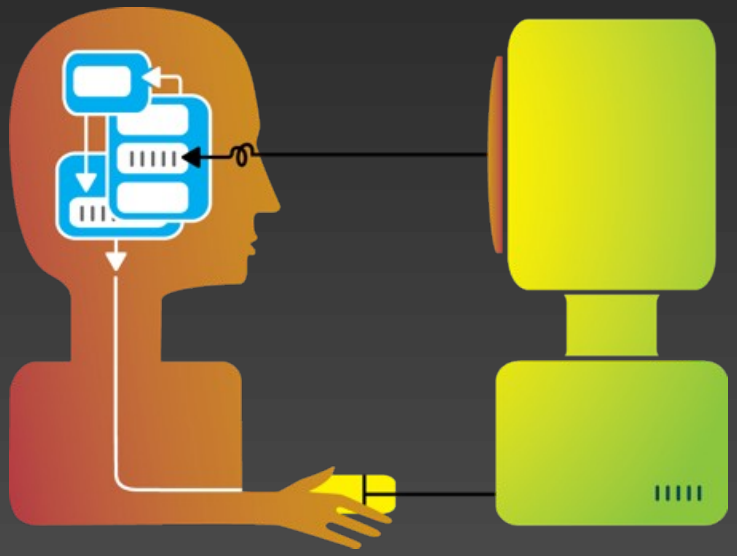
ICP

Interakce člověka s počítačem



Organizace předmětu

Předpoklady:

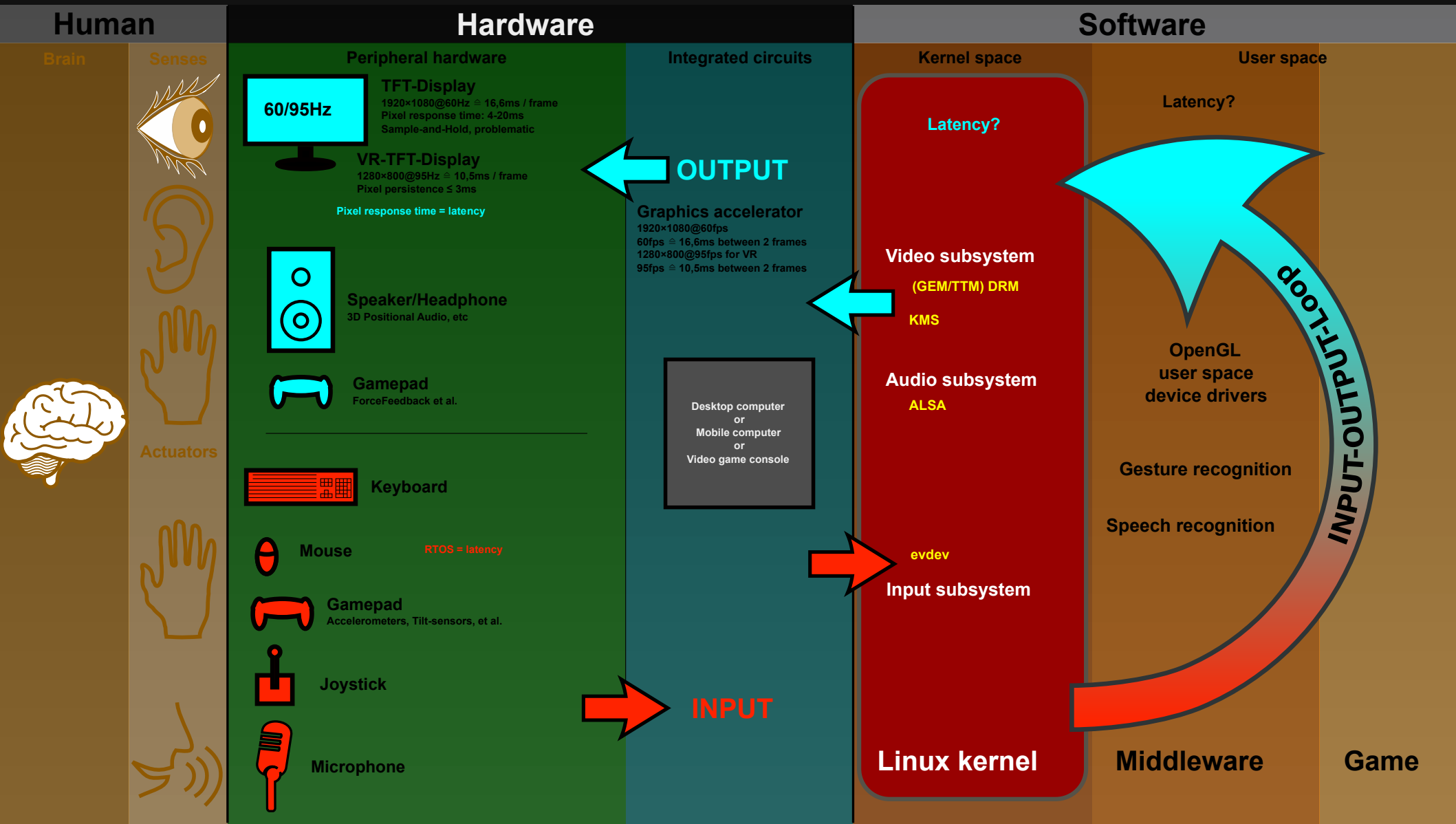
- matematika – lineární algebra, trigonometrie, …
- programování v C++ (C#, java, python, golang, …)

- Přednášky: 1x týdně
- Cvičení: 100% účast, výjimečně náhrada
- Závěrečná práce = zkouška
  - (zdrojový kód = písemná část, ústní obhajoba)

Interakce, interaktivní

- Definice
  - umožňující vzájemnou komunikaci mezi zařízením a uživatelem.
  - O interaktivitě se v informatice hovoří ve chvíli, kdy uživatel komunikuje se zařízením, jež nějakým způsobem ve vzájemné komunikaci pokračuje. Důležité je, aby komunikace probíhala vzájemně, a to na základě nějakých podnětů. Podnětem se může stát pohyb, slovní příkaz či pouhý dotyk tlačítka myši.
  - Typickým příkladem interaktivity je prakticky jakékoliv chytré zařízení, se kterým můžete neustále komunikovat, „hrát si“. Uživatel iniciuje dotykem či pohybem nějakou akci, kterou následně zařízení dle svých schopností provede.

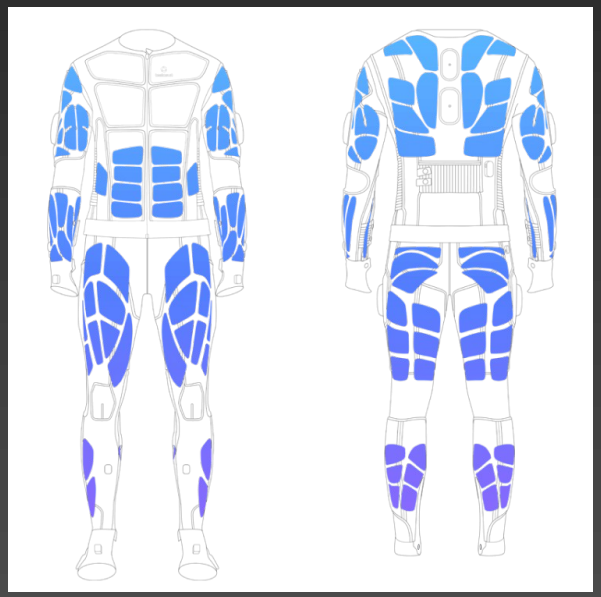
Interakce


Human
Hardware
Software
Brain
Senses
Actuators
Peripheral hardware
Integrated circuits
Kernel space
User space
60/95Hz
TFT-Display
1920×1080@60Hz ≙ 16,6ms / frame
Pixel response time: 4-20ms
Sample-and-Hold, problematic
VR-TFT-Display
1280×800@95Hz ≙ 10,5ms / frame
Pixel persistence ≤ 3ms
Pixel response time = latency
OUTPUT
Graphics accelerator
1920×1080@60fps
60fps ≙ 16,6ms between 2 frames
1280×800@95fps for VR
95fps ≙ 10,5ms between 2 frames
Latency?
Latency?
Video subsystem
(GEM/TTM) DRM
KMS
Speaker/Headphone
3D Positional Audio, etc
Gamepad
ForceFeedback et al.
Desktop computer
or
Mobile computer
or
Video game console
Audio subsystem
ALSA
OpenGL
user space
device drivers
Keyboard
Gesture recognition
Speech recognition
Mouse
RTOS = latency
evdev
Input subsystem
Gamepad
Accelerometers, Tilt-sensors, et al.
Joystick
INPUT
INPUT-OUTPUT-Loop
Microphone
Linux kernel
Middleware
Game

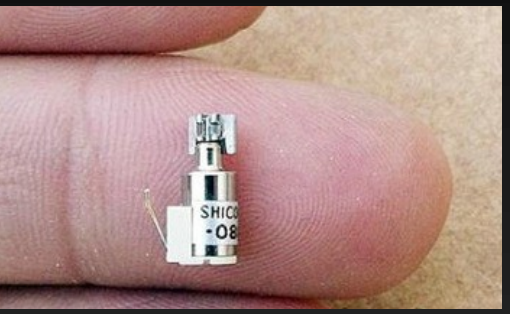
Lidské smysly

- Smyslové buňky, nahromadění = smyslový orgán
- Tradičních pět smyslů
  - Zrak – oko
  - Sluch – ucho
  - Hmat – mechanoreceptory v kůži
  - Chuť – chemoreceptory na jazyku
  - Čich – chemoreceptory v nose
- Další smysly (vnitřní, nepravé)
  - termoreceptory v kůži
  - akcelerometr – mechanoreceptory ve vnitřním uchu
  - vnímání času – v mozku (rychlé děje) a mezimozku (denní rytmus, na hormonální bázi – melatonin)

