
$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z} = 1 - x - y$$



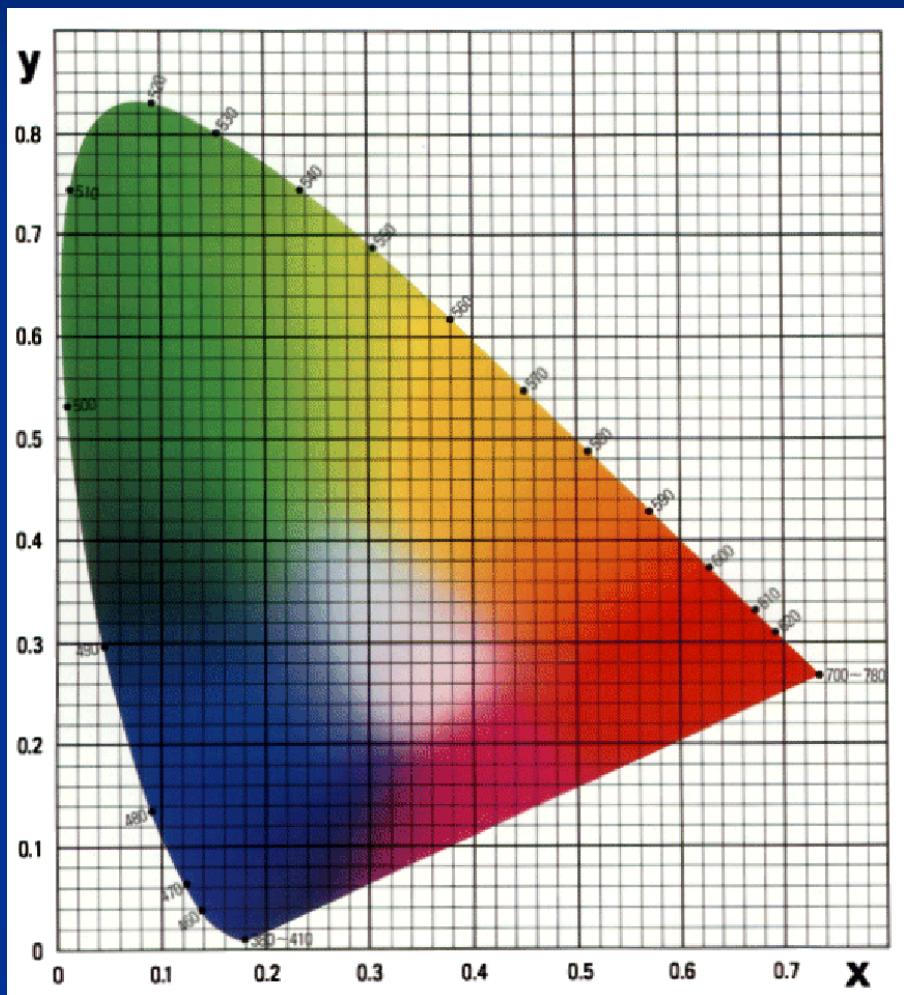
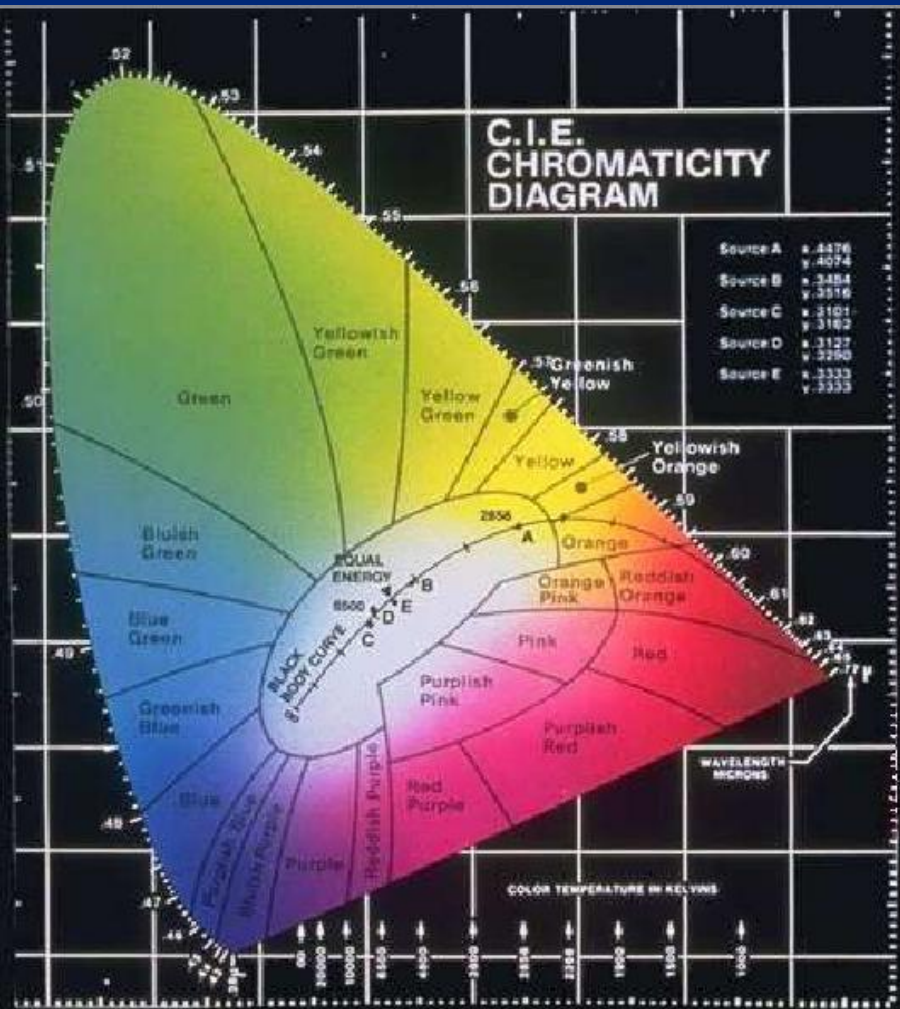
# CIE xy chromacity diagram

Svetový štandard xyY  
xy – určujú H a S  
Y = L



Spektrálna krivka

# CIE diagram



# CIE diagram

Významné body v CIE diagrame –  
definícia „bielej“

CIE Standard Illuminants:

A - tungsten light (wolframové svetlo)

B - sunset

C - blue sky

D65 - average daylight

E - equal energy white ( $x=y=z=1/3$ )

Farba vyžarovaná ideálnym čiernym  
telesom pri danej teplote (v stupňoch  
Kelvina)

