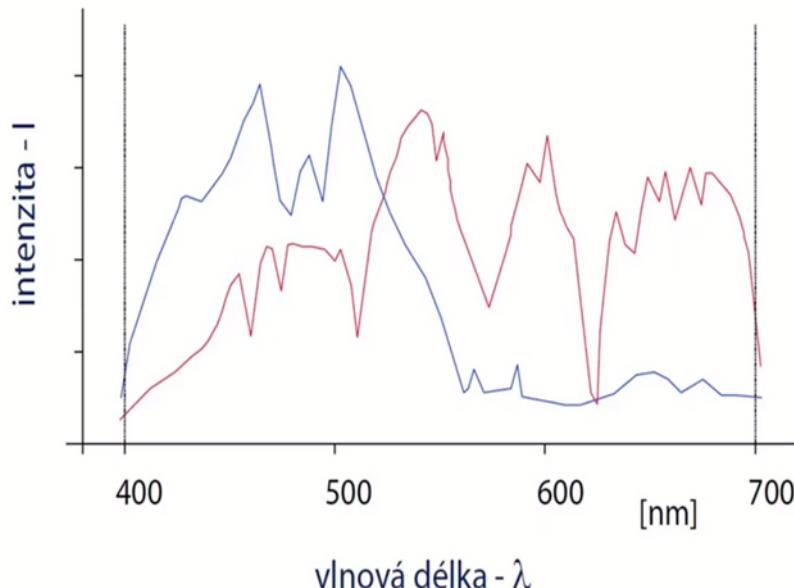


2. prednáška

## Barevné vidění

- světlo
  - { částice
  - vlámy → más zajíma při zkoumání barev

### Viditelné světlo, spektrum



- prostor spekter má mekomečmě mnoho dimenzí -
- lidské ujmají pouze 3 (předci li)

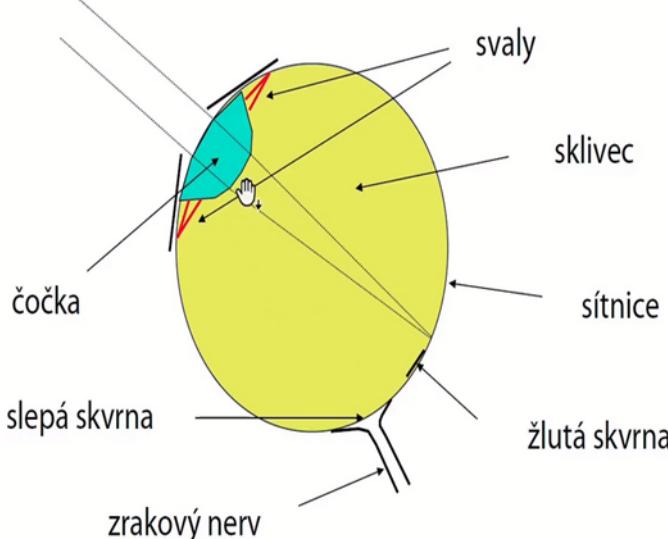
metamerismus je zobrazení z celého spektra do naších tří dimenzí, takové barvy nazývame metamery

Brasshamovy zákony - lidské oko umíma:

- dominantní vlnovou délku hue odstín
- čistotu barev saturation sydost
- intenzitu brightness jas

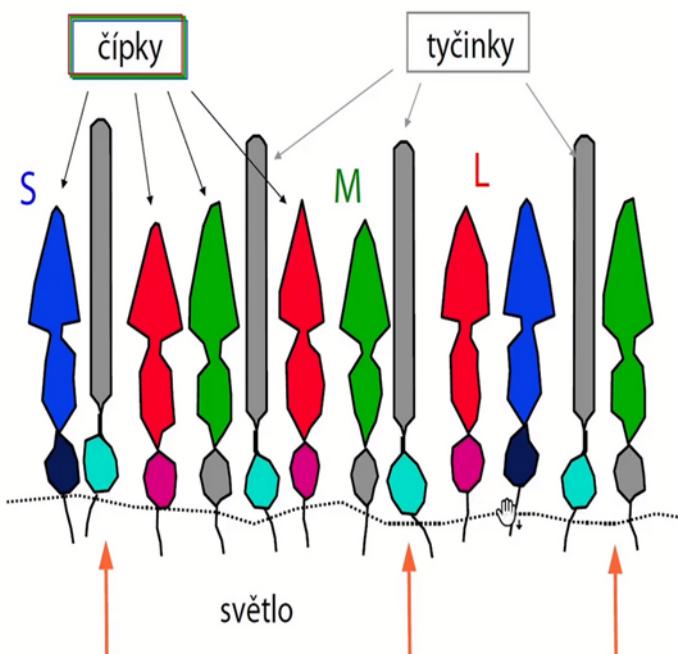
Barevy lze aditivně sklídat

# Lidské oko



- žluta skvrna má čípky, velmi ostré, dobré mají detaily
- tyčinky barevné a detaily světloucí