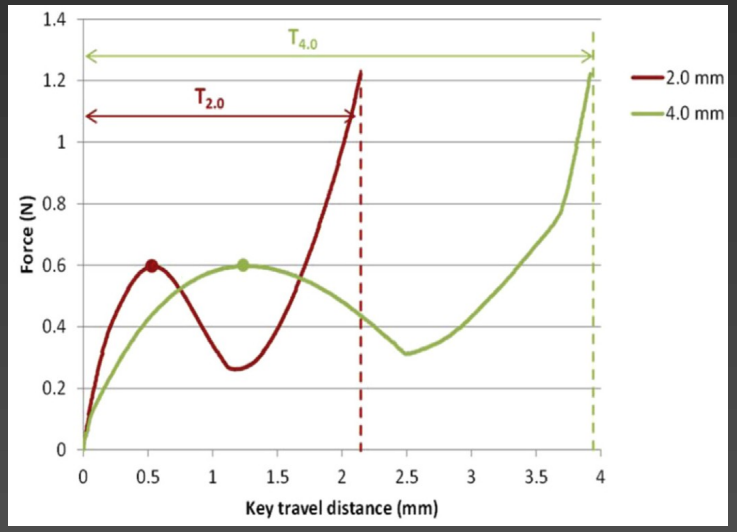
Hmat, chuť, čich, (sluch, zrak), teplo, rovnováha, čas, …



Hmat, chuť, čich, (sluch, zrak), teplo, rovnováha, čas, …



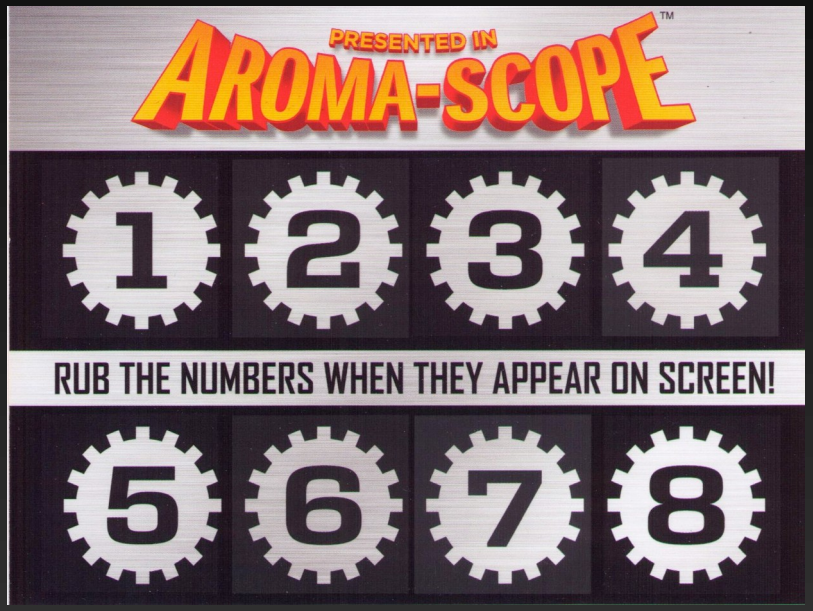
Hmat, chuť, čich, (sluch, zrak), teplo, rovnováha, čas, …

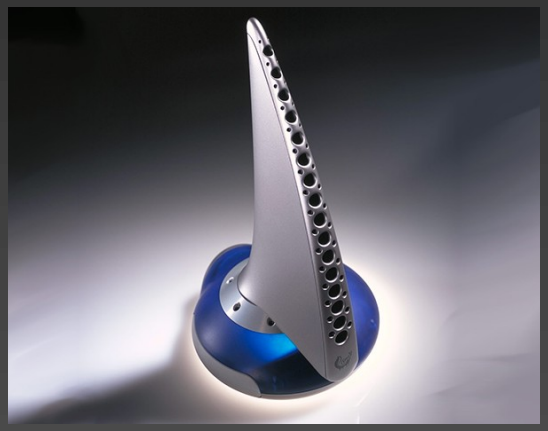


Hmat, **chuť**, čich, (sluch, zrak), teplo, rovnováha, čas, …

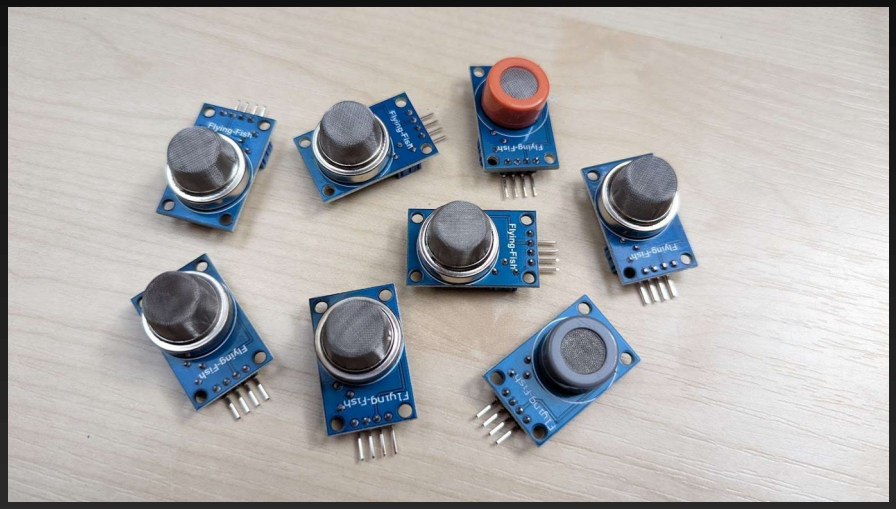
https://electricsalt.shop.kirin.co.jp

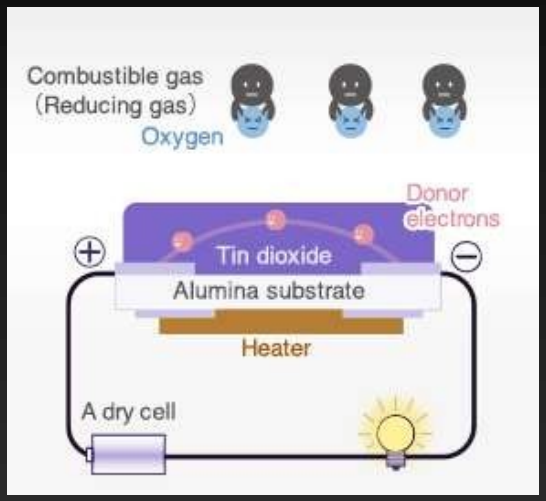
Hmat, chuť, **čich**, (sluch, zrak), teplo, rovnováha, čas, …

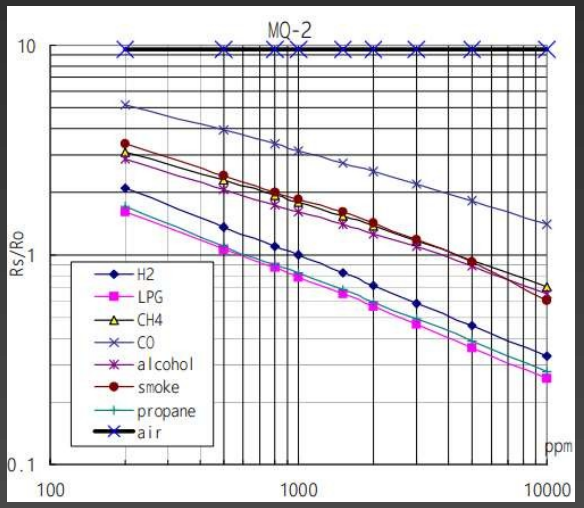


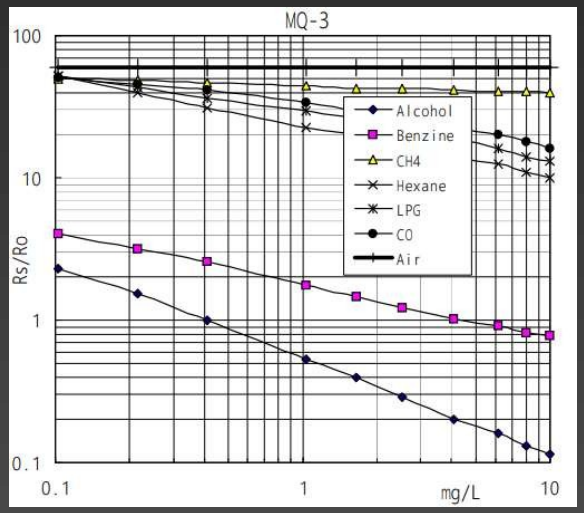


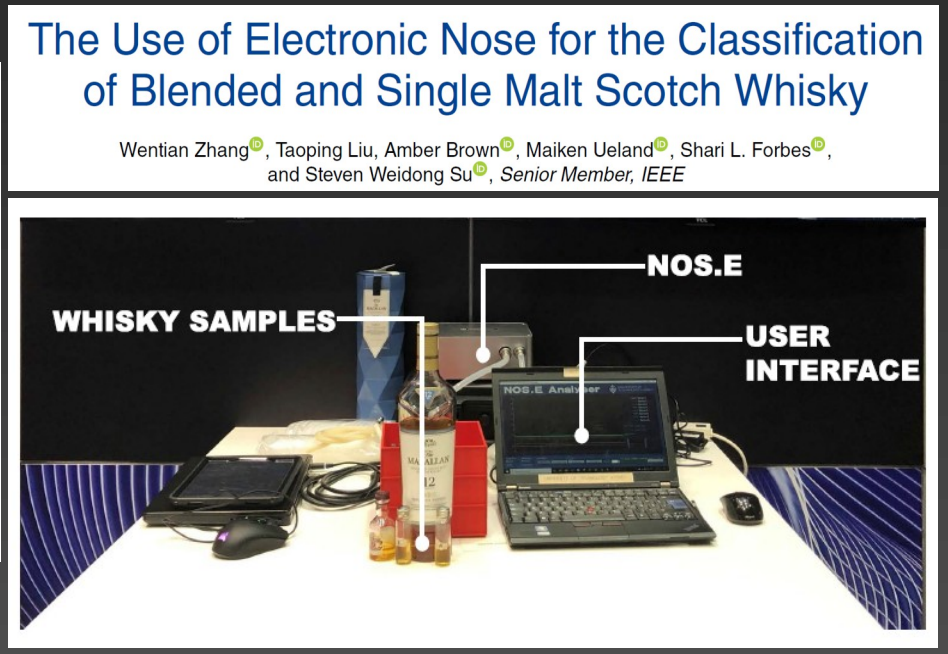
Hmat, chuť, **čich**, (sluch, zrak), teplo, rovnováha, čas, …