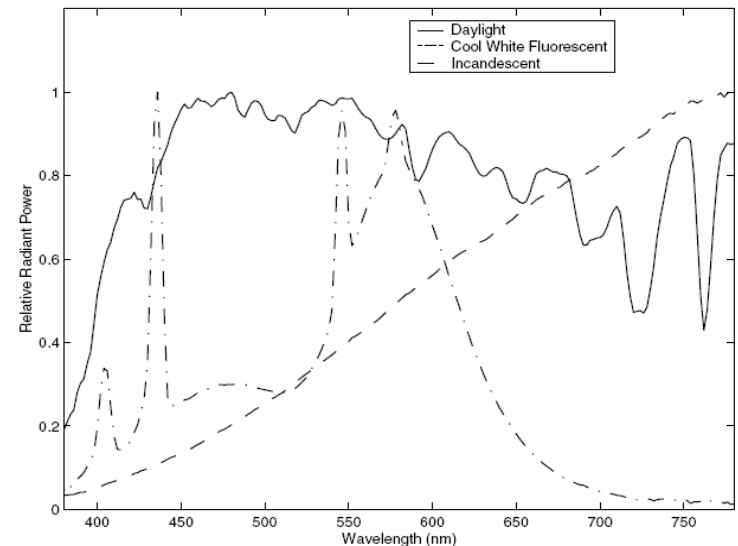
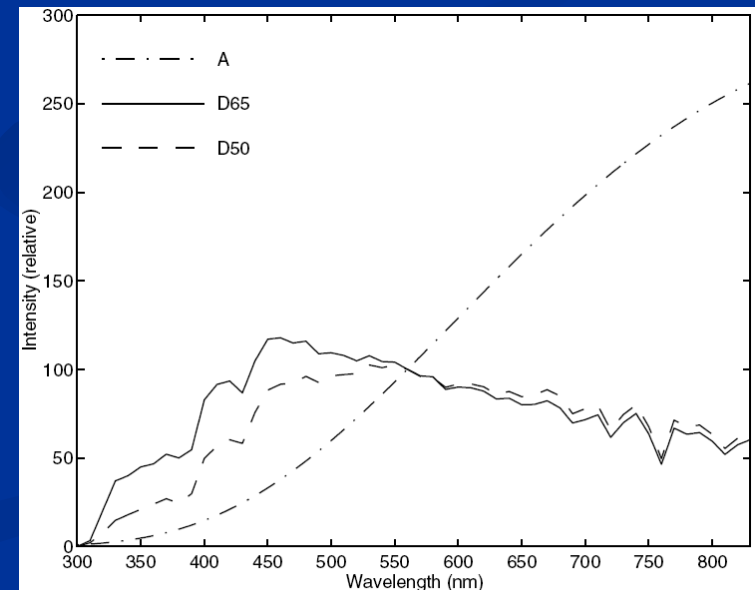


Figure 1.1 Measured relative spectral power distributions (SPDs) for daylight, cool white fluorescent office lighting, and an incandescent lamp.

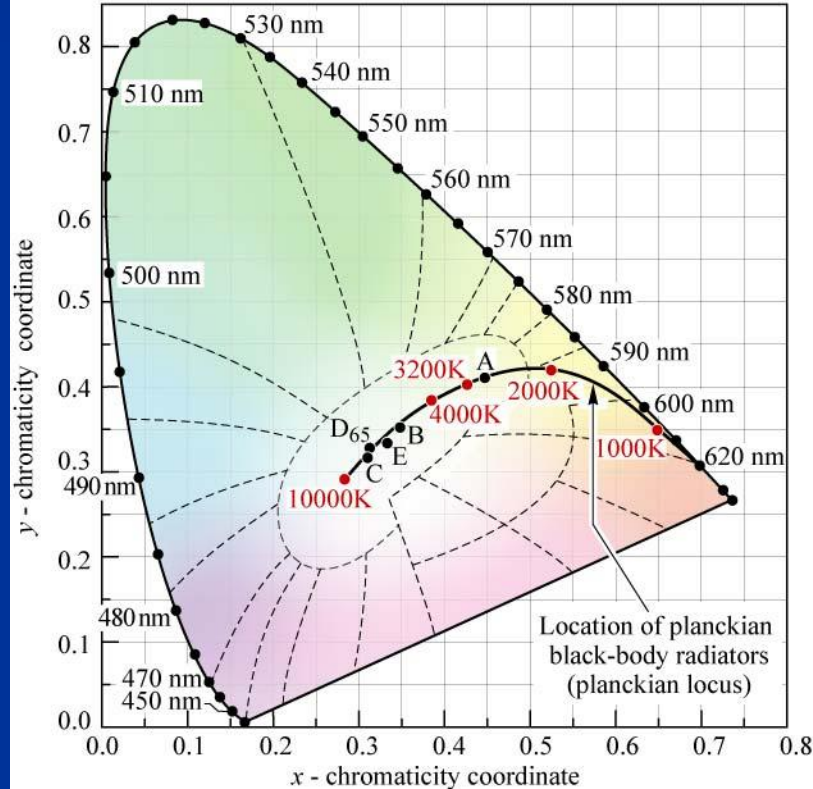


CIE standard illuminants.

# CIE diagram

TABLE 3.5-1. XYZ Tristimulus Values of Standard Illuminants

Illuminant	$X_0$	$Y_0$	$Z_0$
A	1.098700	1.000000	0.355900
C	0.980708	1.000000	1.182163
D50	0.964296	1.000000	0.825105
D65	0.950456	1.000000	1.089058
E	1.000000	1.000000	1.000000



Illuminant A  
 $(x, y) = (0.4476, 0.4074)$   
 (Incandescent source,  $T = 2856$  K)

Illuminant B  
 $(x, y) = (0.3484, 0.3516)$   
 (Direct sunlight,  $T = 4870$  K)

Illuminant C  
 $(x, y) = (0.3101, 0.3162)$   
 (Overcast source,  $T = 6770$  K)