# Sítnice



## Vlastnosti systému vidění III



### Vliv okolí („surround“)

- vjem barvy závisí na okolních barvách/intenzitách
- hnědá barva „neexistuje“

Čočka a sklivec se zbarvují stále více do žluta

- ve stáří klesá schopnost vidět krátké vlnové délky

### Vady barevného vidění

- splynutí „červeného“ a „zeleného“ pigmentu (nebo absence jednoho z nich) – nejčastější vada
- chybí „modrý“ pigment
- chybějí čípky vůbec („monochromats“)

# J. předmětka

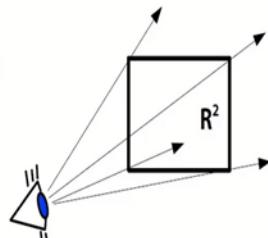
# Rastrová & vektorová grafika

## Obrazová funkce



„Okno“ do reálného spojitého světa

- zobrazení  $\mathbb{R}^2 \rightarrow$  „barva“
- nekonečně zvětšovatelný obraz



- k diskretizaci dochází třeba při digitalizaci

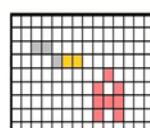
## Diskretizace obrazu

- vzorkování roviny v pravidelné mřížce
- matice pixelů
- praxe: snímací sensor fotoaparátu, kamery
- druhá diskretizace – hodnoty pixelů (viz později)

## Rastrový vs. vektorový přístup

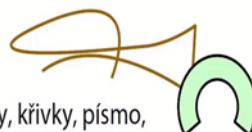


### Rastrový výstup



- rastrový výstup má jem omezenou kvalitu

### Vektorový výstup



- zobrazují se přímo složitější objekty (čáry, křivky, písmo, plošné útvary)
- data nejsou závislá na rozlišení (lze je škálovat až v zobrazovacím zařízení)

## Grafický výstup



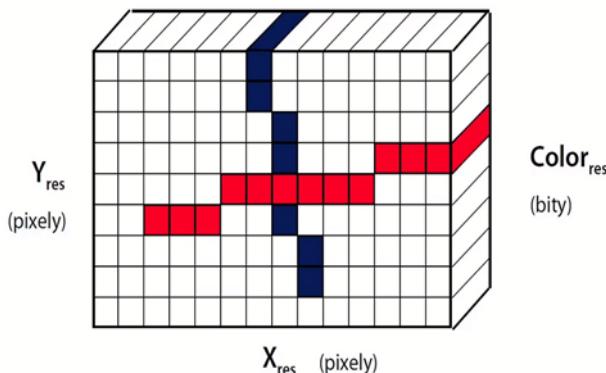
### Podle technologie výstupu

- vektorový výstup (staré displeje, stolní plotter, starší osvitové jednotky?)
- rastrový výstup (displeje, tiskárny, plottery)

### Podle komunikace

- vektorové zařízení (video-karty = GPU, SVG standard /W3C/, Adobe PDF, PostScript®)
- rastrové zařízení (běžné video-adaptéry, tiskárny v grafickém režimu)

## Rastrový obraz



Např: 720x1280x8 bitů, 1920x1200x24 bitů,  
3840x2160x24 bitů

## Formát pixelu



### Celočíselné hodnoty

- starší, klasický přístup
- obyčejně [8 bit (s paletou)], 3x8 bit nebo 4x8 bit

### Plovoucí desetinná čárka



- HDR grafika („High Dynamic Range“)
- obyčejně 3x float (96bit) nebo 3x half (48bit)
- bez problémů se ztrátou přesnosti

## Vektorové kreslení



Sada vektorových příkazů pro kreslení jednotlivých grafických primitiv

- čára („moveto“, „lineto“), křivka („curveto“)
- základní tvary („rect“, „circle“, „polygon“ ...)

### Definice barev a vzorků pro vyplnění



- základní přístupy: „fill“, „stroke“

### Vykreslení textu

- všechny běžné typografické atributy (font, velikost, mezery, „kernings“ ...)

## Vektorový formát SVG



### W3C standard

- všechny běžné současné WWW prohlížeče (HTML5)
- podpora pro animace
- uživatelský souřadný systém, 2D transformace, ořezávání ...

