

O BARVĚ

Jan Ponec

Olomouc, listopad 2005

OBSAH

- 1) Co je to barva**
- 2) Oko jako fotodetektor**
- 3) Barevné vidění**
- 4) Popis barvy – kvalitativní ukazatele**
- 5) Měření barev- kvantitativní ukazatele**
- 6) Zobrazení barev – barevné modely**
- 7) Skládání barev**

1) CO JE TO BARVA

Barva je **smyslový vjem** (**zrakový počitek**), nerozlučně spojený se světlem, vzbuzený dopadem světelného záření na sítnici oka.

Barva rovněž charakterizuje **kvalitu světla**.

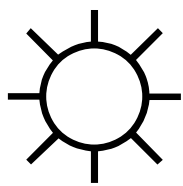
V popisu barvy hovoříme tedy v pojmech ze tří oblastí:

- **oblast fyzikální** (světelný podnět, jeho spektrální složení, intenzita záření, ...)
- **oblast psychofyzikální** (chromatičnost, kolorita, ...)
- **oblast psychosenzorická** (vlastní pojem barva, její vnímání, závislost na stavu recepčních orgánů, podmínkách pozorování, psychickém stavu pozorovatele, ...)

Chromaticita- vyjadřuje barevné vlastnosti prvotních zářičů (světel)

$S(\lambda)$

$F(\lambda)$



Zdroj

Detektor

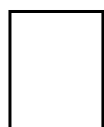
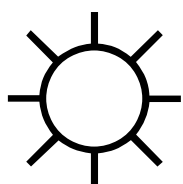
Barevný podnět : $F(\lambda) = S(\lambda)$

Kolorita – vyjadřuje barevné vlastnosti druhotných zářičů (předmětů)

Zdroj

Předmět

Detektor



$S(\lambda)$

$\tau(\lambda) ; \rho(\lambda)$

$F(\lambda)$

Barevný podnět : $F(\lambda) = S(\lambda) \cdot \tau(\lambda)$

resp. $F(\lambda) = S(\lambda) \cdot \rho(\lambda)$

2. OKO JAKO FOTODETEKTOR

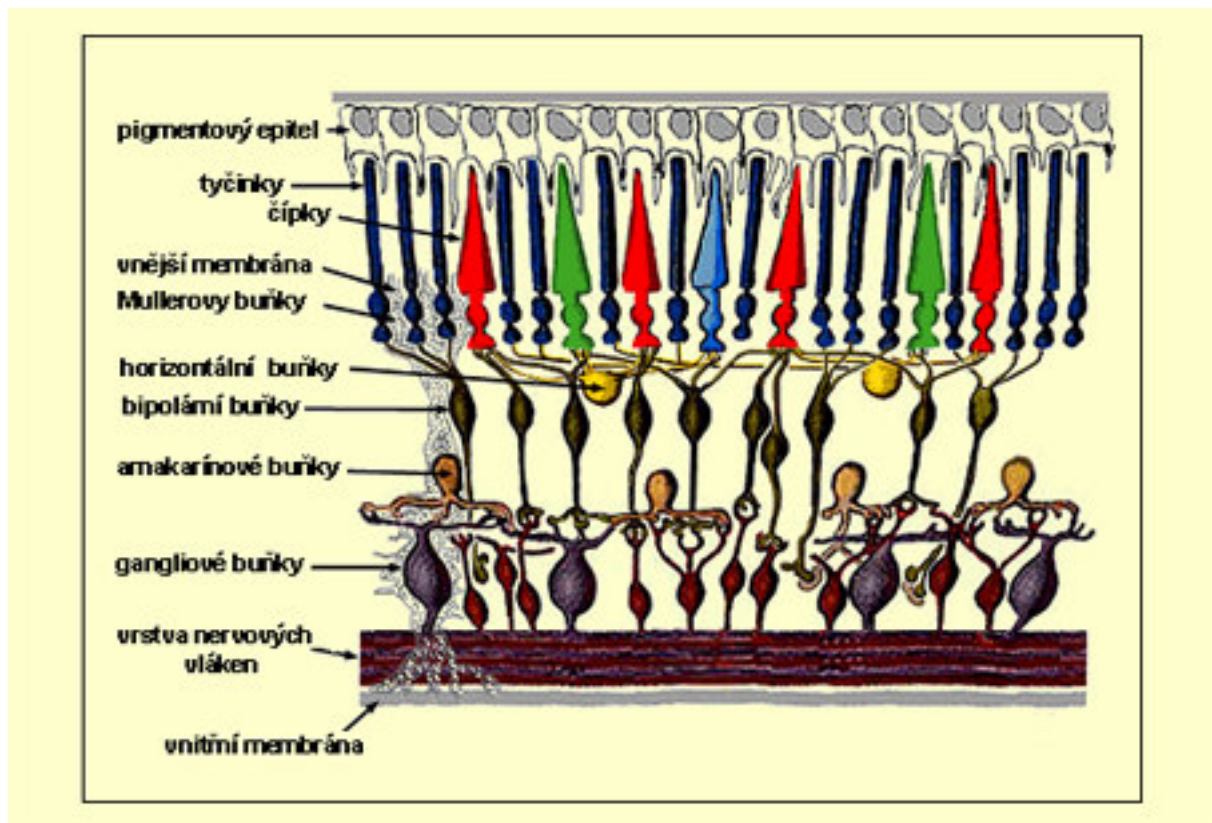
Vidění je fotochemická reakce způsobená dopadem fotonů na sítnici oka a přechod na elektrický signál (chemickoelektrická reakce) vedoucí vzruchy do mozkového centra vidění.

Oko reaguje na jistou část elektromagnetického záření o rozsahu vlnových délek asi 360 – 780 nm, kterou nazýváme **světlo**.

Rozsah vnímaných jasů je asi $1 : 10^6$

Fotocitlivou vrstvou oka je **sítnice**.

Fotocitlivé receptory jsou **tyčinky** a **čípky**.



Průřez sítnicí

Vidění :

denní – fotopické : čípky

barevné vidění při jasech > 5 nt

účinná látka jodopsyn a 3 druhy pigmentů

počet asi 5 – 7 milionů

velikost asi 5 μm

rozložení: maximum ve žluté skvrně
(úhlově asi 1,5°)
a okolí (asi do 40°)

