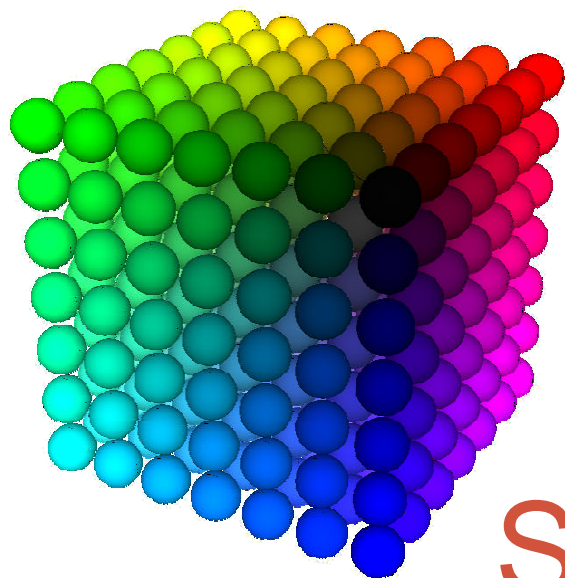
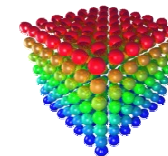


© 2014

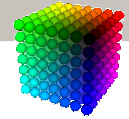


SVETLO a FARBY

doc. Ing. Branislav Sobota, PhD.

Katedra počítačov a informatiky

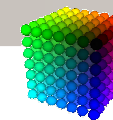
FEI TU Košice



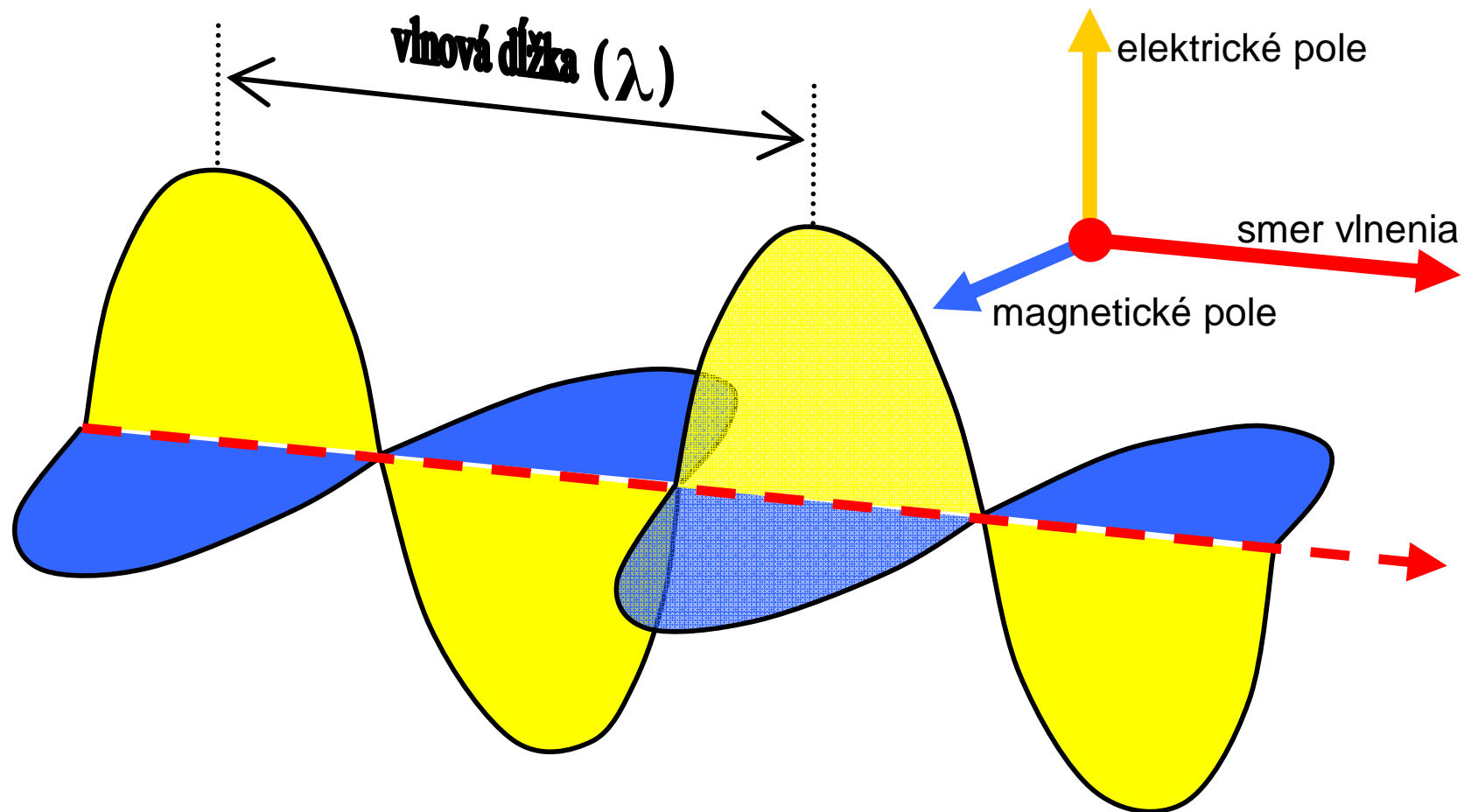
Svetlo

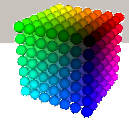
dve reprezentácie svetla

- **vlnová** - elektromagnetické vlnenie v oblasti 10^8 Hz.
- **časticová** – prúd častíc - fotónov

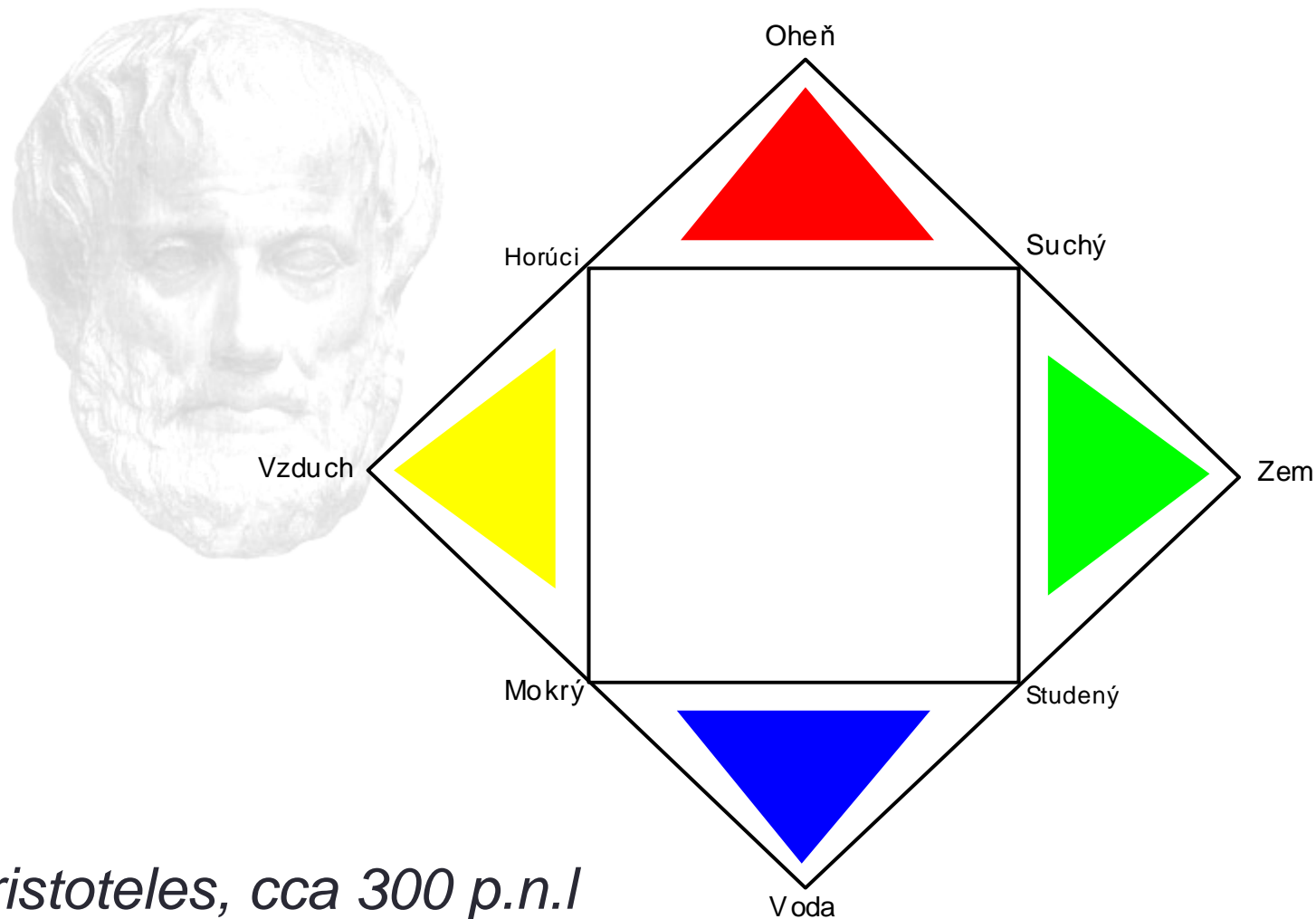


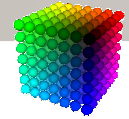
Svetlo





Historické náväznosti



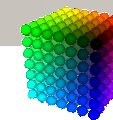


Farby

Každá farba zodpovedá určitej frekvencii vlnenia.

Rozsah farieb je

- od *červenej* ($7.8 \times 10^8 \text{ Hz}$, mimo viditeľného spektra pokračuje do infračervenej oblasti)
- po *fialovú* ($3.8 \times 10^8 \text{ Hz}$, mimo viditeľného spektra pokračuje do ultrafialovej oblasti)



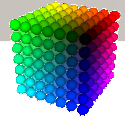
Svetlo

Gamma lúče 0,001nm	X lúče 1nm	Ultrafialové lúče 10nm	Viditeľné svetlo 100nm	Infračervené svetlo 1000nm	Mikrovlny 1-10 μ m	TV rádio 100 μ m
--------------------------	------------------	------------------------------	------------------------------	----------------------------------	---------------------------	----------------------------



380nm

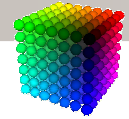
780nm



Typy svetla

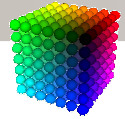
- achromatické
- monochromatické





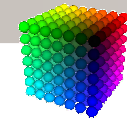
Atribúty svetla

- *farba*
- *jas*
- *sýtosť*
- *svetlosť*



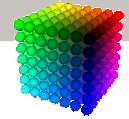
Farba

je základným atribútom svetla a závisí od už spomínanej frekvencie (resp. vlnovej dĺžky)



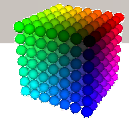
Jas

*odpovedá vlastne **intenzite** svetla.
Jasnosť zdroja svetla je v priamej
úmere s intezitou*



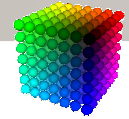
Sýtost'

*uvádza **čistotu** svetla. Čím vyššia je sýtost', tým užšie je spektrum frekvencií obsiahnutých vo svetle*



Svetlost'

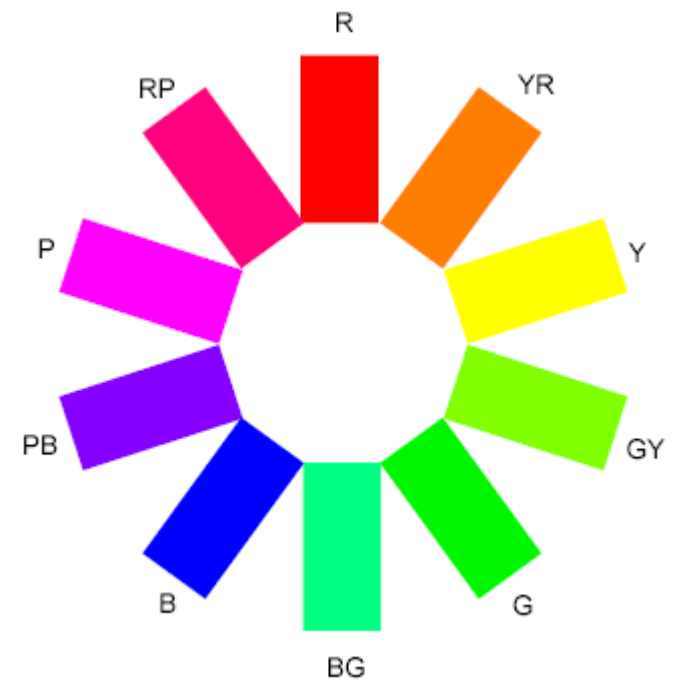
*je veľkosť achromatickej zložky
vo svetle s určitou dominantnou
frekvenciou.*