### Založen na XML syntaxi



```
<svg xmlns="http://www.w3.org/2000/svg" viewBox="0 0 100 100">
<path d="M30,1h40l29,29v40l-29,29h-40l-29-29v-40z" stroke="#000" fill="none"/>
<path d="M31,3h38l28,28v38l-28,28h-38l-28-28v-38z" fill="#a23"/>
<text x="50" y="68" font-size="48" fill="#FFF" text-anchor="middle"><![CDATA[410]]>
</text>
</svg>
```

# Barevný systém RGB



- Základní barevné složky: červená, zelená, modrá
- vychází z aktivního zobrazování (staré CRT monitory)
  - lidský zrakový systém vnímá podobně

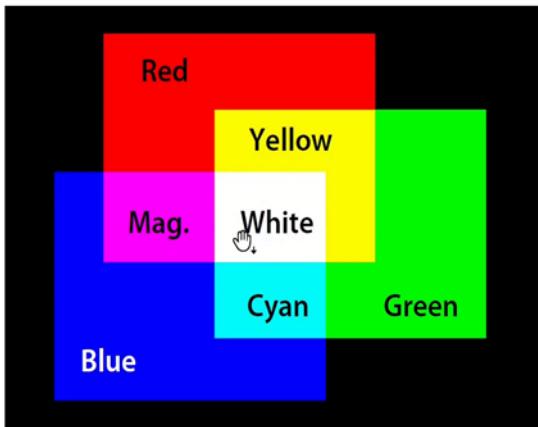
## Aditivní skládání barev

- černé pozadí (nulová barva, vypnutý displej)
- např. bílou dostaneme složením maxim všech tří složek

Připomnět:

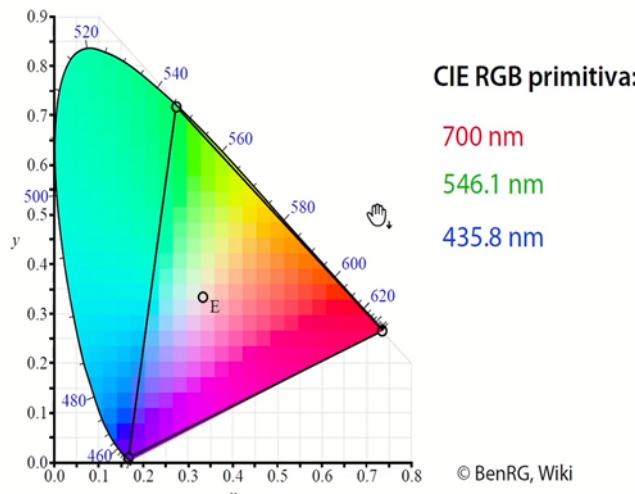
- R dlouhá vlnová délka (L čípky)  
G střední ... (M čípky)  
B velmi krátká ... (S čípky)

## Aditivní skládání barev

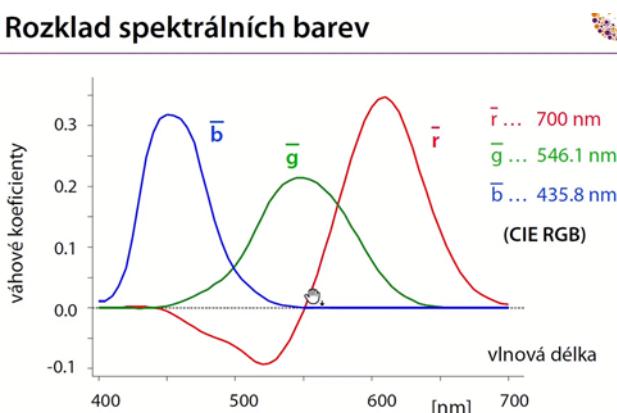


## 4. přednáška

## Barevné systémy



### Rozklad spektrálních barev



\* Popisuje jakou kombinaci barev lze namíchat jednotlivě vlnové délky

### Virtuální barevná primitiva X,Y,Z

Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) v roce 1931 definovala tři virtuální barvy X, Y, Z, jejichž konvexní kombinací již vytvoříme libovolnou viditelnou barvu

- X, Y, Z jsou definovány pomocí svých spektrálních charakteristik  $x, y, z$  (tabelovaných po 1nm)
- Y ... jas
- Z ~ modrý stimulus („S“ čípky)
- X ... pozitivita