za šera (noční) - skotopické : tyčinky

nebarevné vidění při jasech < 0,01 nt

účinná látka rhodopsyn

počet asi 120 milionů

rozložení : na periferii sítnice



**přechodové – mezopické : tyčinky i
čípky**

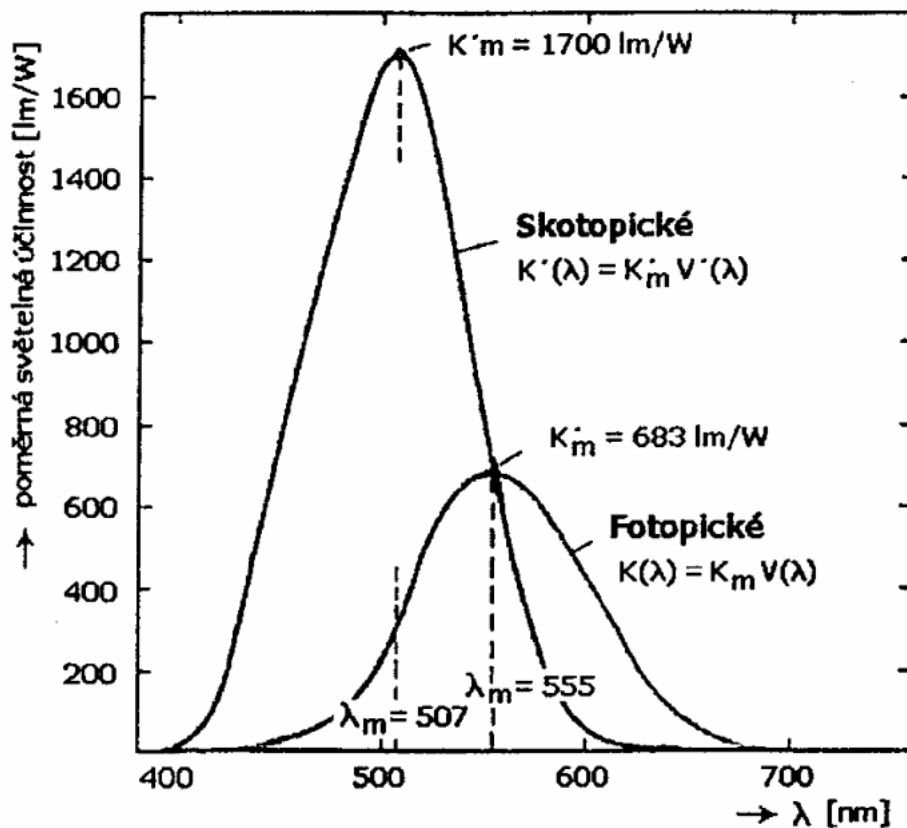
Graf horizontální hustoty čípků a tyčinek



**Spektrální citlivost čípků je maximální
pro světlo o vlnové délce **555 nm**.**

**Spektrální citlivost tyčinek je maximální
pro světlo o vlnové délce **507 nm**.**

**Poměrná světelná účinnost čípků $V(\lambda)$
a tyčinek $V'(\lambda)$:**



3. BAREVNÉ VIDĚNÍ

Rozeznáváme tři druhy čípků dle účinného pigmentu:

Čípky:

ρ resp. **L** (**Long**), pigment erythrolabe

citlivost k červené barvě (max 564 nm)

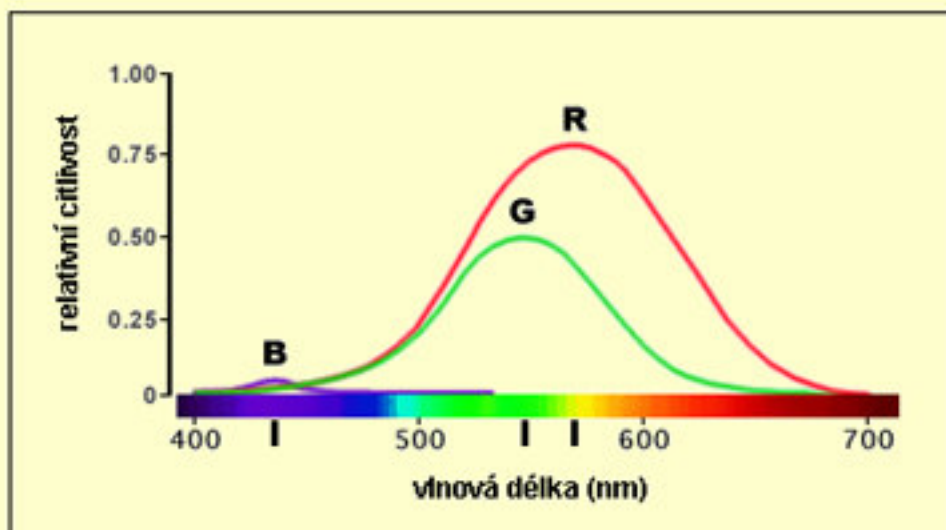
γ resp. **M** (**Medium**), pigment chlorolabe

citlivost k zelené barvě (max 533 nm)

β resp. **S** (**Short**), pigment cyanolabe

citlivost k modré barvě (max 437 nm)

Spektrální citlivost čípků:



Dvě teorie barevného vidění:

A) **Trichromatická teorie**

(Young, Helmholtz, Maxwell, asi 1807)

Tři druhy čípků citlivých k červené, zelené a modré barvě a poměr signálů těchto jednotlivých fotosenzorů určuje barevný vjem.

B) **Teorie opozičních barev** (Hering)

Signály ze tří různých skupin čípků nejsou přímo vedeny do mozku, ale jsou předem zpracovány v neuronech do opozičních signálů. Vychází se ze skutečnosti, že neexistují červenozelené, nebo modrožluté tóny barev.

Červenozelený signál: $L - M + S$

Modrožlutý signál: $L + M - S$

Achromatický (jasový) signál: $L + M + S$

4. POPIS BARVY

- kvalitativní ukazatele barvy

Tón barvy (Hue)

je to, čím se jednotlivé barvy od sebe liší a co popisujeme pojmy jako červená, modrá, zelená, žlutá, bílá, černá,

Fyzikálním vzorníkem barev je **spektrum**, vzniklé rozkladem bílého světla.

(Ve spektru chybí barvy purpurové, tvořící přechod od barvy fialové po barvu červenou).

Rozlišujeme barvy: - **pestré, chromatické**
(červená, zelená , ... jejich směsy a odstíny)

- **nepestré, achromatické**
(šedé, krajní meze jsou bílá a černá)

Nalezneme-li v přírodě barvy, které se jeví shodné, ale mají jiné spektrální složení, hovoříme o barvách **metamerických**.

Jas (**Brightness**)

určuje množství světelné energie do oka či jiného detektoru vstupující.

Sytost barvy (**Saturation, Colourfulness**)

udává množství (podíl) bílé barvy v základní barvě.



Označování barev:

| | |
|----------------------|---------------------------------|
| R - červená | Red |
| G - zelená | Green |
| B - modrá | Blue |
| C - azurová | Cyan |
| M - purpurová | Magenta |
| Y - žlutá | Yellow |
| K - černá | black , resp. Key |
| W - bílá | White |

5. MĚŘENÍ BAREV

- kvantitativní ukazatele barev

Lidské oko údajně rozezná asi 2000 – 20 000 barevných odstínů. Pro toto množství nemáme příslušné pojmenování. Aby bylo možno konkrétní barvu přesně definovat, bylo nutno domluvit nějakou barevnou metriku.

První standardizace: rok 1931 CIE
(Commission Internationale de l'Éclairage)

a dále pak v létech 1960, 1964, 1976 ...

