

PRIESTOR, SVETLO A FARBY

doc. Ing. Branislav Sobota, PhD.

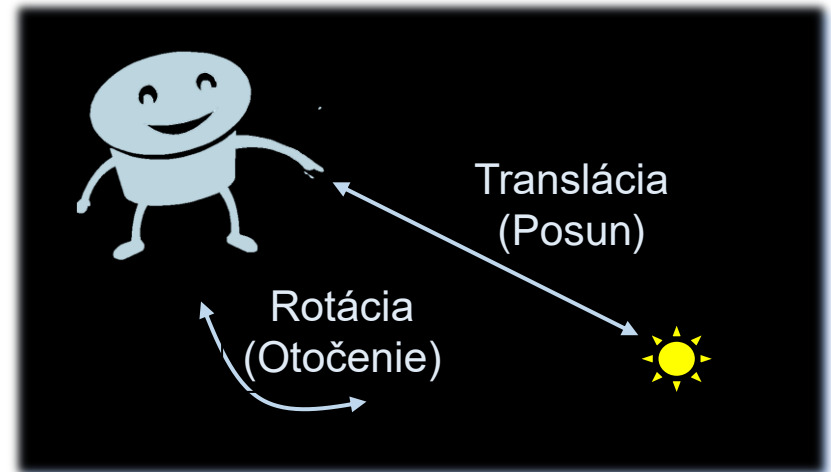
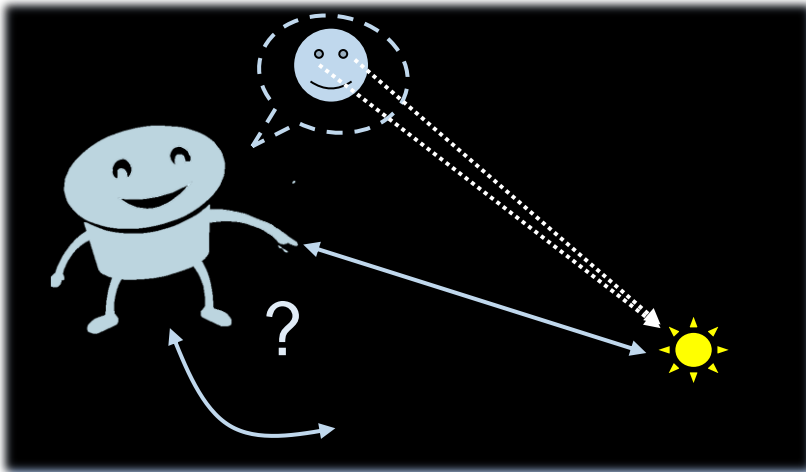
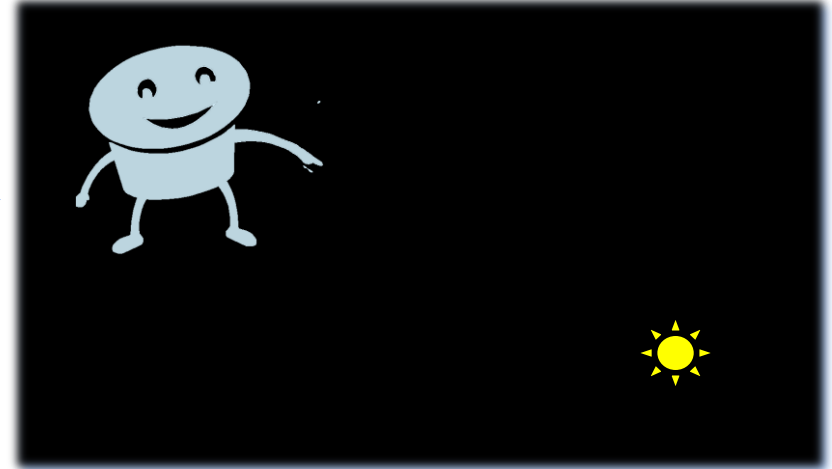
Katedra počítačov a informatiky, FEI TU v Košiciach

P 01

© 2024

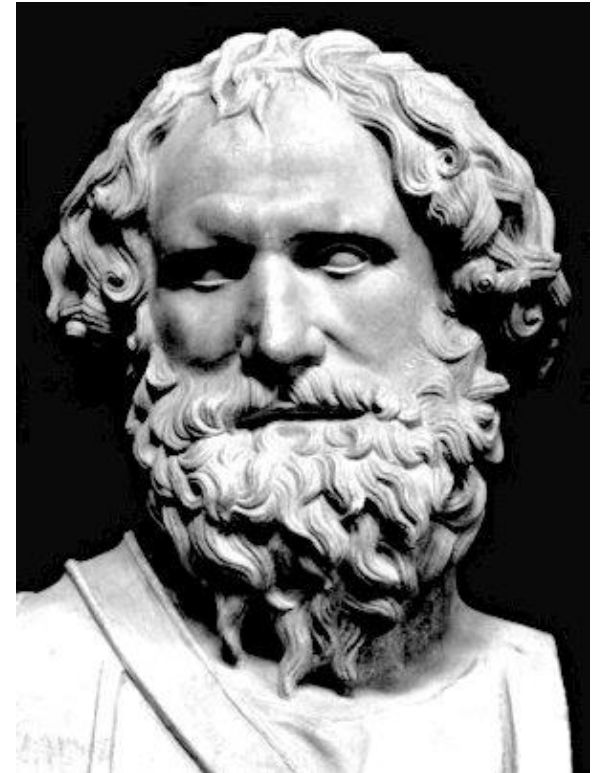
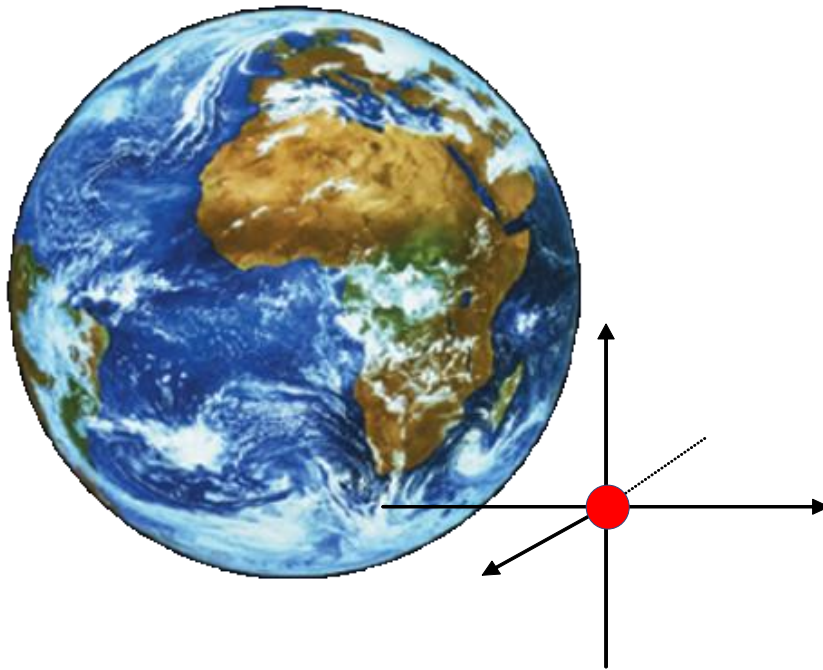
PRIESTOR





PRIESTOR A SÚSTAVY

„Dajte mi pevný bod a ja pohnem zemou.“



Archimedes
287-212 p.n.l.
Syrakúzy

DIMENZIA (ROZMER) PRIESTORU

Dimenzia je založená spravidla na fyzikálnej veličine (jednotke, primárne merateľnej) reprezentujúcu daný priestor alebo jeho zložku. Najčastejšie sa používajú základné a prípadne doplnkové alebo odvodené fyzikálne jednotky. Koncept dimenzie nie je obmedzený na fyzické priestory. Vo fyzike a matematike je rozmer matematického priestoru (alebo objektu) neformálne definovaný ako minimálny počet parametrov (koordinát, súradníc) potrebných na špecifikáciu akéhokoľvek bodu v ňom. Vysokorozmerné priestory často vyskytujúce sa v matematike a prírodných vedách môžu byť priestory parametrov alebo konfiguračné priestory, ako napríklad v Lagrangovej alebo Hamiltonovej mechanike, sú to abstraktné priestory, nezávislé od fyzického priestoru, v ktorom žijeme.

Typy dimenzií:

- Číselná
- Nečíselná

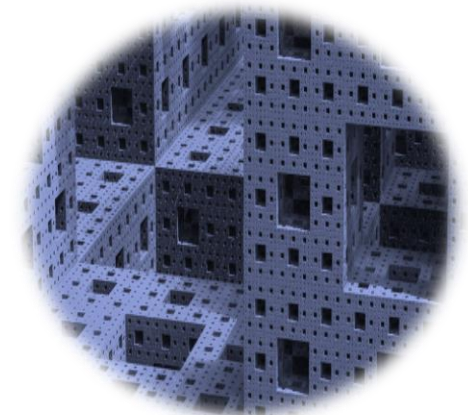
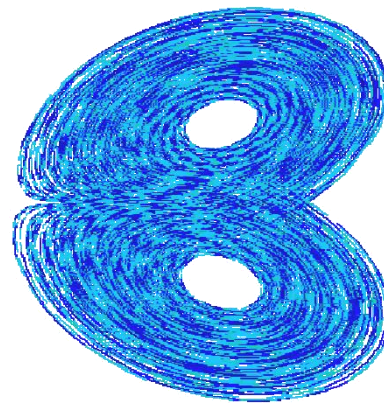
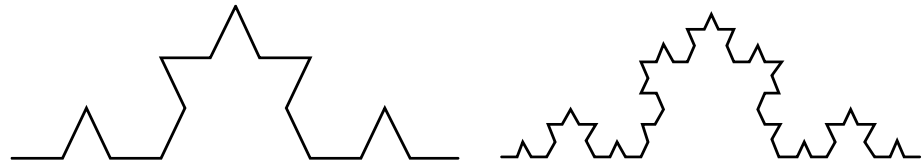
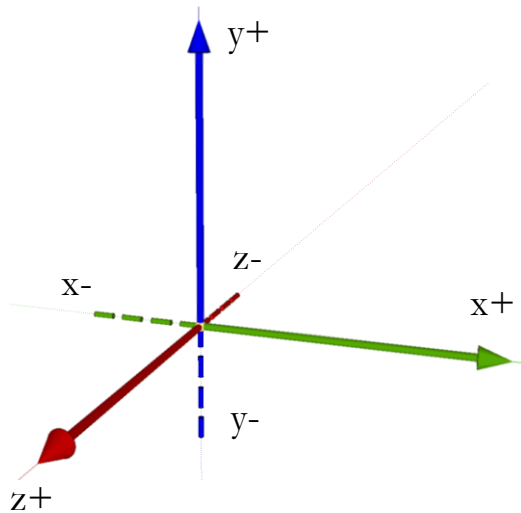


Druhy dimenzií:

- Topologická
- Hausdorffova
- Farebná
- Fraktálna
- dimenzia sebedpodobnosti
- Kapacitná
- Informačná
- dimenzia Rotácií
- ...

ČÍSELNÁ DIMENZIA (ROZMER) PRIESTORU

- **Celočíselná** (topologická) dimenzia (0,1,2,3,4), celočíselná metrika
- **Neceločíselná** dimenzia (2.6 a pod.)



ŠTRUKTÚRA DIMENZIE (ROZMERU) PRIESTORU

$$D(imenzia) = M + N + \dots$$

↑
veľičina 1
↑
veľičina 2
↑
veľičina n

Príklad štruktúry 3 hodnotovej dimenzie:

$3 = 3 + 0$ (geometria + čas) – *homogénna štruktúra*

$3 = 2 + 1$ (geometria + čas) – *nehomogénna štruktúra*



PRIESTOR A JEHO KOORDINAČNÝ SYSTÉM

SÚRADNICOVÁ SÚSTAVA

- *Koordináčny systém* (súradnicová sústava) umožňuje parametrizovať priestor a definovať jeho počiatočný bod (stred koordináčného systému, origin) a smery rozvoja fyzikálnej veličiny v príslušnej dimenzii priestoru popisovaného koordináčným systémom (jeho osi).
- *Súradnice* (parametre, koordináty) definujú jednoznačne polohu v rámci koordináčného systému podľa charakteru a štruktúry dimenzií priestoru

Tak je položený základ systematickému popisu pohybu a orientácie v akomkoľvek priestore

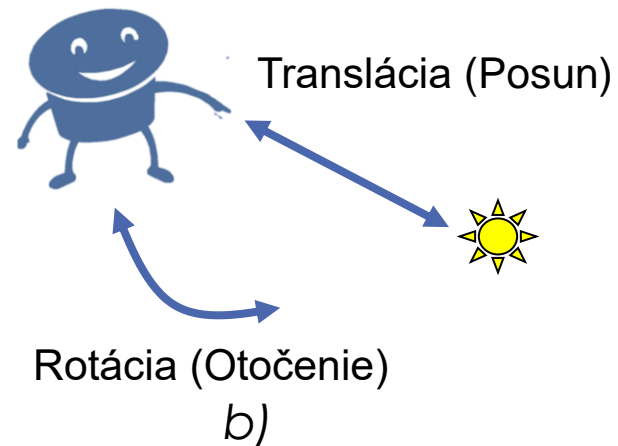
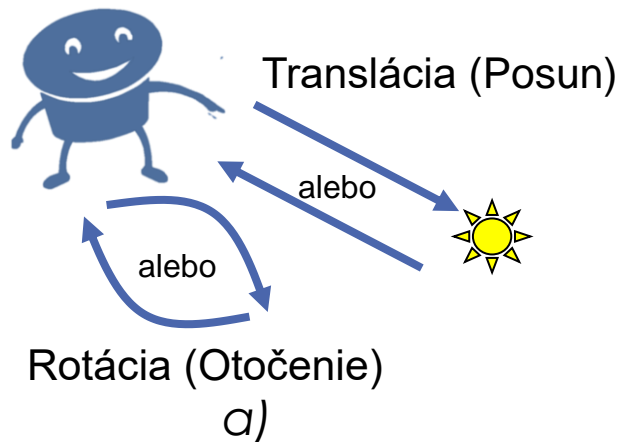


STUPEŇ VOĽNOSTI DIMENZIE

DEGREE OF FREEDOM – DOF

Stupeň voľnosti (Degree of Freedom – DOF) dimenzie je počet nezávislých parametrov, ktoré definujú konfiguráciu priestoru/objektu alebo stav v príslušnom koordinačnom systéme. DOF definuje počet translačných (T) a rotačných (R) (vrátane napr. času v heterogénnych štruktúrach) smerov, v ktorých sa môže objekt pohybovať:

- a) Jednosmerné vzhľadom na dimenziu (len v jednom smere dimenzie)
- b) Obojsmerné vzhľadom na dimenziu (v oboch smeroch dimenzie)



STUPEŇ VOĽNOSTI V 3D PRIESTORE

Poloha n -rozmerného tuhého telesa je definovaná tuhou transformáciou:

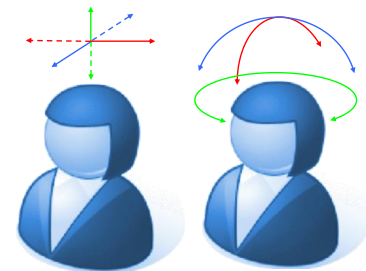
$$[T] = [A, d]$$

kde d je n -rozmerná translácia a A je matica rotácie $n \times n$.

Stupeň voľnosti systému možno považovať za minimálny počet súradníc potrebných na špecifikáciu konfigurácie. Aplikovaním tejto definície máme:

- Pre jednu časticu v 2D priestore dve súradnice definujú jej polohu, takže má dva stupne voľnosti
- Jedna častica v 3D priestore vyžaduje tri súradnice, takže má tri stupne voľnosti
- Dve častice v priestore majú spolu šesť stupňov voľnosti.

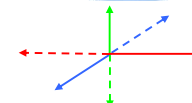
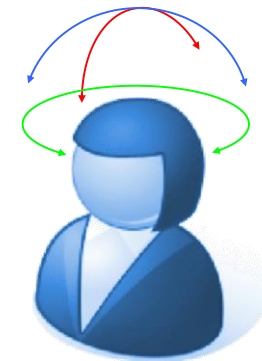
Jedno pevné teleso má najviac šesť stupňov voľnosti (6 DOF)
3T3R pozostávajúce z troch posunov (3T) a troch rotácií (3R).



3T

3R

3DOF vs. 6DOF



3T3R

POPIS A REPREZENTÁCIA PRIESTOROV

Pri spracovaní priestorov sú zaujímavé dve hľadiská:

- popis priestoru (čím, napr. vektor $RGB[35, 177, 89]$)
- reprezentácia priestoru (ako (formát), RGB kocka, HLS kužeľ a pod.)



DUALITA PRIESTOROV

Princíp duality priestorov hovorí, že každý výrok z hľadiska prvého priestoru zostáva pravdivý, keď je možné zameniť dva rôzne objekty v oboch priestoroch tak aby boli sémanticky rovnaké (napr. slová „bod“ a „priamka“, „ležať na“ a „prechádzať“, „spojiť sa“ a „priesečník“, atď.) a tak sa získa duálny výrok v druhom priestore.