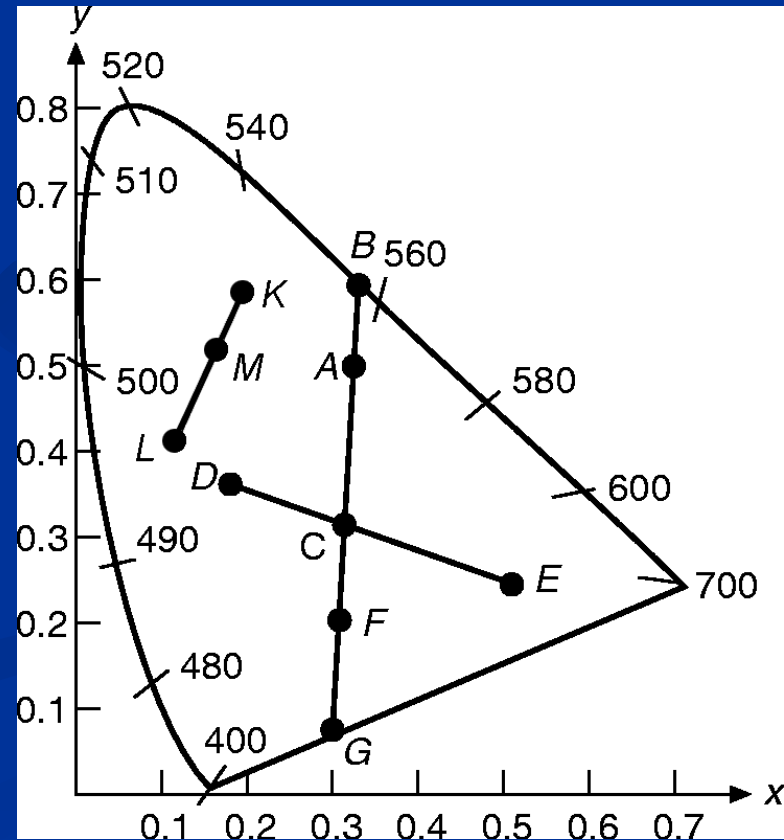
Illuminant D<sub>65</sub>  
 $(x, y) = (0.3128, 0.3292)$   
 (Daylight,  $T = 6500$  K)

Illuminant E (equal-energy point)  
 $(x, y) = (0.3333, 0.3333)$

Fig. 18.3. Chromaticity diagram showing planckian locus, the standardized white illuminants A, B, C, D<sub>65</sub>, and E, and their color temperature (after CIE, 1978).

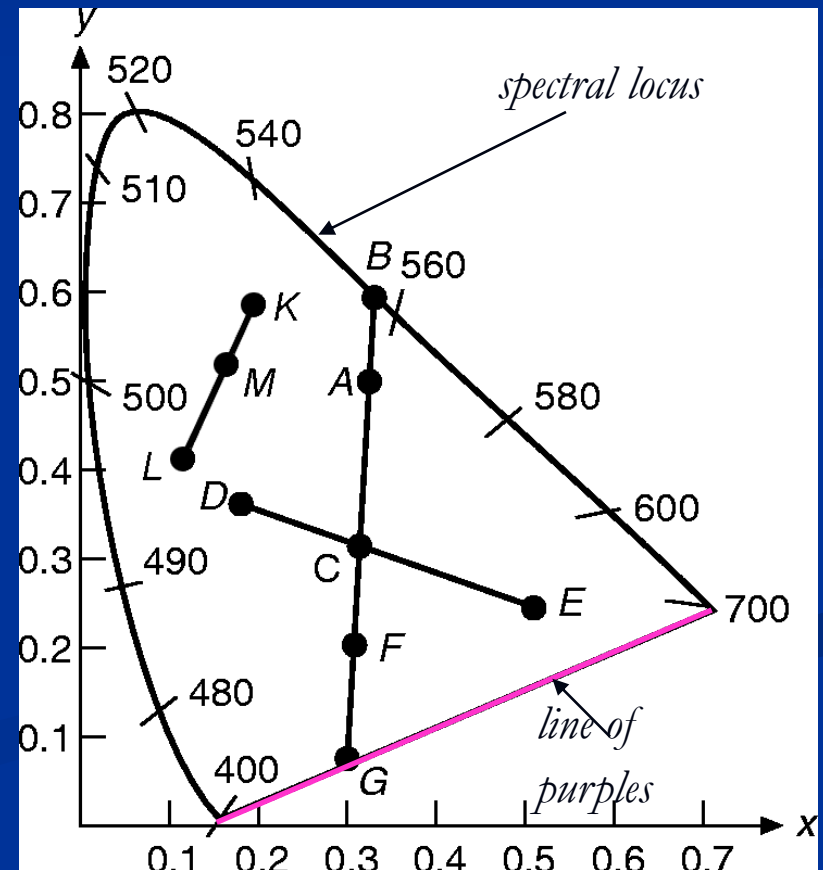
# CIE diagram - vlastnosti

- Referenčný biely bod - CIE standard illuminant C.
- Ak zložíme 2 farby (K, L), výsledná farba leží na úsečke  
 $\Rightarrow M = tK + (1-t)L$
- Dominantná vlnová dĺžka farby A je zhodná s farbou B
- B je spektrálna farba
- podiel AC/BC je sýtosť farby A



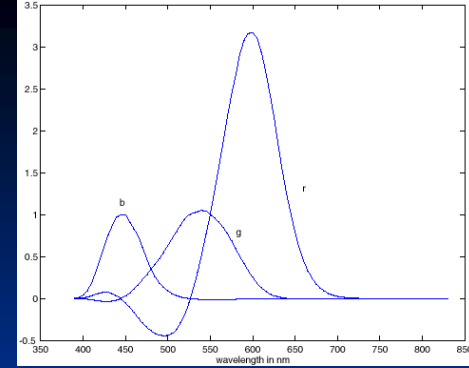
# CIE diagram - vlastnosti

- Niektoré nespektrálne farby (ružové, fialové odtiene) nemajú dominantnú vlnovú dĺžku, sú definované komplementárnou dominantnou vlnovou dĺžkou  
 $F \Rightarrow B$
- podiel  $CF/CG$  je sýtosť farby  $F$
- $D, E$  sú komplementárne farby