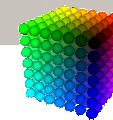


Munselov kruh

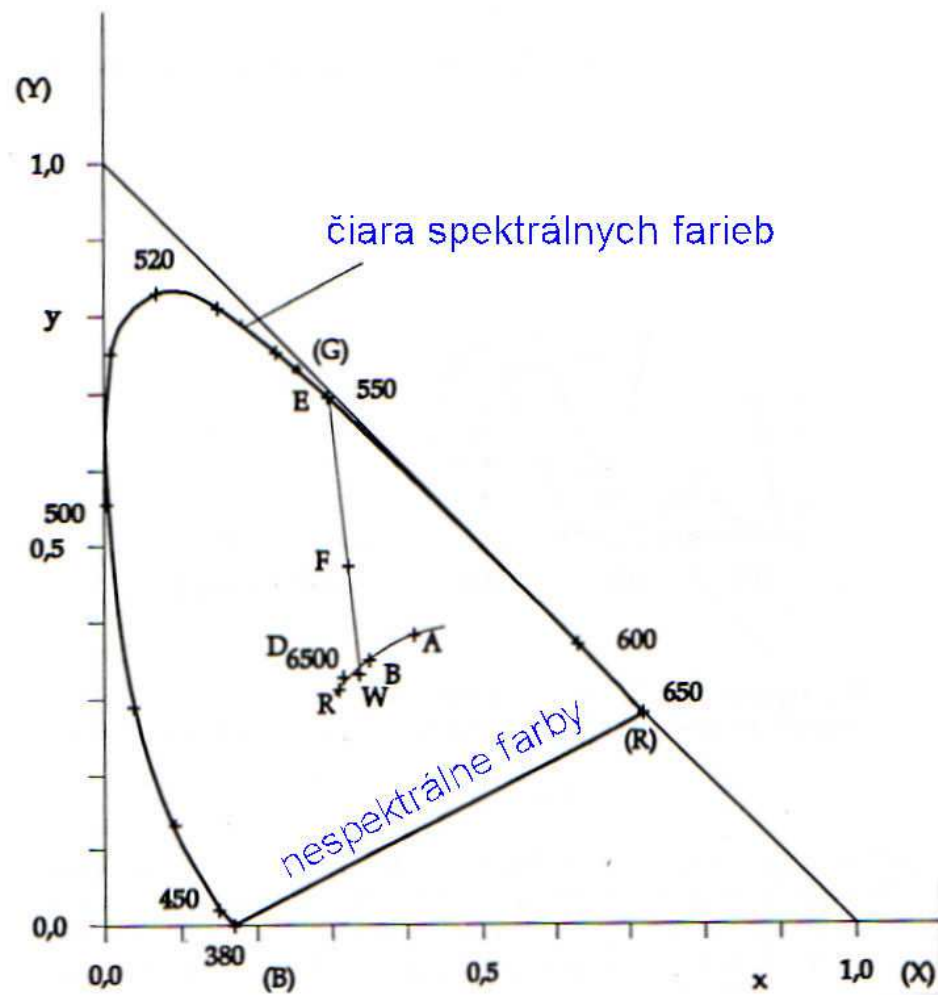


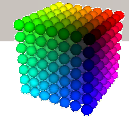
Albert Henry Munsell, 1905





CIExy chromatický diagram (1931)



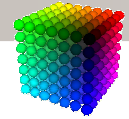


CIExy chromatický diagram (1964, 1976)

farebný model vyvinutý na základe štandardného pozorovateľa, ktorého farebné videnie je zástupcom ľudskej populácie s normálnym farebným videním

Pre určenie farby sa používa trojzložkový (tristimulus) systém. Farba je určená trojicou čísel (X, Y, Z).

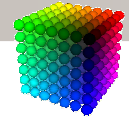
Tieto trojzložkové hodnoty udávajú množstvo každej z troch hypotetických primárnych zložiek, ktoré definujú farbu. Hodnota Y dáva jas objektu a primárne zložky sú vybrané tak, aby boli viditeľné farby definované ako pozitívne hodnoty.



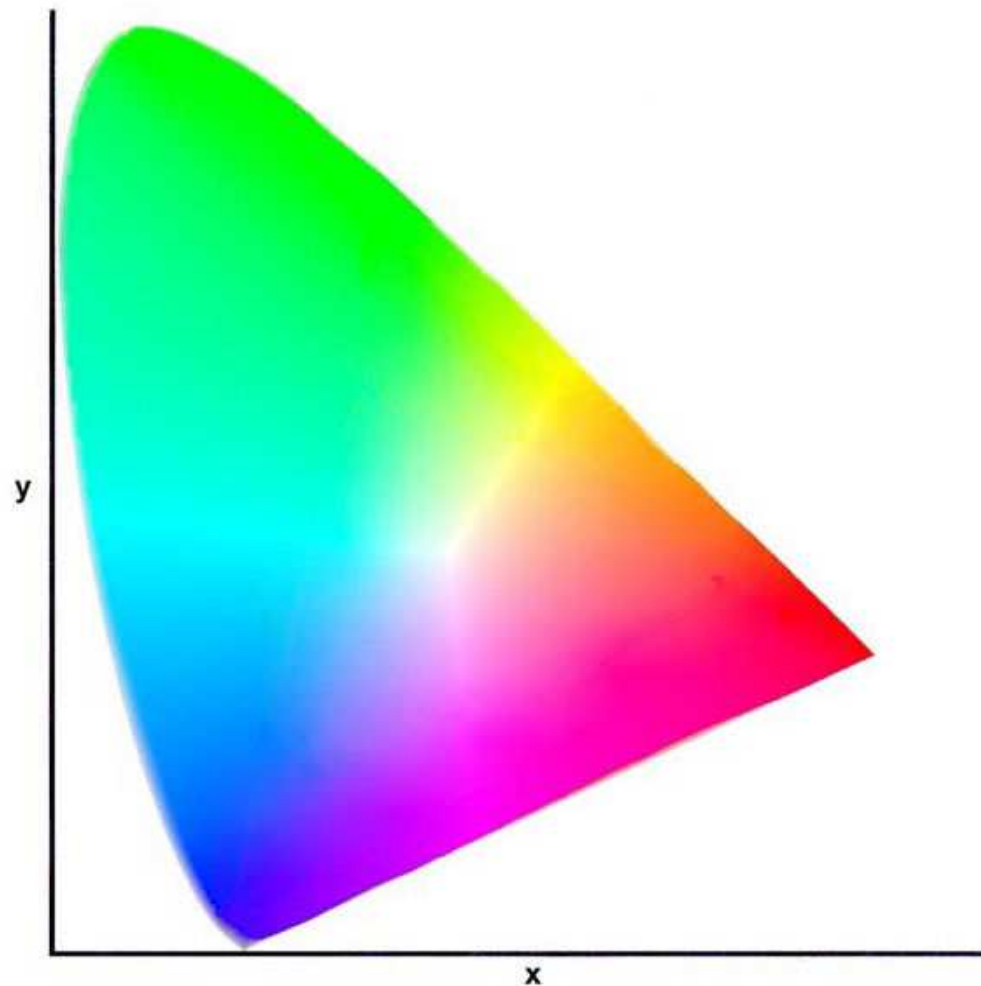
CIExy chromatický diagram (1964, 1976)

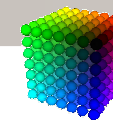
- CIELUV – (svetlo emitované; fosfor, farebné svetelné zdroje) reprezentuje popis farebného priestoru založený na aditívnom miešani
- CIELAB – (svetlo absorbované; atramenty, farbivá, pigmenty) reprezentuje popis farebného priestoru založený na subtraktívnom miešani

Škála svetlosti (jasnosti) je pre oba modely rovnaká a je založená na tretej odmocnine svietivosti, ktorý dáva lineárna stupnica