Závislost mezi složkami R,G,B a X,Y,Z je lineární

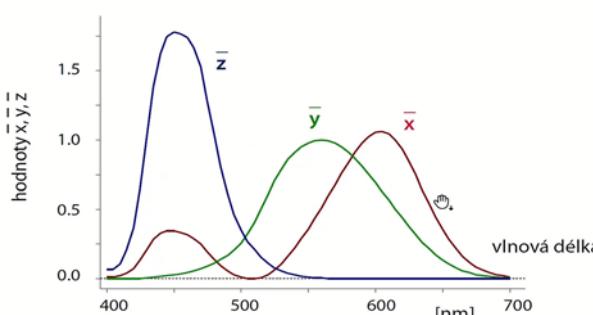
- převodní matici  $3 \times 3 \rightarrow$  komukoliv je změna nemusíme

- viditelné barevy  $\neq$  barevy zobrazitelné RGB
- $x_{xy,z} \neq X_{xy,z} \rightarrow$  viz.  
Barevný prostor CIE-xyY

- spektrum je # fotonů konkrétní vlnové délky vždy mezi pořádkem

- je s němění barvy objektu, pouze to, jak moc "soutí"

### Srovnávací funkce CIE



# Barevný prostor CIE-xyY

Normalizované barevné složky x, y, z

- $x = X/(X+Y+Z)$ ,  $y = Y/(X+Y+Z)$ ,  $z = Z/(X+Y+Z)$
- x, y, z nesou informace o odstínu a sytosti (barva) i jasu, složka Y byla návržena jako měřítko jasu

tak, aby  $x+y+z=1 \Rightarrow$

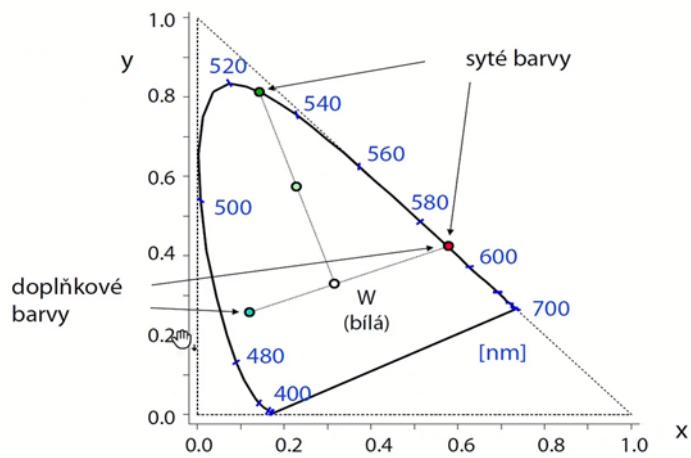
proč  $xyY$  ?  
stačí  $xy$  pro rep.  
 $[xyz]$   
Y je jas

Barevný diagram CIE-xyY nepoužívá složku z

- je závislá na předchozích dvou ( $z = 1 - x - y$ )

Systém CIE-xyY nezohledňuje subjektivní citlivost na barevné rozdíly (k tomu slouží CIE-uv)

## Barevný diagram CIE-xy



④ Graf pracuje s objektivními barvami, barvy ale majou vždy objektivní  
pr. vnitřním bílém pěně, ohlasmění  
a teplém osvětlení. → vždy jako bílé

### Bílý bod

= bodmota určená z obrázku  
→ vždy záleží na kontextu

### syté barvy

= pouze barvy ve spektru  
→ "když se světlo rozloží na  
jednotlivé složky"

### doplňkové barvy

= barvy na opačných stranách  
barevného spektra  
→ kombinací ve správném poměru  
vytváří bílou

## Barevná primitiva RGB

Odpovídají poloze tří typů barevných luminoforů

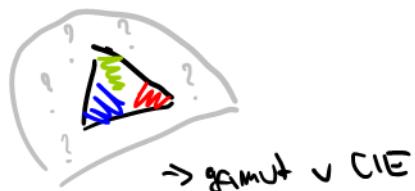
$$\begin{aligned} R &= [0.628, 0.346] \\ G &= [0.268, 0.588] \\ B &= [0.150, 0.070] \end{aligned}$$

} fosfor

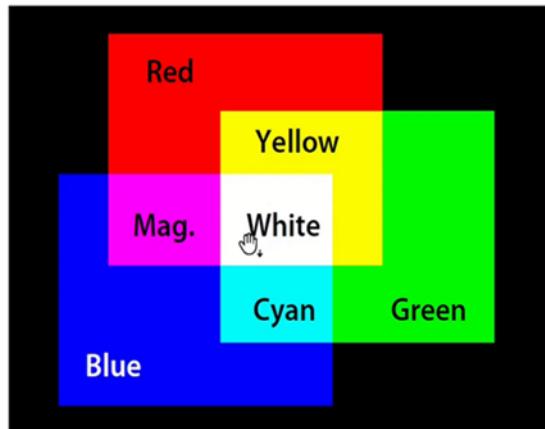
bílá (Planck)  $W(D_{6500}) = [0.313, 0.329]$  → světlo z našeho slunce (teplota povrchu 6500 kelv.)