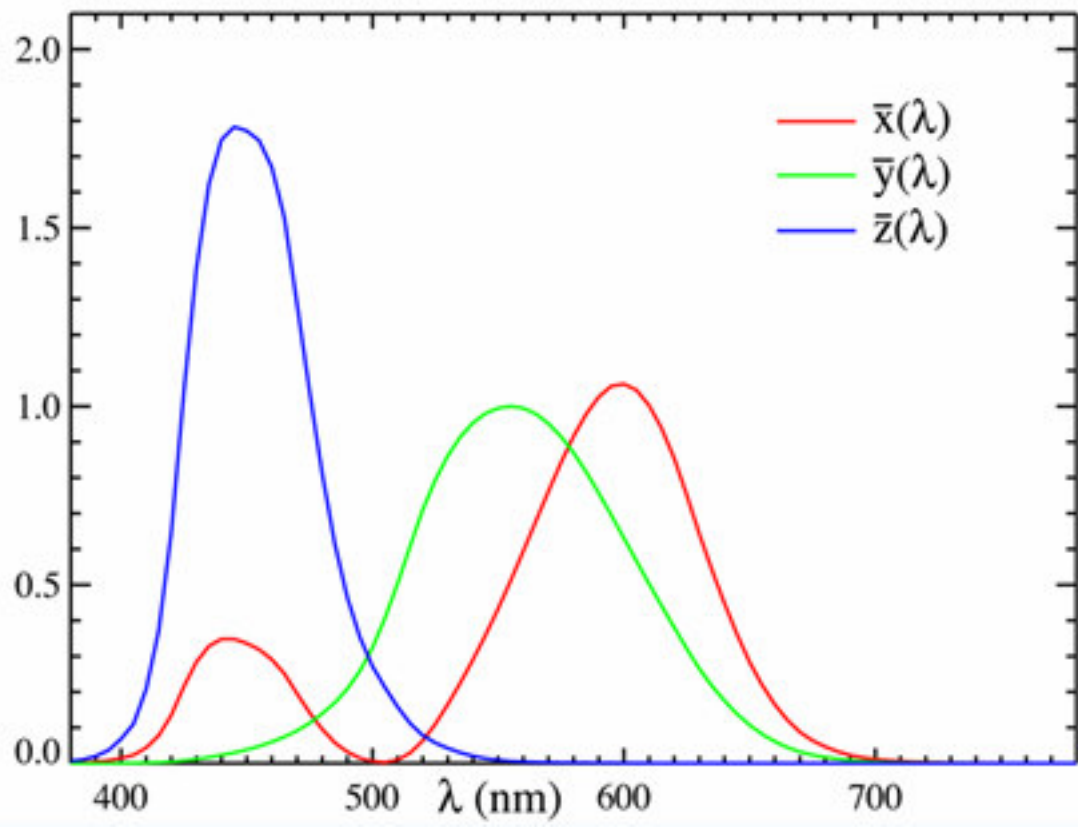
Kolorimetrická měrná soustava

Ke kvantitativnímu vyjádření chromatičnosti a kolority se zavedla **trichromatická soustava**.

Základem pro kvantitativní vyjádření barvy je definice **Standardního kolorimetrického pozorovatele CIE 1931**

skládající se ze tří funkcí, tzv. **trichromatických členitelů** $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ a $\bar{z}(\lambda)$, pro zorný úhel pozorování do 4° .

V roce 1964 rozšířeno pro zorný úhel pozorování 10° o **doplňkového pozorovatele členiteli** $\bar{x}_{10}(\lambda)$, $\bar{y}_{10}(\lambda)$ a $\bar{z}_{10}(\lambda)$.



V trichromatické soustavě se vychází z předpokladu, že **adičním mísením tří měrných barevných podnětů (základních světél) lze vzbudit vjem kterékoliv barvy.**

Za základ byla zvolena světla o vlnové délce:

700 nm pro červenou barvu

546,1 nm pro zelenou barvu a

435,8 nm pro modrou barvu.

Kolorimetrická množství těchto měrných podnětů jsou měřítkem charakterizujícím danou barvu.

Barvu lze popsat:

- množstvím tří barevných podnětů, tj.:
trichromatickými složkami
- jejich poměrem:
trichromatickými souřadnicemi.

Trichromatické složky

se vypočítají integrací **spektrálního složení barevného podnětu $F(\lambda)$ a trichromatických členitelů** v celém rozsahu viditelného spektra.

Označují se X, Y, Z , resp. X_{10}, Y_{10}, Z_{10} a jsou dány vztahy:

$$X = k \cdot \int F(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot d\lambda ,$$

$$Y = k \cdot \int F(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot d\lambda ,$$

$$Z = k \cdot \int F(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot d\lambda ,$$

resp:

$$X_{10} = k \cdot \int F(\lambda) \cdot \bar{x}_{10}(\lambda) \cdot d\lambda ,$$

$$Y_{10} = k \cdot \int F(\lambda) \cdot \bar{y}_{10}(\lambda) \cdot d\lambda ,$$

$$Z_{10} = k \cdot \int F(\lambda) \cdot \bar{z}_{10}(\lambda) \cdot d\lambda .$$

Grafické prostorové vyjádření, **kolorimetrický prostor XYZ**, je nepraktické a proto se používá rovinný řez tímto prostorem:

- **kolorimetrický trojúhelník xy**,
(**diagram chromatičnosti xy**), používající

Trichromatické souřadnice x,y,z

pro které platí, že:

$$\mathbf{x + y + z = 1} \quad \text{resp:} \quad \mathbf{x_{10} + y_{10} + z_{10} = 1},$$

a které se vypočtou z trichromatických složek:

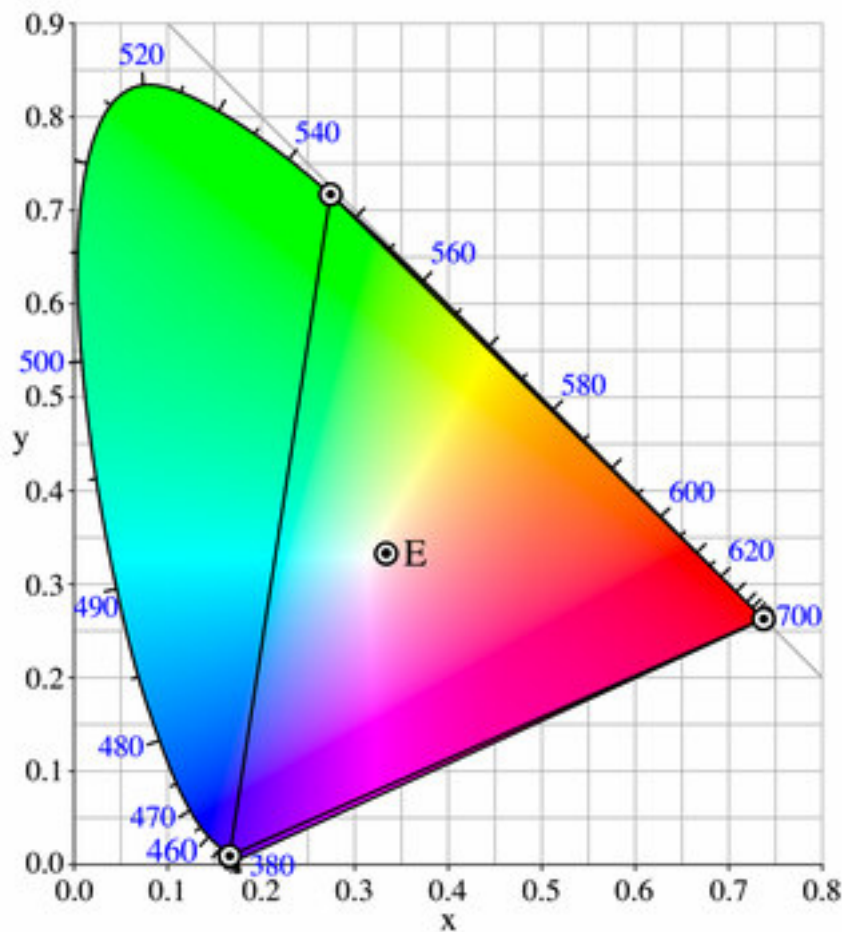
$$\mathbf{x = X / X+Y+Z ,}$$

$$\mathbf{y = Y / X+Y+Z ,}$$

$$\mathbf{z = Z / X+Y+Z ,}$$

resp:

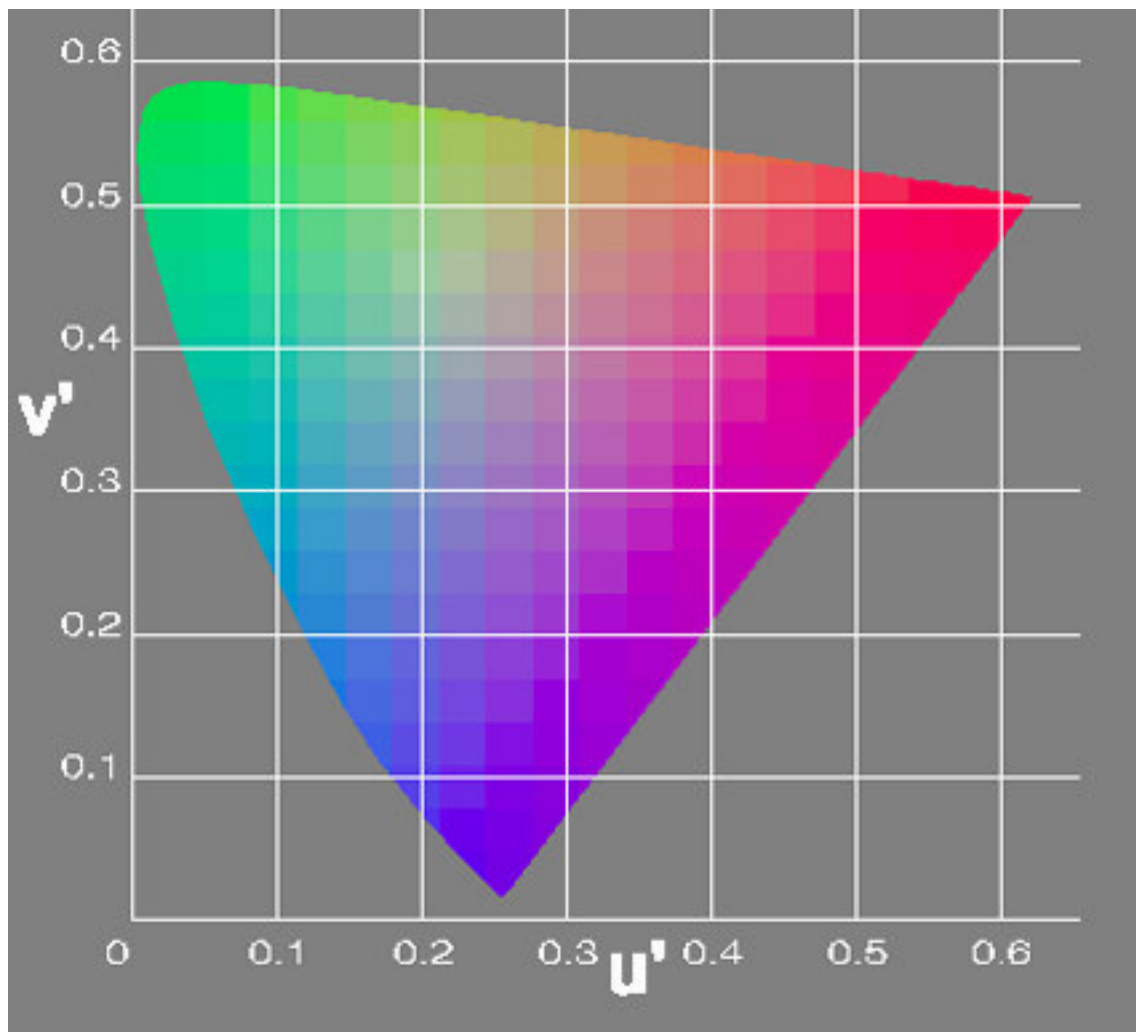
$$\mathbf{x_{10} = X_{10} / X_{10}+Y_{10}+Z_{10} , ...}$$



Chromatický diagram CIE 1931

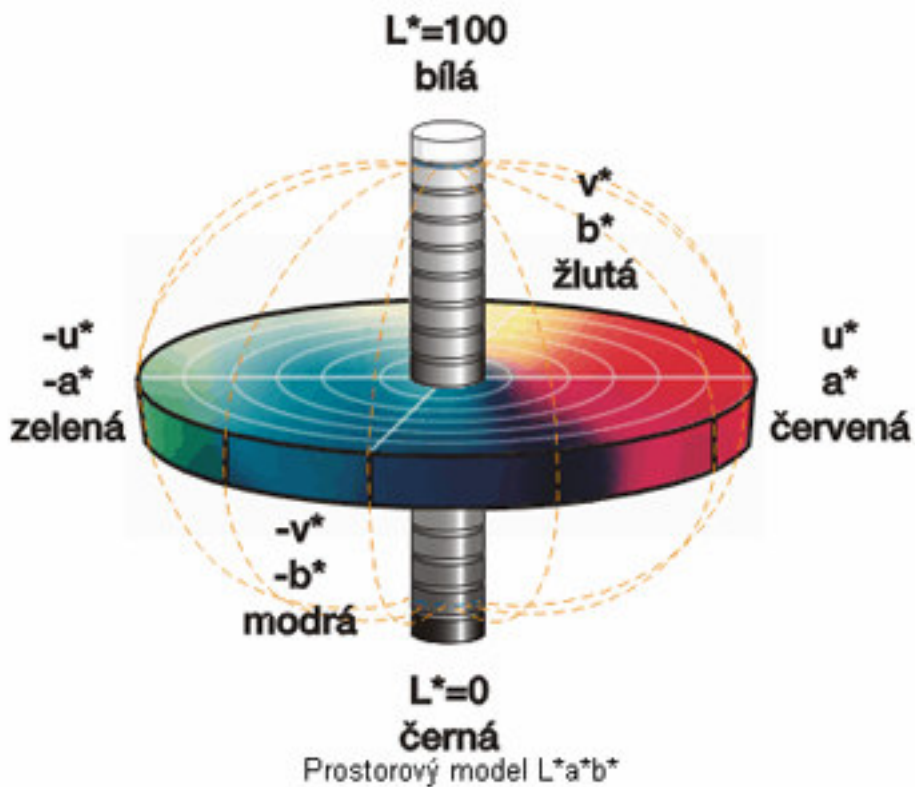
V kolorimetrickém prostoru XYZ i v jeho rovinném řezu, diagramu chromatičnosti xy, neodpovídají stejné lineární vzdálenosti v různých místech prostoru nebo trojúhelníku stejně subjektivně vnímaným rozdílům vjemu barvy (viz MacAdamsovy elipsy).

Rovnoměrná soustava CIE 1976 ($L^*u^*v^*$),
zkráceně **CIELUV**,
(vychází z CIE UVW 1964, resp. CIE-uv 1960)
je v prostoru určena třemi vzájemně kolmými
osami L^* , u^* , v^* , a je definována rovnicemi pro
přepočet z trichromatických složek X, Y, Z.



Chromatický diagram CIE 1976

Druhá, přibližně **rovnoměrná soustava CIE 1976 ($L^*a^*b^*$)**, resp. **CIELAB** je určena rovněž pomocí kolmých souřadnic L^*, a^*, b^* a je definována rovnicemi pro přepočet z trichromatických složek X, Y a Z.