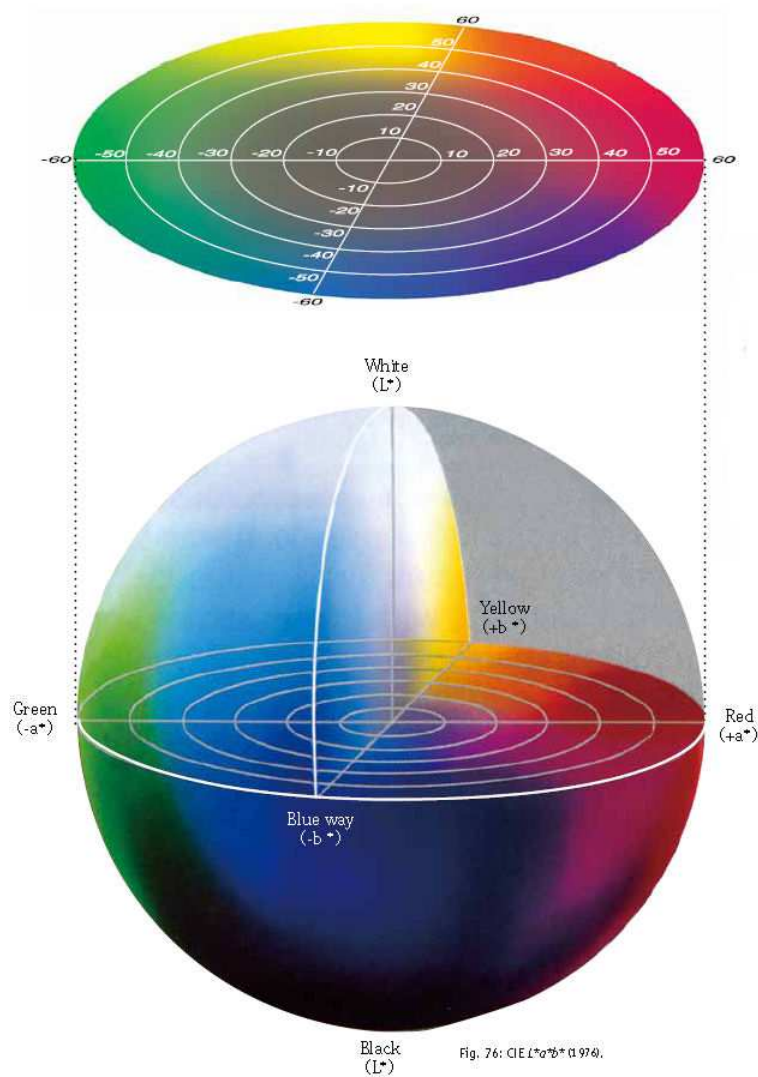


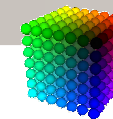
CIExy chromatický diagram



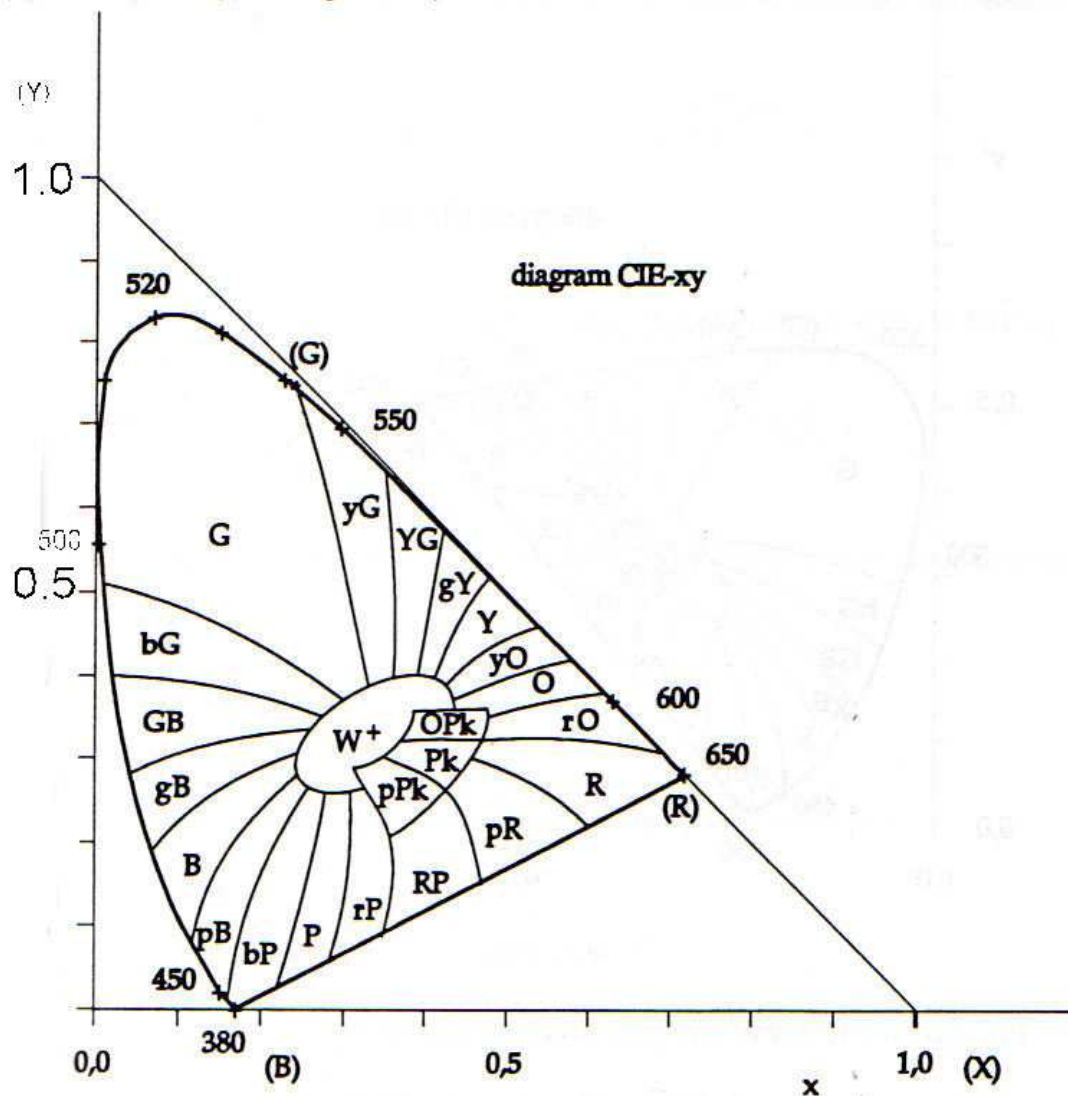


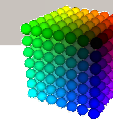
CIELAB chromatický diagram



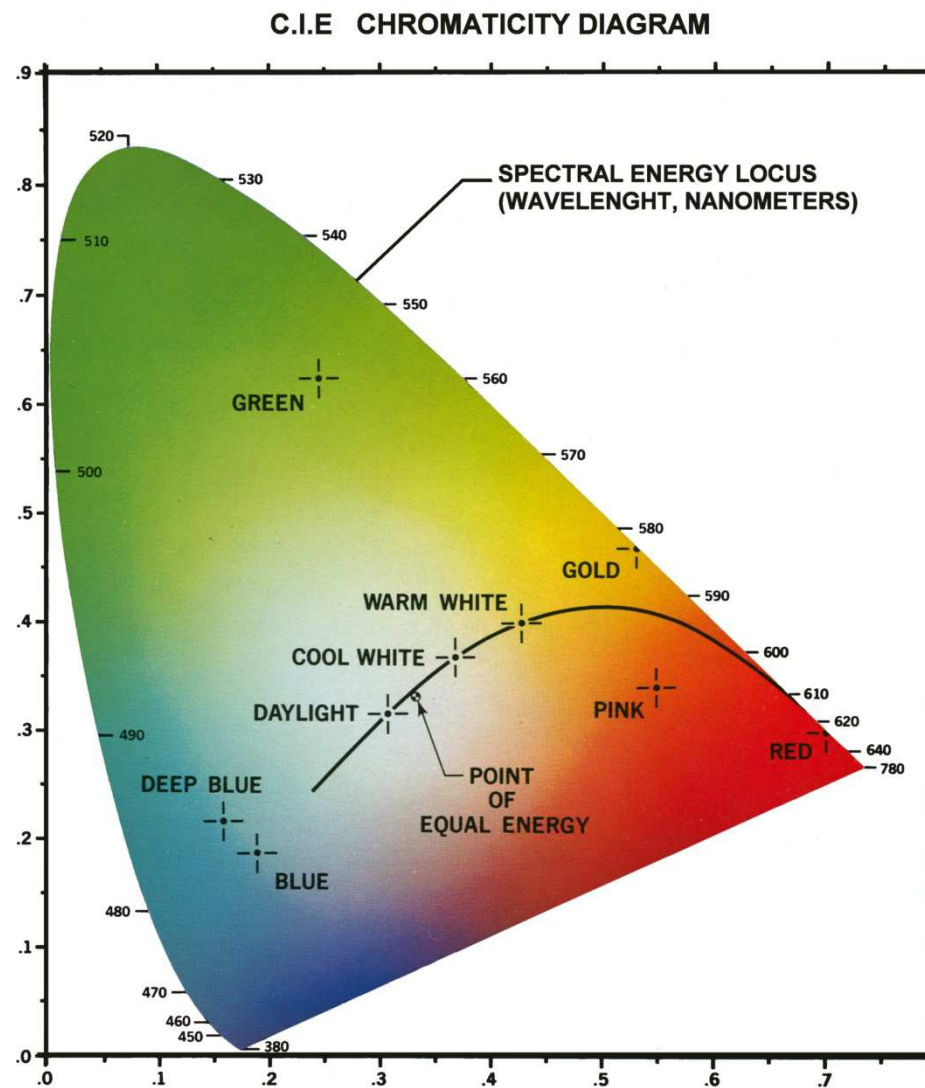


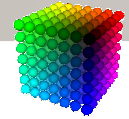
CIExy chromatický diagram





CIExy chromaticity diagram

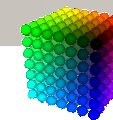




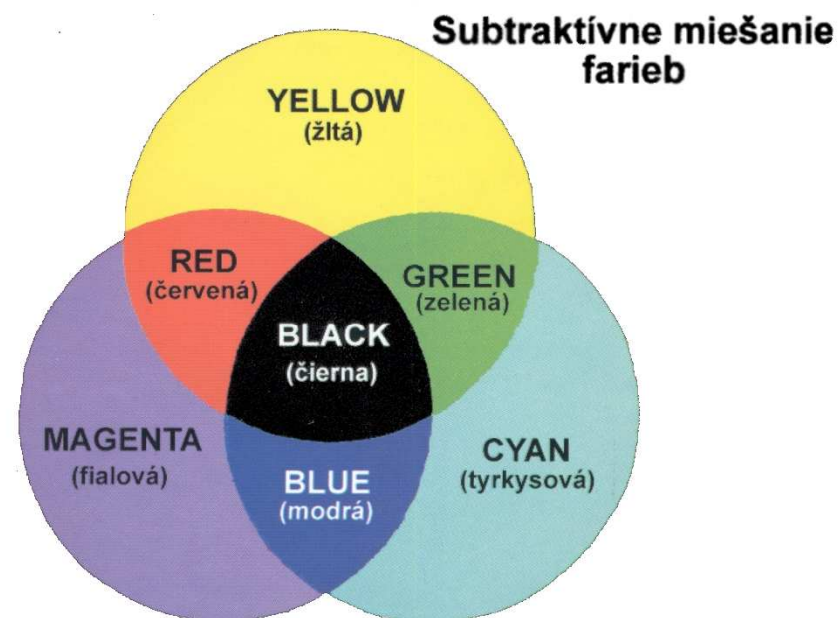
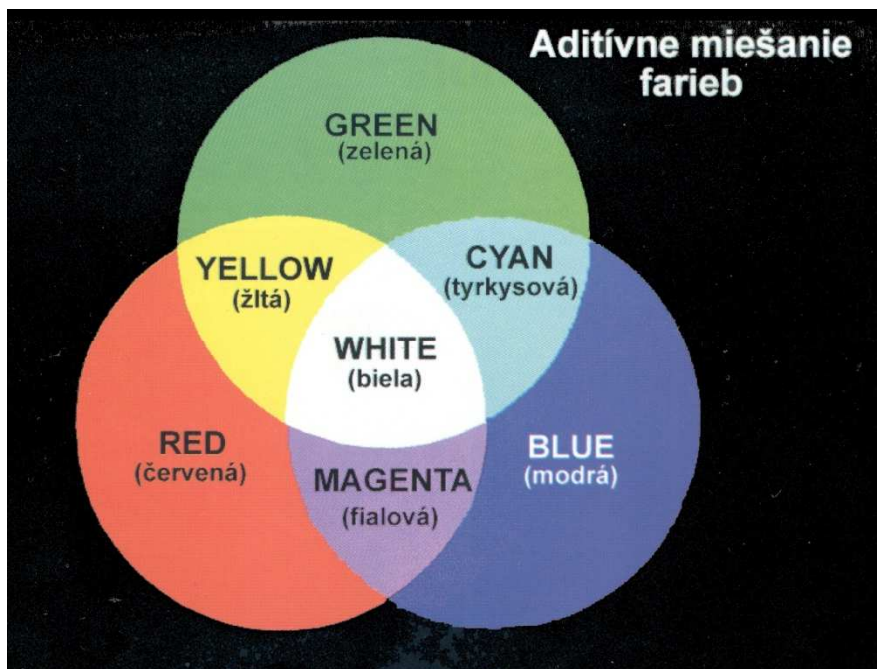
Miešanie farieb

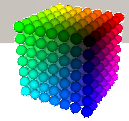
- aditívne
- subtraktívne



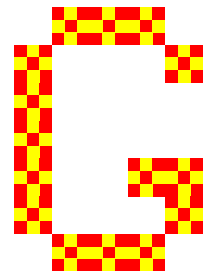
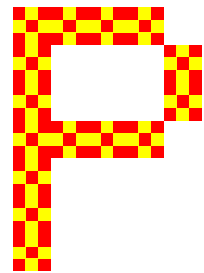
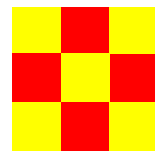
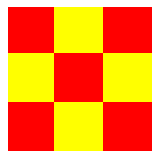


Miešanie farieb

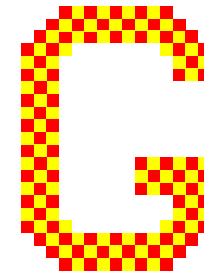
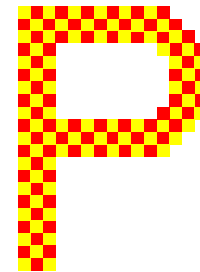




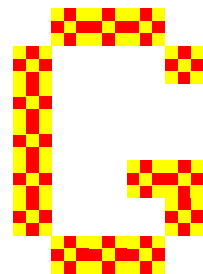
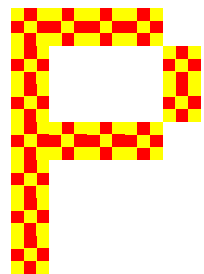
Miešanie farieb z pohľadu človeka (dithering)



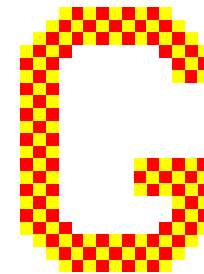
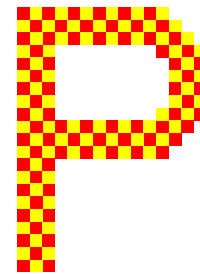
PG PG



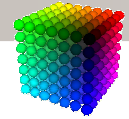
PG PG



PG PG



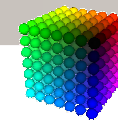
PG PG



Farebné modely

sú definované

- množinou základných farieb,
- spôsobom ich miešania a
- pravidlami menenia farebných charakteristík

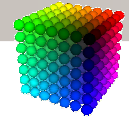


Farebný priestor

Oblasť farieb pokrytá možnosťami príslušného farebného modelu sa nazýva jeho **farebný priestor** (color space)

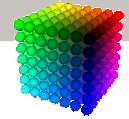
Farebná hĺbka

- udáva sa v bitoch, počet zobraziteľných farieb farebného priestoru
- farebné režimy napr. HighColor (2^{16}), TrueColor (2^{24} , 2^{32})