Inými slovami, princíp duality hovorí, že vo všetkých výrokoch je možné napr. zameniť pojem „bod“ pojmom „priamka“ a pojem „priamka“ pojmom „bod“ atď. a daný výrok zostáva v platnosti. Podobná dualita platí aj pre svetelné priestory alebo farebné modely napr. na vyjadrenie farby. V praxi to znamená, že tú istú farbu je možné v rôznych farebných priestoroch opísať rôzne a použiť výhodnejší spôsob.



NÁUKY O SVETLE A FARBÁCH

- *Optika* – náuka o svetle a jeho vlastnostiach, svetelných javoch a prístrojoch
- *Chromatika* - náuka o farbách



SVETLO A SVETELNÝ PRIESTOR

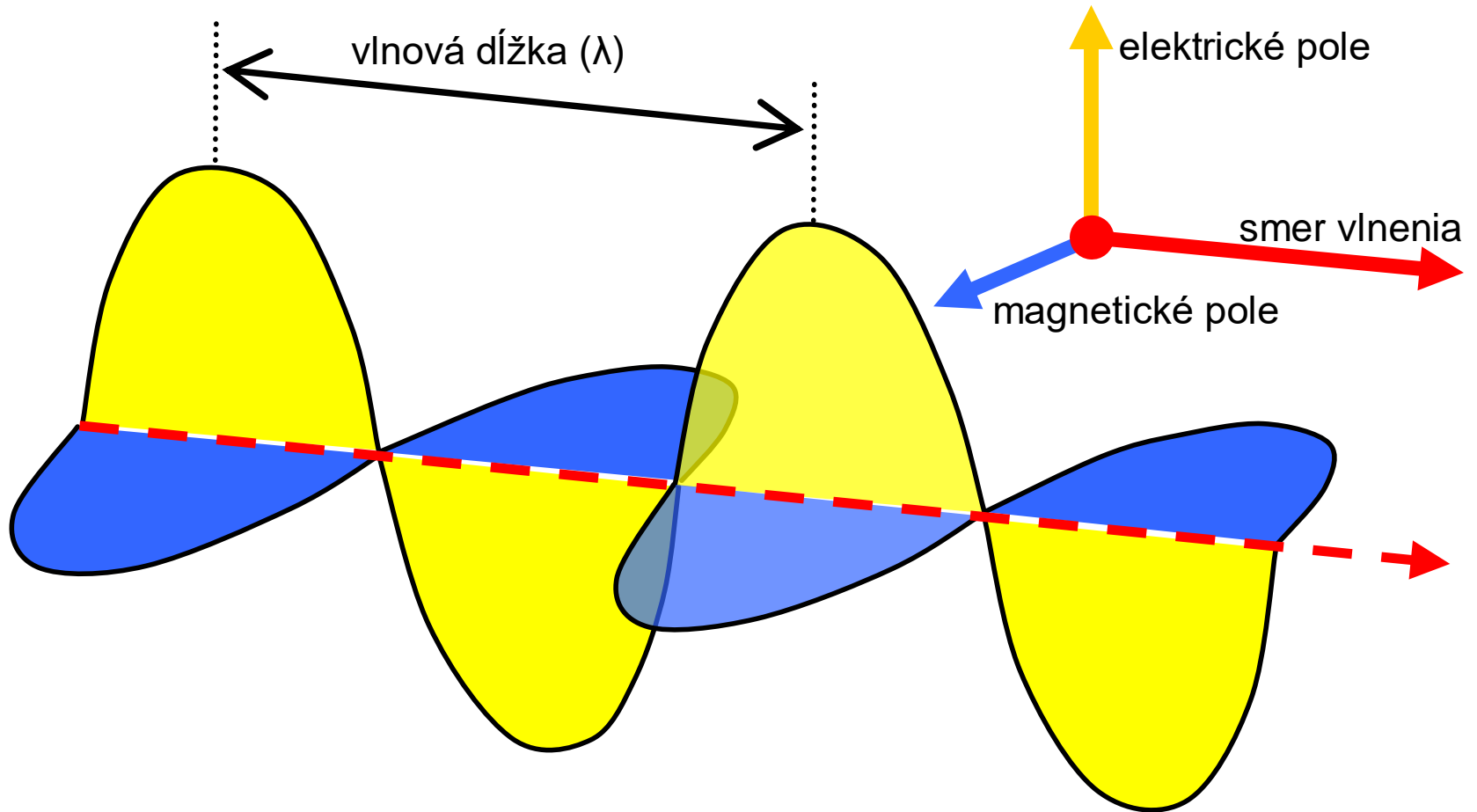
Svetelný priestor považujeme za základný pre možnosť vnímania okolitého sveta nakoľko až 80% informácií prijíma človek zrakom.

Dve reprezentácie svetla:

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

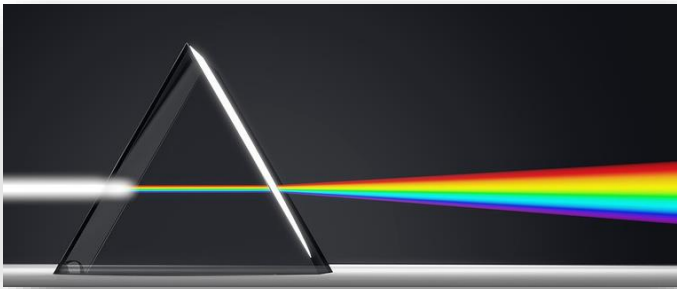
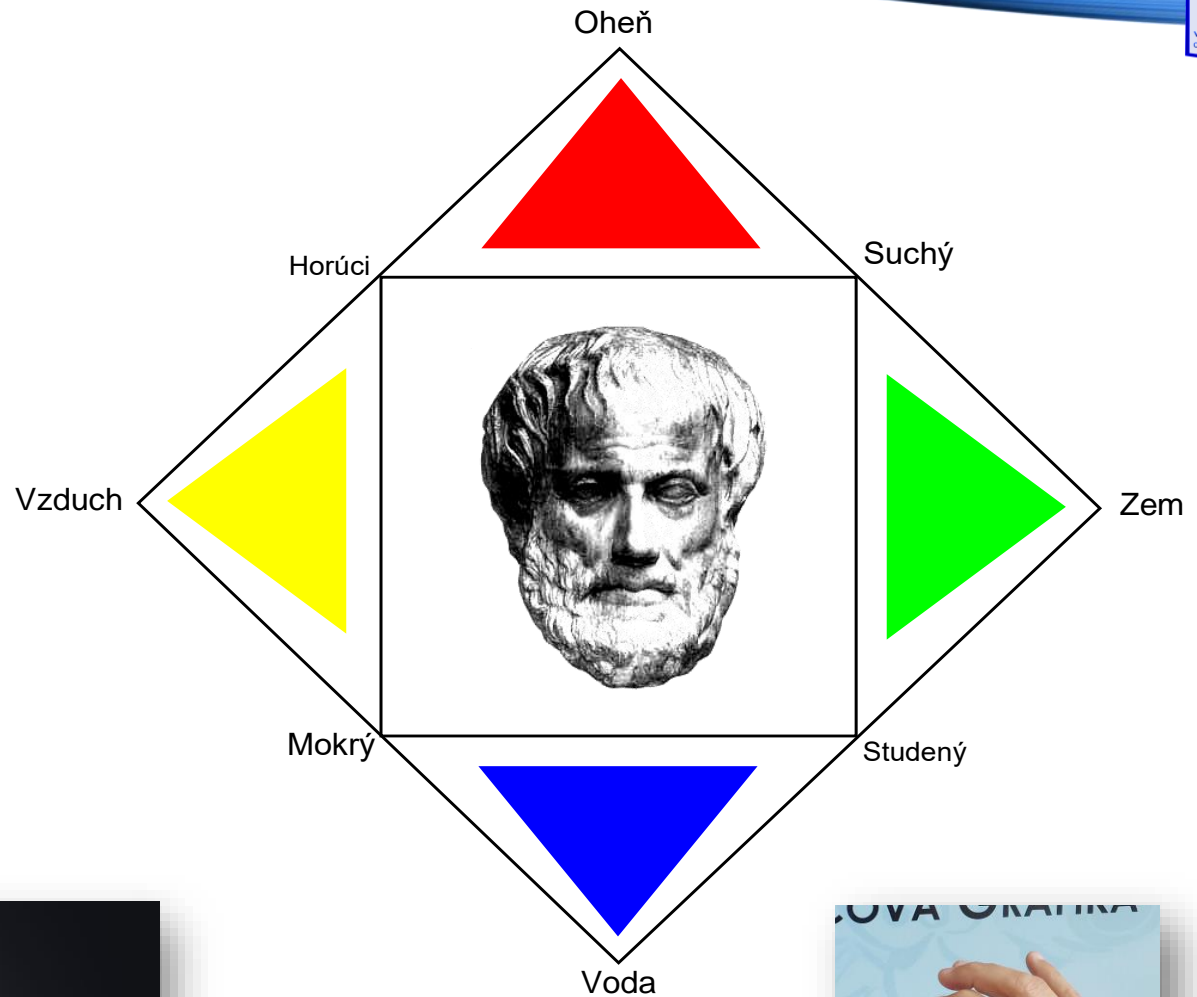


SVETLO



HISTÓRIA

Aristoteles, cca 300 p.n.l.



Optický hranol (prizma)



FARBY

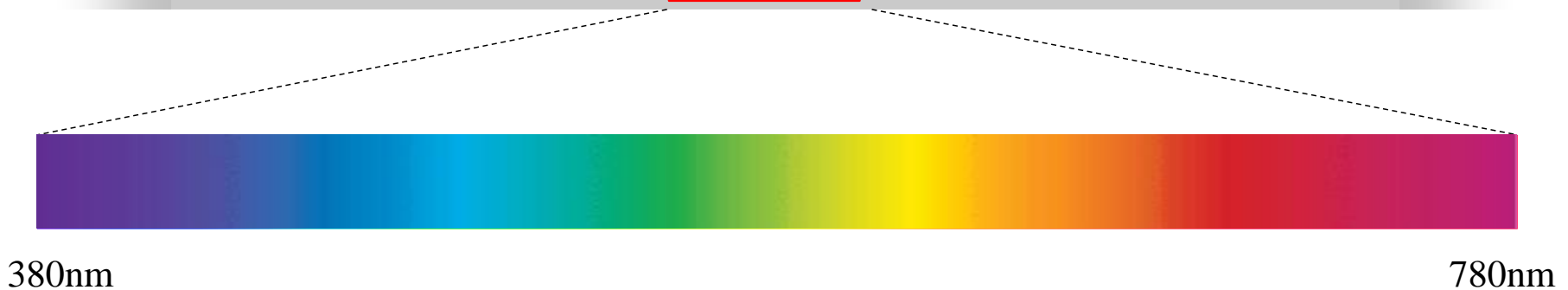
Každá farba zodpovedá určitej frekvencii vlnenia.
Rozsah farieb je:

- 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)



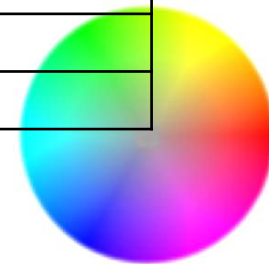
FARBY A SVETLO

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
--------------------------	------------------	------------------------------	------------------------------	----------------------------------	---------------------------	----------------------------



ZÁKLADNÉ FARBY A ICH VLNOVÉ DĹŽKY

Farba		Vlnová dĺžka (nm)
tmavočervená	dR	750-780
červená	R	630-750
oranžovočervená	OR	600-630
oranžová	O	590-600
žltá	Y	570-590
žltozelená	YG	550-570
zelená	G	520-550
zelenomodrá / tyrkysová	GB/C	500-520
modrozelená / azúrová	BG	480-500
modrá	B	450-480
modrofialová / indigo	BP/I	420-450
fialová, purpurová	P/M	380-420



TYPY SVETLA

- Achromatické – viaczložkové
- Monochromatické - jednozložkové



ZÁKLADNÉ ATRIBÚTY SVETLA

- **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 intenzitou (amplitúdou)
- **Sýtosť** - uvádza **čistotu svetla**. Čím vyššia je sýtosť, tým užšie je spektrum frekvencií obsiahnutých vo svetle
- **Svetlosť** – je **veľkosť achromatickej zložky** vo svetle s určitou dominantnou frekvenciou.



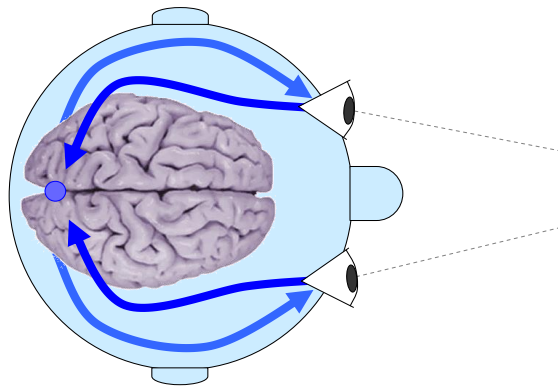
FAREBNÝ PRIESTOR

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

- **Gamut** je dosiahnuteľná oblasť farieb v určitom farebnom priestore. Farby, ktoré sú mimo gamutu je možné zobrazíť v danom farebnom priestore iba približne.
- **Farebná hĺbka** je počet zobraziteľných farieb farebného priestoru a udáva sa v bitoch,
 - farebné režimy napr. *HighColor* (2^{16}), *TrueColor* (2^{24} , 2^{32})

ĽUDSKÝ VIZUÁLNY VNEM

- Hlavným ľudským orgánom prijímania obrazových informácií je **oko**
- Hlavným ľudským orgánom spracovania obrazových informácií je **mozog**

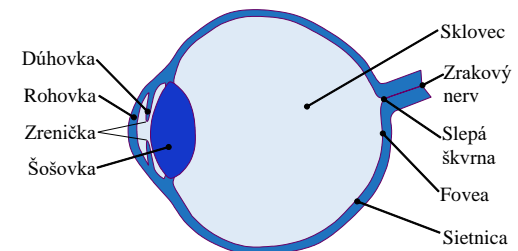


Týmto je determinované použitie technológií počítačovej grafiky

ĽUDSKÝ VIZUÁLNY VNEM

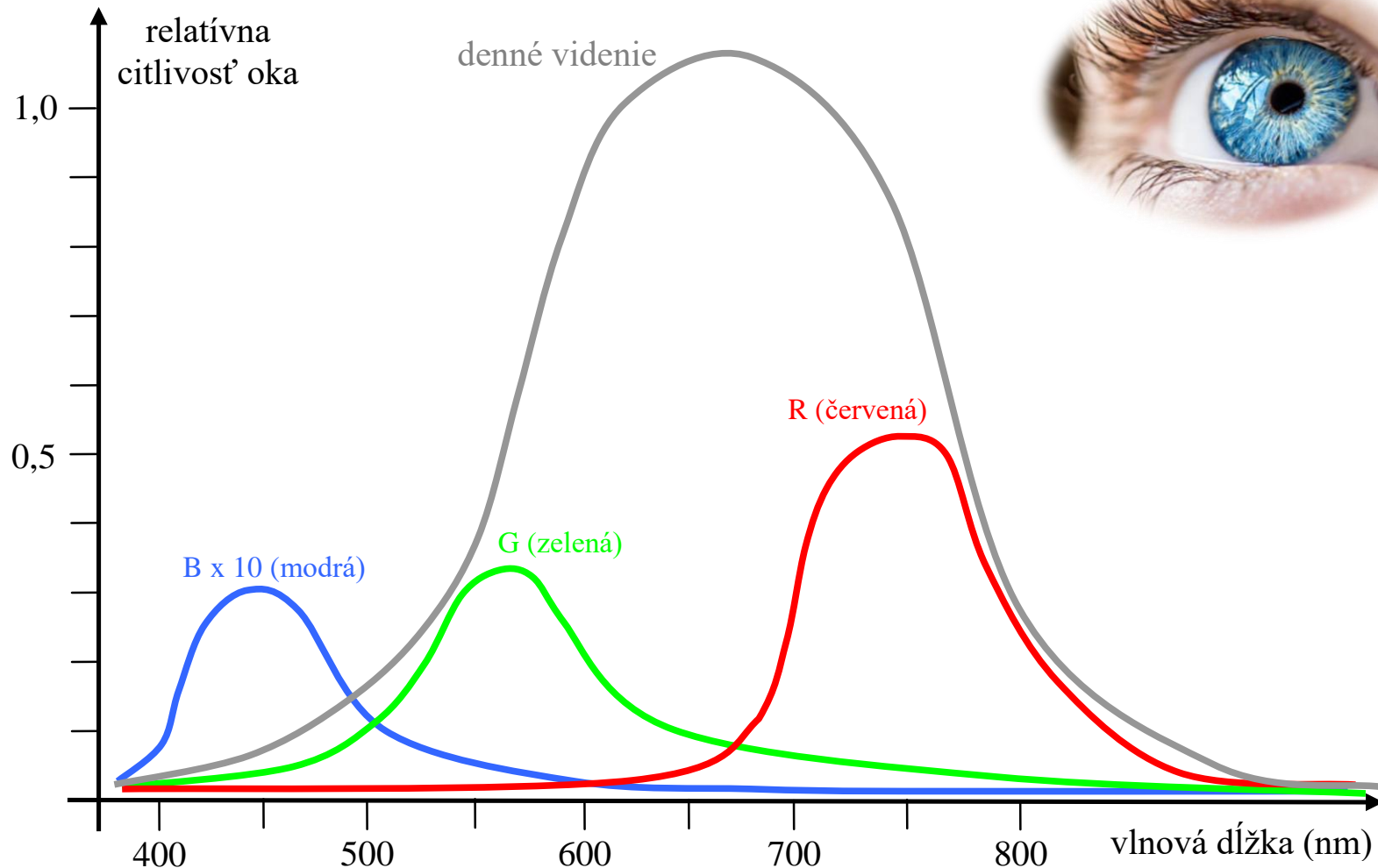
Pri prijímaní svetla sú *stimulované* (ovplyvňované) rôzne časti oka, ale najmä *receptory* oka:

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

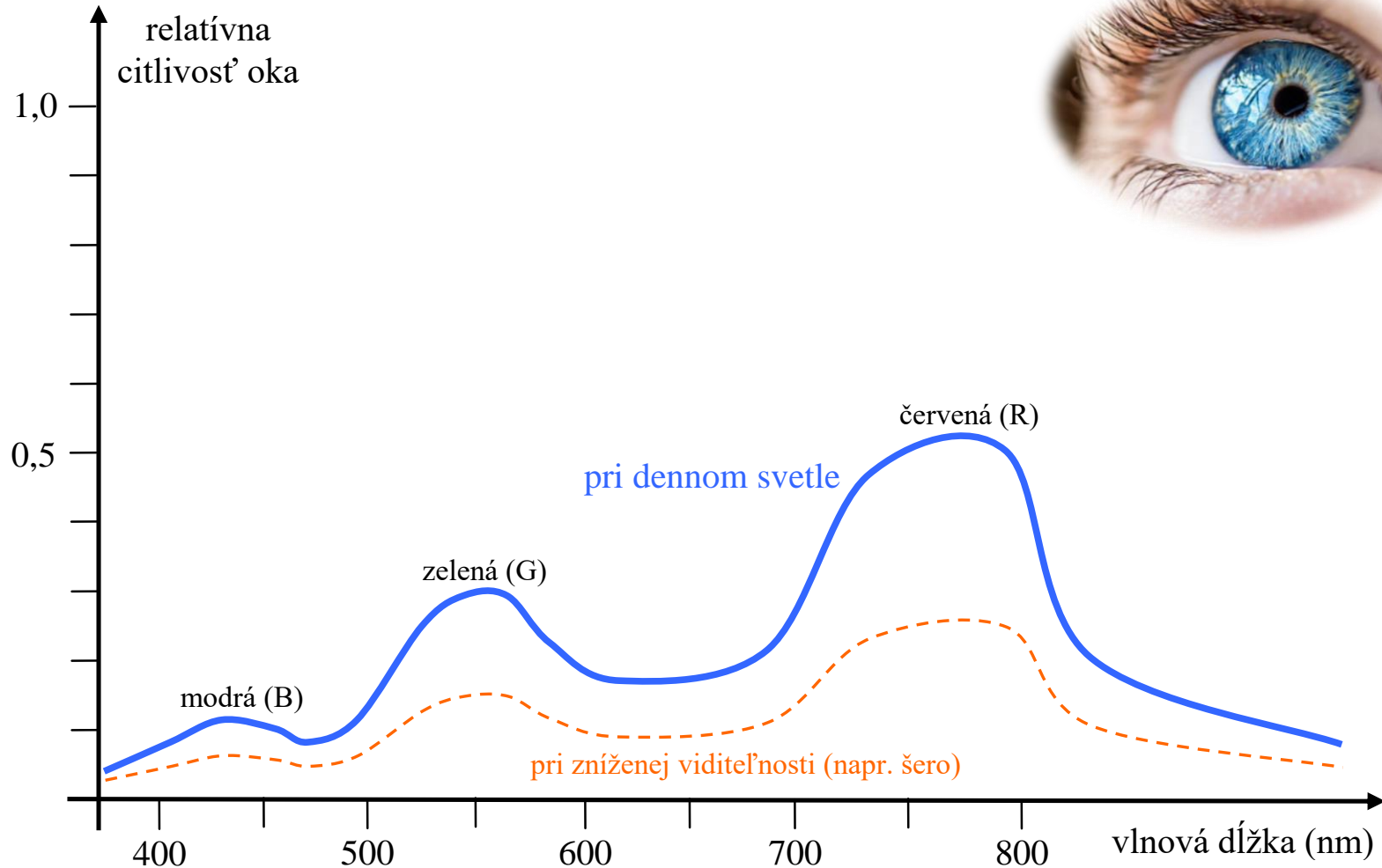


Poznámka: Rozlíšenie ľudského oka je technicky asi 140 MPx

RELATÍVNA CITLIVOSŤ ĽUDSKÉHO OKA NA FARBY (TRISTIMULUS BÁZA, SLNKO AKO REFERENČNÝ ZDROJ)

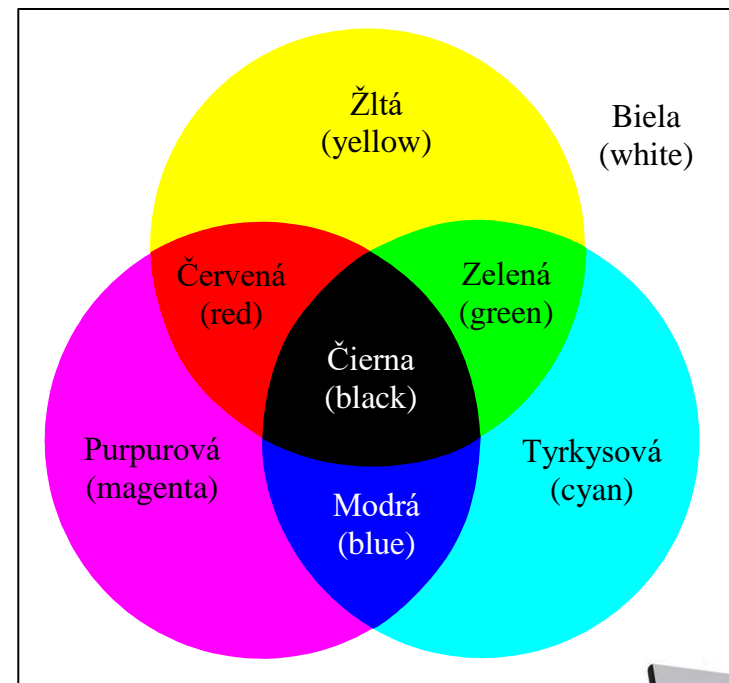
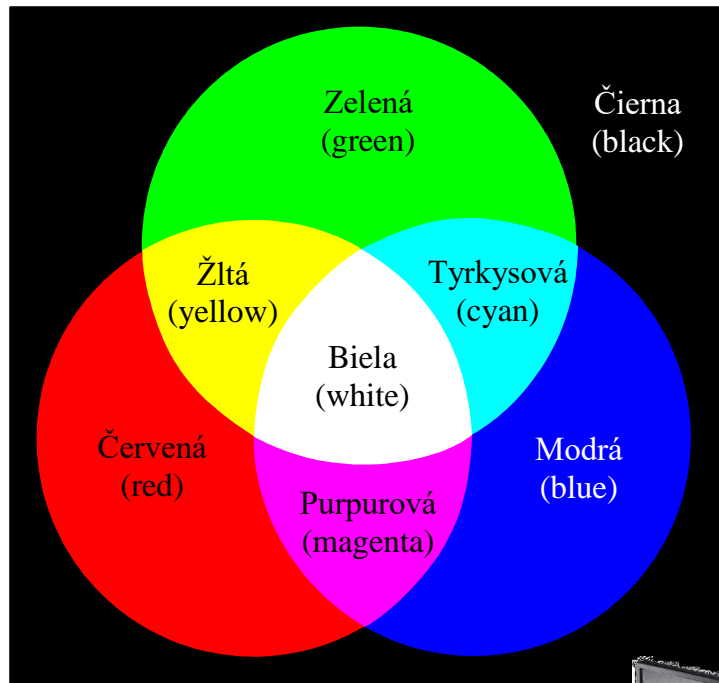


RELATÍVNA CITLIVOSŤ ĽUDSKÉHO OKA NA PRECHODY MEDZI FARBAMI (SLNKO AKO REFERENČNÝ ZDROJ)

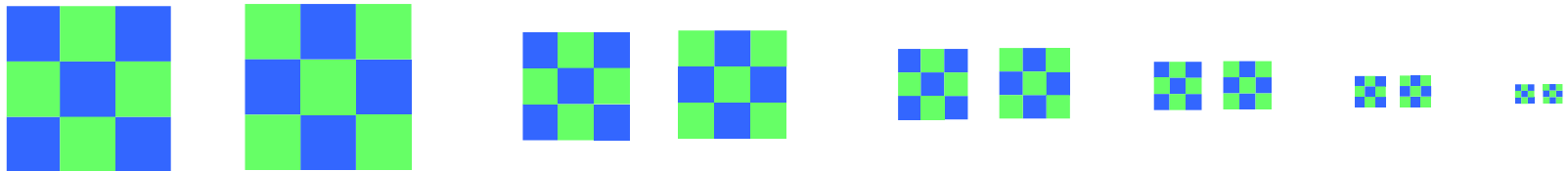


MIEŠANIE FARIEB

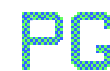
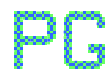
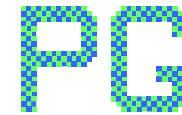
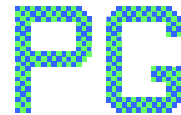
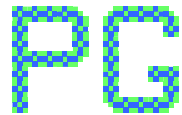
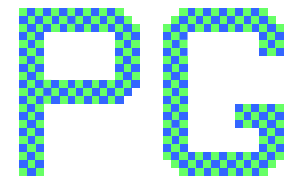
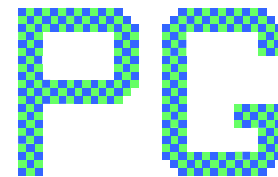
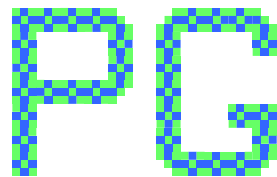
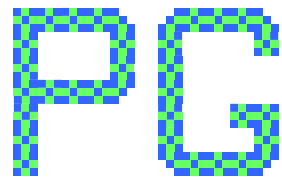
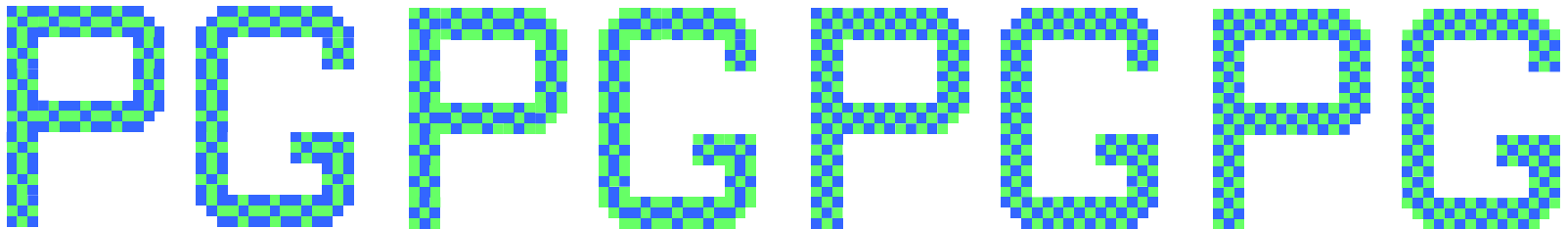
- Aditívne miešanie
- Subtraktívne miešanie



MIEŠANIE FARIEB Z POHL'ADU ČLOVEKA (DITHERING)



dve a viac farieb



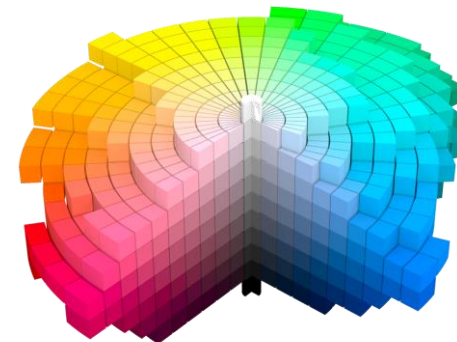
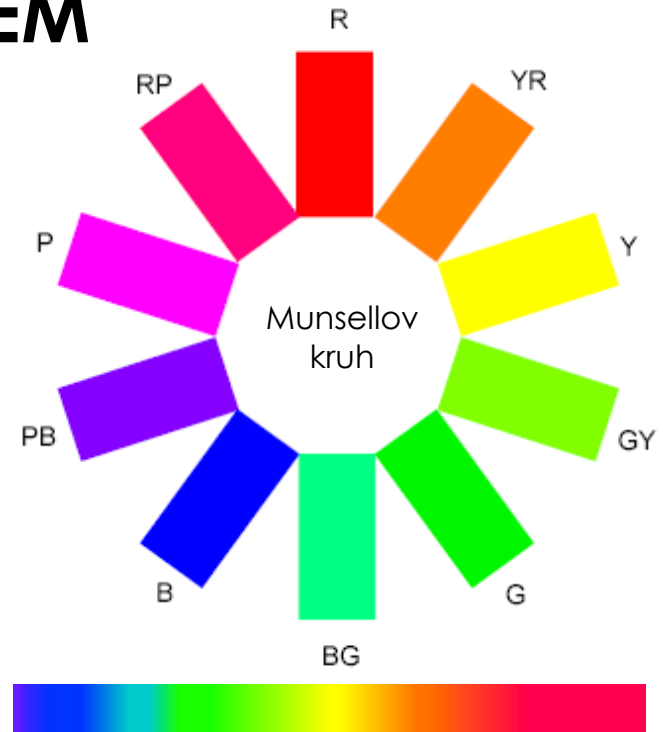
MUNSELLOV FAREBNÝ SYSTÉM



Albert Henry Munsell, 1905

Tri veci sú potrebné na to, aby človek videl farby:

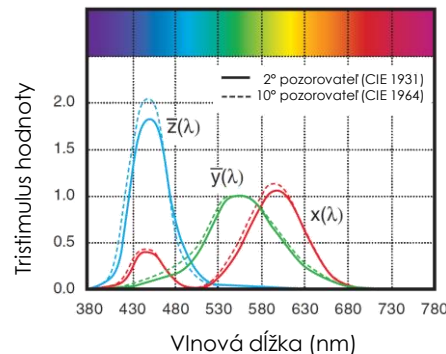
- svetelný zdroj (osvetlenie, illuminant)
- objekt (vzorka, sample)
- pozorovateľ/spracovateľ (observer/processor)



3D reprezentácia Munsellovho farebného systému (1943)

CIE CHROMATICKÝ DIAGRAM (1931, 1964, 1976)

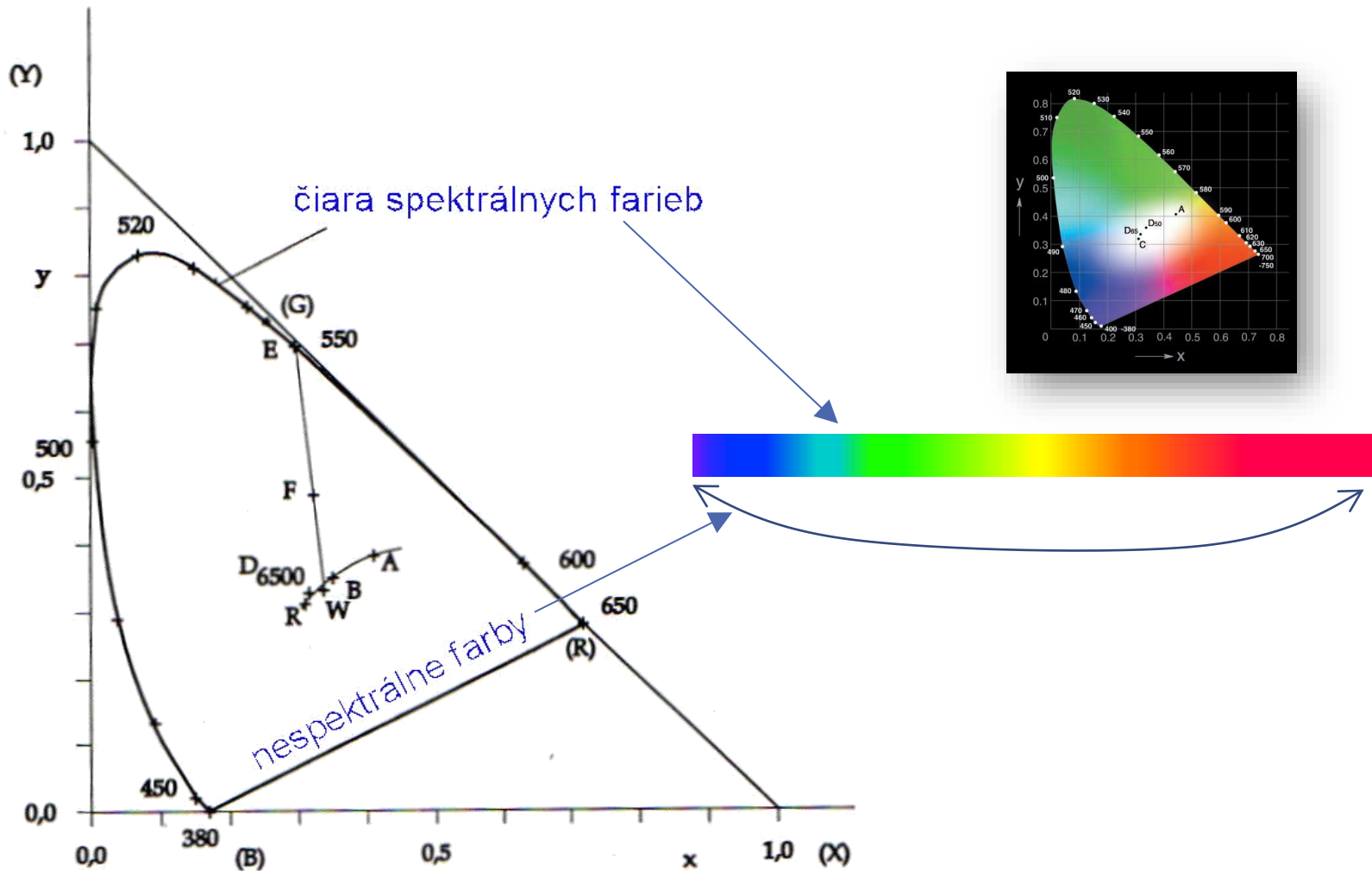
- farebný model vyvinutý na základe štandardného pozorovateľa, ktorého farebné videnie je zástupcom ľudskej populácie s normálnym farebným videním (CIE - *Commission internationale de l'éclairage* (fr.) - *International Commission on Illumination* (en)).
- pre určenie farby sa používa trojzložkový (**tristimulus**) systém. Farba je určená trojicou čísel/koordinátov (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.