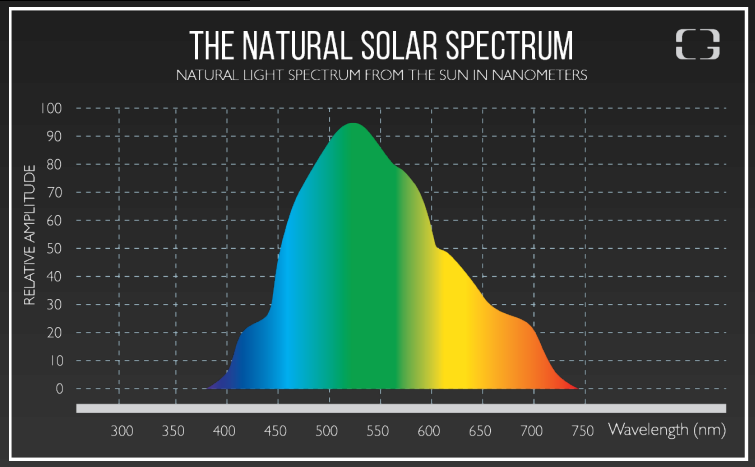




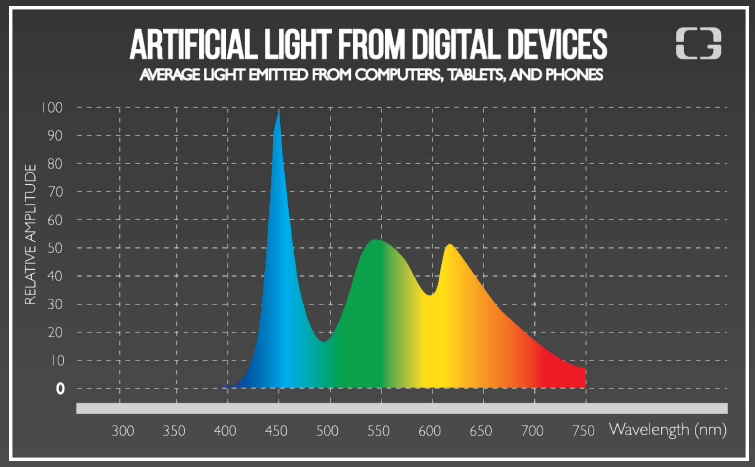
Hmat, chuť, čich, (sluch, zrak), **teplo, rovnováha, čas**, …

Zrak

XBOX 360
KINECT

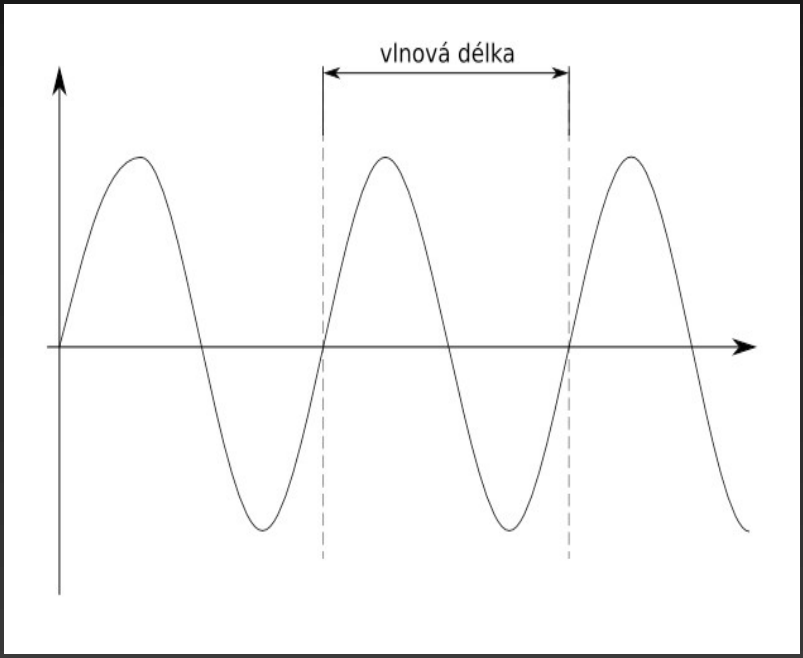

THE NATURAL SOLAR SPECTRUM
NATURAL LIGHT SPECTRUM FROM THE SUN IN NANOMETERS
RELATIVE AMPLITUDE
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
Wavelength (nm)

Google Cardboard
Herní konzole
Mobilní platforma
PC
htc


ARTIFICIAL LIGHT FROM DIGITAL DEVICES
AVERAGE LIGHT EMITTED FROM COMPUTERS, TABLETS, AND PHONES
RELATIVE AMPLITUDE
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
Wavelength (nm)

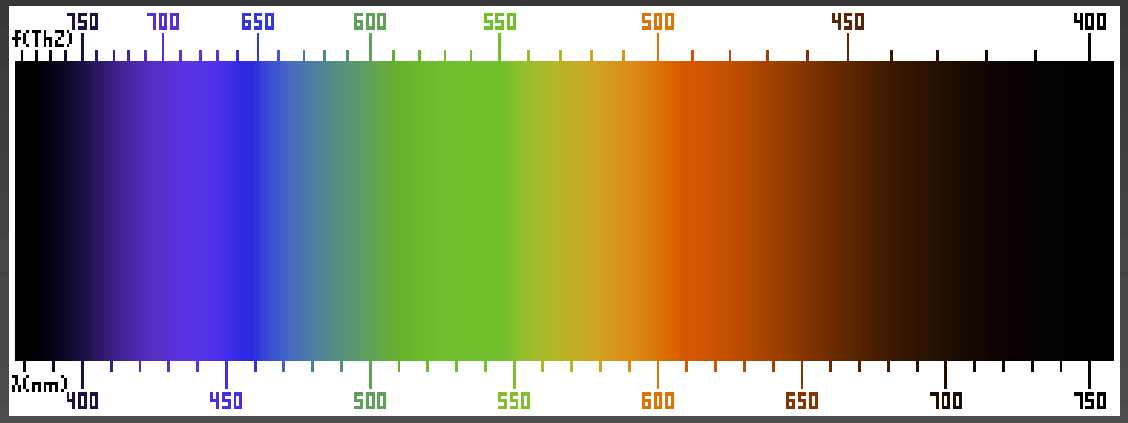
Zrak a světlo

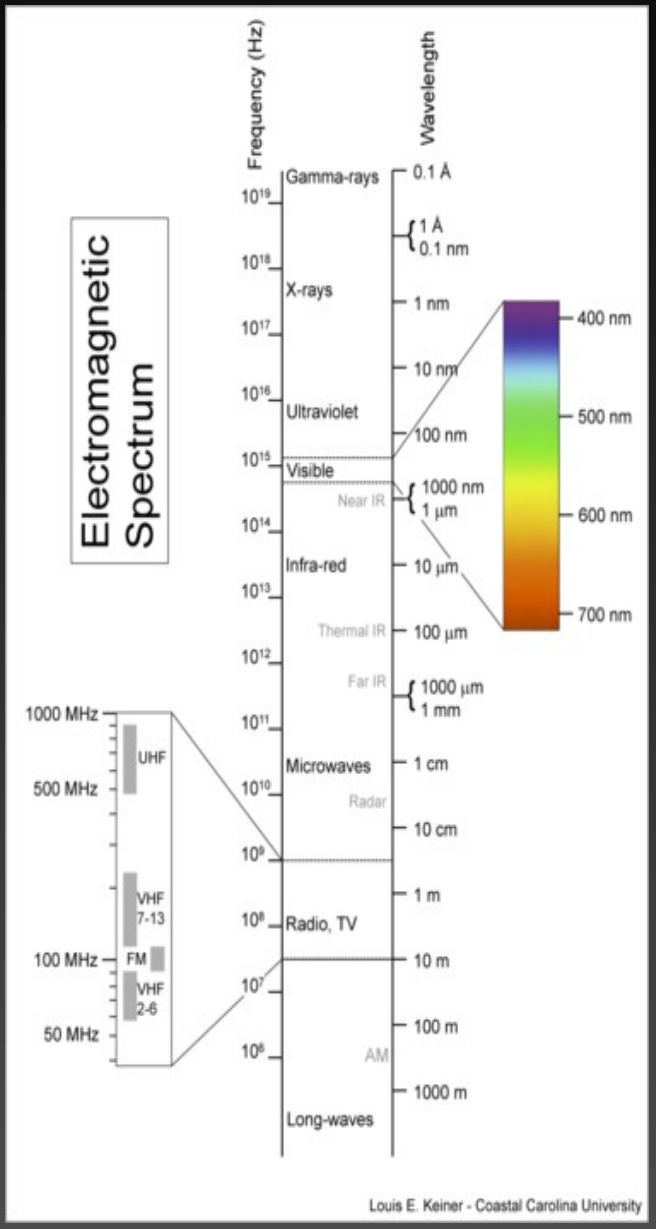
- Podstata světla
  - Elektromagnetické záření
  - Korpuskulární charakter
    - Vlnění, foton
  - Rychlost světla
    - c = 1 079 252 848,8 km/h
  - Vlnová délka