Základné farebné modely

- RGB (RGBA)
- CMY (CMYK)
- HSB (HSV)
- HLS

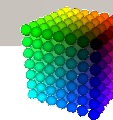


Ľudský vizuálny vnem

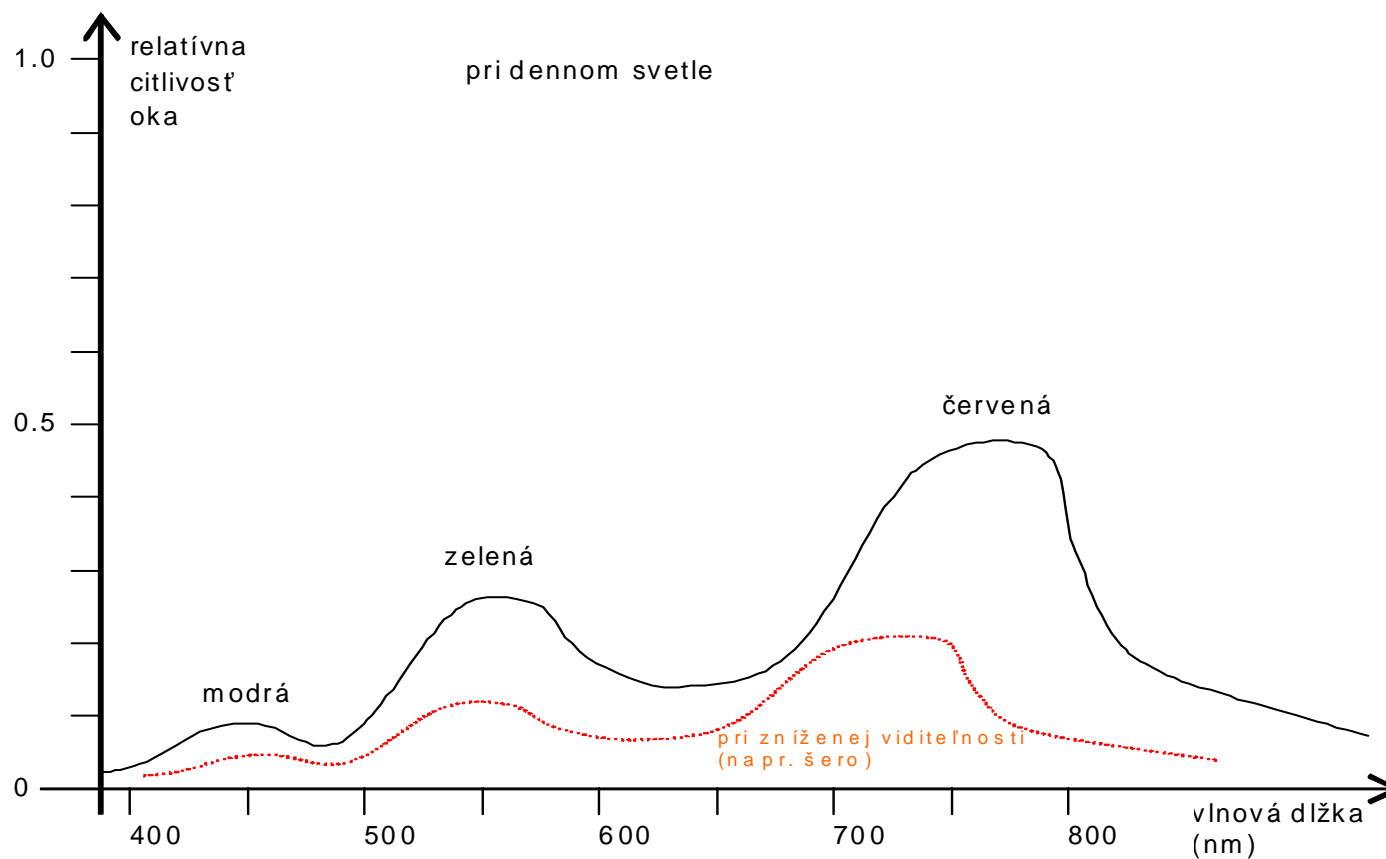
Hlavným ľudským orgánom prijímania obrazových informácií je *oko*

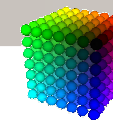


- **Čapíky** – (kuželovité-cones) počet cca 6-7 mil. sa nachádzajú v strede sietnice a sú citlivé na *farby*. Senzitivnosť týchto receptorov je delená do dvoch skupín, ktoré rozlišujú farebný rozdiel spektra:
 - červená-zelená (RG-cones)
 - modrá-žltá (BY-cones)
- **Tyčinky** - (tyčinkovité-rods) počet cca 75-150 mil. rovnomerne pokrývajú celú sietnicu a umožňujú vnímať všeobecné obrazové informácie ako obrysy prípadne *jas*.

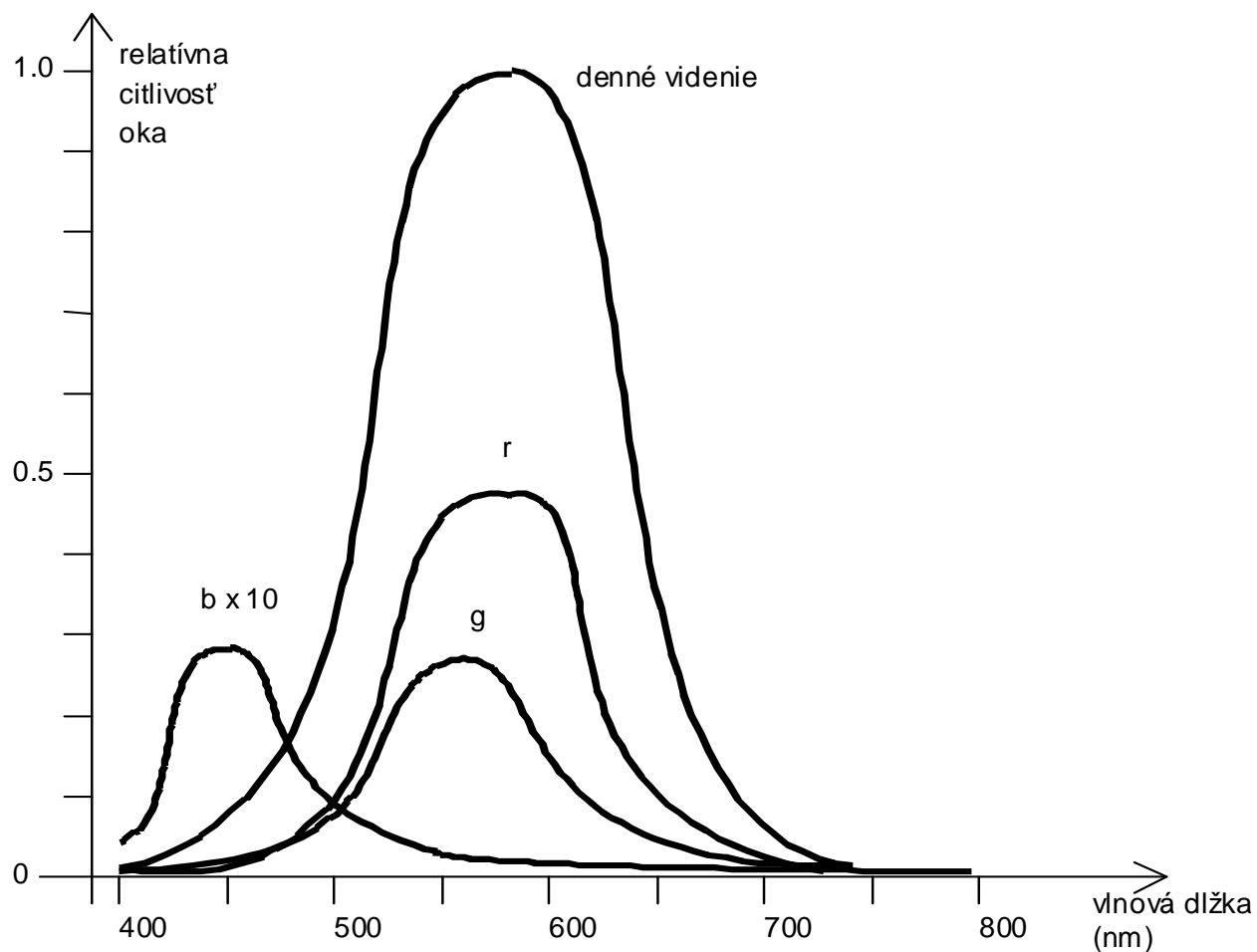


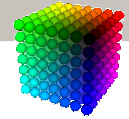
Relatívna citlivosť ľudského oka na prechody medzi farbami





Relatívna citlivosť ľudského oka na farby





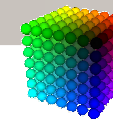
Farebný model RGB

zložky

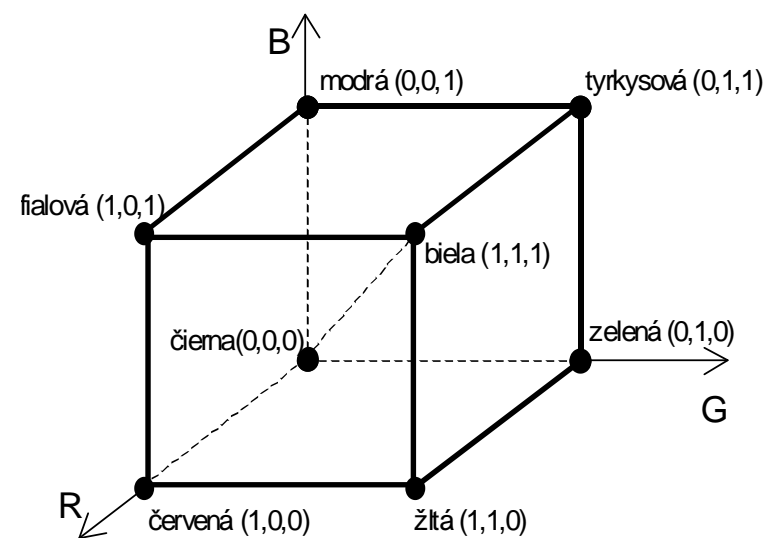
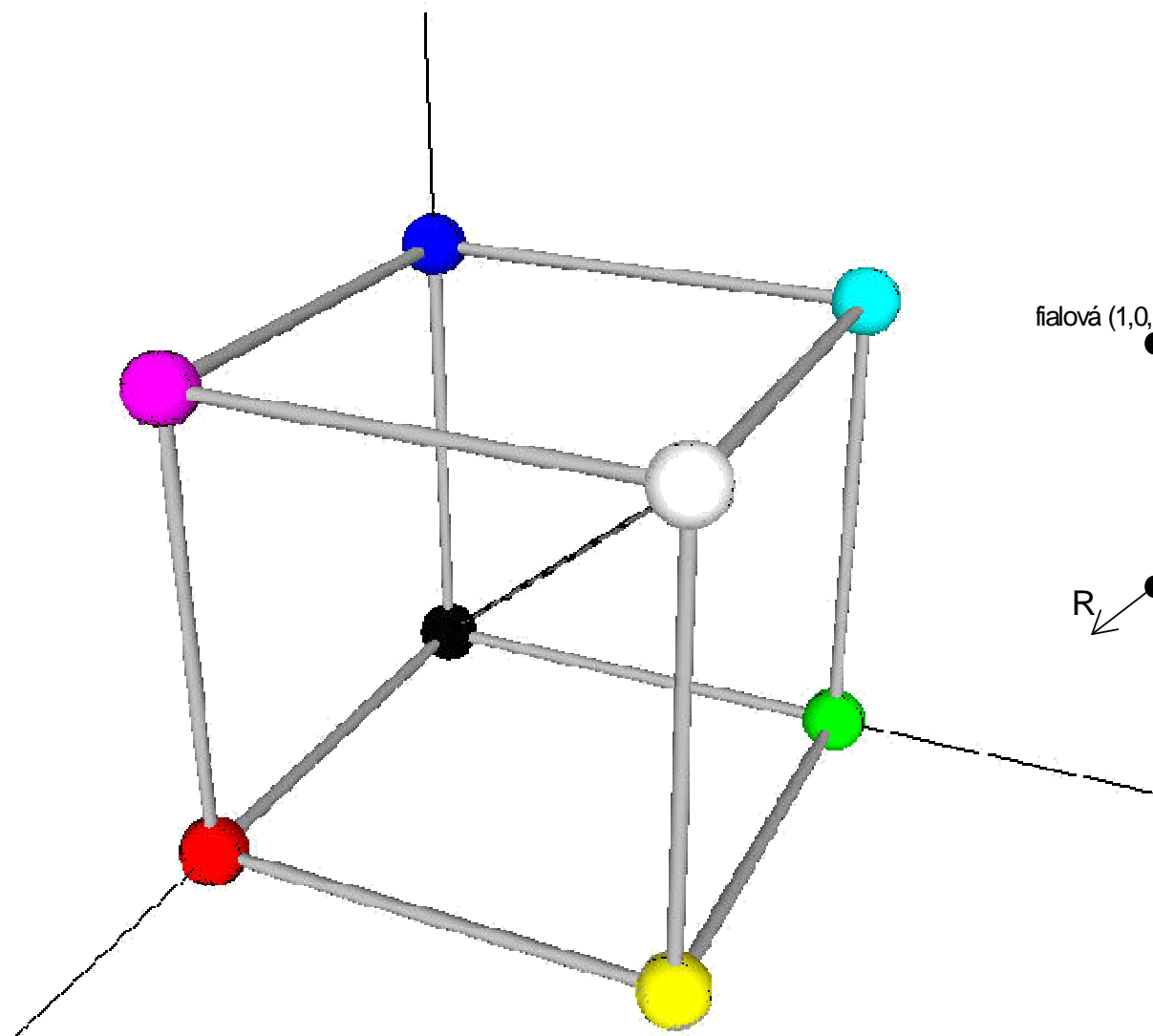
- **R**ed – červená
- **G**reen – zelená
- **B**lue - modrá