Tristimulus koncept štandardného pozorovateľa založený na priemernej ľudskej reakcii na vlnové dĺžky svetla (štandardný pozorovateľ predstavuje to, ako vidí priemerný človek farby vo viditeľnom spektre.)

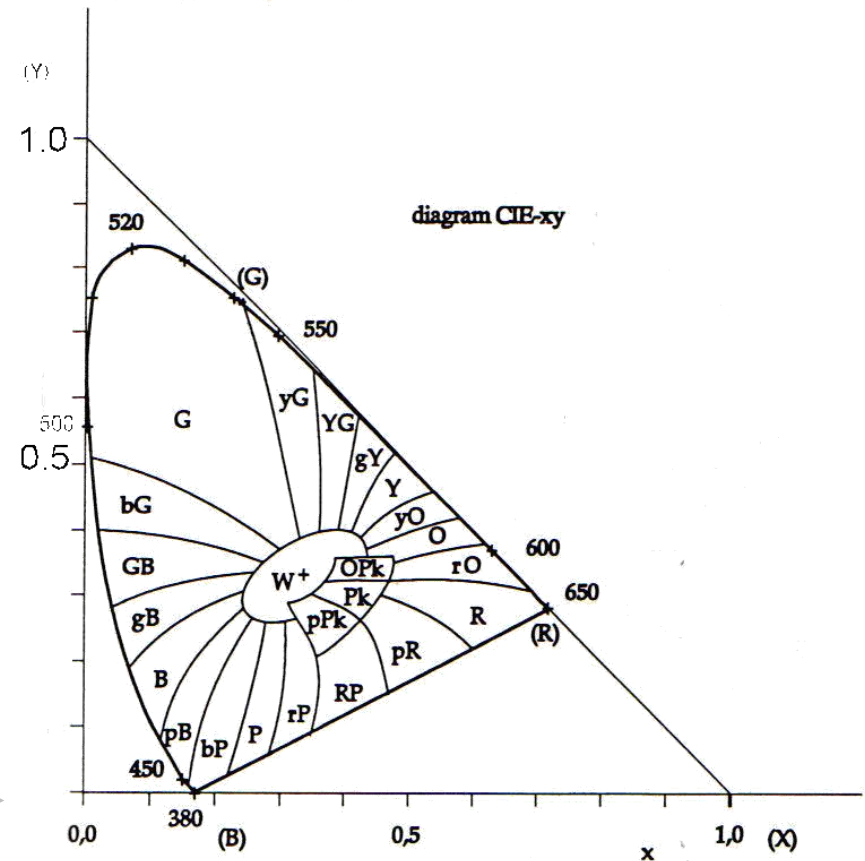
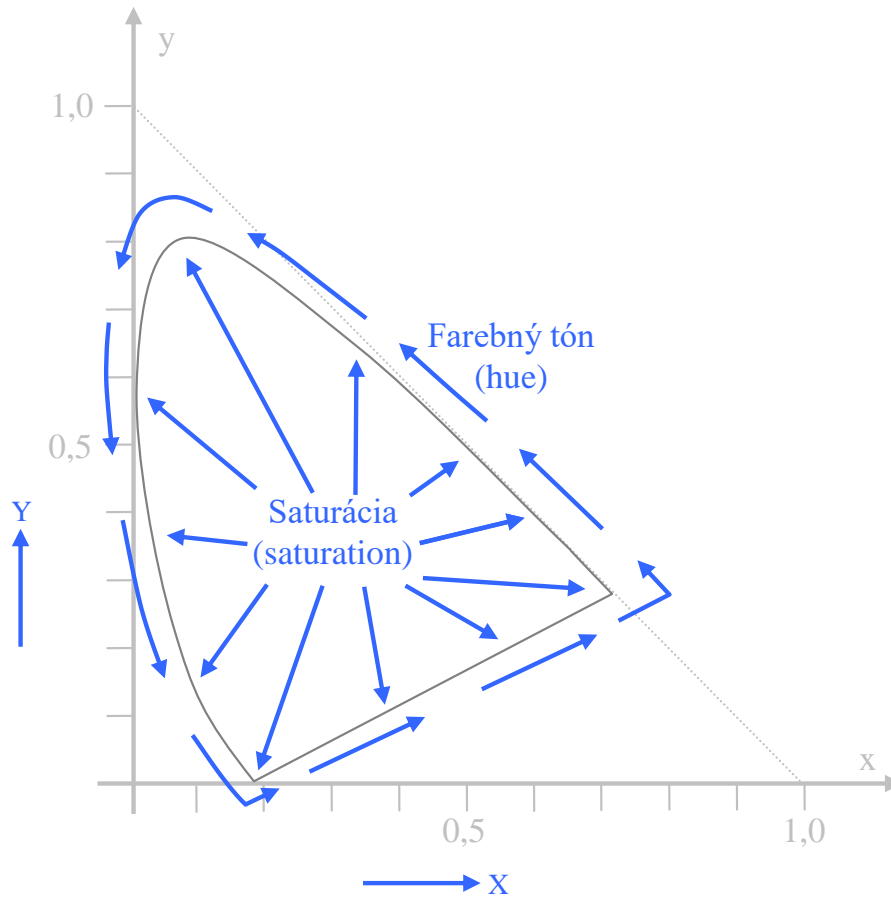
CIEXY CHROMATICKÝ DIAGRAM (1931)

ZÁKLADNÁ KONŠTRUKCIA



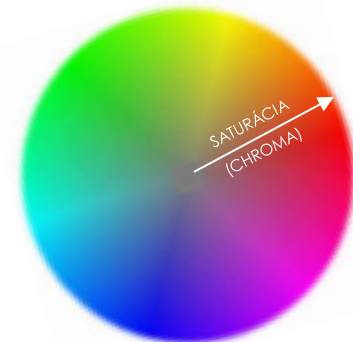
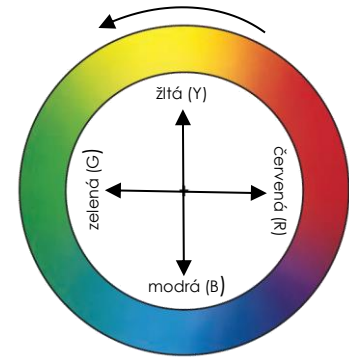
CIEXY CHROMATICKÝ DIAGRAM (1931)

ZÁKLADNÁ KONŠTRUKCIA



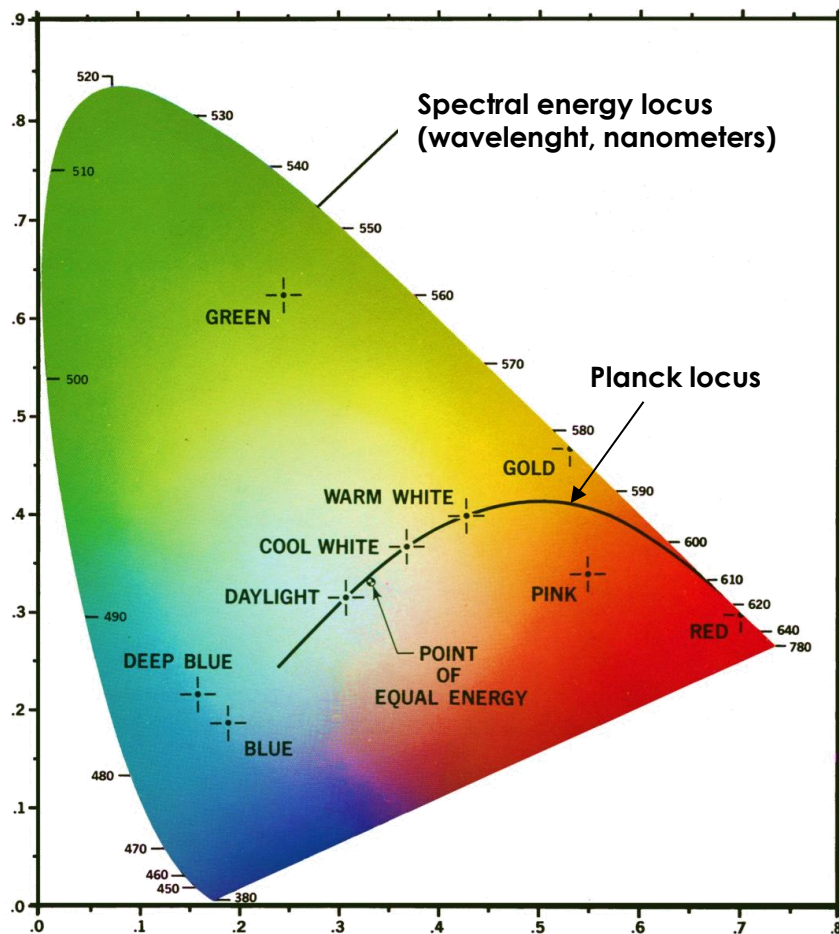
ODTIEŇ A SATURÁCIA

- *Odtieň* – (farebný tón, Hue) je spôsob, akým vnímame farbu objektu - červená, oranžová, zelená, modrá atď. Definuje spôsob popisu prechodu medzi jednotlivými farbami. Najčastejšie sa používa uzavretý kruhový cyklický spôsob.
- *Saturácia* – (chroma, chromacity) - popisuje živosť alebo nevýraznosť farby t.j. ako blízko je farba k sivej alebo čistému odtieňu. Farby v strede sú sivé (matné) a sýtejšie (živšie), keď sa pohybujú smerom k obvodu.



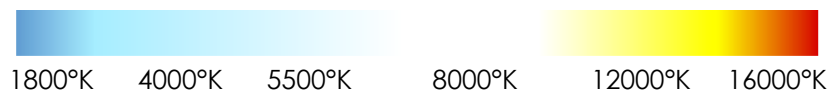
CIE - CHROMATICKÝ DIAGRAM (1931, 1964, 1976)

UNIFORM CHROMATICITY SCALE DIAGRAM



Planckov lokus alebo **lokus čierneho telesa** - dráha alebo lokus, ktorým by sa uberala farba rozžeraveného čierneho telesa v určitom farebnom priestore pri zmene teploty čierneho telesa. Prechádza od sýtočervenej pri nízkych teplotách cez oranžovú, žltkastobielu, bielu a nakoniec modrobielu pri veľmi vysokých teplotách.

Teplota farieb



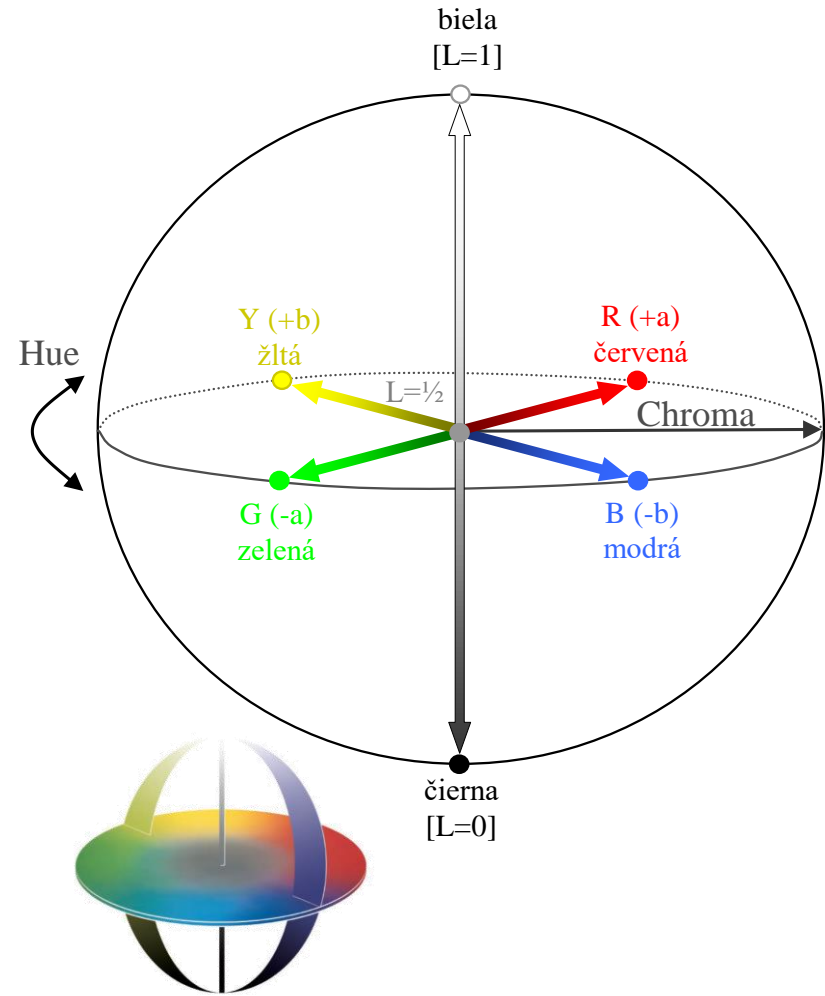
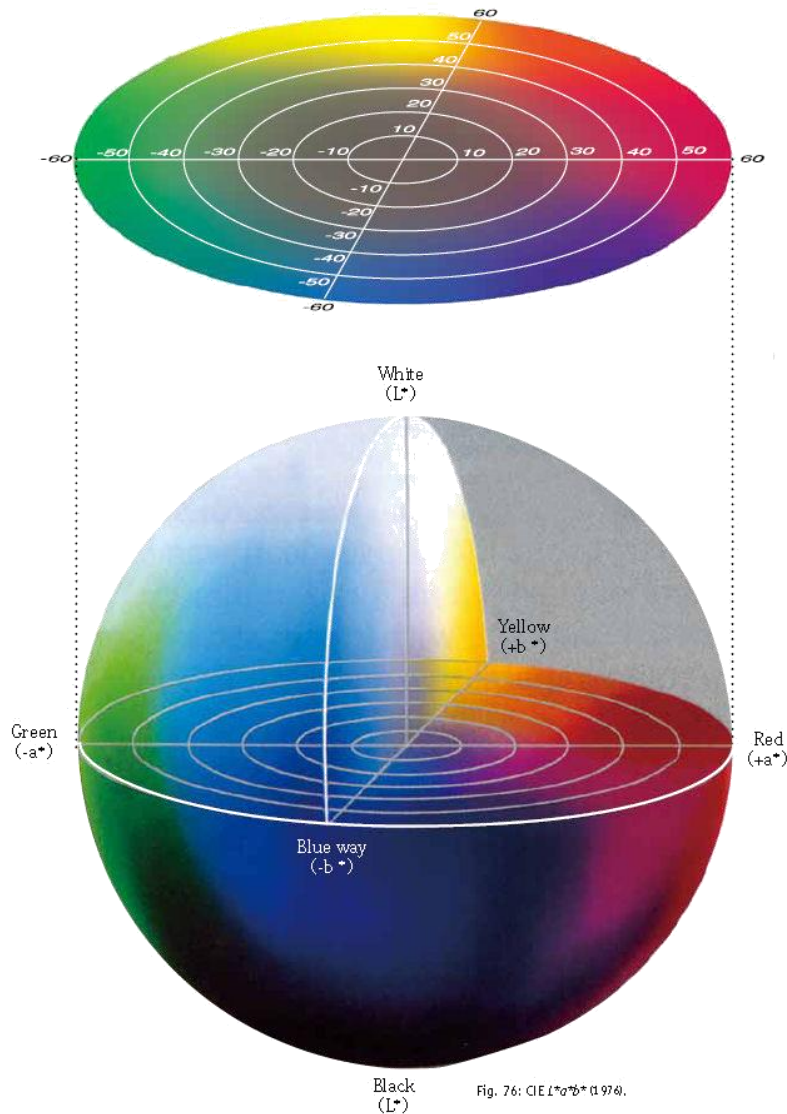
Príklady farebných teplôt rôznych svetelných zdrojov (napr. mesiac a zrkadlo nie sú zdroje svetla):

- 1200°K : sviečka
- 2800°K : žiarovka
- 3000°K : štúdiové osvetlenie
- 5000°K : denné svetlo, žiarivka
- 5500°K : fotografické blesky
- 6000°K : jasné poludňajšie svetlo
- 7000°K : mierne zamračená obloha
- 8000°K : oblačno, hmlisto
- 10 000°K: veľmi zamračená obloha