Měřicí metody

číselné údaje určující jednoznačně barvu je možno získat různými metodami, které lze rozdělit do těchto skupin:

- měření spektrofotometrická

spektrální charakteristika prvotních i druhotných zdrojů se měří se měří monochromátorem a následným výpočtem se určují trichromatické složky

- měření srovnávacími kolorimetry

do jedné poloviny zorného pole přístroje se zavádí měřený barevný podnět, ve druhé polovině se aditivním nebo subtraktivním skládáním měrných podnětů snažíme realizovat stejný barevný vjem

- měření fotometrujícími kolorimetry

v tomto přístroji se přímo zjistí velikost trichromatických složek při tříkanálovém měření

- srovnání se vzorkovnicí

nejjednodušší, ale nejméně přesná metoda porovnání se vzorkovnicí barev

6. ZOBRAZENÍ BAREV

2D modely

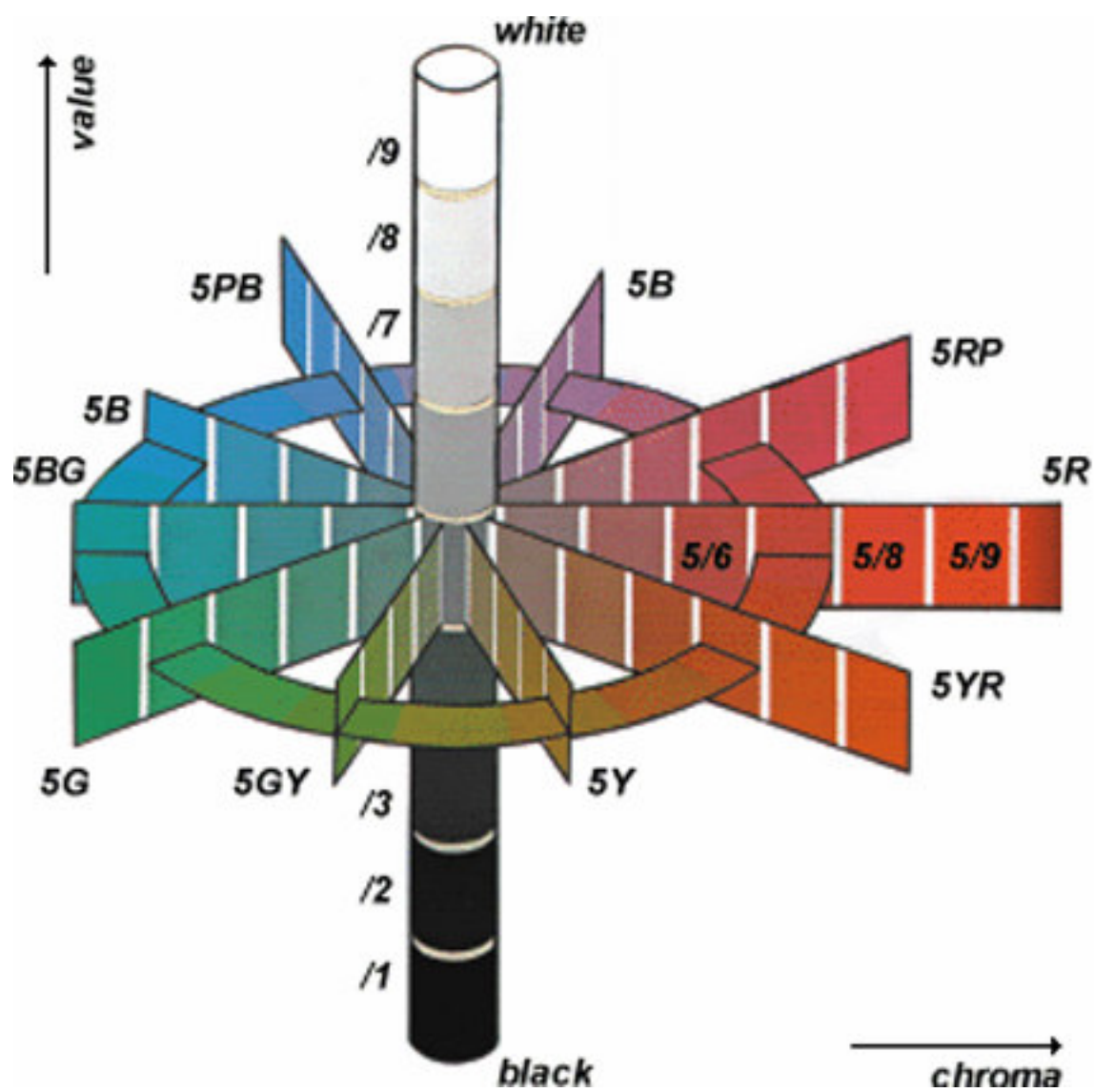
Zde se používají diagramy chromatičnosti **CIE_{xy} 1931**, resp. **CIE_{uv}'1976** .

Tyto 2D diagramy jsou výhodné pro třídění barev, míchání barev a prakticky pro většinu výpočtů v kolorimetrii.

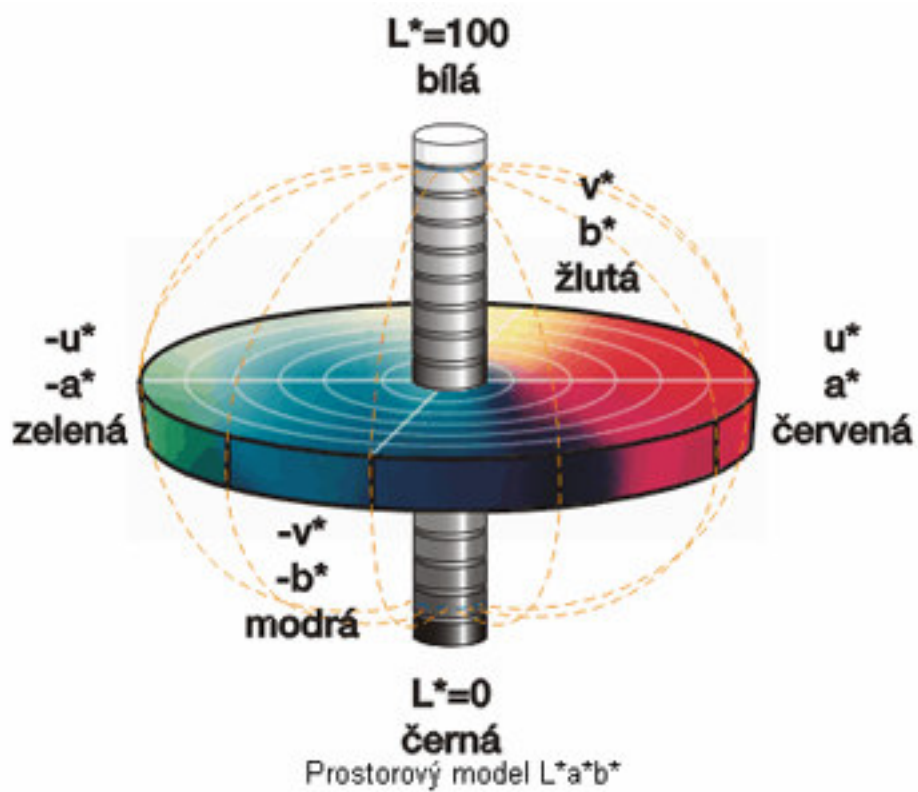
3D modely

patrně nejstarším barevným modelem je z roku 1905 **Munsellův model**.