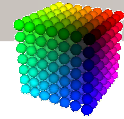
Miešanie – aditívne

Zmena zložky - lineárna

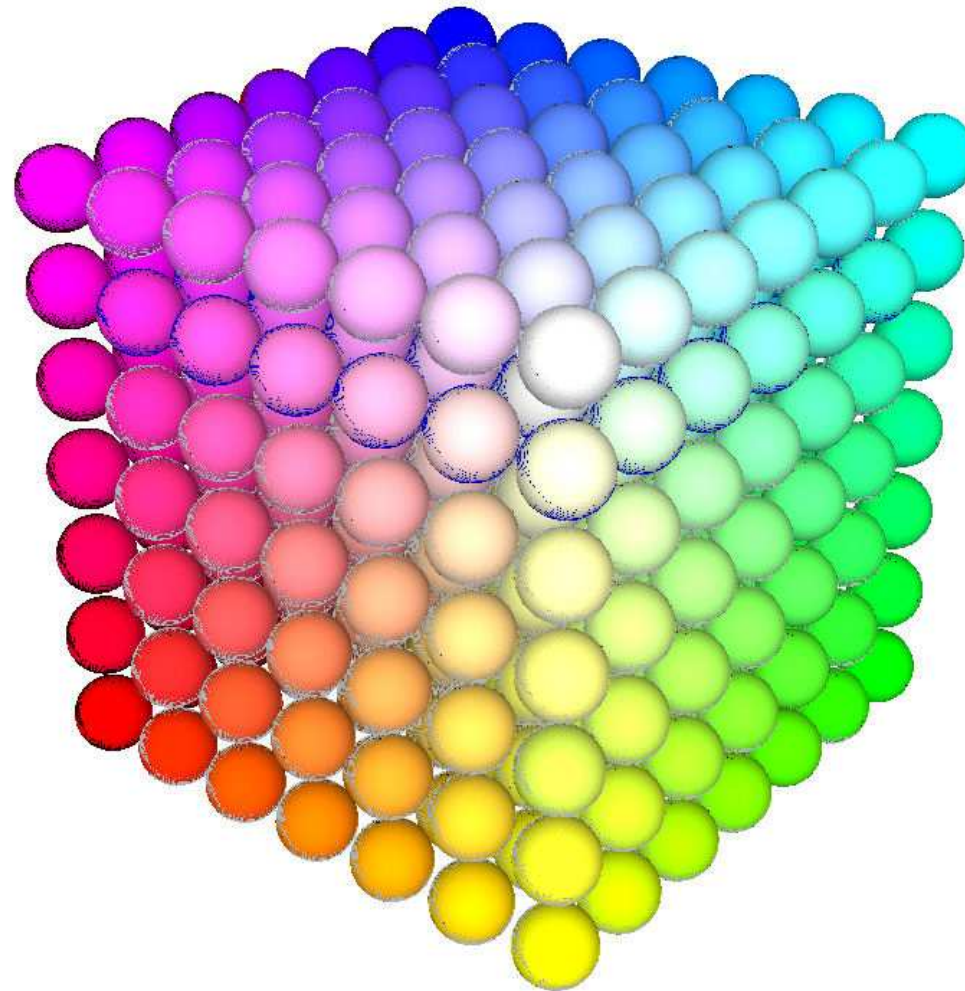


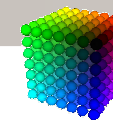
Farebný model RGB





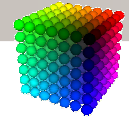
Farebný model RGB





Farebný model RGB

Farba \ zložka	R(ed) červená	G(reen) zelená	B(lue) modrá
čierna	0	0	0
modrá	0	0	1
zelená	0	1	0
tyrkysová	0	1	1
červená	1	0	0
fialová	1	0	1
žltá	1	1	0
biela	1	1	1



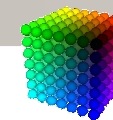
Farebný model RGBA

zložky

- **R**ed – červená
- **G**reen – zelená
- **B**lue – modrá
- **A**lfa - priesvitnosť

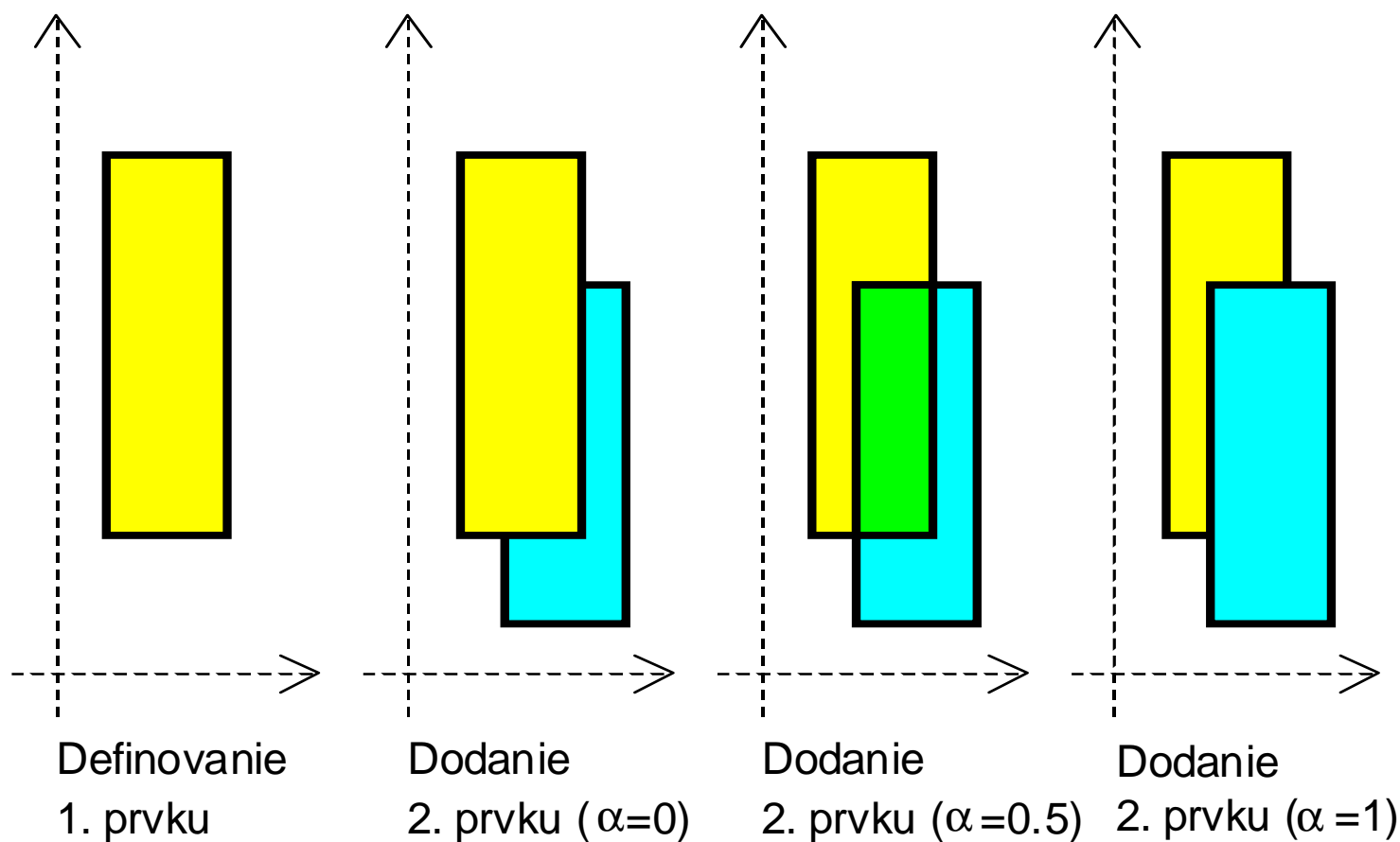
Miešanie – aditívne

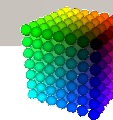
Zmena zložky - lineárna



Farebný model RGBA

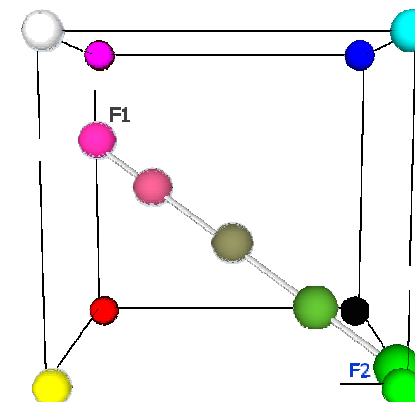
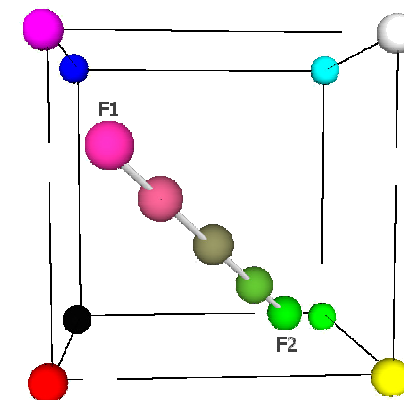
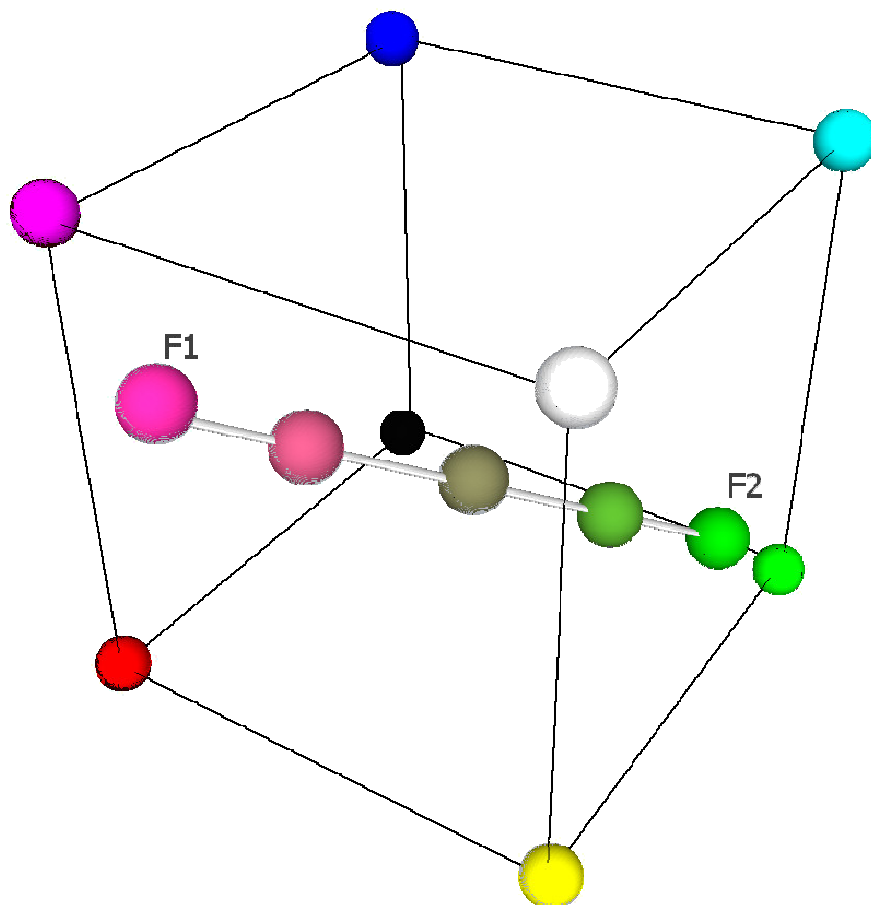
Alfa miešanie

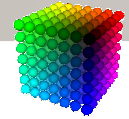




Farebný model RGBA

Alfa miešanie (lineárne, RGB model)