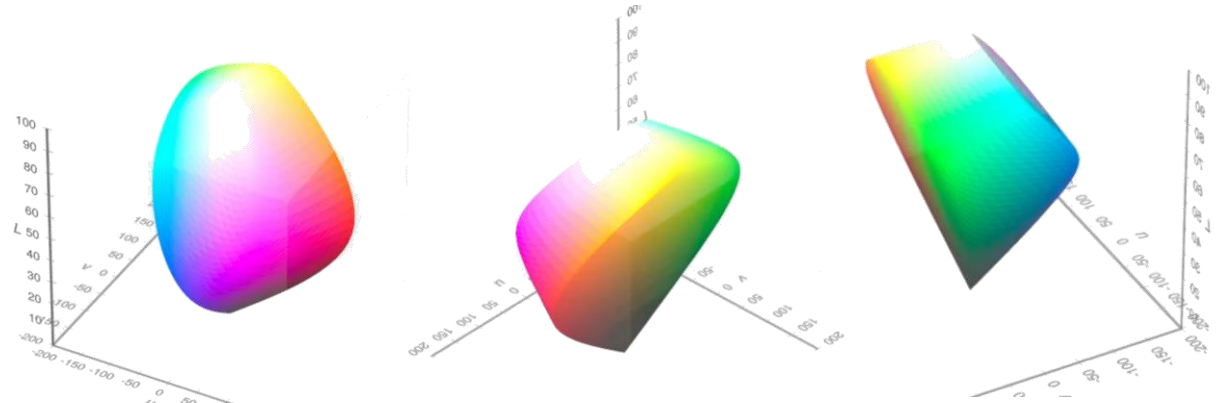
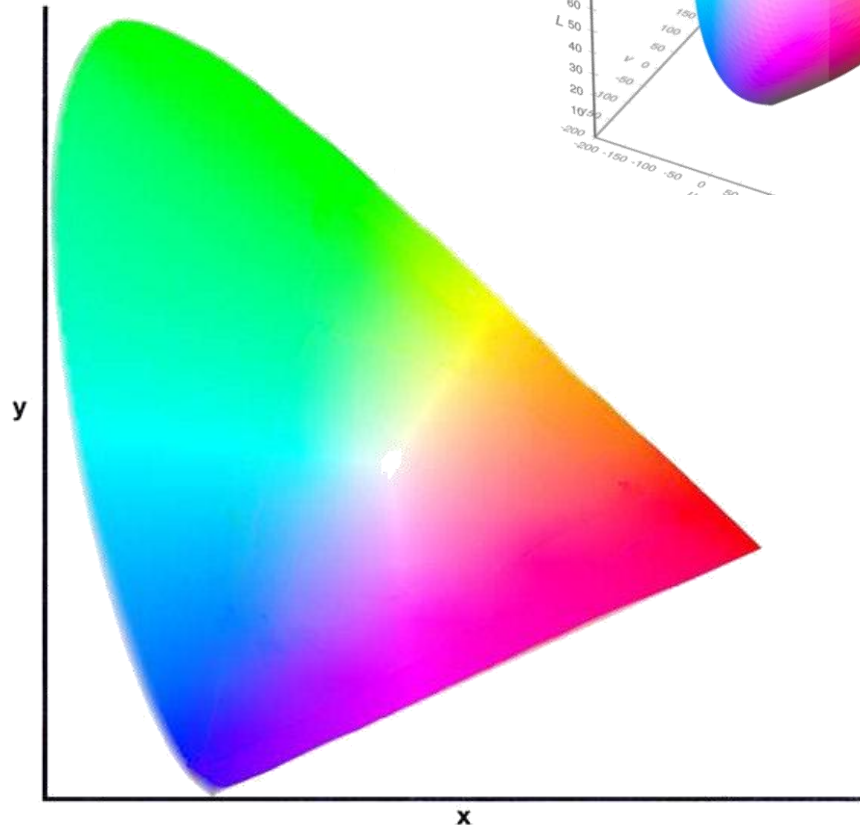
CIE XYZ CHROMATICKÝ DIAGRAM (1964, 1976)

- **CIELAB** – (svetlo absorbované; atramenty, farbivá, pigmenty) reprezentuje popis farebného priestoru založený na subtraktívnom miešani.
 - CIE $L^*a^*b^*$ (L- lightness, a = red-green, b=blue-yellow)
 - **CIELUV** – (svetlo emitované; fosfor, farebné svetelné zdroje) reprezentuje popis farebného priestoru založený na aditívnom miešaní
 - CIE $L^*C^*h^\circ$ (L-lightness, C = chroma (saturácia), h = hue (farebný tón))
- Škála svetlosti (jasnosti) je pre oba modely rovnaká a je založená na tretej odmocnine svietivosti, ktorý dáva lineárna stupnica

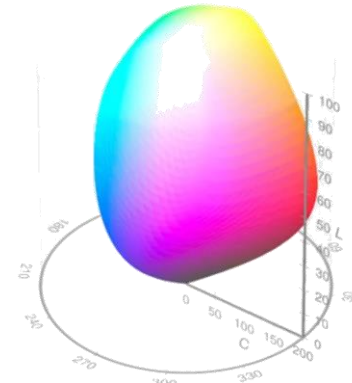
CIELAB CHROMATICKÝ DIAGRAM



CIELUV CHROMATICKÝ DIAGRAM



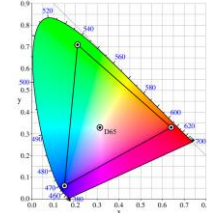
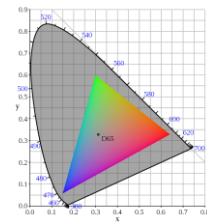
XYZ reprezentácia



Cylindrická (valcovitá) reprezentácia
(CIE LCh)

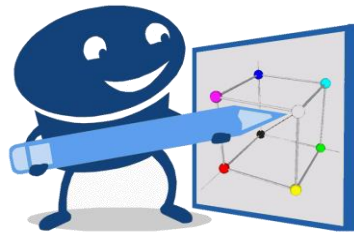
ĎALŠIE FAREBNÉ PRIESTORY

- **sRGB** je štandardný farebný priestor RGB (červená, zelená, modrá), ktorý spoločnosti HP a Microsoft vytvorili v spolupráci v roku 1996 na použitie na monitoroch, tlačiarňach a web-e (zvyčajne je to predpokladaný farebný priestor pre obrázky, ktoré nie sú označené pre iný farebný priestor ani nemajú vložený farebný profil).
- **Adobe RGB (opRGB)** je farebný priestor vyvinutý spoločnosťou Adobe Systems, Inc. (1998). Zahŕňa väčšinu farieb (50 % viditeľných farieb špecifikovaných farebným priestorom CIELAB) dosiahnuteľných na farebných tlačiarňach CMYK, ale použitím primárnych farieb RGB na zariadení, ako je napr. počítačový displej.
- **TSL** (Tint, Saturation and Lightness) je percepčný farebný priestor vyvinutý predovšetkým na účely detekcie tváre, ktorý definuje farbu ako
 - **odtieň** (miera, do akej možno stimul opísať ako podobný alebo odlišný od iných stimulov, ktoré sú opísané ako červená, zelená, modrá, žltá, a biela, možno si predstaviť ako odtieň s pridanou bielou),
 - **sýtosť** (farebnosť stimulu v pomere k jeho vlastnému jas) a
 - **svetlosť** (jas stimulu v porovnaní so stimulom, ktorý sa v podobných podmienkach zobrazenia javí ako biely).
- **NCS** (Systém (priestor) prirodzených farieb) je patentovaný percepčný farebný priestor (model) založený na fenomenológii ľudského vnímania a nie na miešaní farieb (definuje ho farebný atlas) Je založený na troch pároch základných farieb (biela-čierna, zelená-červená a žltá-modrá) a definované farebnou opozíciou. Navrhnutý bol nemeckým fyziológom Ewaldom Heringom a udržiavaný je švédskou nadáciou Color Center Foundation.



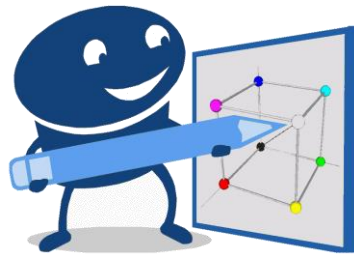
FAREBNÉ MODELY

- sú definované (v rámci farebnej dimenzie):
- množinou základných farieb,
 - spôsobom ich miešania α
 - pravidlami menenia farebných charakteristík



ZÁKLADNÉ FAREBNÉ MODELY

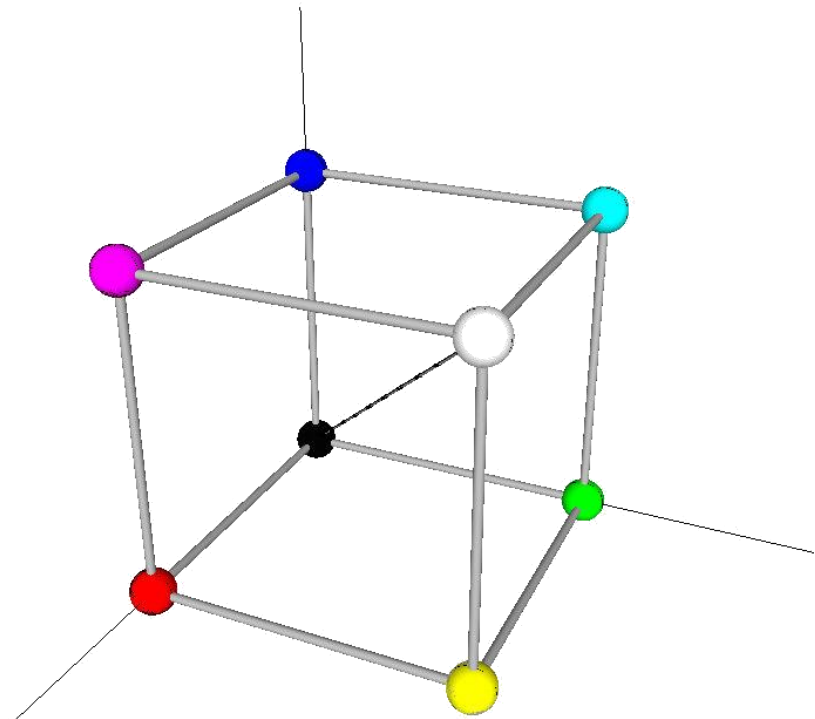
- RGB (RGBA)
- CMY (CMYK)
- HSB (HSV)
- HLS



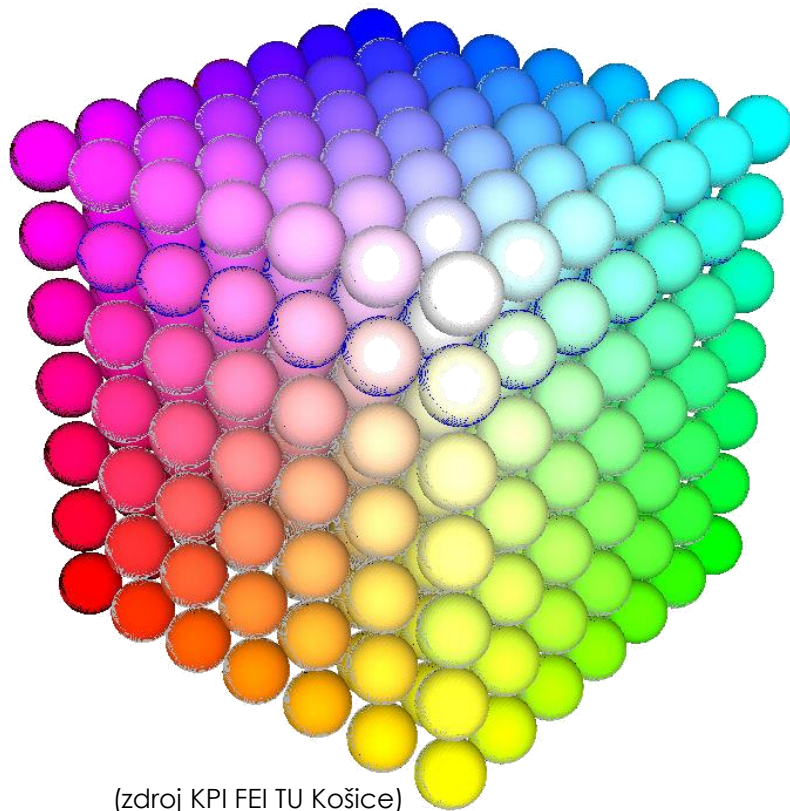
FAREBNÝ MODEL RGB

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

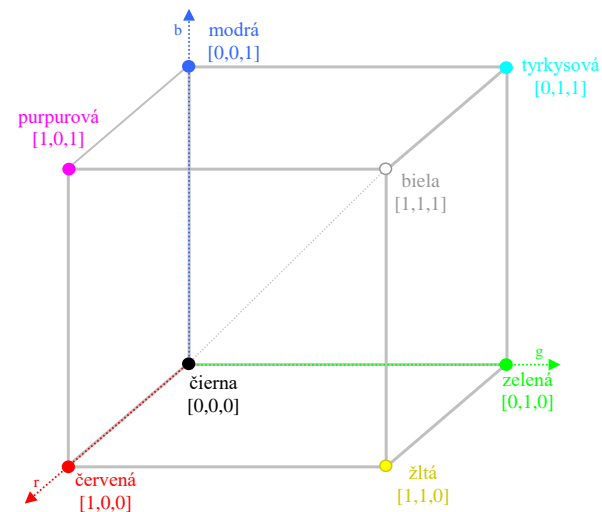
- Miešanie: aditívne
- Zmena zložky: lineárna



FAREBNÝ MODEL RGB



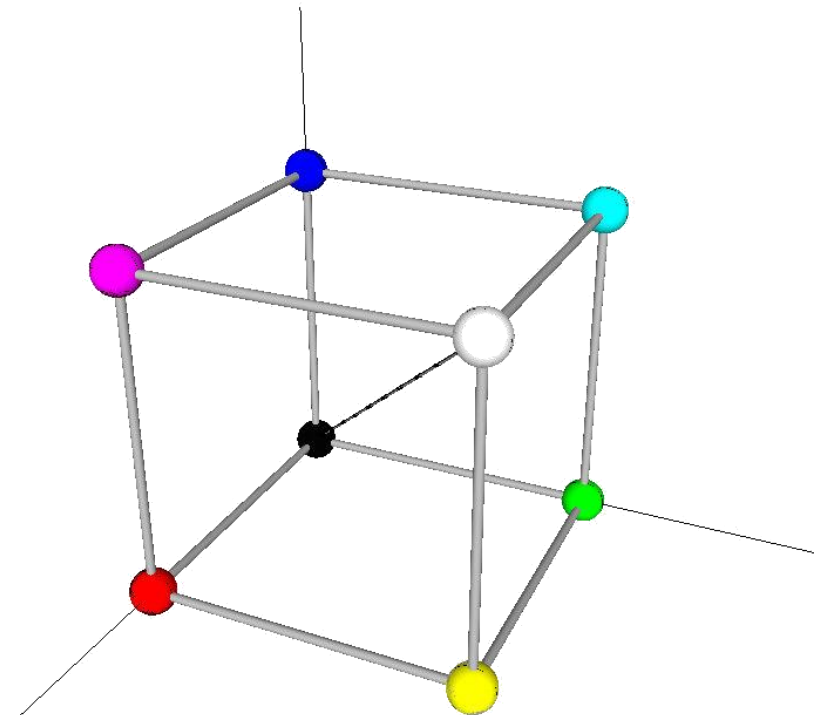
(zdroj KPI FEI TU Košice)



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

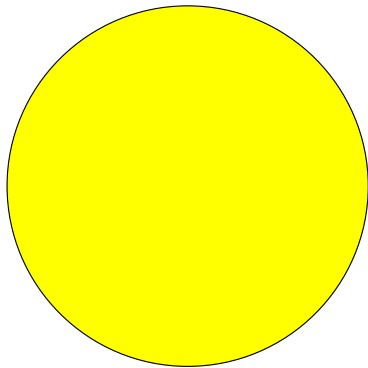
FAREBNÝ MODEL RGBA

- Zložky
 - **R**ed – červená
 - **G**reen – zelená
 - **B**lue – modrá
 - **A**lfa - priesvitnosť
- Miešanie: aditívne
- Zmena zložky: lineárna