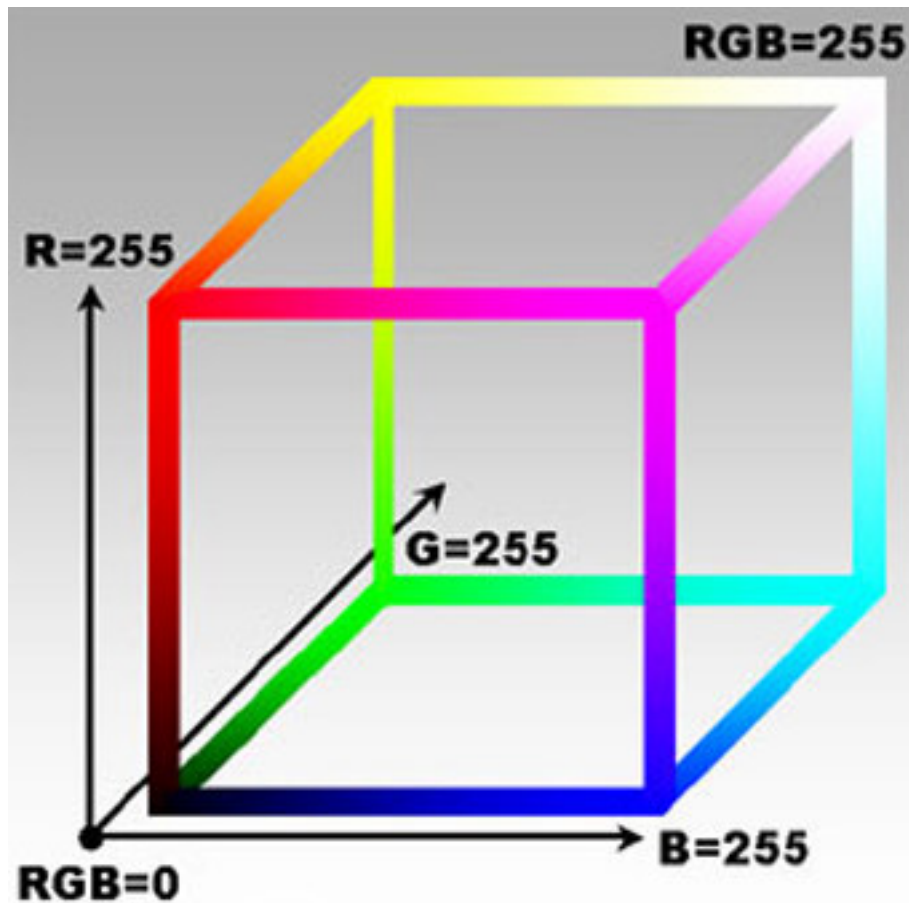
System zohledňuje lidské vnímání a současné modely z něj vycházejí. Pracuje s termíny tón, jas i sytost.

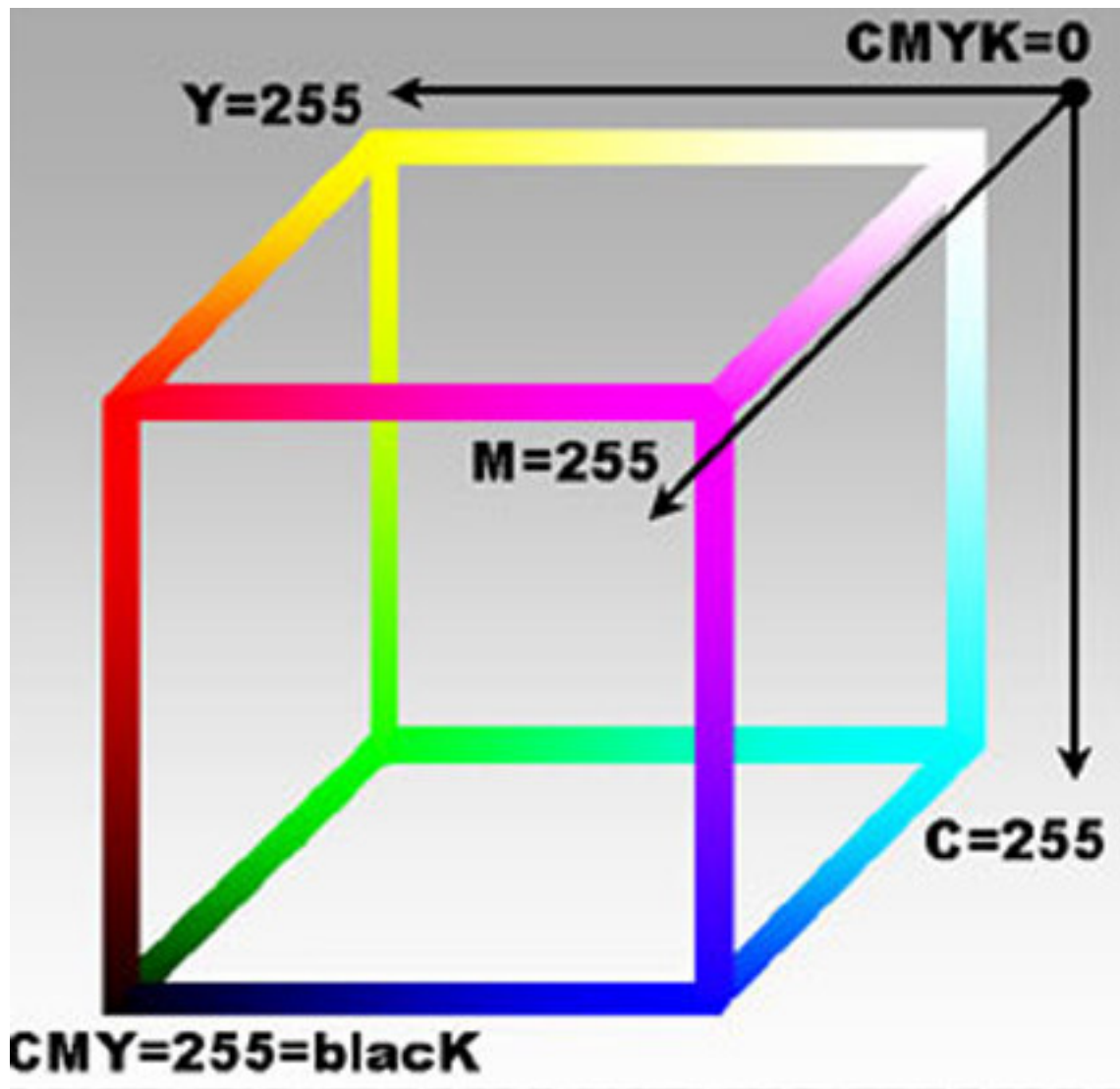


V technické praxi je nejpoužívanější na zařízeních nezávislý model CIELAB



Další často užívané modely, hlavně při skládání barev jsou modely **RGB** a **CMY**:





Při počítačových barevných úpravách jsou často používány modely **HSB**, **HSV**, **HLS** a podobné, pracující s pojmy:

H Hue

S Saturation, Chroma,

B Brightness

L Lightness,

V Value

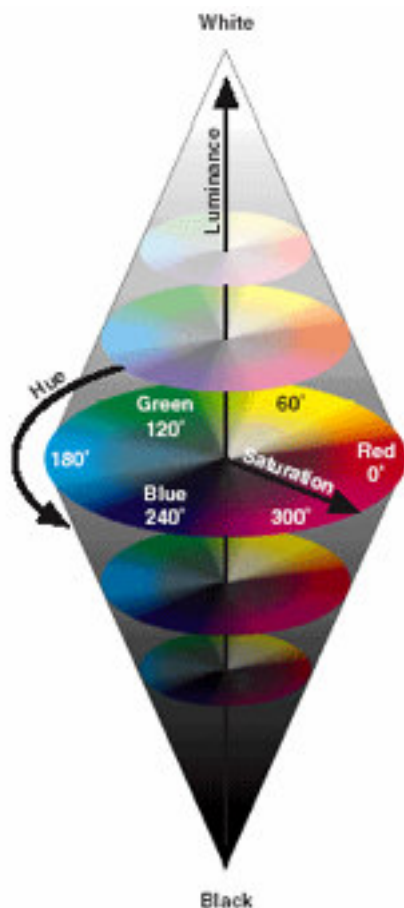
Barevný tón

Sytost

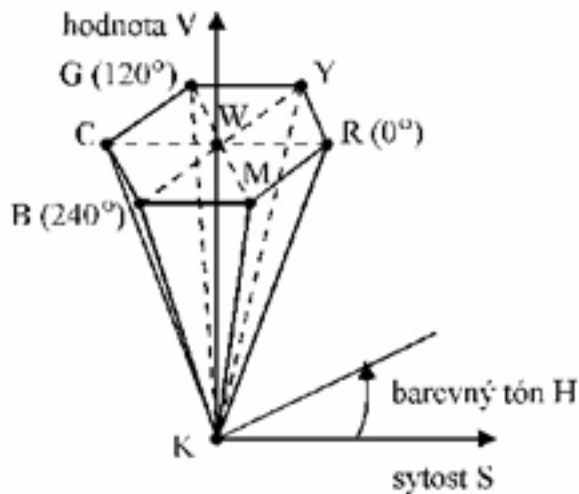
Jas

Jas

Jas



Model HLS



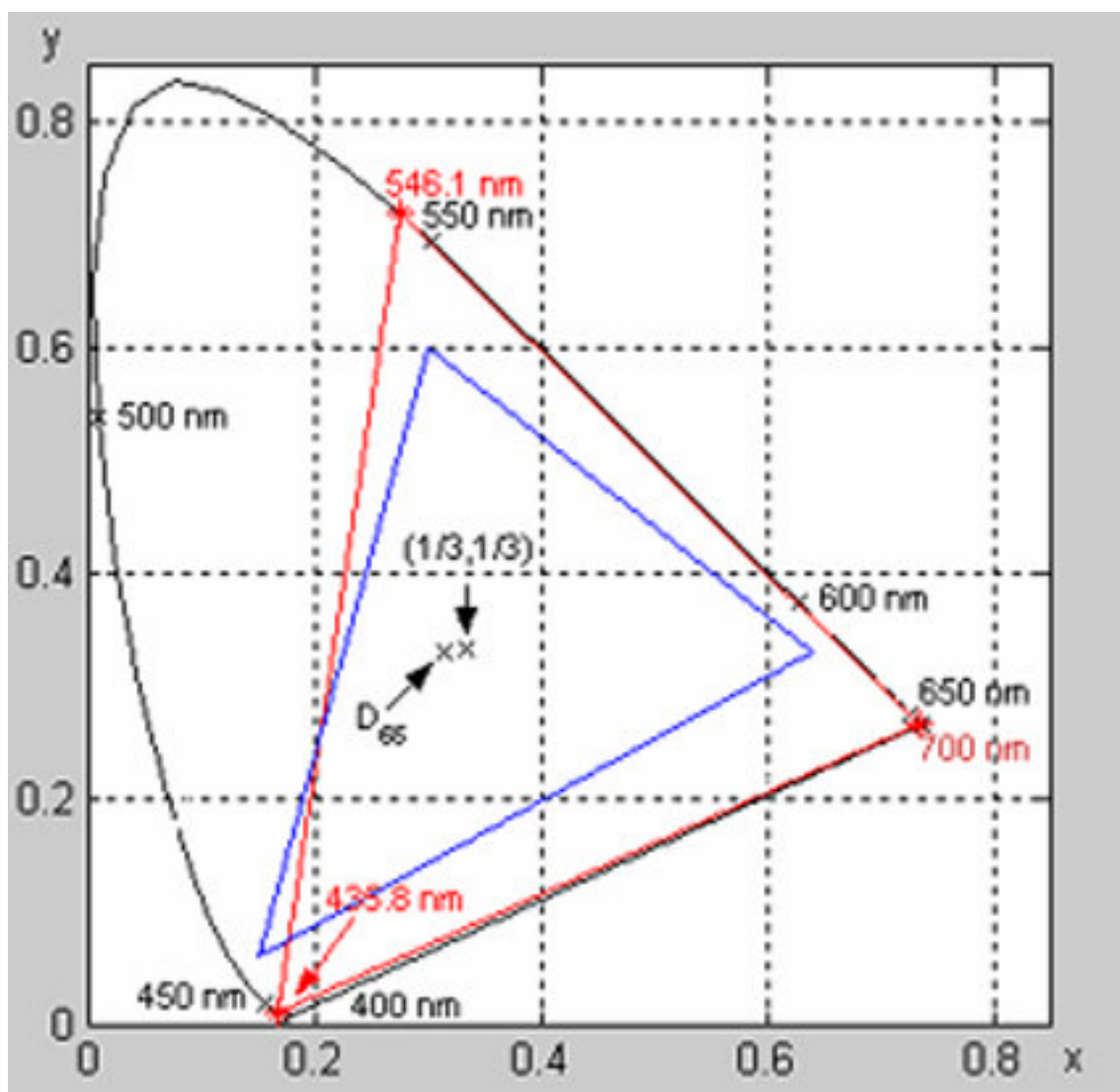
Model HSV

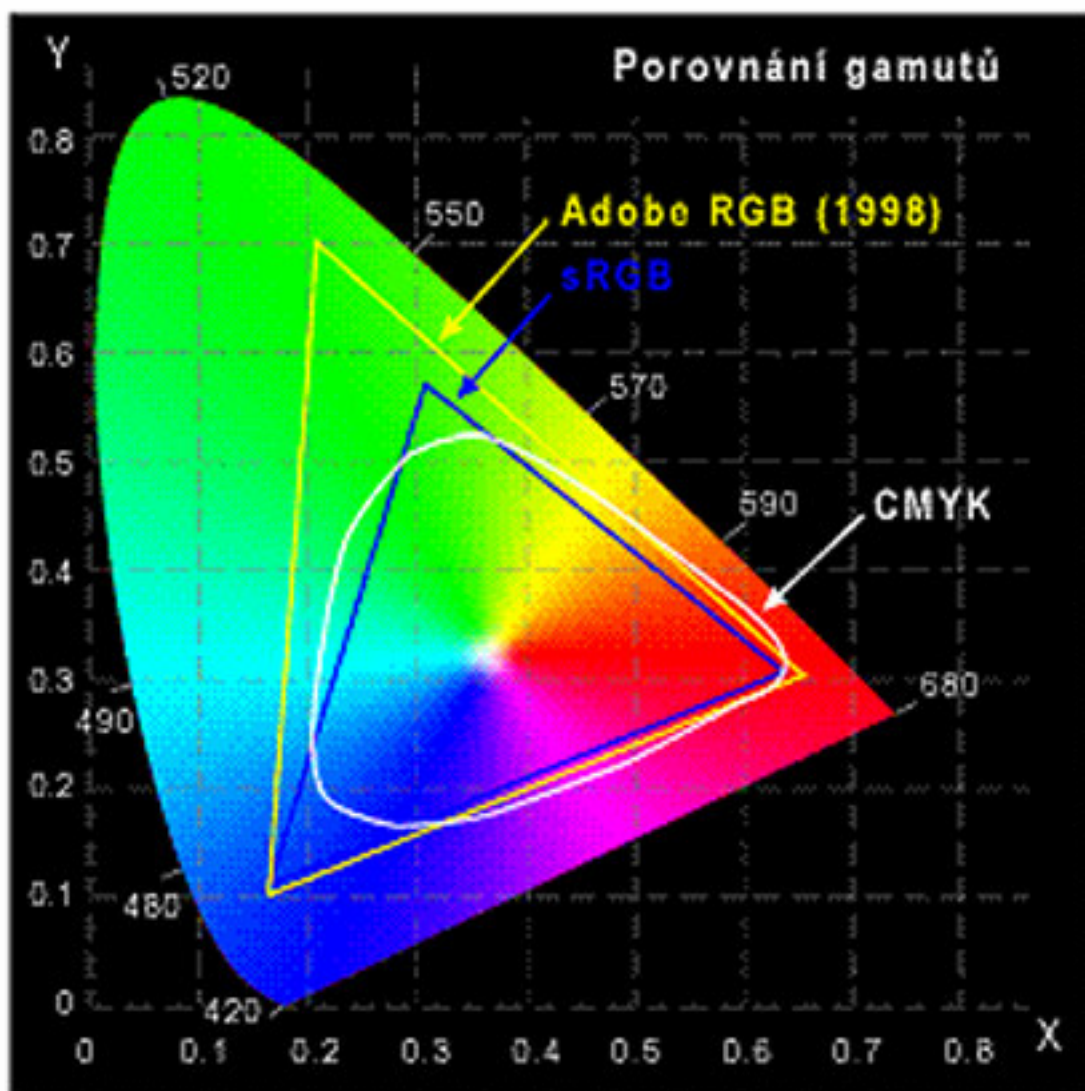
V televizní a počítačové technice se užívají modely **YUV**, **YCbCr** a jim podobné, mající jasovou složku samostatnou a rozdílové barevné signály.

Pojem **gamut**:

Žádné technické zařízení není schopno realizovat všechny reálné barvy obsažené v barevném diagramu, např. CIE 1931.