Elektromagnetické spektrum

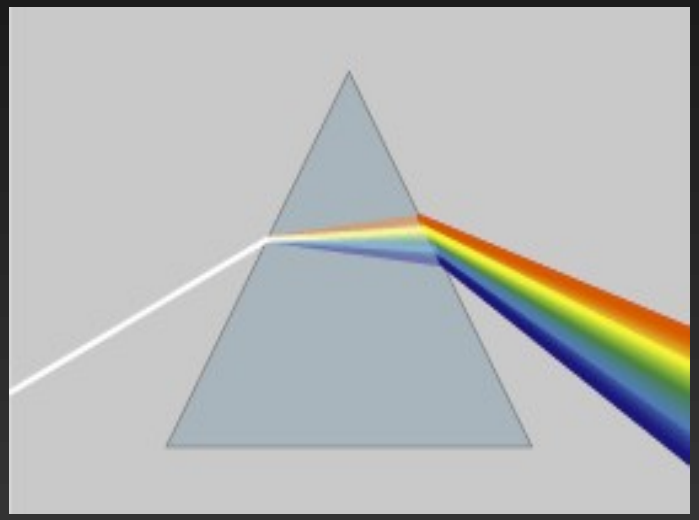
- Rádiové vlny
- Mikrovlny
- Infračervené záření
- Viditelné světlo
  - Úzký pás z elmg. spektra
  - λ = 390nm – 750nm
- Ultrafialové záření
- Rentgenové záření
- Gama záření





Světelné efekty

- Odraz
- Lom
- Disperze (duha)
- Difrakce (ohyb)
- Interference
- Polarizace
- Fluorescence
- Luminiscence

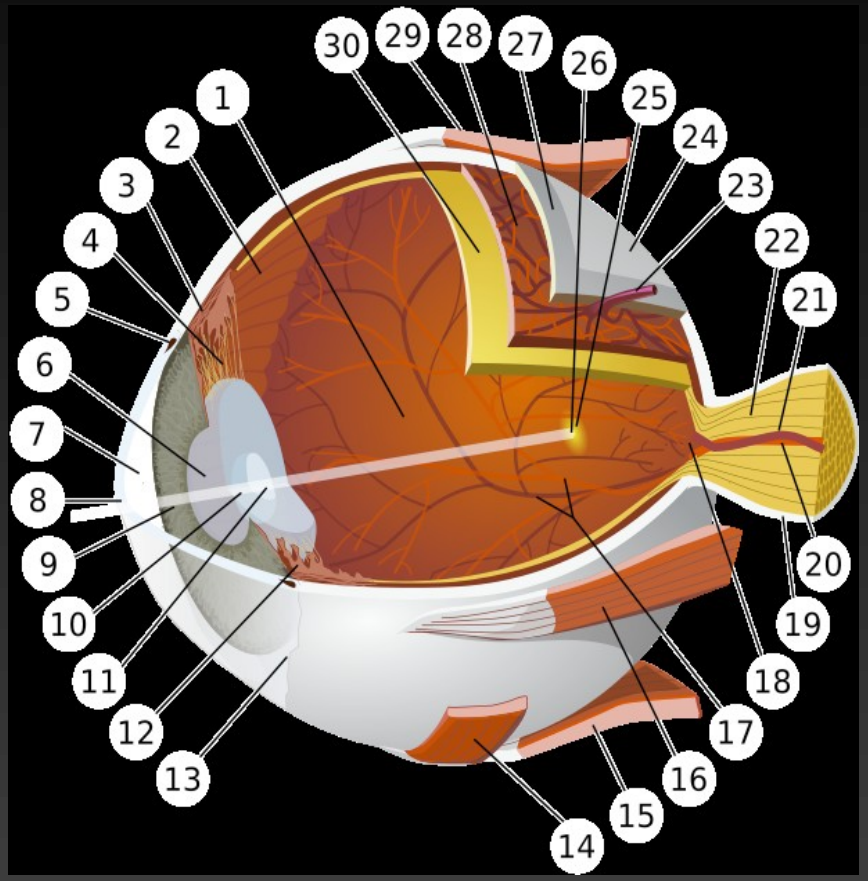


- Pro interaktivní zobrazení obvykle příliš obtížné (ale existuje PBR = Physically Based Rendering)

Lidské oko

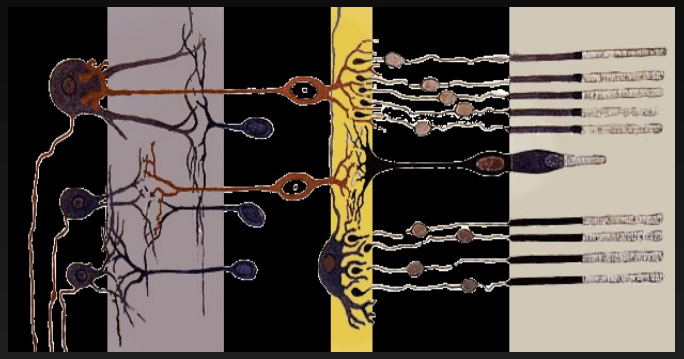
Lidské oko

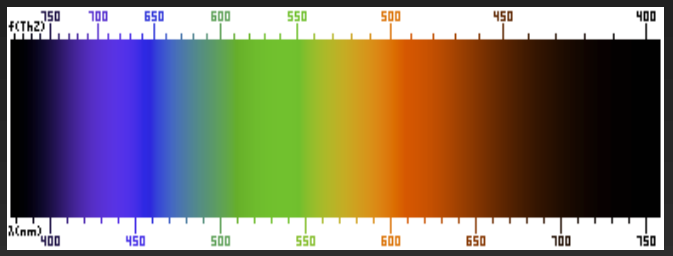
- Rohovka
- Duhovka
- Čočka
- Sklivec
- Sítnice
  - Tyčinky
  - Čípky
- Oční nerv
  - Slepá skvrna

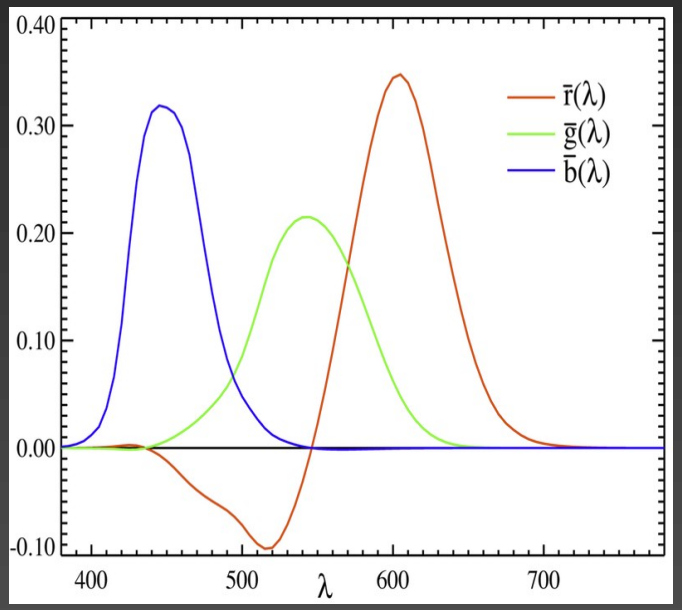


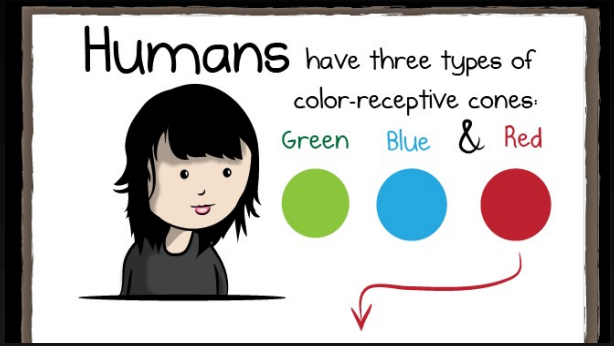
Tyčinky a čípky

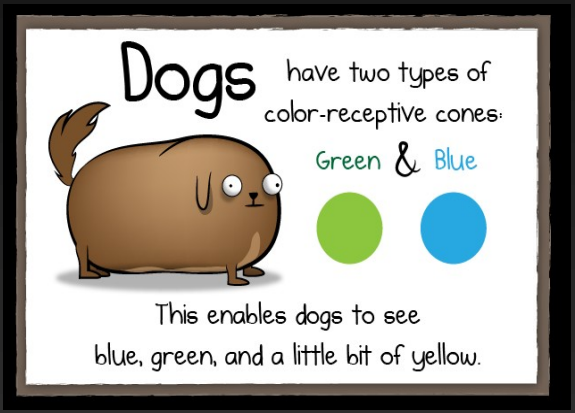
- Tyčinky
  - Černobílé vidění
  - Vysoká citlivost
  - ~ 120'000'000
- Čípky
  - Barevné vidění
  - ~ 6'000'000
  - Hlavně ve žluté skvrně
    - Červený, modrý, zelený
      - tetrachromacie = čtyři pigmenty, vzácné (aktivní geny OPN1MW,OPNMW2)
- Elektrický impuls generován rozpadem rodopsinu (derivát vitamínu A)