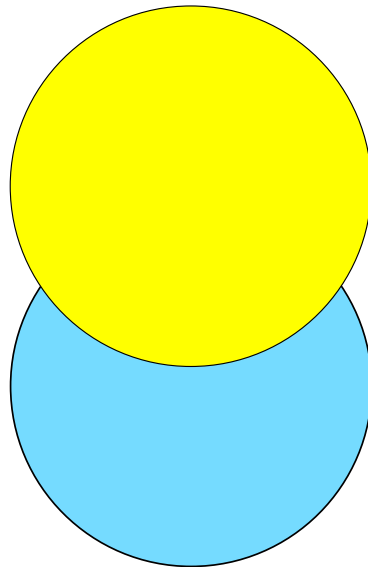


FAREBNÝ MODEL RGBA

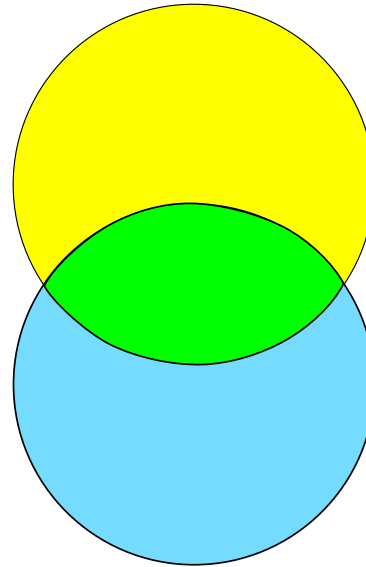
ALFA MIEŠANIE



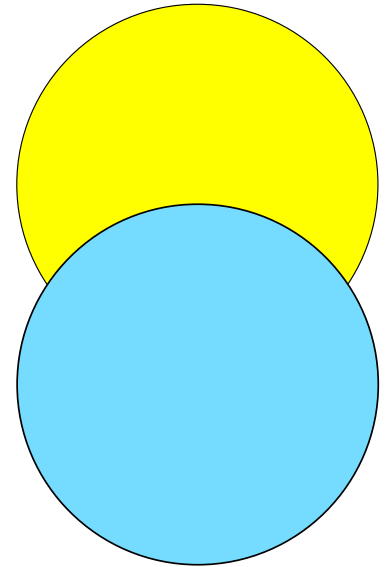
Definovanie 1. objektu



Dodanie 2. objektu
($\alpha=0$)



Dodanie 2. objektu
($\alpha=0,5$)



Dodanie 2. objektu
($\alpha=1$)

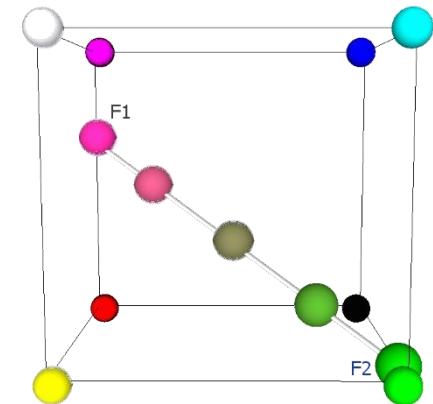
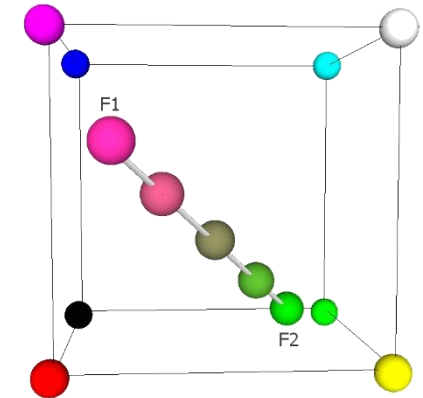
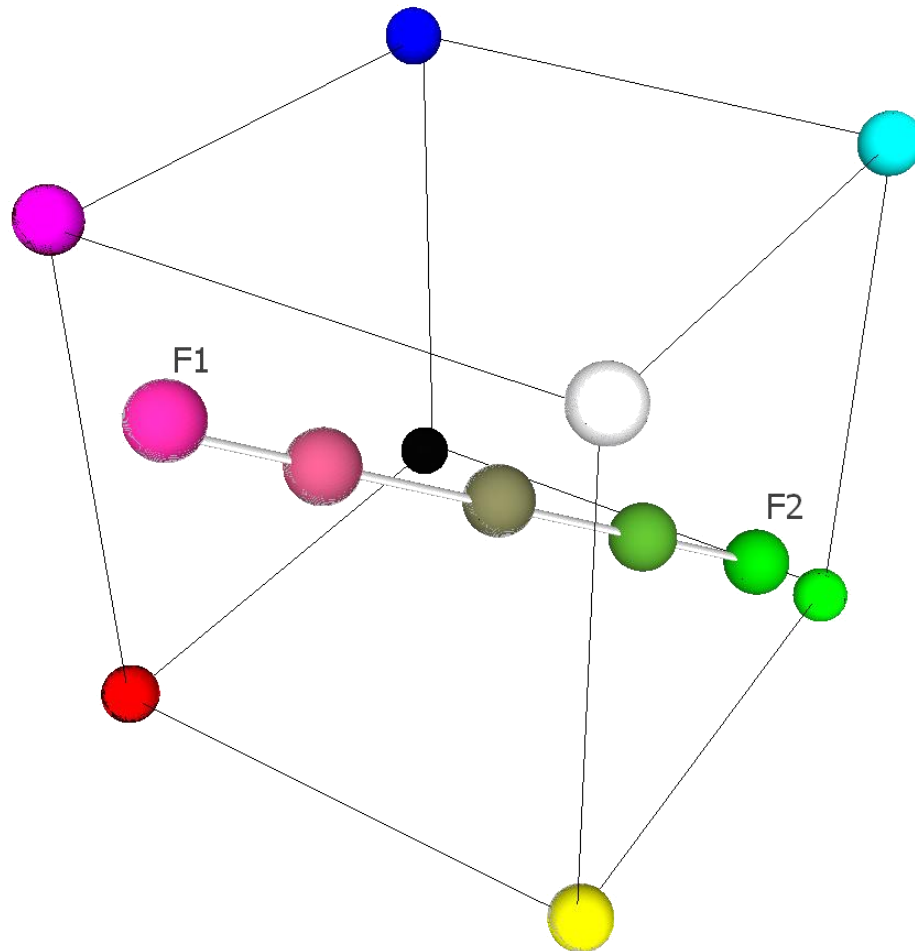
FAREBNÝ MODEL RGBA

ALFA MIEŠANIE - TYPY

- Trajektória prechodu farieb
 - lineárna
 - nelineárna
- Spôsob/rozdelenie prechodu farieb
 - uniformný (pravidelný)
 - neuniformný (nepravidelný)
 - exponenciálny
 - logaritmický
 - ...

FAREBNÝ MODEL RGBA

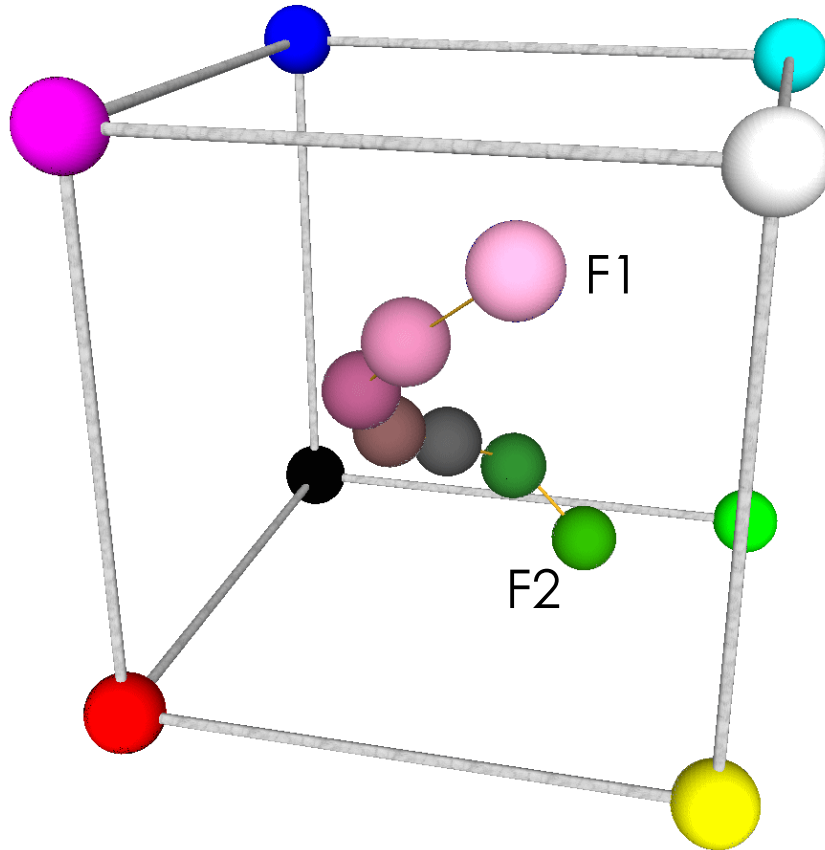
ALFA MIEŠANIE – LINEÁRNE (LINEÁRNA TRAJEKTÓRIA), RGB PRIESTOR



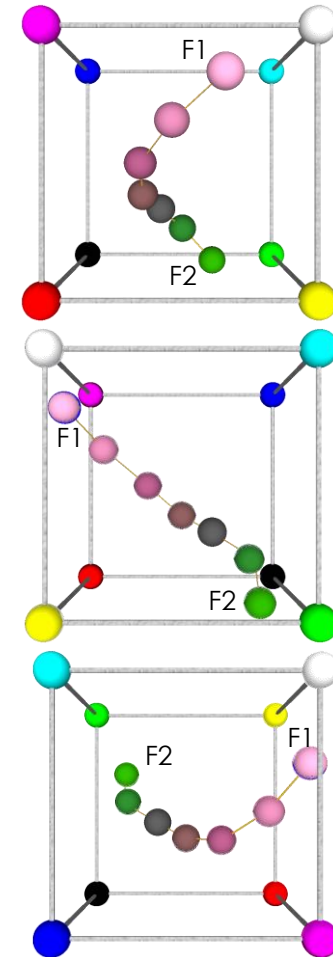
(zdroj KPI FEI TU Košice)

FAREBNÝ MODEL RGBA

ALFA MIEŠANIE - NELINEÁRNE, RGB PRIESTOR



nelineárny (NURBS) prechod (trajektória)
 $F(\text{arba})_1 - F(\text{arba})_2$ pri alfa miešaní, RGB
 priestor

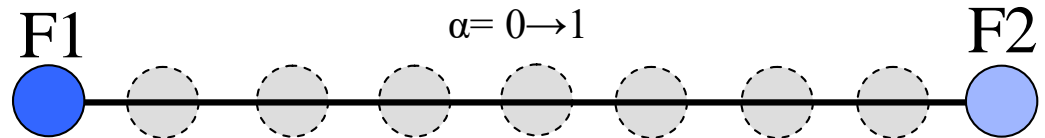


(zdroj KPI FEI TU Košice)

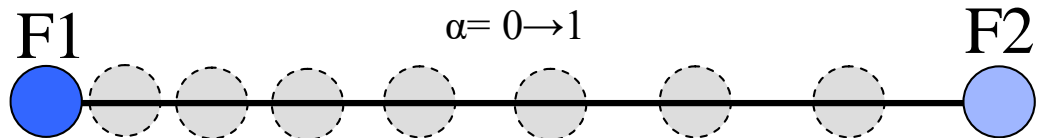
FAREBNÝ MODEL RGBA

ALFA MIEŠANIE – PRÍKLADY SPÔSOBOV PRECHODU FARIEB

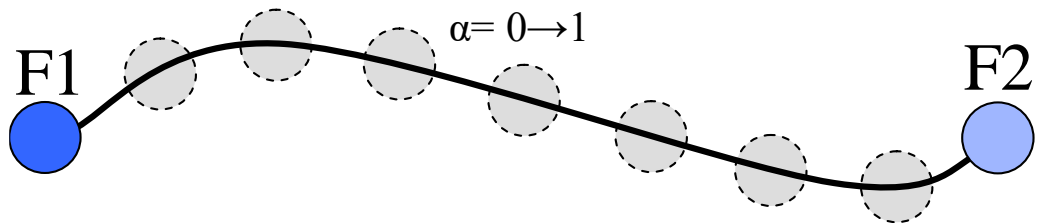
- lineárne, uniformné



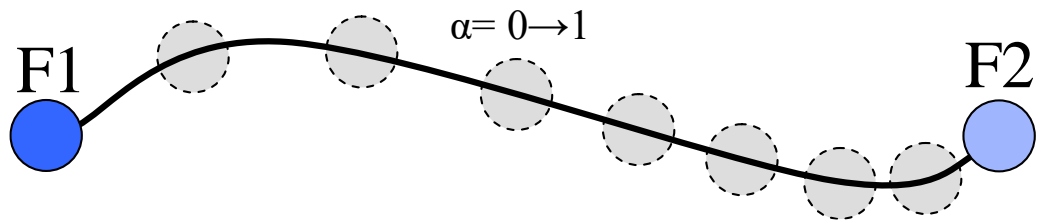
- lineárne, exponenciálne



- nelineárne, uniformné



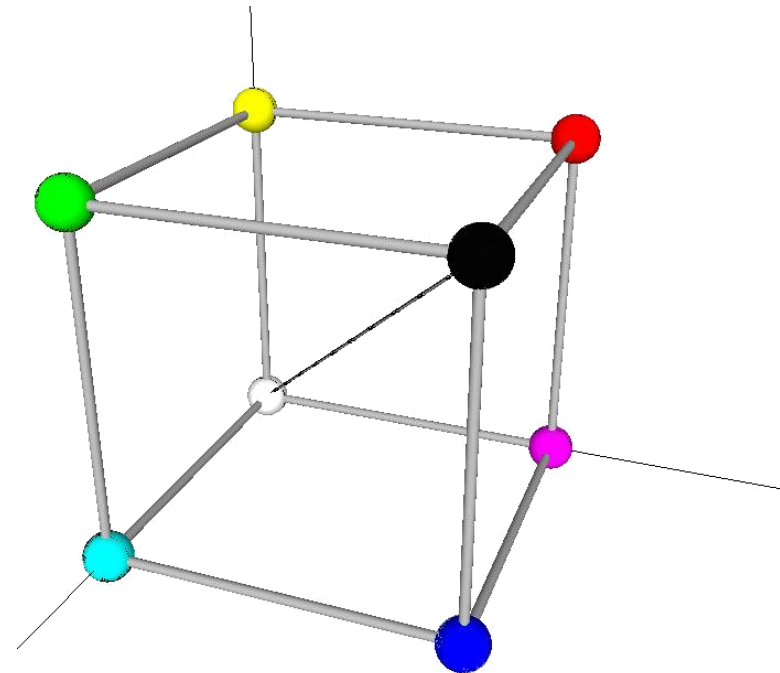
- nelineárne, logaritmické



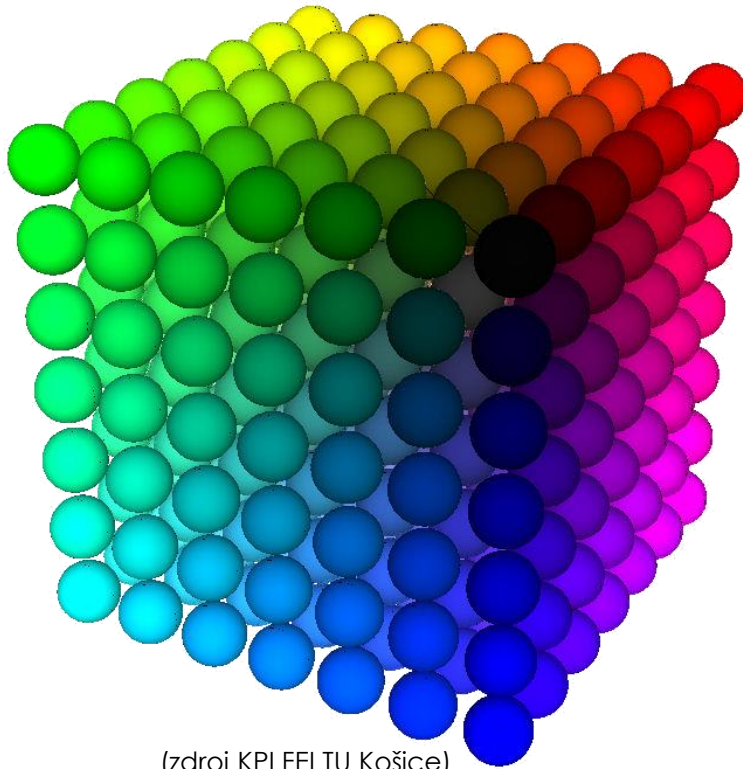
FAREBNÝ MODEL CMY

- Zložky
 - **C**yan – tyrkysová (azúrová)
 - **M**agenta – purpurová (fialová)
 - **Y**ellow – žltá

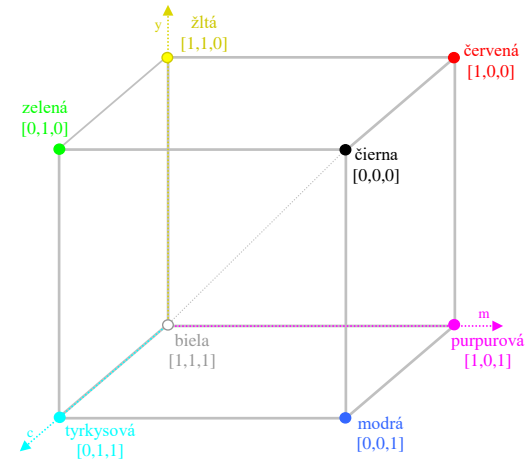
- Miešanie: subtraktívne
- Zmena zložky: lineárna