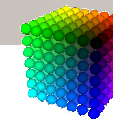
Farebný model CMY

zložky

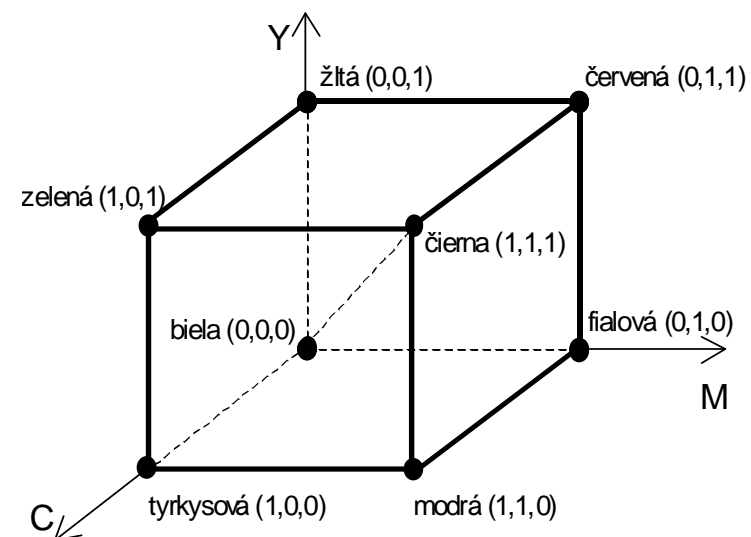
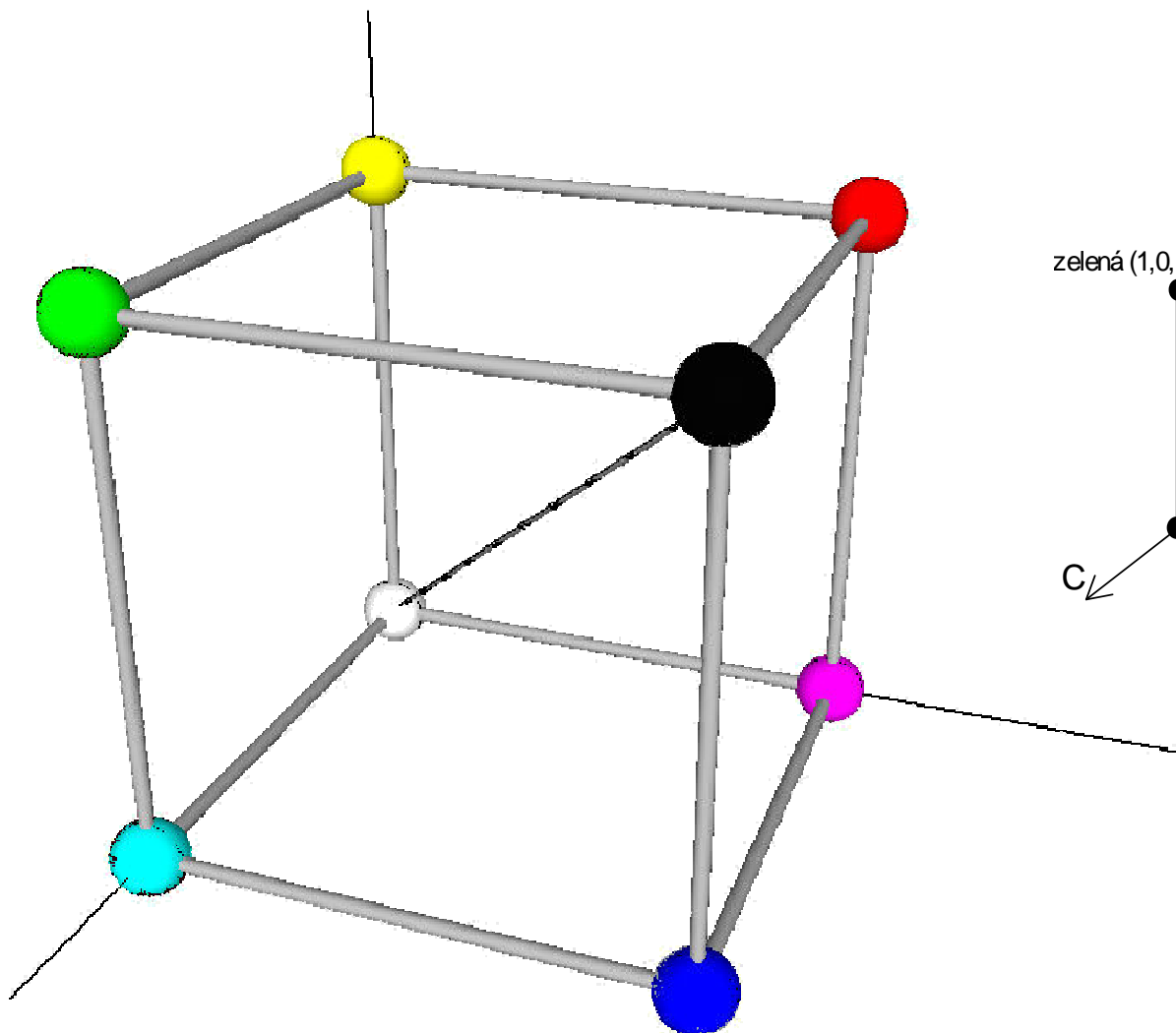
- **C**yan – tyrkysová
- **M**agenta – fialová
- **Y**ellow – žltá

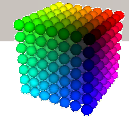
Miešanie – subtraktívne

Zmena zložky - lineárna

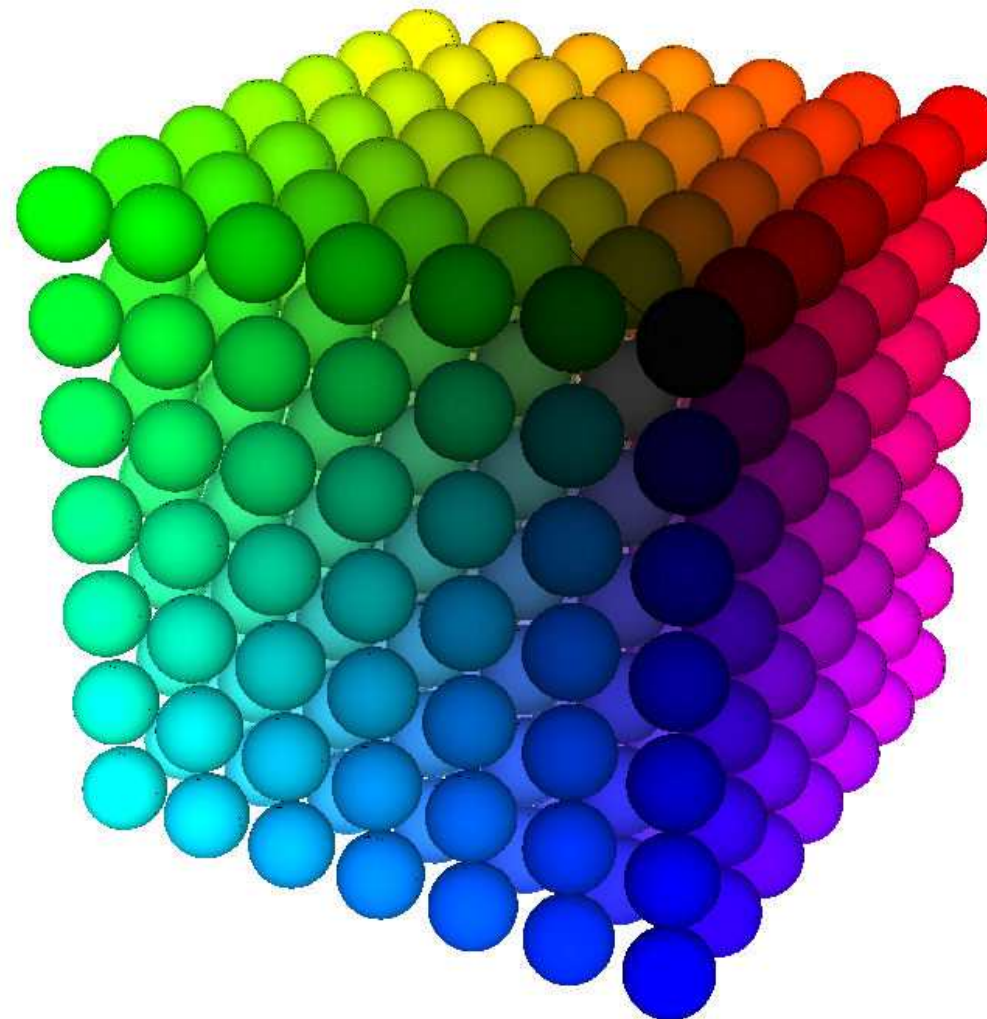


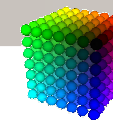
Farebný model CMY





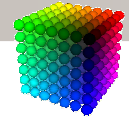
Farebný model CMY





Farebný model CMY

farba \ zložka	C(yan) tyrkysová	M(agenta) fialová	Y(ellow) žltá
biela	0	0	0
žltá	0	0	1
fialová	0	1	0
červená	0	1	1
tyrkysová	1	0	0
zelná	1	0	1
modrá	1	1	0
čierna	1	1	1



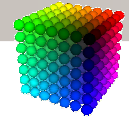
Farebný model CMYK

zložky

- **Cyan** – tyrkysová
- **Magenta** – fialová
- **Yellow** – žltá
- **black** - čierna

Miešanie – subtraktívne

Zmena zložky - lineárna



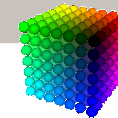
Prevod RGB ↔ CMY

z RGB do CMY

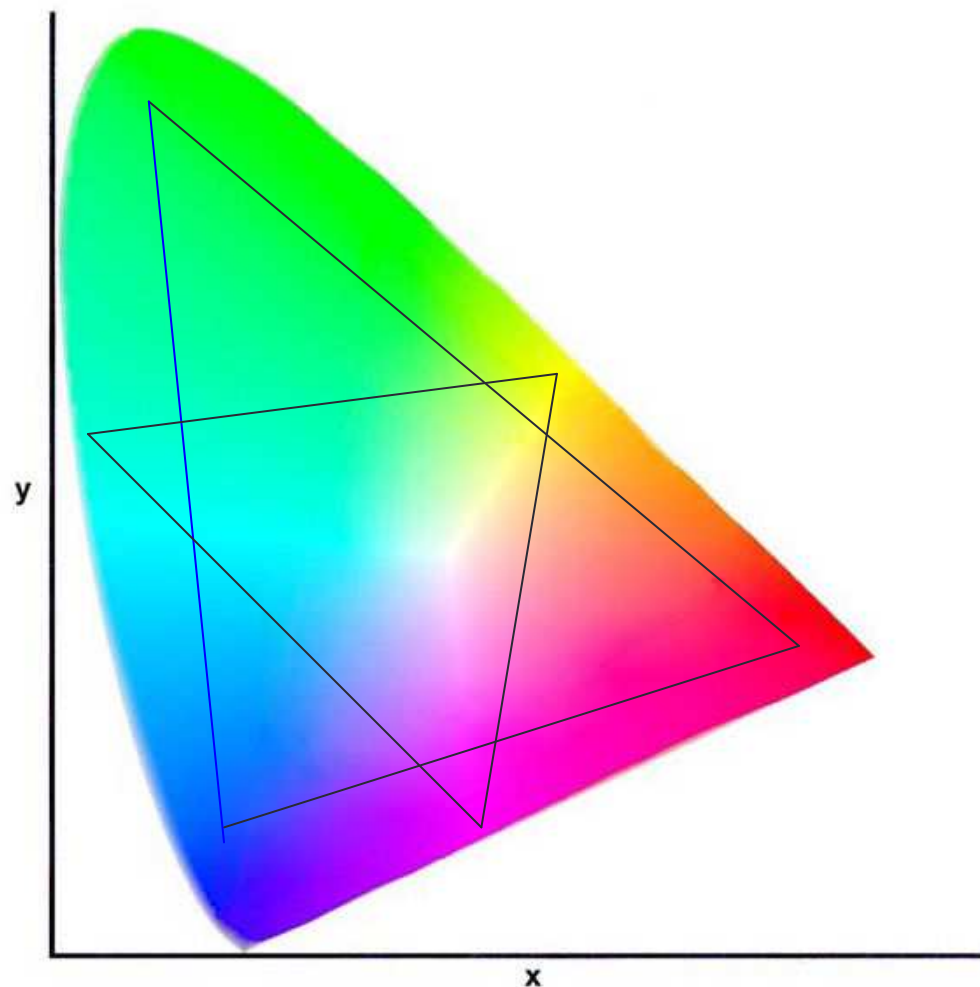
$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