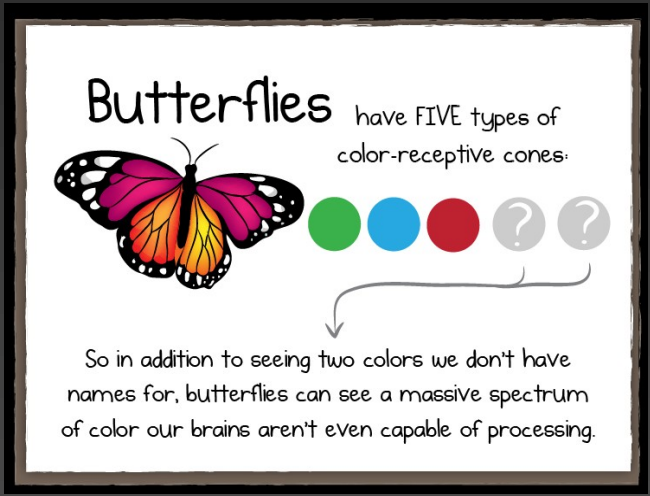


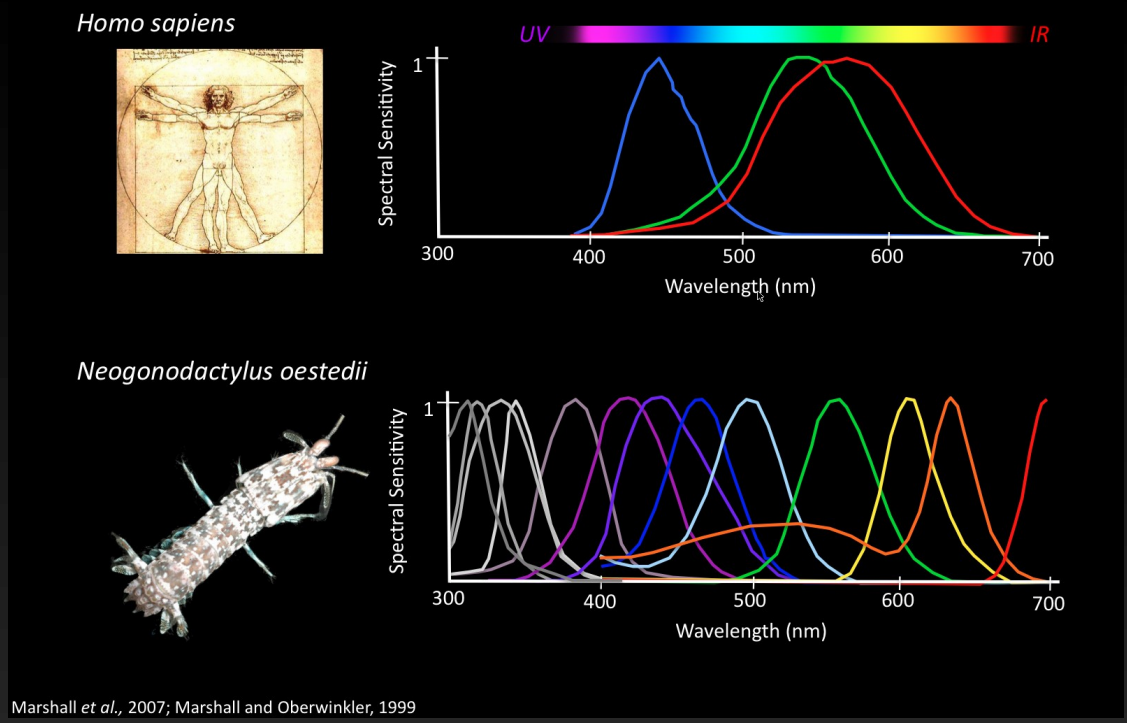








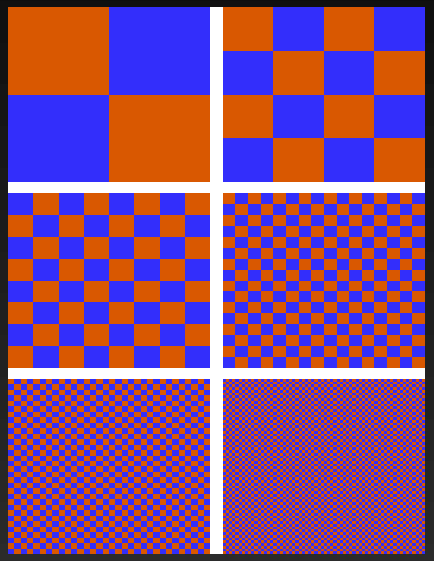


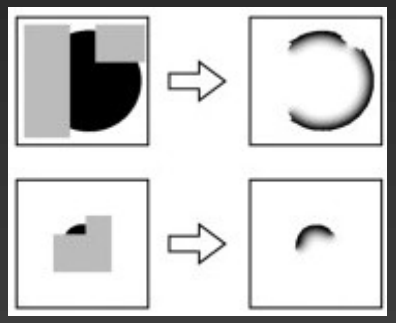


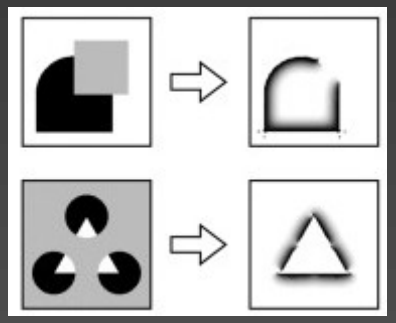
Marshall *et al.*, 2007; Marshall and Oberwinkler, 1999

Oční nerv

- 1 000 000 nervových vláken u každého oka přenáší signál od 120 000 000 senzorů
- Filtrace a komprese obrazové informace již na sítnici
  - Dolnopropustní filtr - dva body blízko sebe se jeví jako jeden bod (princip LCD)
  - Detekce hran – neurony v sítnici komprimují velké oblasti, přenáší se jen hrany





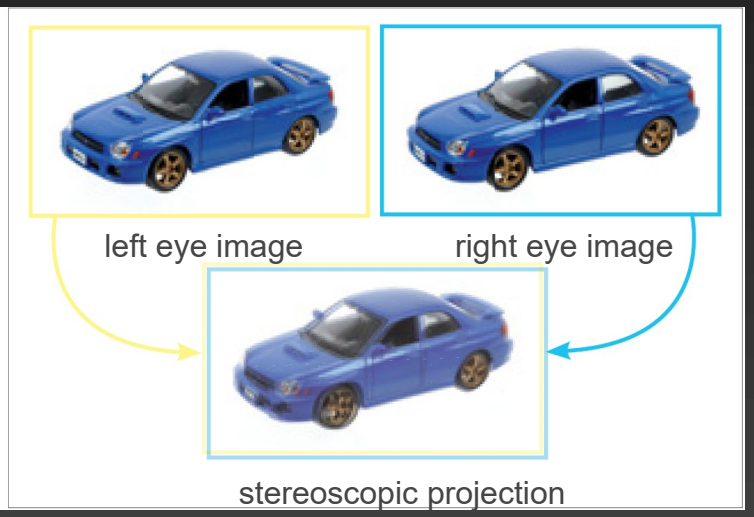


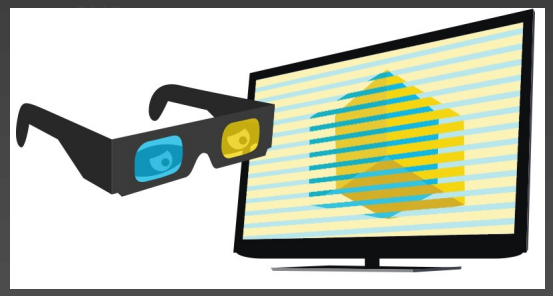
Zrak

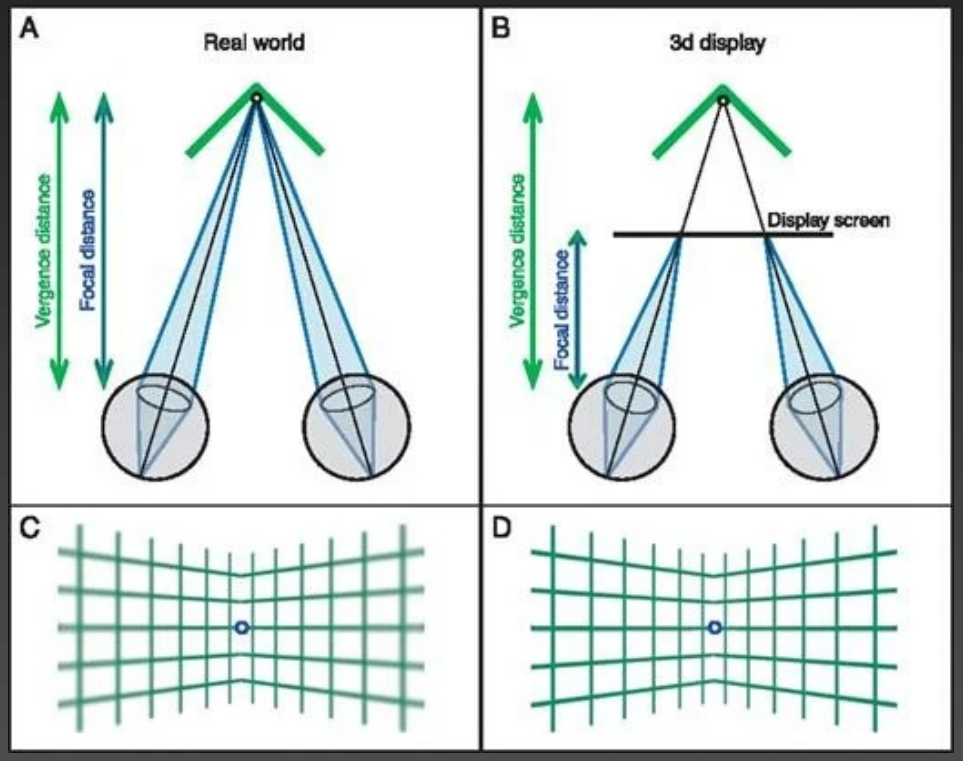
- Cca 80% přijímaných informací
  - 70 – 80 GB/s, 137 Mpix, dynamický rozsah cca 30 EV
- Zorné pole
  - závisí na osvětlení, velikosti i barvě objektu
  - horizontálně 180° – 200°
  - vertikálně 140° (75° dolů)
  - centrální vidění = barvy, detaily
    - jen 6° ostře, žlutá skvrna, 150 000 čípků/mm2 (equiv. 10 000 dpi), takřka bez tyčinek
  - periferní vidění: detekuje pohyb, změnu jasu, 160 000 tyčinek/mm2, noční vidění
- Absolutní práh citlivosti je 10^{-19} J = 1 foton
- Minimální zorný úhel = 1 minuta
- Prostorové vidění
  - rozdílný obraz pro levé a pravé oko
  - zaostření čočky