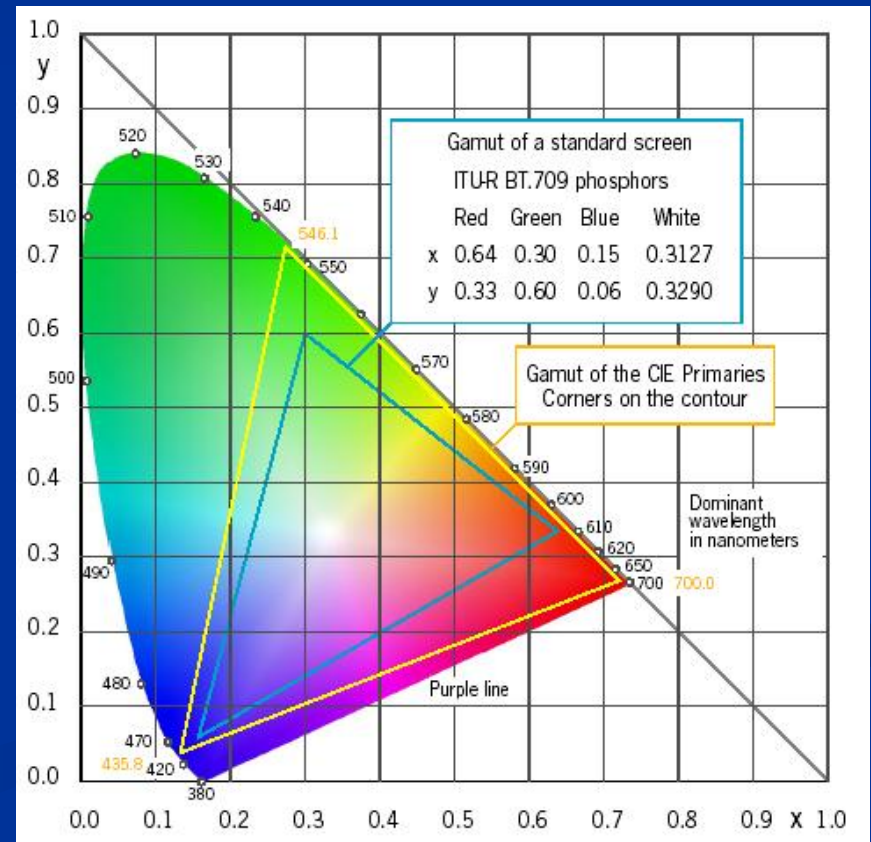
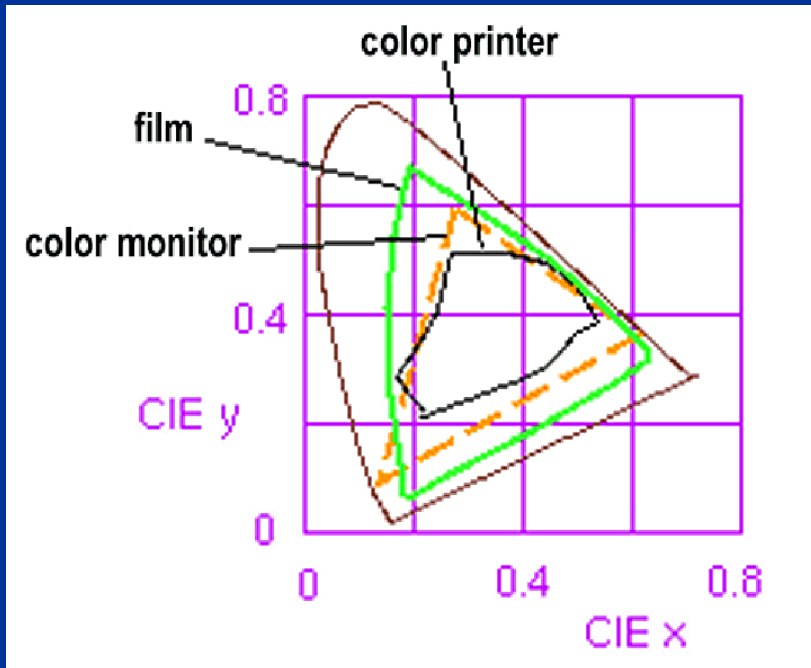




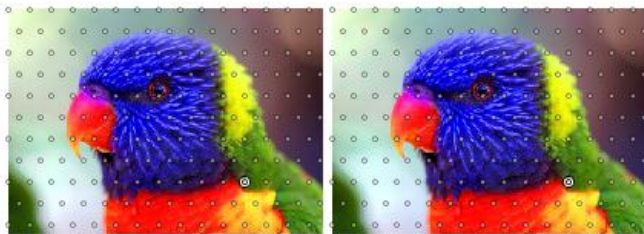
# Gamut (rozsah)



Priestor farieb dosiahnuteľných (zobraziteľných) daným zariadením



### Gamut Mapping



Before

After

#### Primaries

Custom:

3

4

5

Set:

Typical Printer

NTSC

#### Rendering Intents

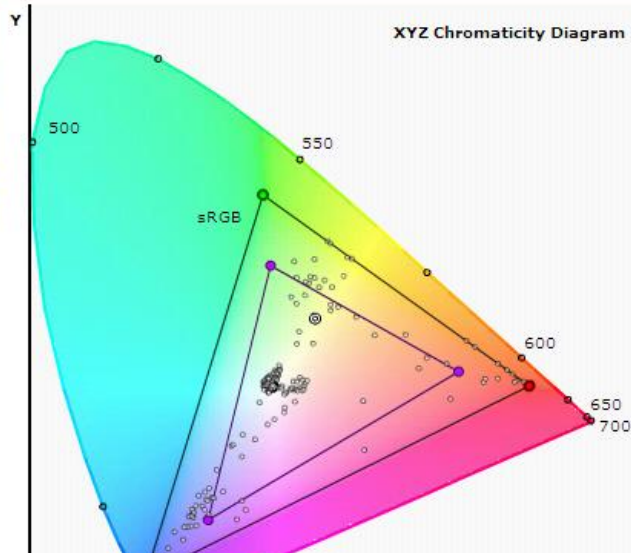
No Gamut Mapping

Absolute Colormetric

Relative Colormetric

Perceptual

Saturation



### Gamut Mapping



Before

After

#### Primaries

Custom:

3

4

5

Set:

Typical Printer

NTSC

#### Rendering Intents

No Gamut Mapping

Absolute Colormetric

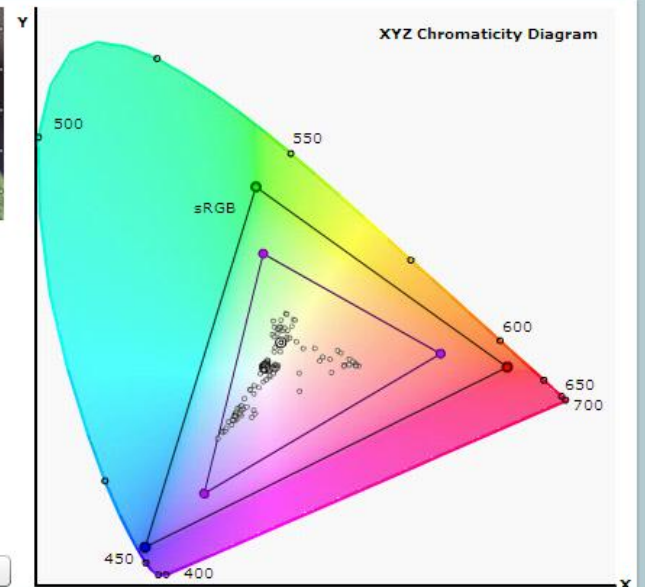
Relative Colormetric

Perceptual

Saturation

Reset

Help



# Televízne normy a gamut

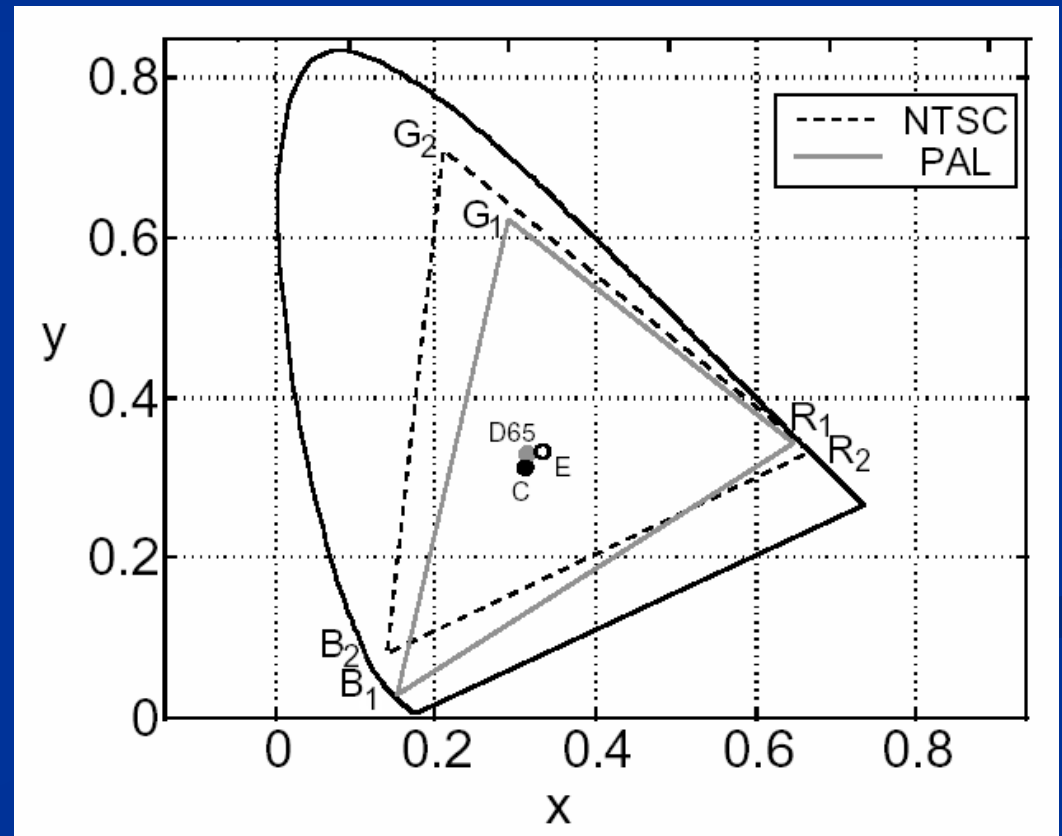
$R_1$   $G_1$   $B_1$  – primárne farby v norme PAL

D65 – referenčná biela

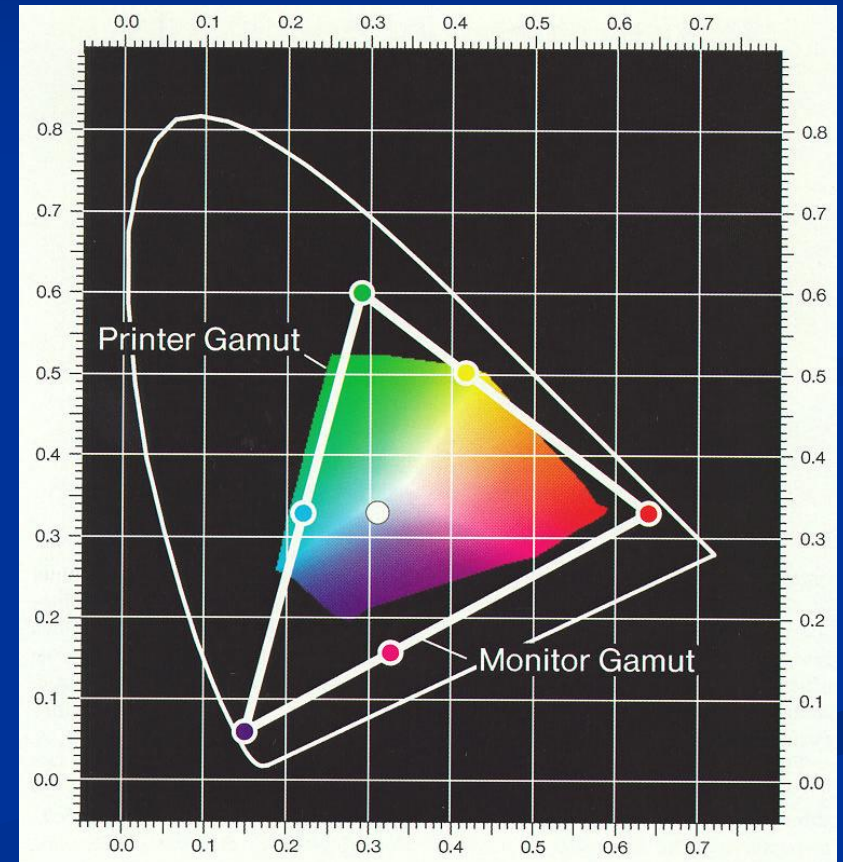
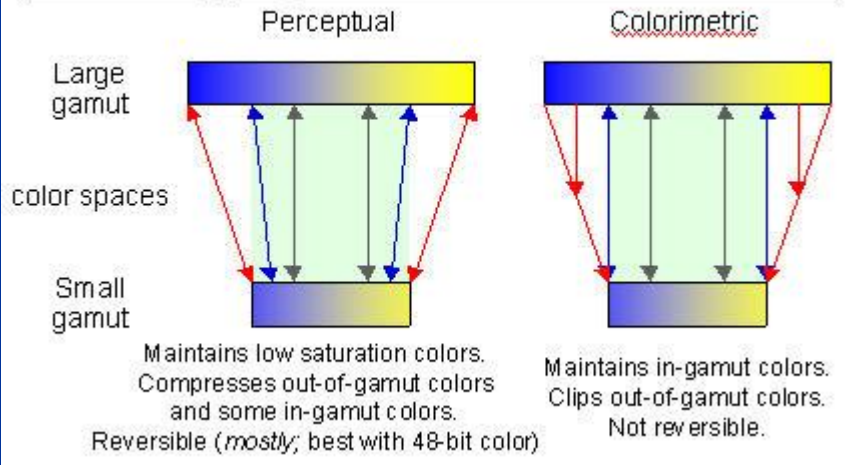
Norma NTSC