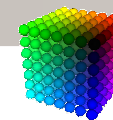
z CMY do RGB

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

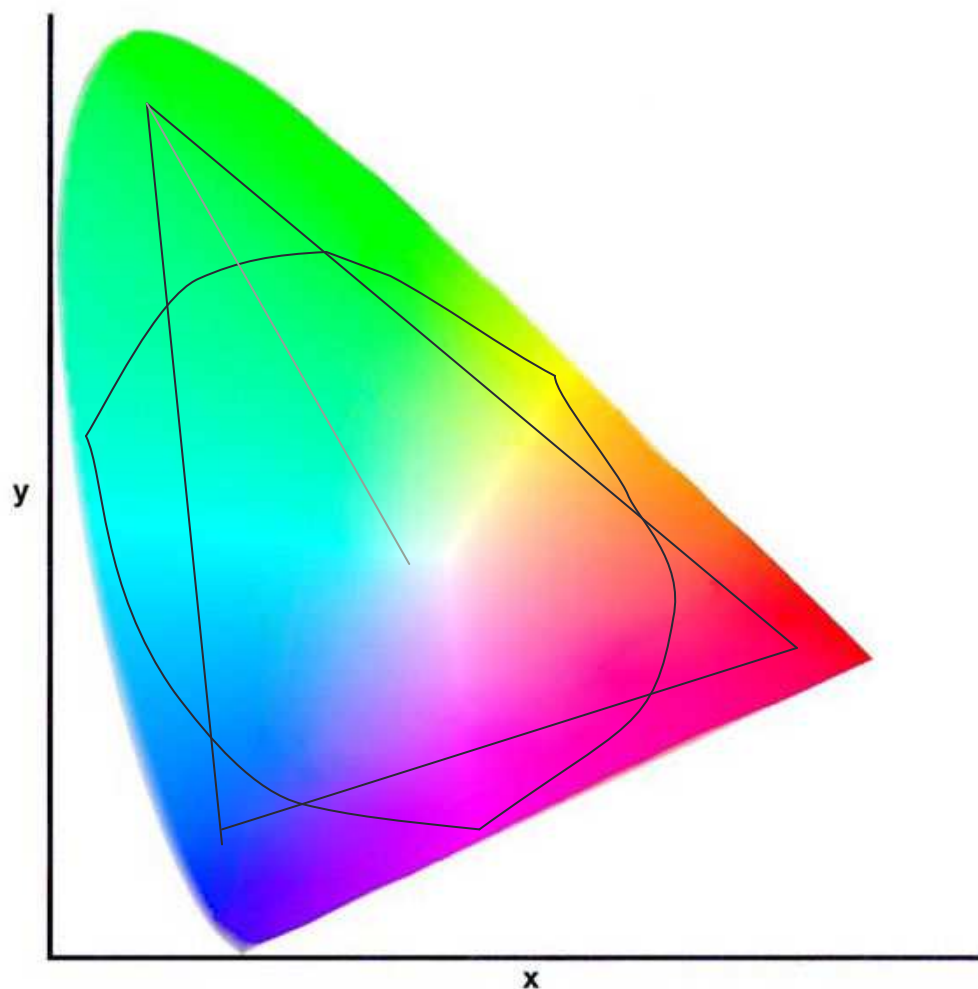


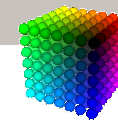
Porovnanie RGB a CMY farebného priestoru





Porovnanie RGB a CMY farebného priestoru





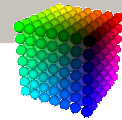
Farebný model HSB (HSV)

zložky

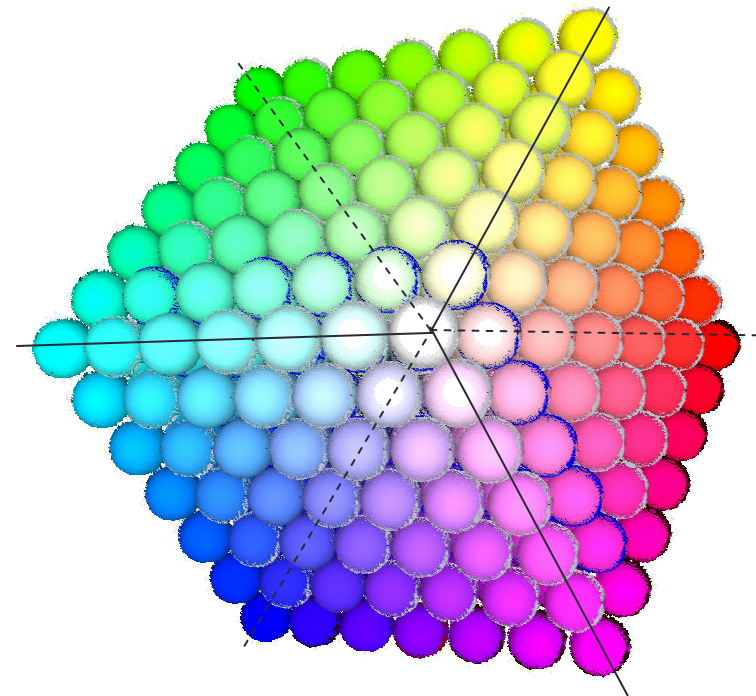
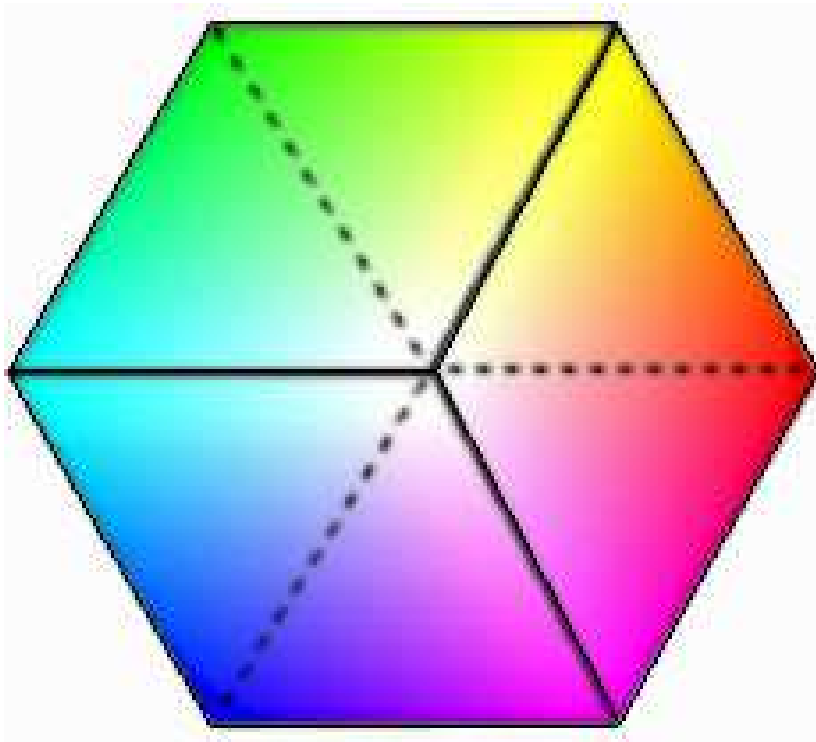
- **Hue** – farebný tón
- **Saturation** – saturácia
- **Brightness** – jas

Miešanie – aditívne

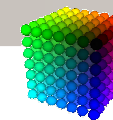
Zmena zložky – uhlová a lineárna



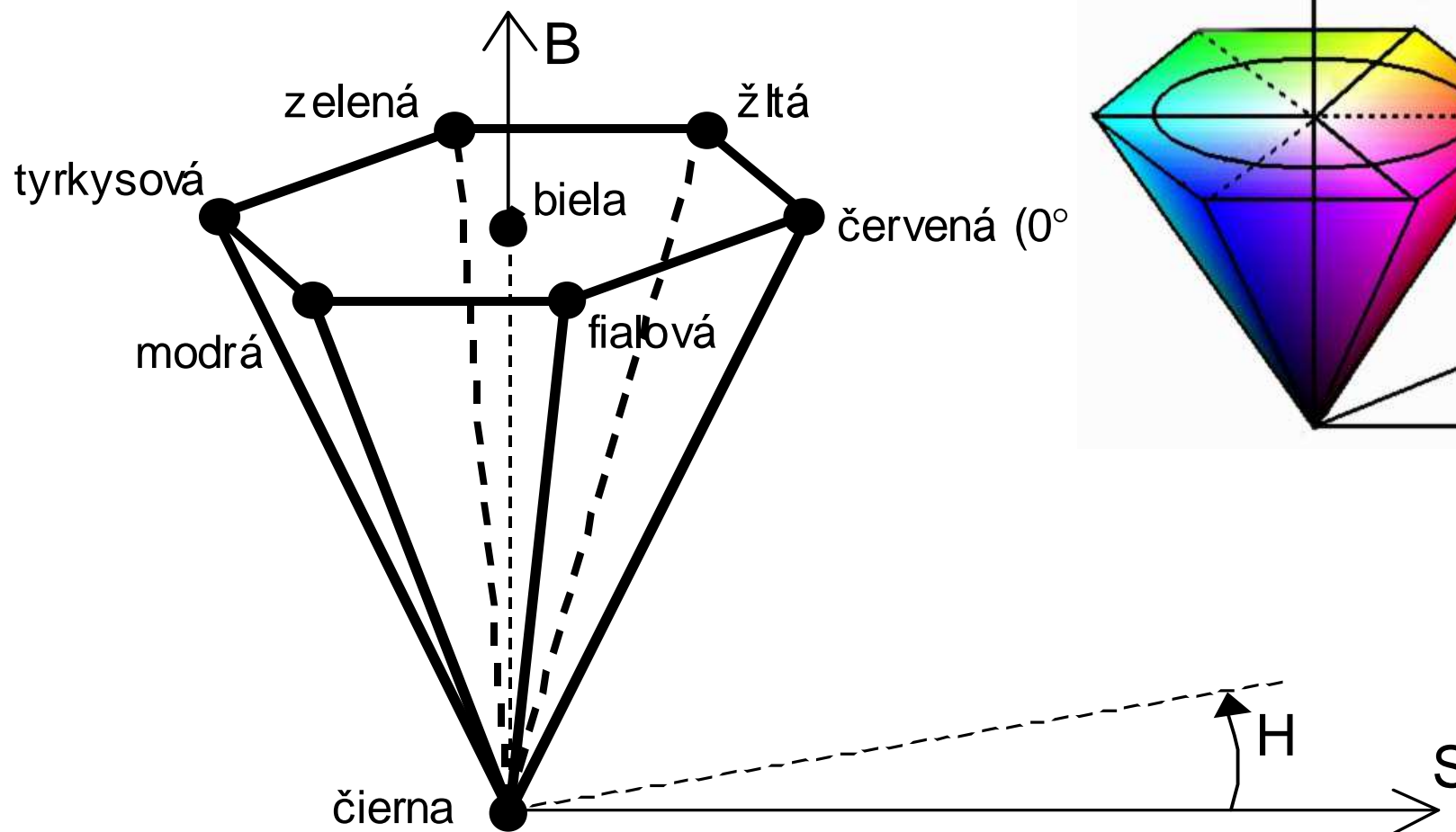
Farebný model HSB (HSV)

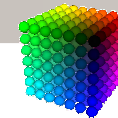


RGB priemet do roviny kolmej k šedej diagonále $(0,0,0) - (1,1,1)$



Farebný model HSB (HSV)





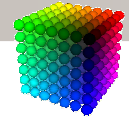
Prevod RGB ↔ HSB (HSV)

z RGB do HSB (HSV)

1. $max = \max(R, G, B)$
2. $min = \min(R, G, B)$
3. $delta = max - min$
4. $V = max$
5. ak $max == 0$ $S = 0$ inak $S = (max - min) / max$
6. ak prevláda zložka R: $H = (G - B) / delta$
7. ak prevláda zložka G: $H = 2 + (B - R) / delta$
8. ak prevláda zložka B: $H = 4 + (R - G) / delta$
9. $H = H * 60$, ak H je záporné číslo: $H = H + 360$

z HSB (HSV) do RGB

1. ak $S == 0$, $R = V$, $G = V$, $B = V$, koniec
2. inak $H = H / 60$
3. $i = \text{celá časť } H$, $f = \text{zvyšok po delení } H$
4. $p = V * (1 - S)$, $q = V * (1 - (S * f))$, $t = V * (1 - (S * (1 - f)))$
5. ak $i == 0$ $R = V$, $G = t$, $B = p$
6. ak $i == 1$ $R = q$, $G = V$, $B = p$
7. ak $i == 2$ $R = p$, $G = V$, $B = t$
8. ak $i == 3$ $R = p$, $G = q$, $B = V$
9. ak $i == 4$ $R = t$, $G = p$, $B = V$
10. ak $i == 5$ $R = V$, $G = p$, $B = q$