FAREBNÝ MODEL CMY



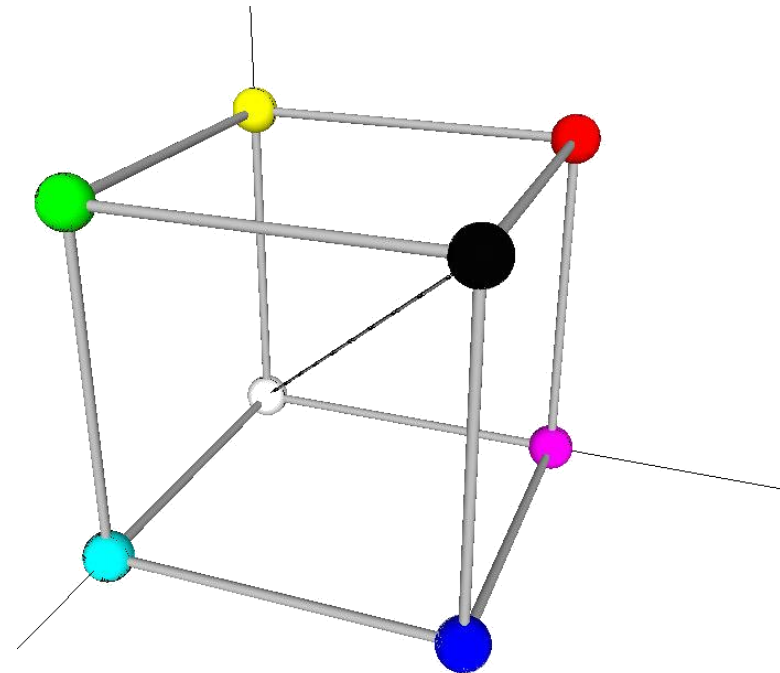
(zdroj KPI FEI TU Košice)



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

FAREBNÝ MODEL CMYK

- Zložky
 - **C**yan – tyrkysová (azúrová)
 - **M**agenta – purpurová (fialová)
 - **Y**ellow – žltá
 - black**K** - čierna
- Miešanie: subtraktívne
- Zmena zložky: lineárna



PREVOD RGB \leftrightarrow CMY

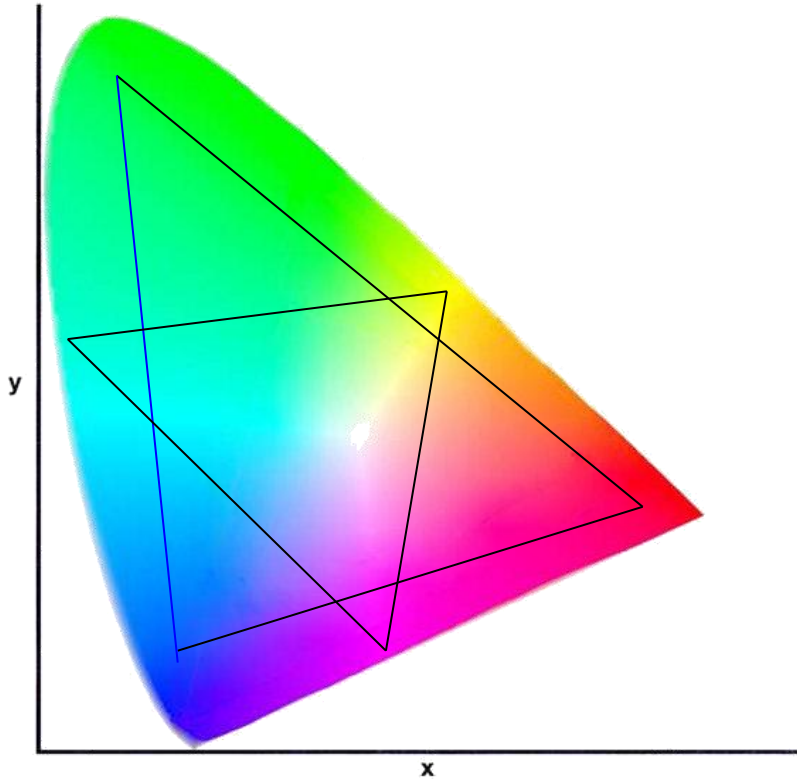
RGB \rightarrow CMY

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

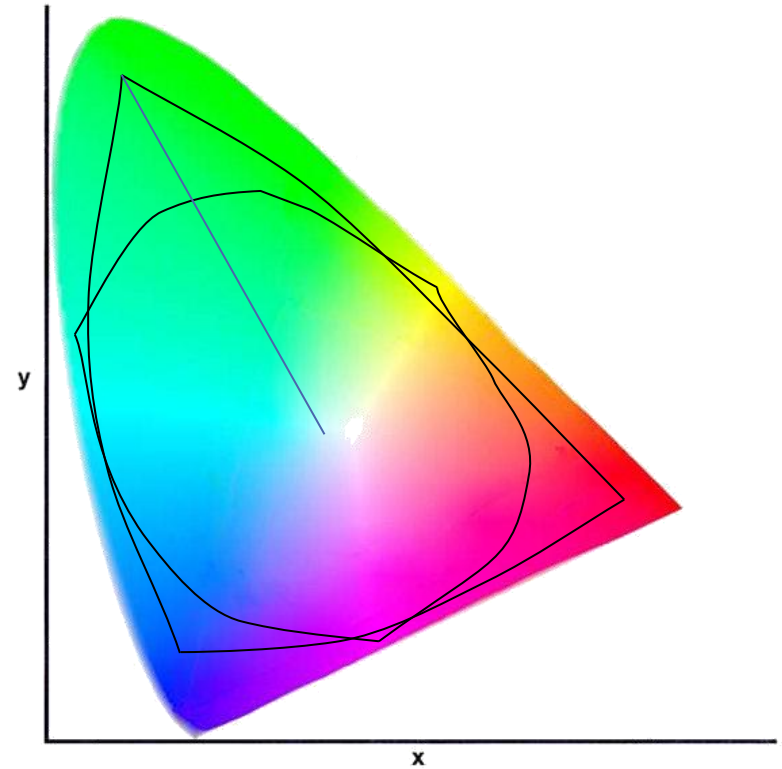
CMY \rightarrow RGB

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

POROVNANIE RGB A CMY FAREBNÉHO PRIESTORU



linearizované

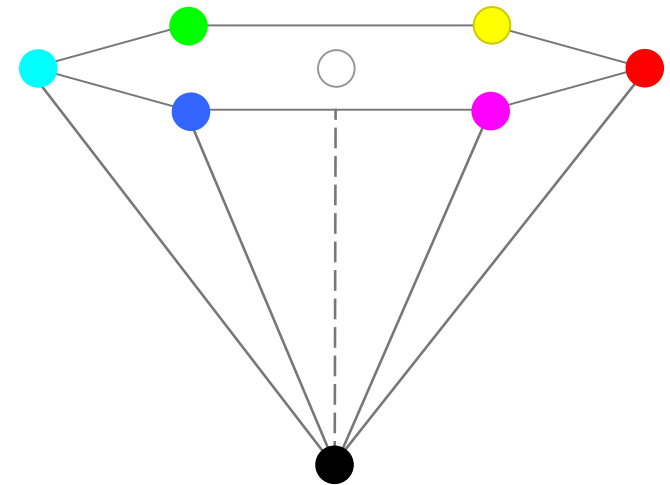


nelinearizované

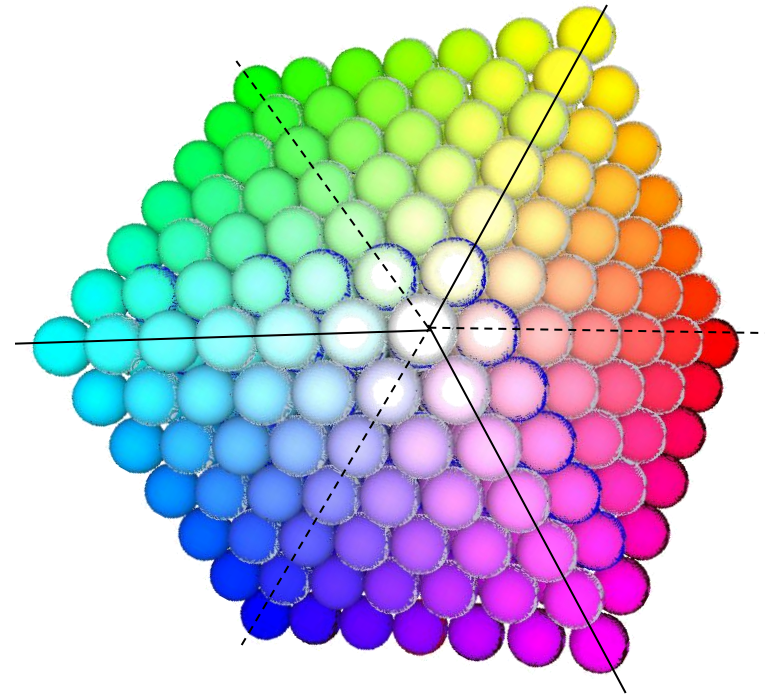
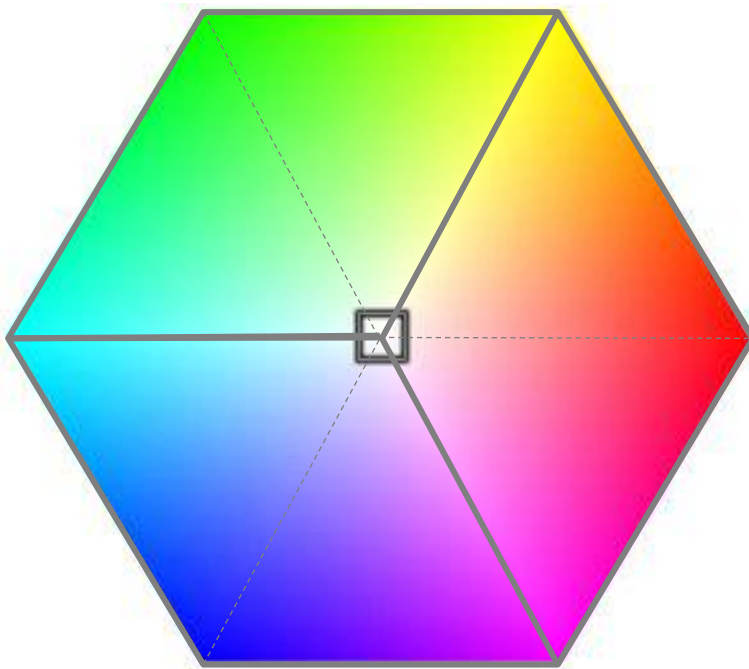
FAREBNÝ MODEL HSB (HSV)

- Zložky
 - **H**ue – farebný tón
 - **S**aturation – saturácia
 - **B**rightness – jas (value)

- Miešanie: aditívne
- Zmena zložky: uhlová a lineárna

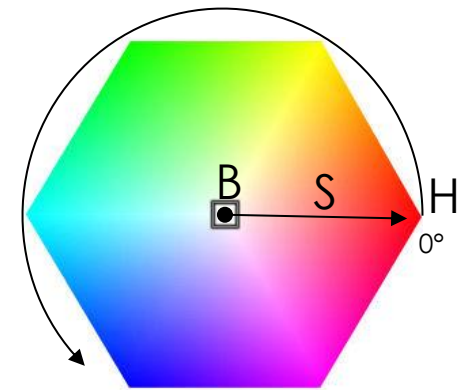
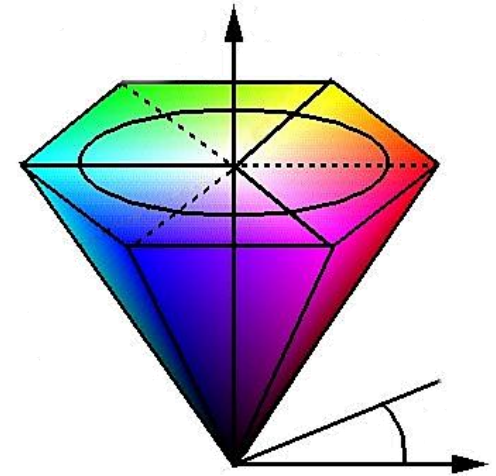
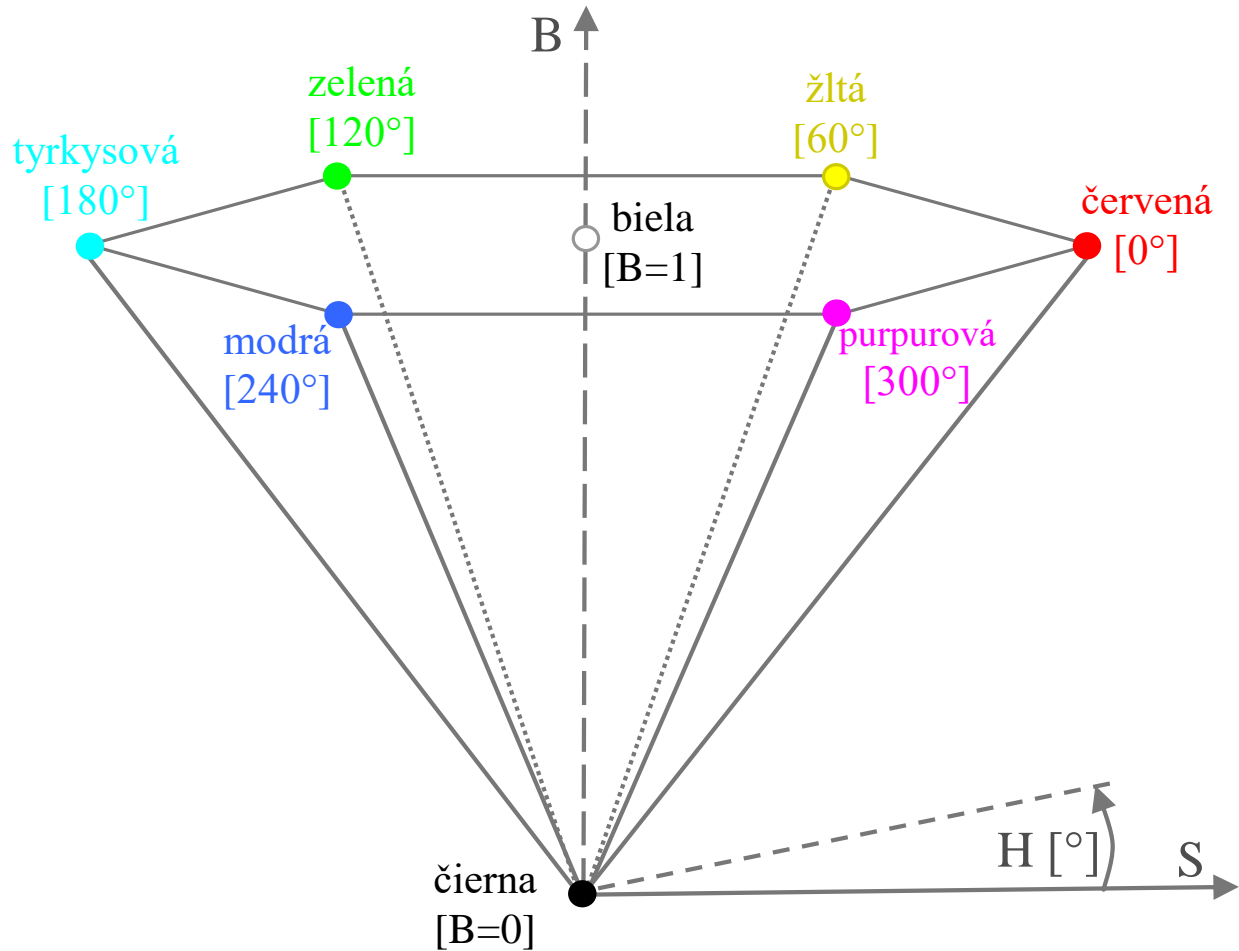


FAREBNÝ MODEL HSB (HSV)



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

FAREBNÝ MODEL HSB (HSV)



PREVOD RGB \leftrightarrow HSB (HSV)

RGB \rightarrow HSB (HSV)

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

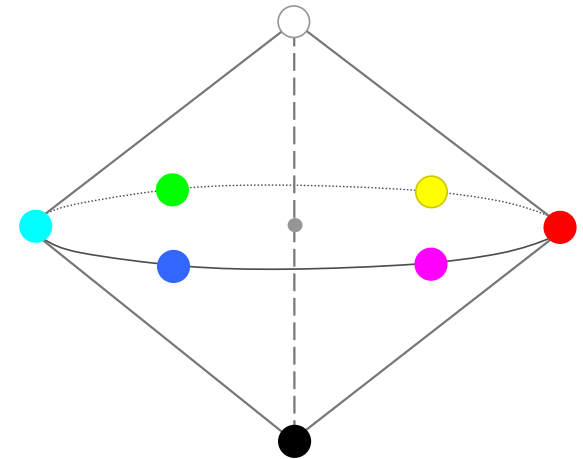
HSB (HSV) \rightarrow RGB

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 $i == 5$ $R = V$, $G = p$, $B = q$