$R_2$   $G_2$   $B_2$

CIE C

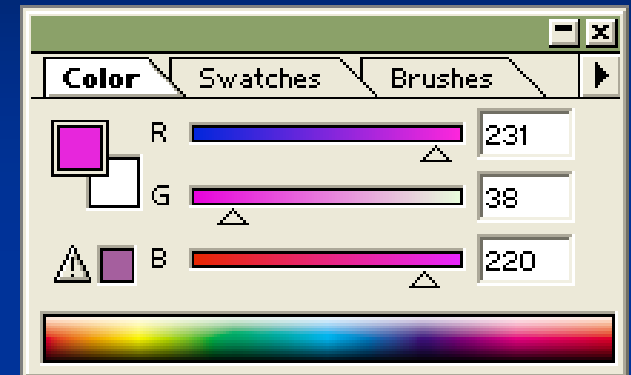


## Gamut mapping



# Adobe Photoshop Gamut

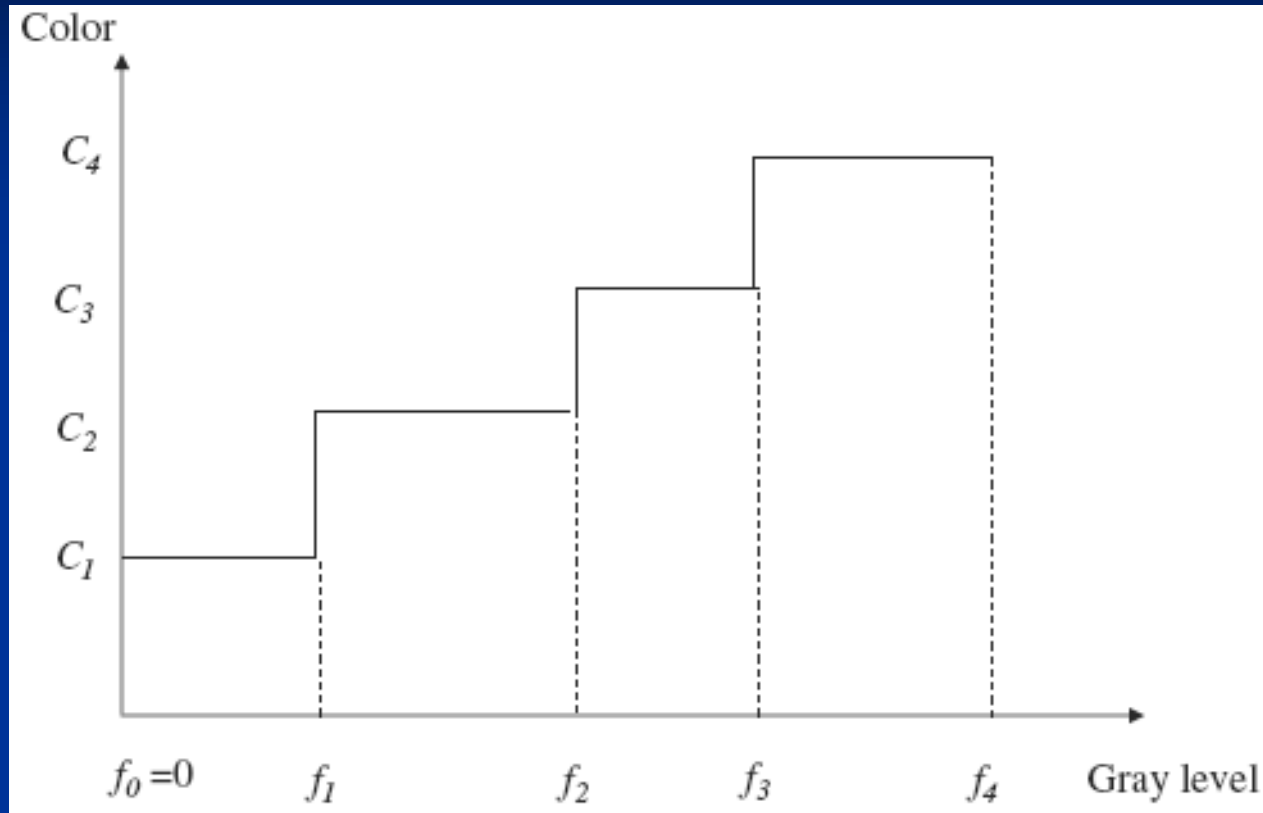
Indikácia „out-of-gamut“ farby



# Zobrazovanie Pseudo-farby

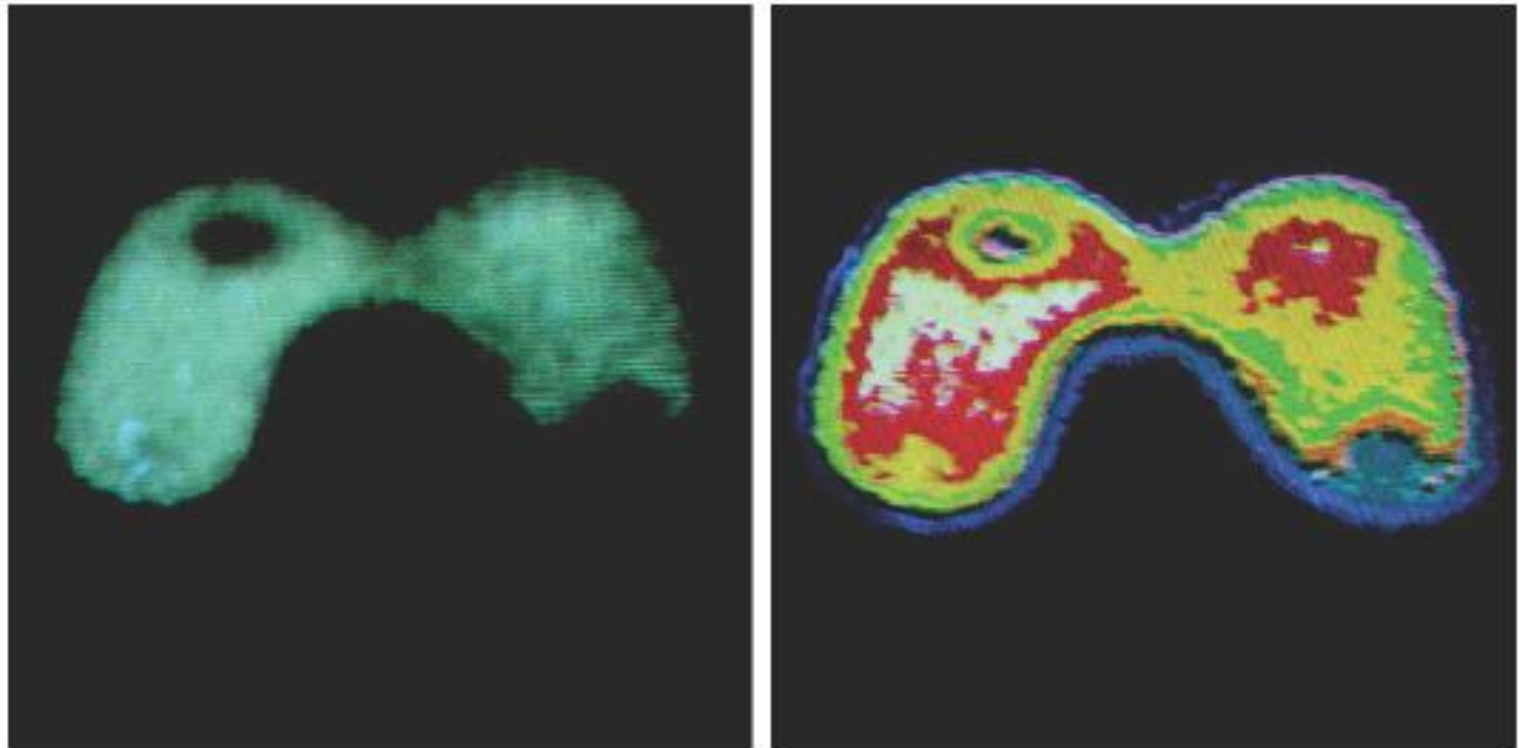
- **Intensity slicing:** Zobrazí rôzne odtiene šedej ako rôzne farby
- Užitočné vo vizualizácii medicínskych, vedeckých, vegetačných obrazov
- Ak nás zaujímajú príznaky v určitom rozsahu intenzít alebo niekoľkých intervaloch intenzít
- **Frequency slicing:** Dekompozícia obrazu do rôznych frekvenčných komponentov a ich reprezentovanie rôznymi farbami.