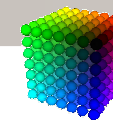
Farebný model HLS

zložky

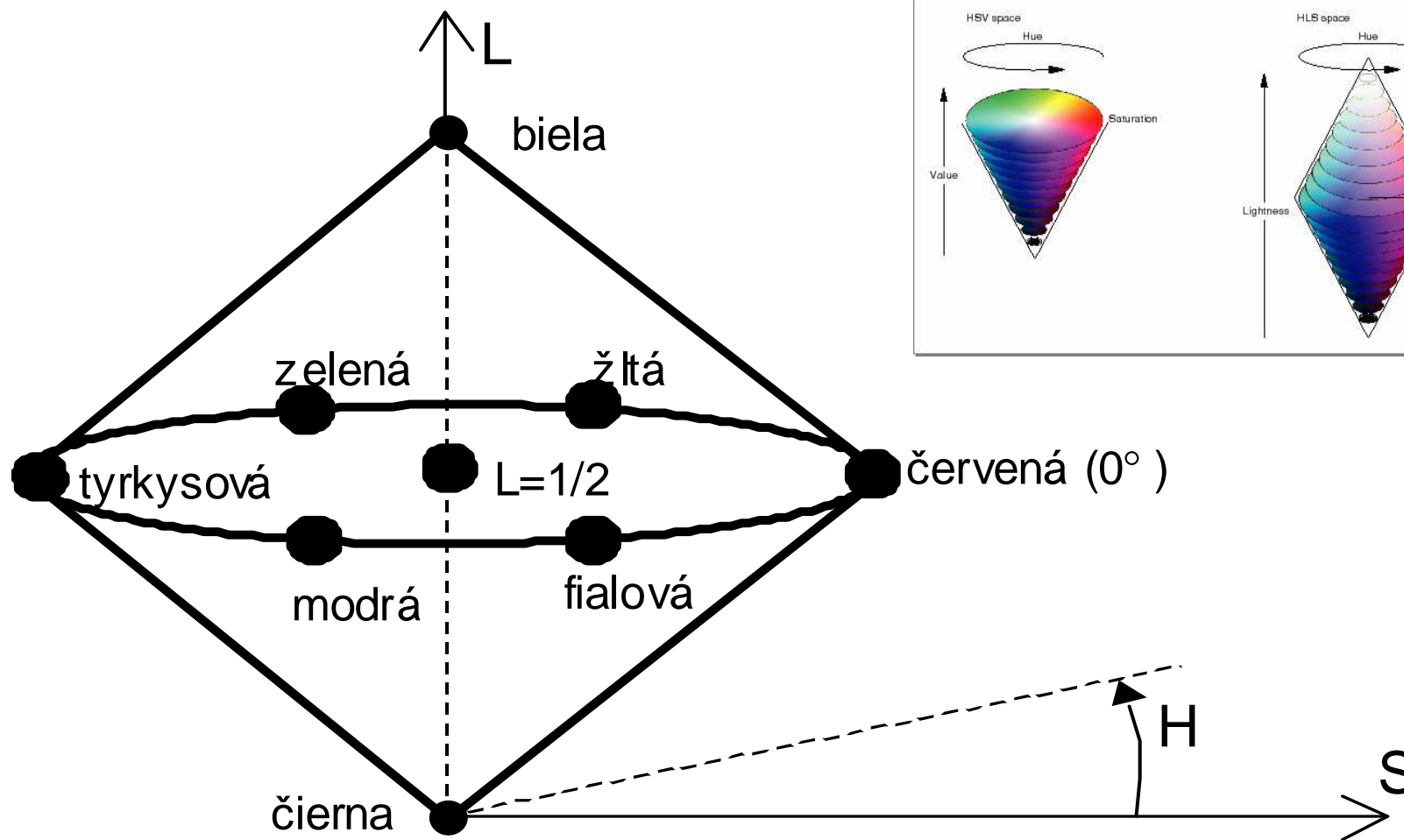
- **Hue** – farebný tón
- **Saturation** – saturácia
- **Lightness** – svetlosť

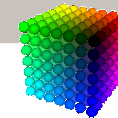
Miešanie – aditívne

Zmena zložky – uhlová, lineárna, bilineárna



Farebný model HLS





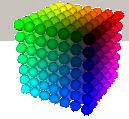
Prevod RGB → HLS

1. $minim = \min(R, G, B)$
2. $maxim = \max(R, G, B)$
3. $L = (minim + maxim) / 2$
4. ak $L == 1$, $H = 0$, $S = 0$, koniec //biela farba
5. ak $minim == maxim$, $S = 0$, $H = 0$, koniec //odtiene šedej
6. inak $S = (1 - minim) / (1 - L) - 1$
7. ak $L > 0.5$

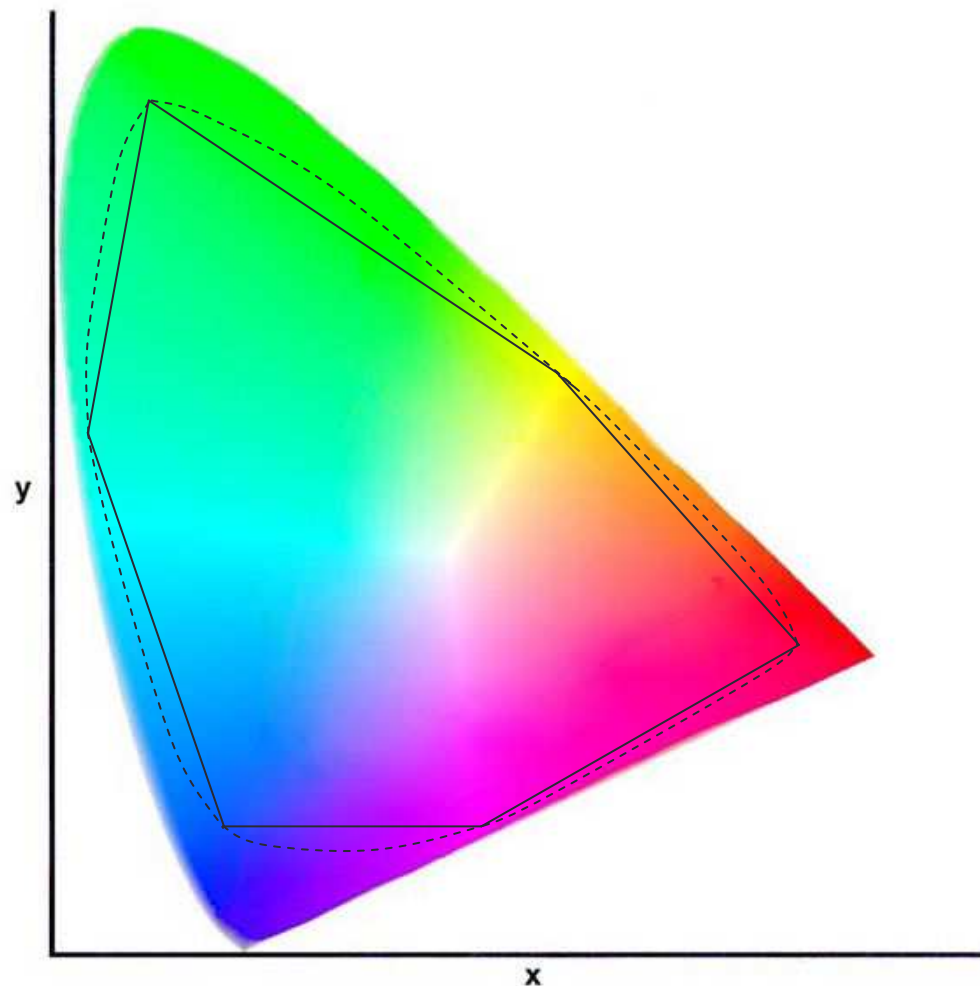
$$R2 = 1 + (R - 1) / (2 - 2L)$$

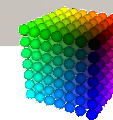
$$G2 = 1 + (G - 1) / (2 - 2L)$$

$$B2 = 1 + (B - 1) / (2 - 2L)$$
8. inak $R2 = R$, $G2 = G$, $B2 = B$
9. ak prevláda zložka R: ak $G2 > B2$, $H = G2 / B2$
inak $H = 6 - B2 / G2$
10. ak prevláda zložka G: ak $R2 > B2$, $H = 2 - R2 / G2$
inak $H = 2 + B2 / G2$
11. ak prevláda zložka B: ak $G2 > R2$, $H = 4 - G2 / B2$
inak $H = 4 + R2 / B2$
12. $H = H * 60$, ak $H < 0$: $H = H + 360$



Farebný priestor HSB, HLS



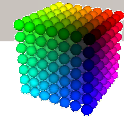


Prevod RGB do odtieňov šedej

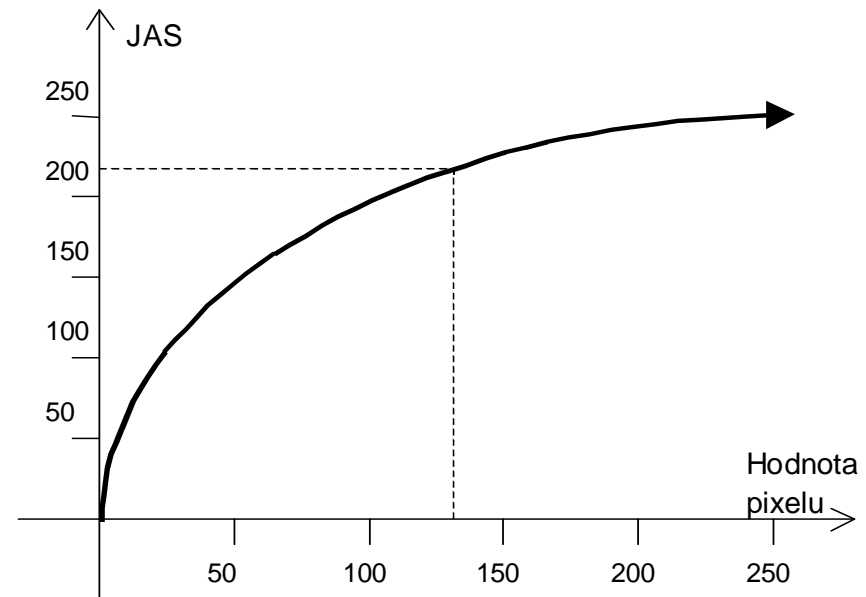
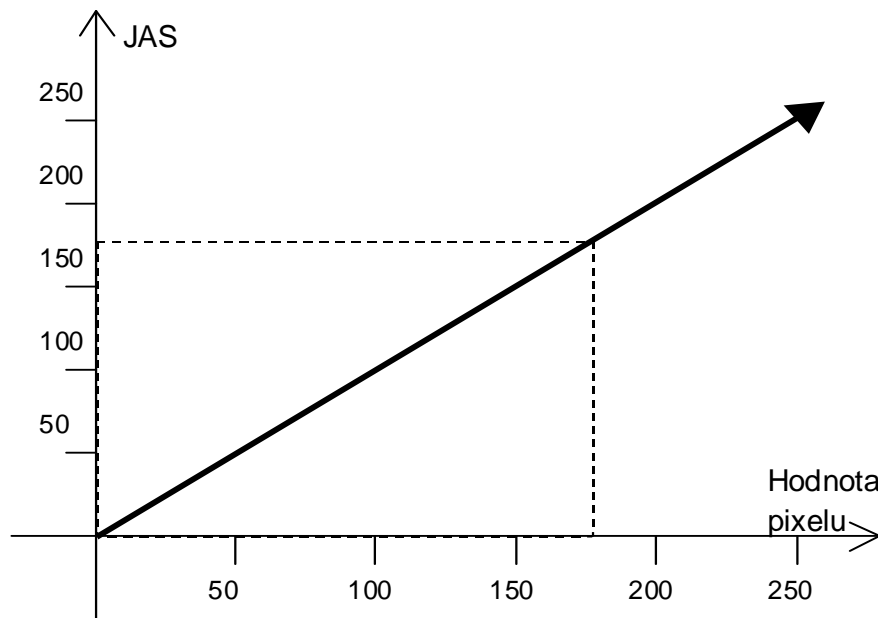
$$I = 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B$$

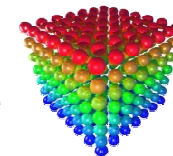
I je výsledná intenzita (úroveň šedej)
 R, G, B sú základné farebné zložky pôvodnej farby



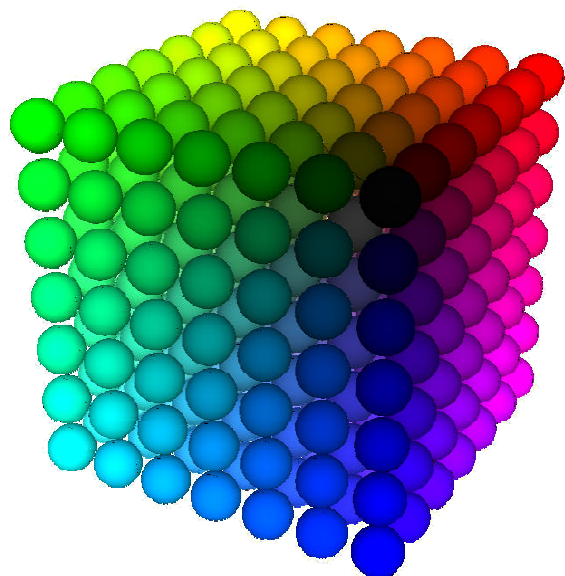


Gamma korekcia





© 2014 KPI FEI TU Košice



OTÁZKY ?