Stereopsis (stereoscopic vision)

- Based on
  - Different pictures seen in the left and right eye
  - Eye lens accommodation
  - Angular offset
- Doubles GPU load – two images (can be partially shared)

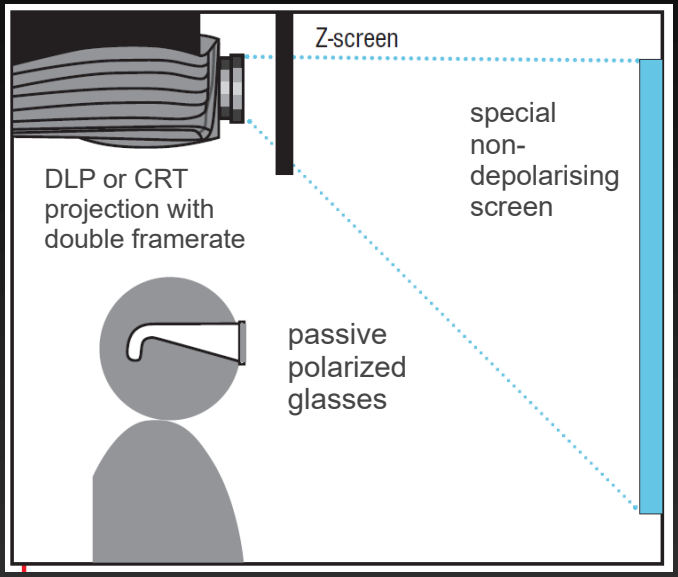




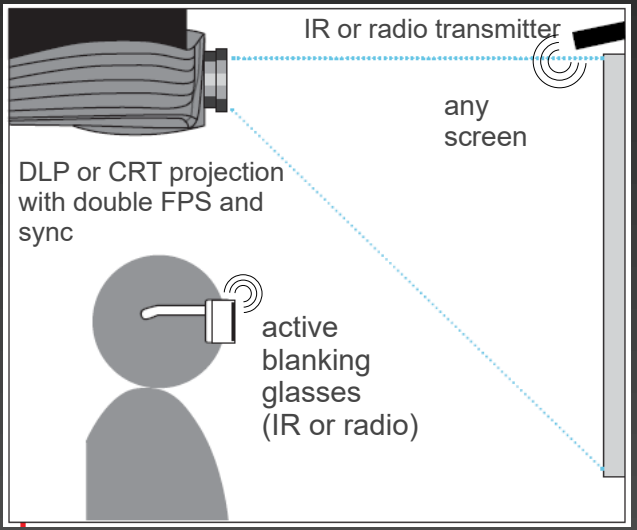


3D with one projector

+ Single projector
- Z screen
  - flips polarization
- projector with double framerate
- special screen

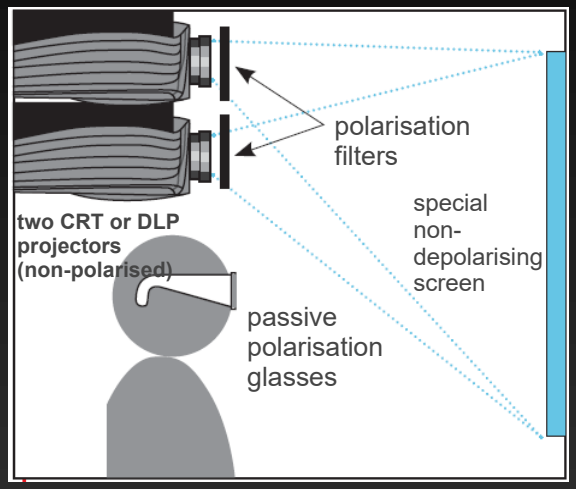


+ Any screen, 1 proj.
- Active glasses
  - needs battery, weight
- transmitter
- projector with double framerate

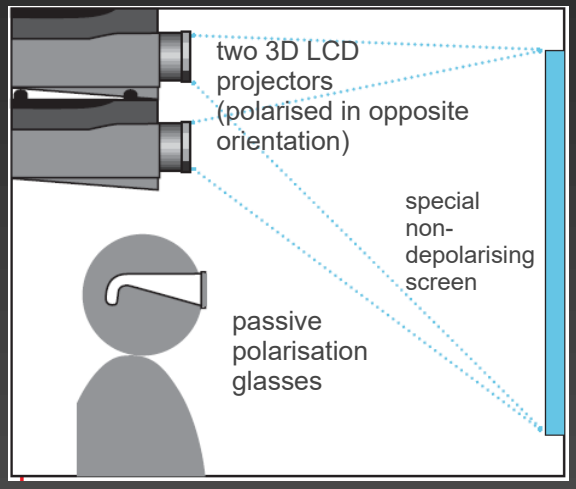


3D with two projectors & no color filter

+ Passive filters & glasses
  - cheap, lightweight
- standard framerate
- 2 projectors
- special screen



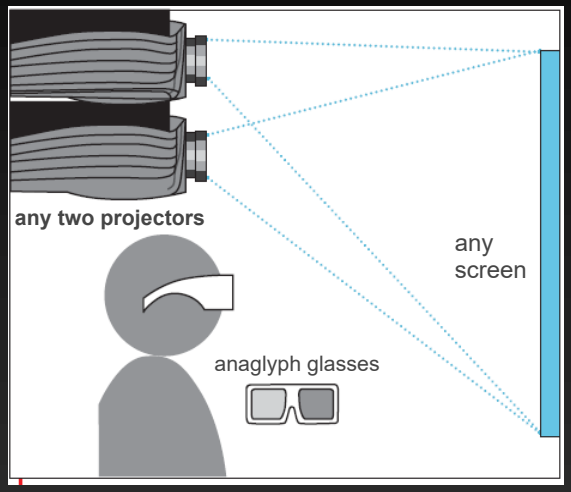
+ Passive glasses
  - cheap, lightweight
- 2 projectors
  - special projectors
- special screen

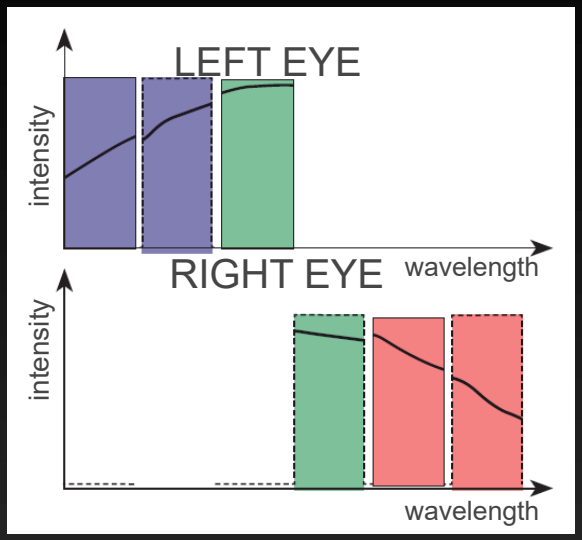


3D with two projectors & color filter

+ Passive simple glasses
  - cheap, lightweight
- standard framerate
- any projectors, screen