# Intensity Slicing



- Pixely s hodnotou intenzity šedej v rozsahu  $(f_{i-1}, f_i)$  sa zobrazia farbou  $C_i$

# Príklad 1

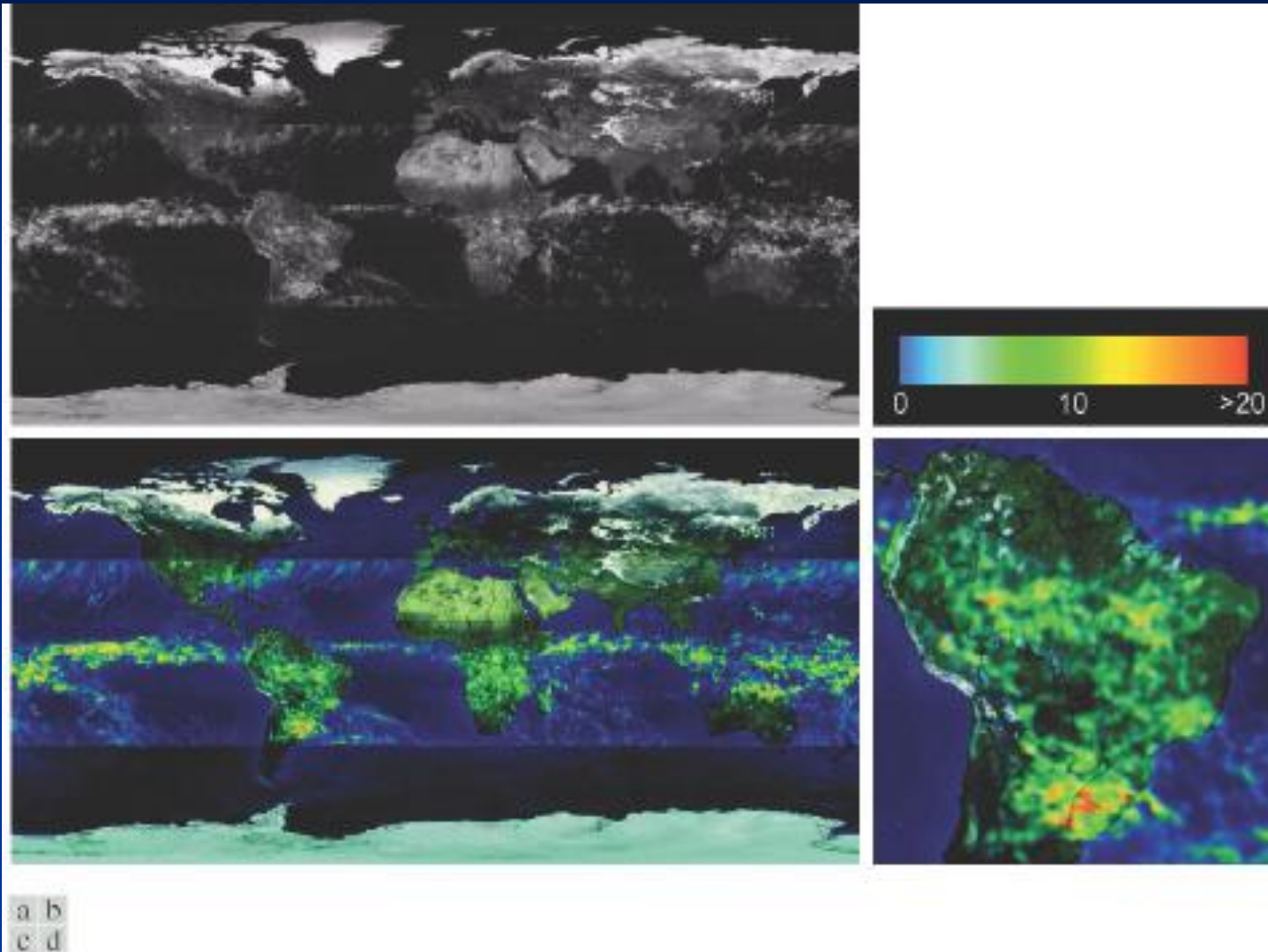


a b

**FIGURE 6.20** (a) Monochrome image of the Picker Thyroid Phantom. (b) Result of density slicing into eight colors. (Courtesy of Dr. J. L. Blankenship, Instrumentation and Controls Division, Oak Ridge National Laboratory.)