Každý technický prostředek pracuje s omezenou barevnou škálou, má svůj **gamut**.

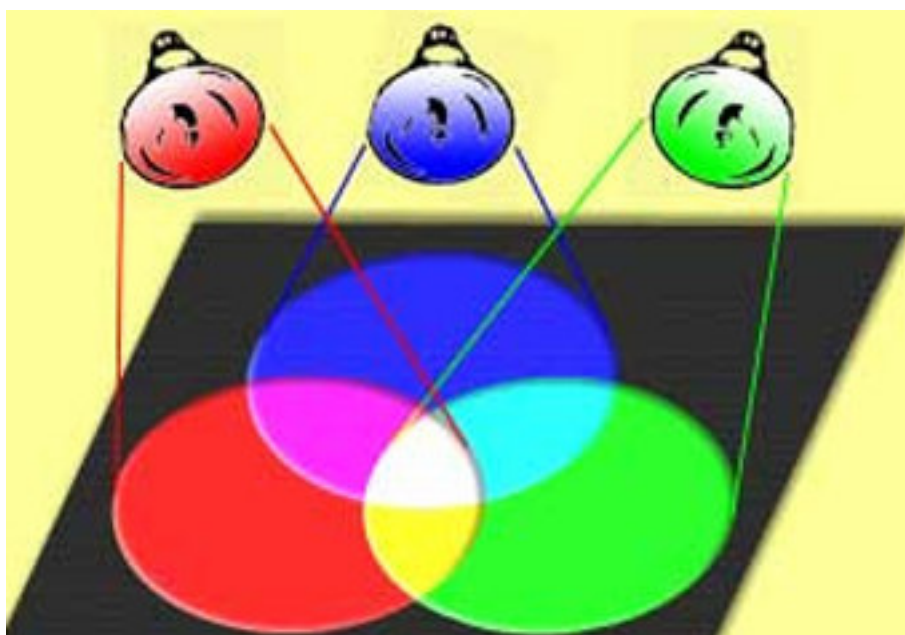




7. SKLÁDÁNÍ BAREV

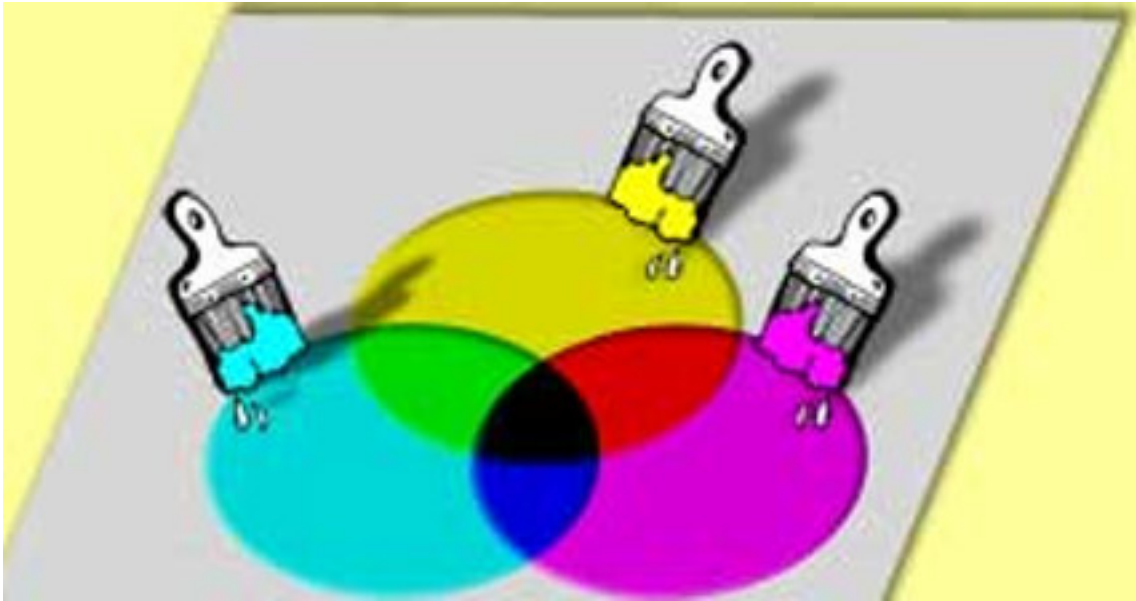
Složením tří základních barev lze získat libovolnou barvu.

Aditivní, součtové skládání základních barevných světél R,G,B :



Tak jsou generovány barvy např. v monitorech

Subtraktivní, odečtové skládání doplňkových barev C,M,Y :



Na tomto principu pracují např. tiskárny

A to je vše

Na shledanou