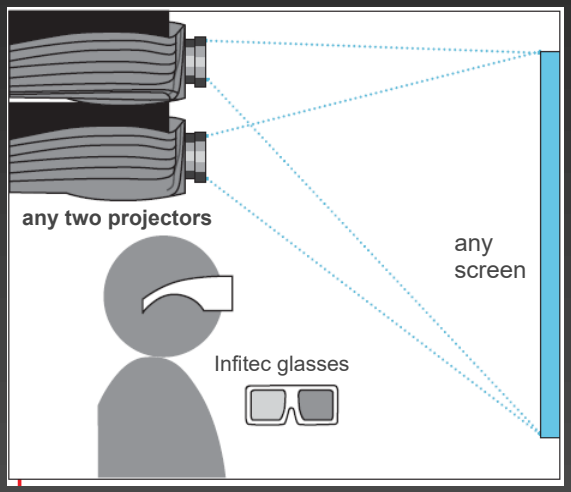
- 2 projectors
- huge color distortion

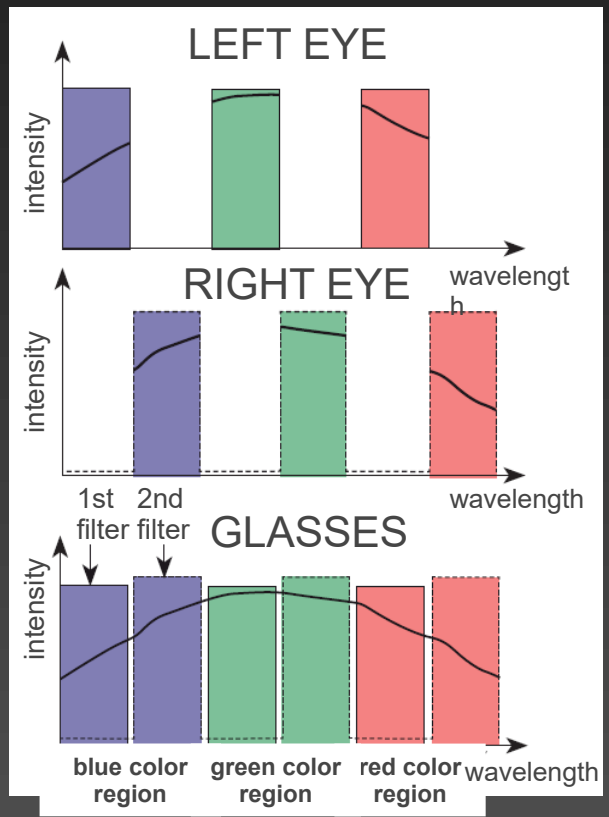




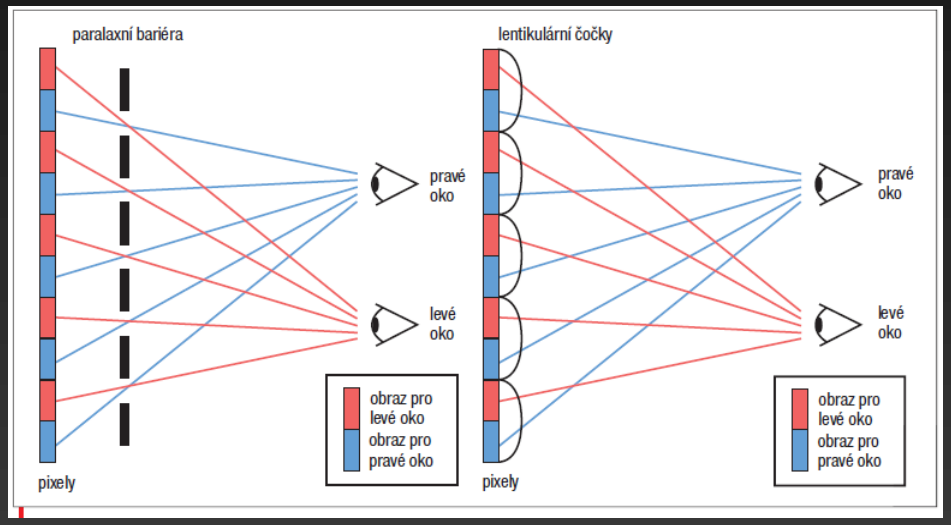
+ Passive glasses
  - lightweight
- standard framerate
- any projectors, screen

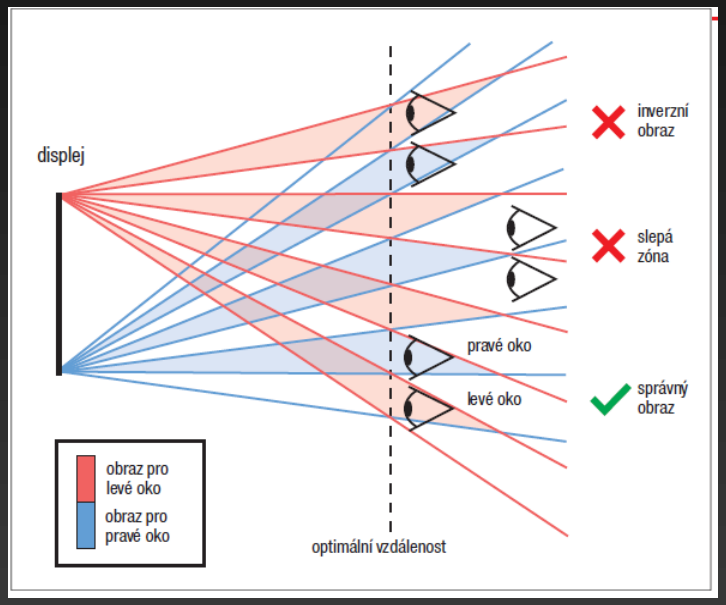
- 2 projectors
- special glasses
- smaller color distortion





3D without glasses





Direct Retinal Projection

- Also known as a virtual retinal display, retinal scan display, retinal projector
- Full virtual depth perception
- Infra-red camera
  - eye tracking, accomodation

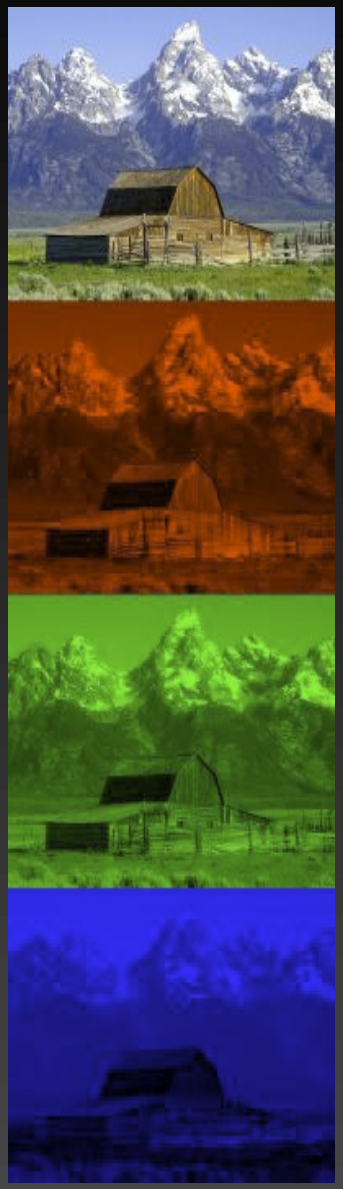
Barevný model RGB

RGB

- nejpoužívanější barevný model
- tři základní barvy
  - RED – červená
  - GREEN – zelená
  - BLUE – modrá
- aditivní míchání barev
- snímání barev
- zobrazení barev
  - ukládání méně

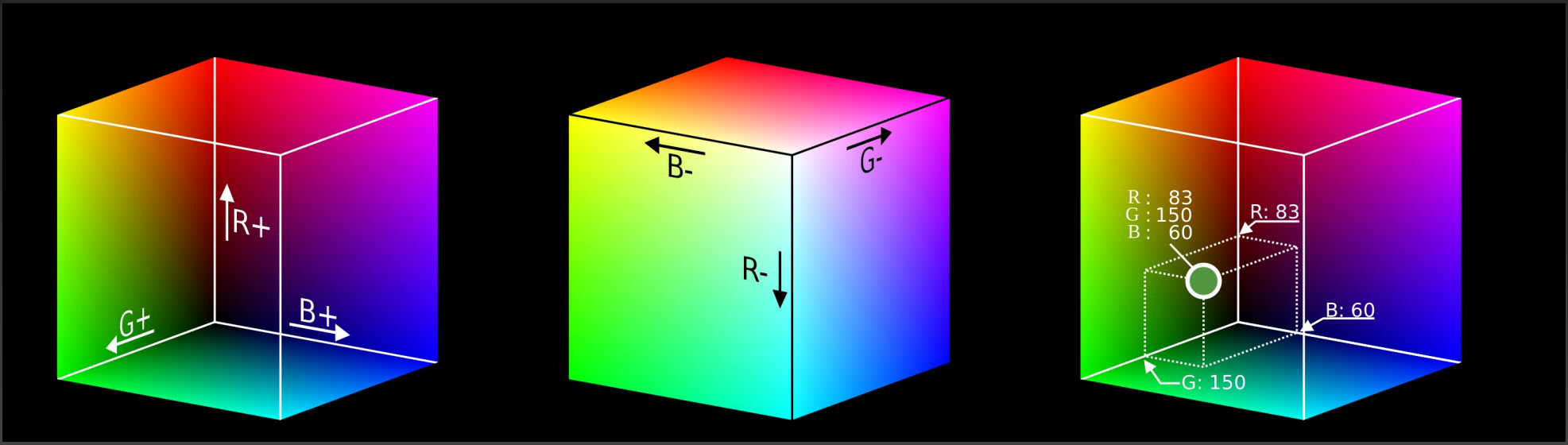
RGB

- rozsah hodnot v jednom barevném kanálu
  - <0,0; 1,0>
- bitová hloubka
  - kvantování spojitého rozsahu
  - 8 bit = 2^8 = 256 <0; 255>
  - 10 bit = 2^{10} = 1024 <0; 1023>



RGB krychle

- Vizualizace barevného prostoru
- Znázorňuje, jak se mění barva při různých hodnotách jednotlivých barevných složek



CMY, CMY(K)

- CYAN - azurová
- MAGENTA - purpurová
- YELLOW - žlutá
- (BLACK – černá)
  - z praktických důvodů (cena, rychlost schnutí, sytost)
- subtraktivní míchání barev
  - výsledek je z vlnových délek, které zbudou po průchodu filtrem (odrazu)
- především pro tisk

RGB → CMY(K)

- obecně obtížné, velmi rozdílné vlastnosti

  (převod přes neutrální prostor)