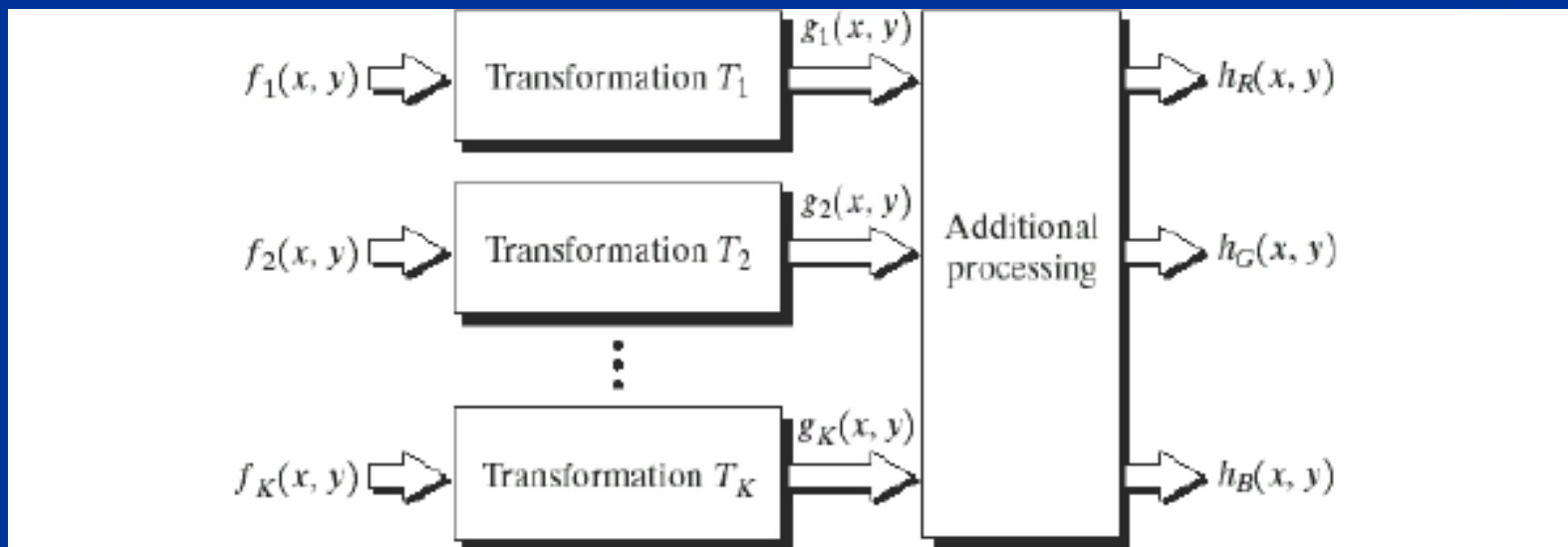
# Príklad 2



**FIGURE 6.22** (a) Gray-scale image in which intensity (in the lighter horizontal band shown) corresponds to average monthly rainfall. (b) Colors assigned to intensity values. (c) Color-coded image. (d) Zoom of the South America region. (Courtesy of NASA.)

# Pseudo-farba viacerých obrazov

- Zobrazit' obrazy z multi-sensora ako jeden farebný obraz
  - multi-spektrálny obraz zo satelitu

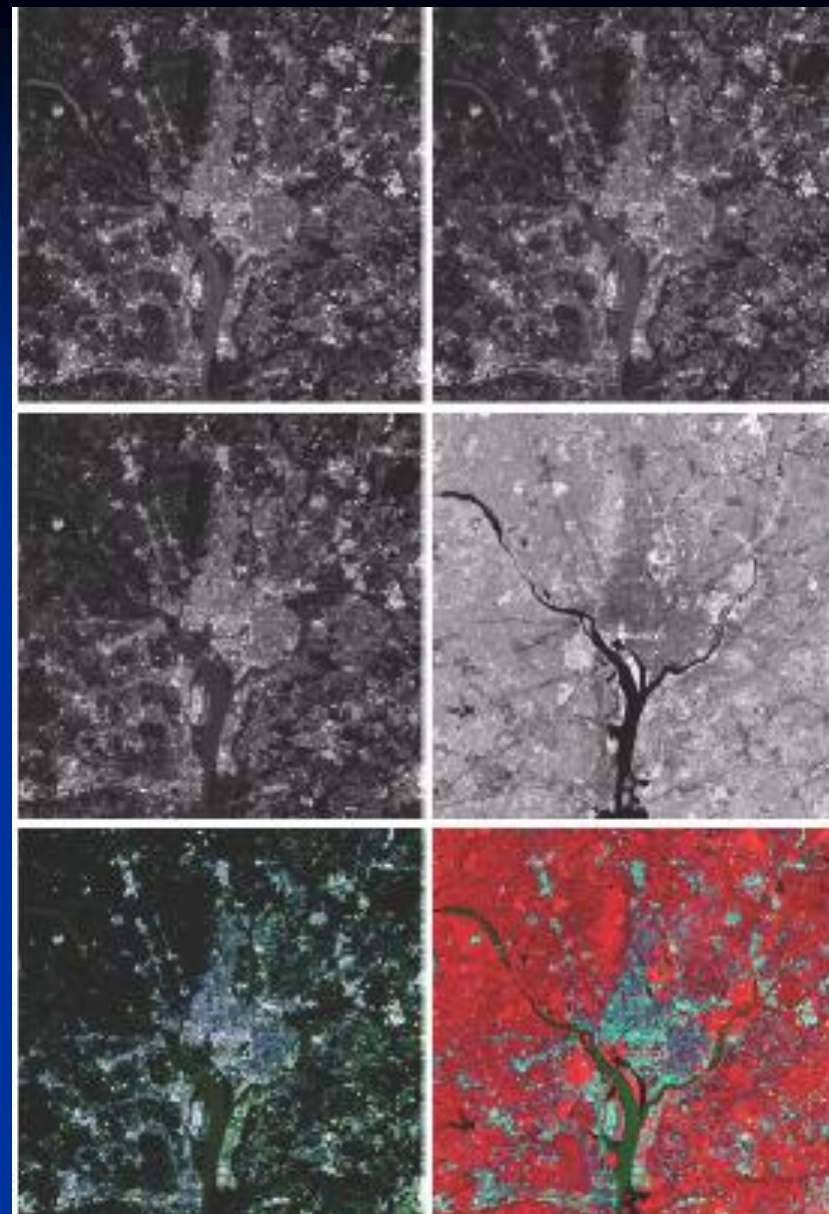


**FIGURE 6.26** A pseudocolor coding approach used when several monochrome images are available.

# Príklad

**TABLE 1.1**  
Thematic bands  
in NASA's  
LANDSAT  
satellite.

Band No.	Name	Wavelength ( $\mu\text{m}$ )	Characteristics and Uses
1	Visible blue	0.45–0.52	Maximum water penetration
2	Visible green	0.52–0.60	Good for measuring plant vigor
3	Visible red	0.63–0.69	Vegetation discrimination
4	Near infrared	0.76–0.90	Biomass and shoreline mapping
5	Middle infrared	1.55–1.75	Moisture content of soil and vegetation
6	Thermal infrared	10.4–12.5	Soil moisture; thermal mapping
7	Middle infrared	2.08–2.35	Mineral mapping



**FIGURE 6.27** (a)–(d) Images in bands 1–4 in Fig. 1.10 (see Table 1.1). (e) Color composite image obtained by treating (a), (b), and (c) as the red, green, blue components of an RGB image. (f) Image obtained in the same manner, but using in the red channel the near-infrared image in (d). (Original multispectral images courtesy of NASA.)

# Príklad

(a) Pseudo-farebné  
zobrazenie mesiaca  
Jupitera

(b) Priblíženie.

(Courtesy of NASA.)