Izoenergetická bílá W má souřadnice [1/3, 1/3]

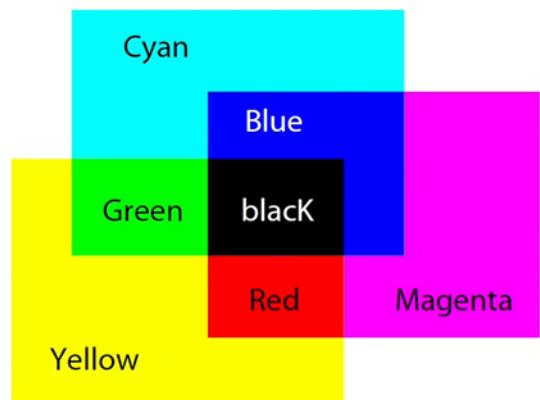
Bílá R podle televizní NTSC normy [0.31, 0.316]



## Aditivní skládání barev (RGB)



## Subtraktivní skládání barev (CMY)



## Barevný systém CMY(K)

Používá se při tisku a ve fotografii

- tam, kde barevný dojem vzniká pohlcením některých složek bílého světla

Barvy se skládají subtraktivně

Základní barevná primitiva C (cyan), M (magenta), Y (yellow) odpovídají tiskařským barvám

- C, M, Y jsou doplňkové k R, G, B

= doplňkový systém k RGB

## Barevný systém CMY(K)

### Převody mezi CMY a RGB

- $C = 1 - R$ ,  $M = 1 - G$ ,  $Y = 1 - B$

Ke třem složkám C, M, Y se ještě často přidává černá K:

- černá barva složená z C, M a Y není dostatečně kvalitní
- černý inkoust (toner) je mnohem levnější než barevný

$$K' \approx \min(C, M, Y)$$

$$C' \approx C - K, M' \approx M - K, Y' \approx Y - K$$

## Barevný systém YIQ



Používá se při barevném televizním vysílání

- zaveden komisí NTSC v roce 1953
- kompatibilita s černobílými TV přijímači

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.528 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Barevné rozdílové složky (I, Q) jsou pro lidské oko méně důležité

- menší rozlišení nebo užší přenosové pásmo

- Y obsahuje černobílý obrazek
- I, Q jsou barevné složky (doplň. info)  
Protože pro oko je mnohem důležitější jas



## Orientovaný na uživatele

- intuitivní veličiny: barevný odstín („hue”), sytost („saturation”) a jas („value”)

## Význam jednotlivých složek

- H: základní spektrální barva (dominantní vlnová délka) – rozsah  $0^\circ$  až  $360^\circ$
- S: sytost, čistota barvy (poměr čisté bary a bílé) – rozsah 0 (bílá) až 1 (spektrální barva)
- V: jas, intenzita – rozsah 0 (černá) až 1

## Převod RGB → HSV

```

procedure RGB2HSV ( R,G,B : real; var H,S,V : real );
var min, max, delta : real;
begin
  min := minimum(R,G,B); max := maximum(R,G,B);
  V := max; delta := max - min;
  if max <> 0.0 then S := delta/max
    else S := 0.0;
  if delta <> 0.0 then
    begin { chromatický případ }
      if R = max then H := (G - B)/delta else
        if G = max then H := 2 + (B - R)/delta
          else H := 4 + (R - G)/delta;
      H := H * 60.0; { převod na stupně }
      if H < 0.0 then H := H + 360.0;
    end;
  end;

```

## Další barevné systémy

- hue je lastní barva (me odstín)
- saturation (kolik je v barvě barev)
  - value (je „jak dobré to vidíme“)

Stačí umět (chápat) to omezové

## HLS („hue“, „lightness“, „saturation“)

- podobný jako HSV, dvojitý kužel

## Firemní systémy

- např. TekHVC (Tektronix)

## Vzorníky a katalogy barev

- PANTONE® (Pantone Inc.)
- Munsellův systém (tiskařství) - klasifikace barev „odstín jas/sytost“ (např. žlutá barva „5Y 7/4“)
- Ostwaldův systém (1931)