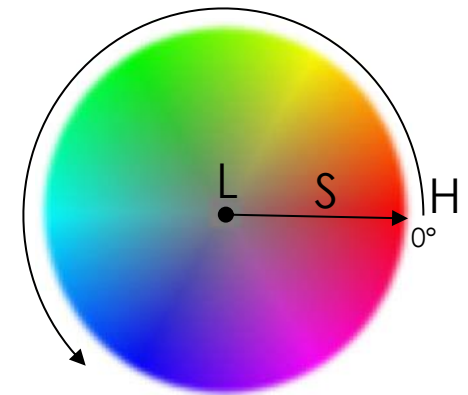
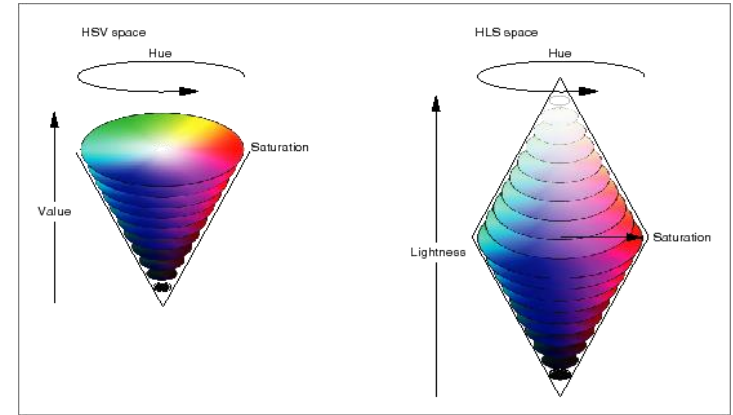
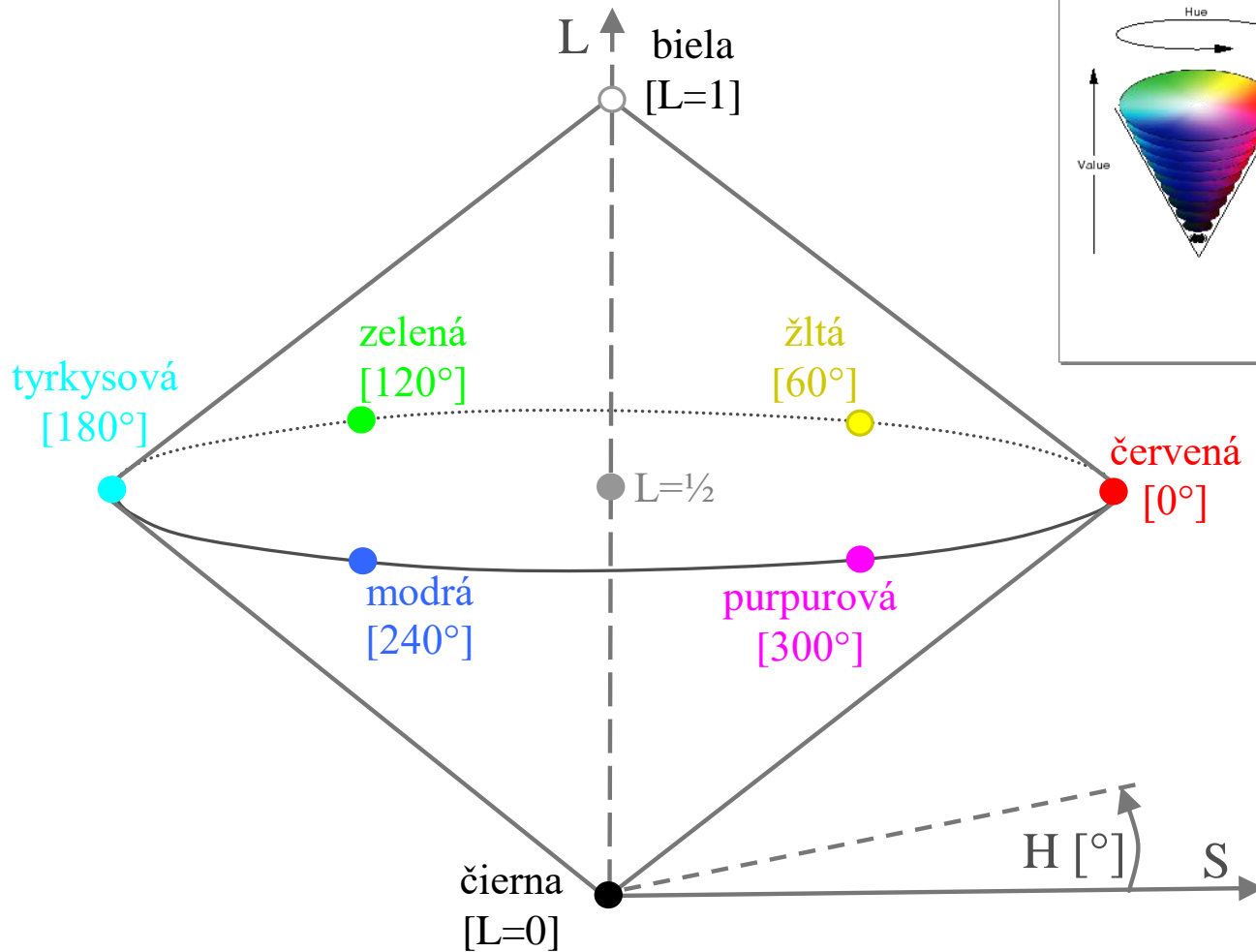
FAREBNÝ MODEL HLS

- Zložky
 - **H**ue – farebný tón
 - **L**ightness – svetlosť
 - **S**aturation – saturácia

- Miešanie: aditívne
- Zmena zložky: uhlová a lineárna



FAREBNÝ MODEL HLS



PREVOD RGB \rightarrow HLS

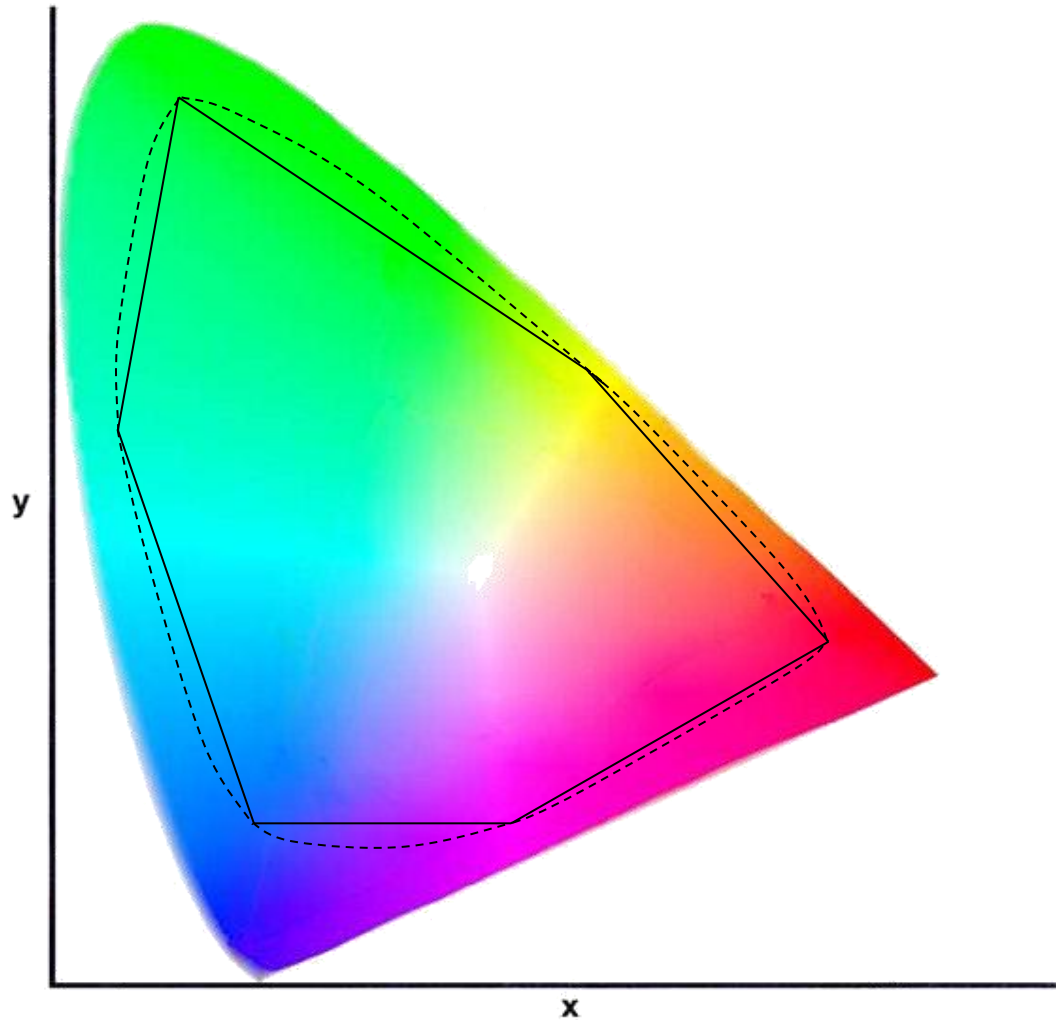
1. $\text{minim} = \min(R, G, B)$
2. $\text{maxim} = \max(R, G, B)$
3. $L = (\text{minim} + \text{maxim}) / 2$
4. ak $L == 1$, $H = 0$, $S = 0$, koniec //biela farba
5. ak $\text{minim} == \text{maxim}$, $S = 0$, $H = 0$, koniec //odtiene šedej
6. inak $S = (1 - \text{minim}) / (1 - L) - 1$
7. ak $L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

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

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

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

FAREBNÝ PRIESTOR HSB, HLS



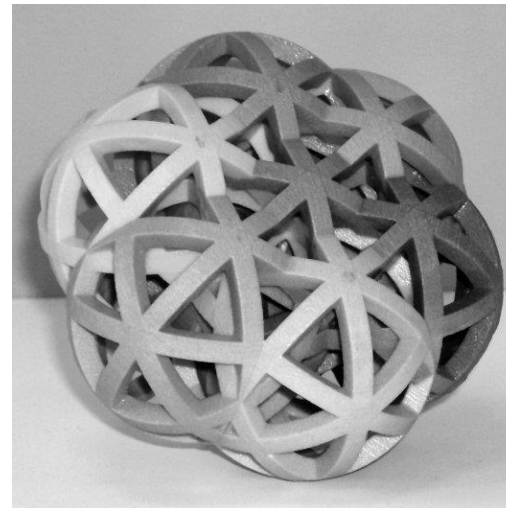
PREVOD RGB DO ODTIEŇOV ŠEDEJ

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

I - je výsledná intenzita (úroveň šedej)

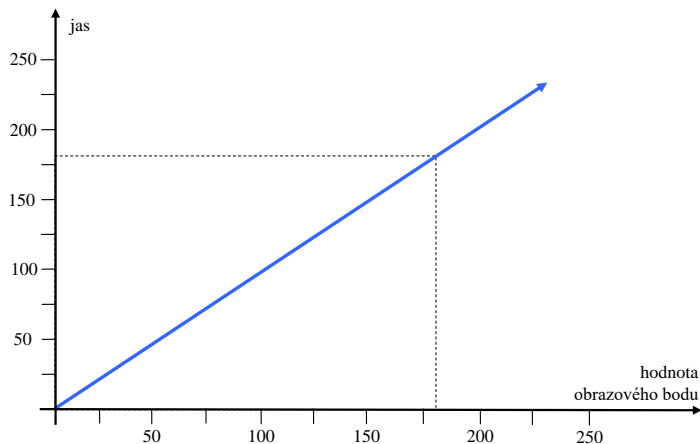
R, G, B - sú základné farebné zložky pôvodnej farby

(zdroj LIRKIS KPI FEI TU Košice)

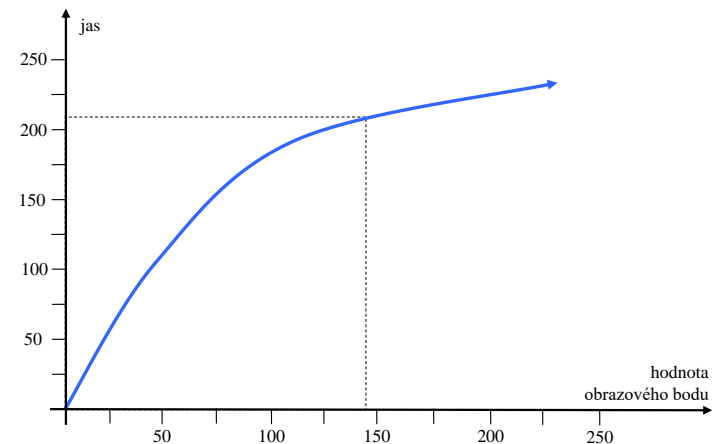


GAMA KOREKCIA

Koeficient *gama*, definuje vzťah medzi číselnou hodnotou obrazového bodu a jeho skutočnou svietivosťou. *Gama korekcia* sa aplikuje preto, lebo ľudské oko má vyššiu citlivosť v tieni ($L=0,5$), kým pri jasnom svetle ($L=1$) alebo v tme ($L=0$) je menej citlivé. Naopak technické prostriedky (senzory, snímače, zobrazovače) vnímajú/emituju svetlo spravidla lineárne. *Gama korekcia* tak pomáha vylepšiť techniku expozície/iluminácie, ktorá vzniká rozdielom medzi technickým spracovaním farieb a prirodzeným ľudským vnímaním.



Ideálna (technická, lineárna) závislosť hodnoty obrazového bodu a jeho jas



Reálna (ľudská, nelineárna) závislosť hodnoty obrazového bodu a jeho jas

MERANIE FARIEB

SPEKTROMETRE A KOLORIMETRE

- **Spektrometer** meria odrazené alebo prechádzajúce svetlo v mnohých bodoch vizuálneho spektra, výsledkom čoho je krivka. Keďže krivka každej farby je jedinečná ako podpis alebo odtlačok prsta, krivka jednoznačne špecifikuje a tým sa identifikuje zhoda farieb. Je to teda druh vedeckého prístroja, ktorý umožňuje skúmať prvkové (chemické) zloženie látky či objektu na báze merania odrazeného svetla respektíve odrazenej vlnovej dĺžky svetla a jeho absorpcie alebo na základe merania vzniknutého svetla, pričom ku vzniku dochádza umelou excitáciou (plazma, iskra, rtg, ...). Proces sa volá spektrometria. Spektrometre sa často využívajú pre získavanie dát o zložení telies najmä v kozmickom výskume. pri výrobe materiálov, riadenie výroby, kontrolách chemického zloženia, testovaní farieb atramentov, kontrole farby náterov či kontrole farby plastov a textílií .
- **Kolorimeter** nie je spektrometer. Kolorimetre sú tristimulačné (trojfiltrové) zariadenia, ktoré využívajú červené, zelené a modré filtre, ktoré napodobňujú reakciu ľudského oka na svetlo a farbu. Kolorimeter meria absorbanciu určitých vlnových dĺžok svetla špecifickým senzorom alebo aj roztokom. V niektorých aplikáciách kontroly kvality predstavujú tieto nástroje najlepší pomer cena/výkon. Kolorimetre nedokážu kompenzovať metamériu (posun vo vzhľade vzorky v dôsledku svetla (svetelného zdroja) použitého na osvetlenie povrchu). Nedokážu to preto, lebo kolorimetre používajú spravidla jeden typ referenčného svetla (ako je žiarovka alebo pulzný xenón) a nezaznamenávajú spektrálnu odrazivosť média. Spektrometre dokážu kompenzovať tento posun, vďaka čomu sú spektrometre vynikajúcou voľbou pre presné a opakovateľné meranie farieb. Kolorimeter sa používa aj na meranie/kalibráciu monitorov/displejov.



VPLYV FARBY NA VNÍMANIE VIRTUÁLNEHO SVETA

SYSTÉM ZMIEŠANEJ REALITY LIRKIS

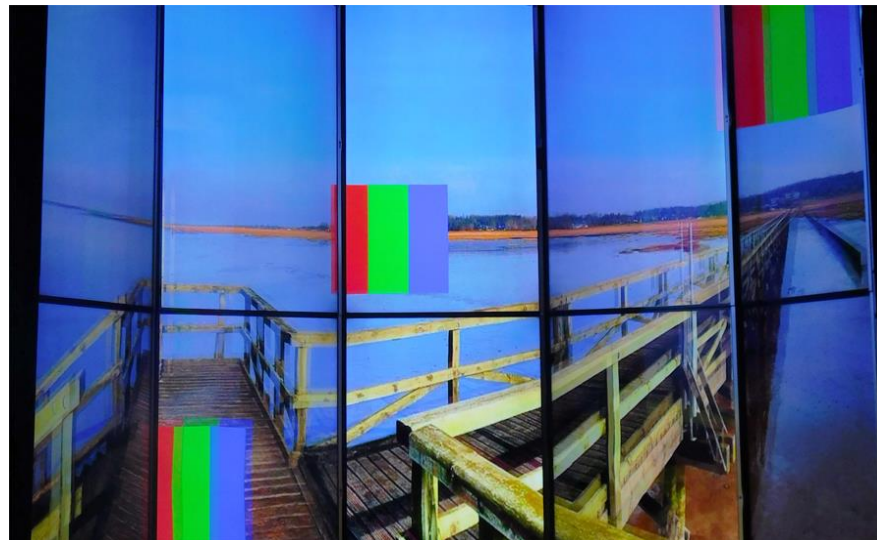


(zdroj LIRKIS KPI FEI TU Košice)



TRÉNING A POSILNENIE FAREBNÉHO VIDENIA V SYSTÉME VIRTUÁLNEJ JASKYNE LIRKIS CAVE

Virtuálna scéna je viac škálovaná v odtieňoch základných farieb (R, G, B) a umožňuje pri tréningovom procese vymeniť jednotlivé farby. Najbežnejšou metódou pri virtuálnom tréningu je zmena farby predmetov na výrazné farby, ktoré pôsobia na pozornosť a podporujú aktiváciu príslušných častí ľudského mozgu. Použiteľné je aj prostredie so skutočným vnímaním a farebnými značkami v rôznych častiach scény



(zdroj LIRKIS KPI FEI TU Košice)

Q & A

branislav.sobota@tuke.sk

Katedra počítačov a informatiky, FEI TU v Košiciach

© 2024