  - zjednodušeně

$C = 1 - R$

$M = 1 - G$

$Y = 1 - B$

$K = \mathrm{MIN}(C, M, Y)$

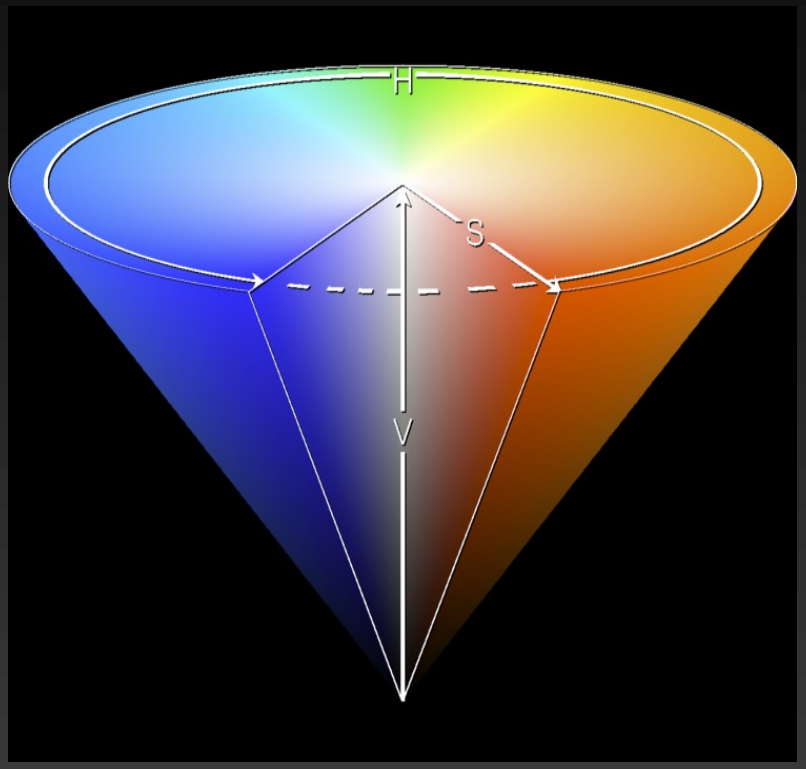
$C' = C - K$

$M' = M - K$

$Y' = Y - K$

HSV

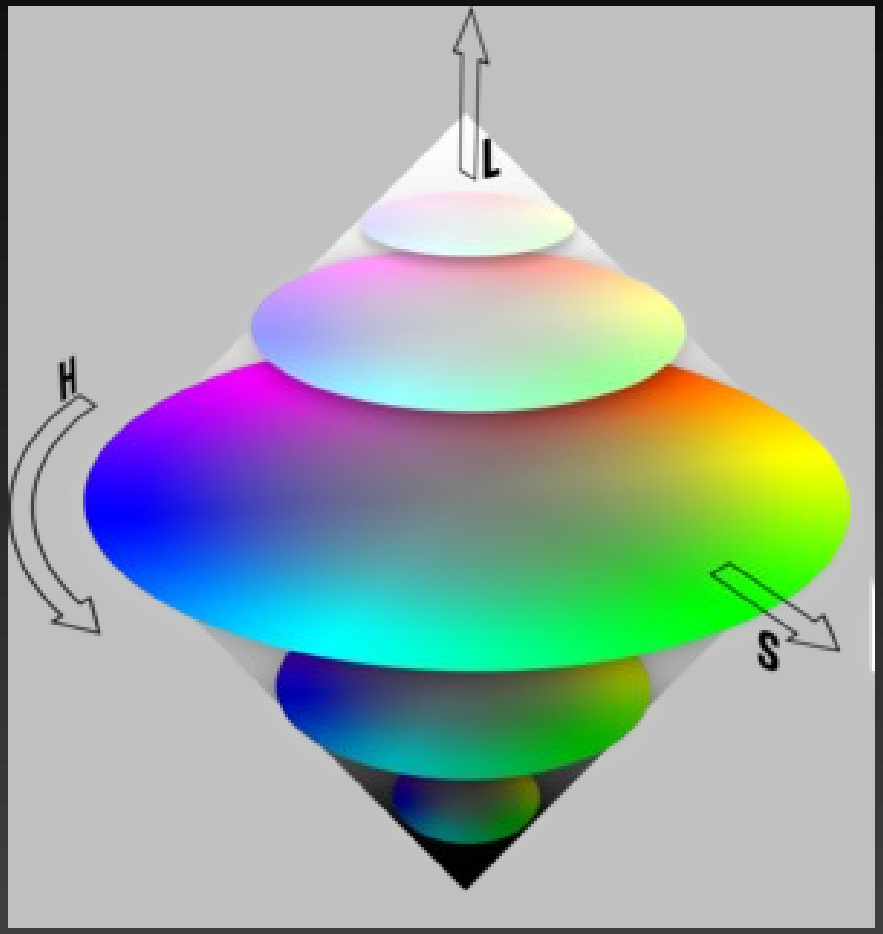
- HUE – barevný tón
- SATURATION - sytost
- VALUE – jas
- slouží pro interaktivní výběr barev
- převod na RGB má podobu algoritmu



- https://www.google.com/search?q=color+picking

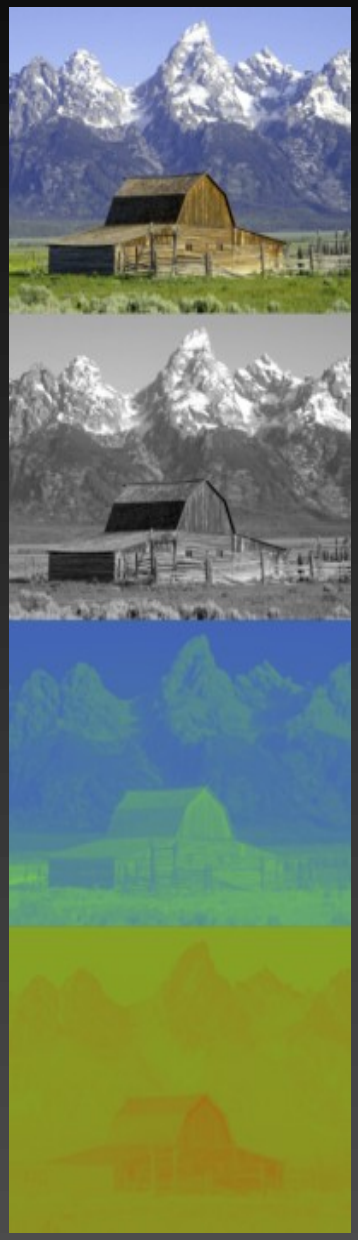
HSL

- HUE – barevný tón
- SATURATION - sytost
- LIGHTNESS – světlost
- Slouží také pro interaktivní výběr barev
- Algoritmus převodu z RGB je podobný převodu RGB na HSV



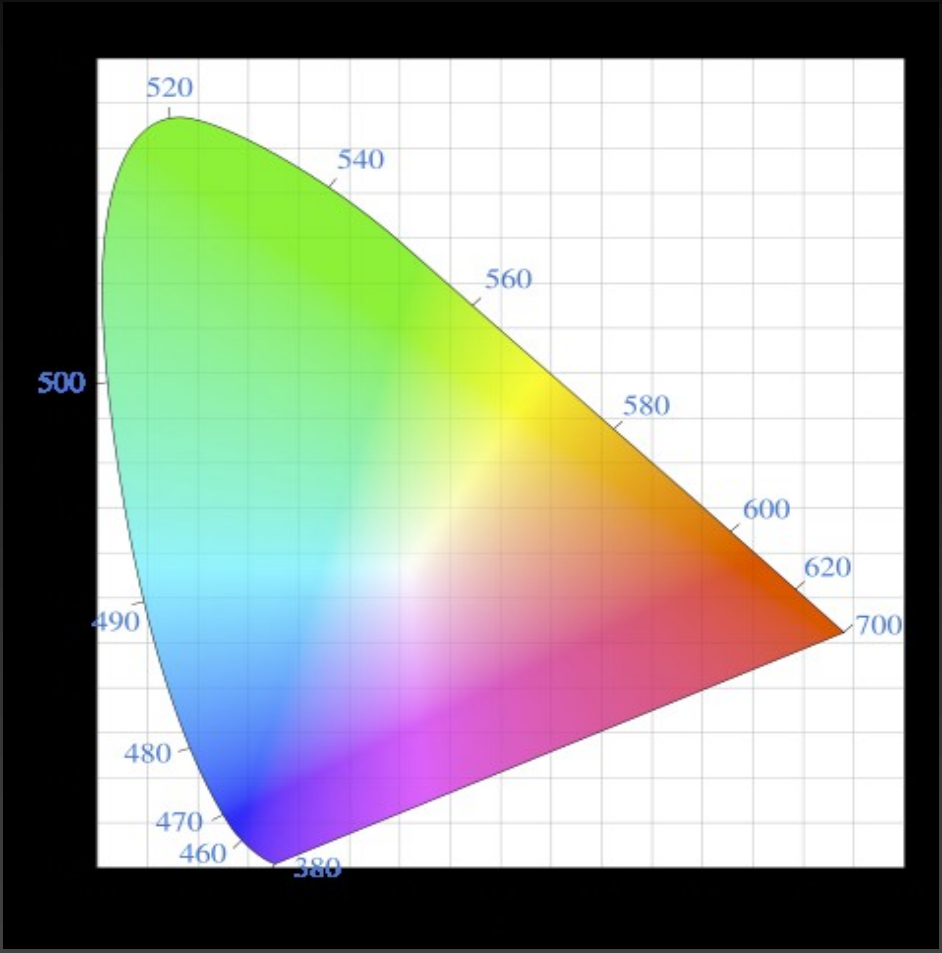
Oddělená jasová složka Y

- Pro snadnější zpracování obrazu
  - více odpovídá vnímání oka
  - umožňuje lepší kompresi
  - nejpoužívanější pro ukládání obrazu
    - JPEG, MPEG, WebM…
- YUV
  - pro přenos v TV normě PAL
  - $Y = 0{,}299.R + 0{,}587.G + 0.114.B$
  - empiricky odvozený vztah (lidské oko)
- YC_BC_R (JPEG,MPEG), YIQ (NTSC), …

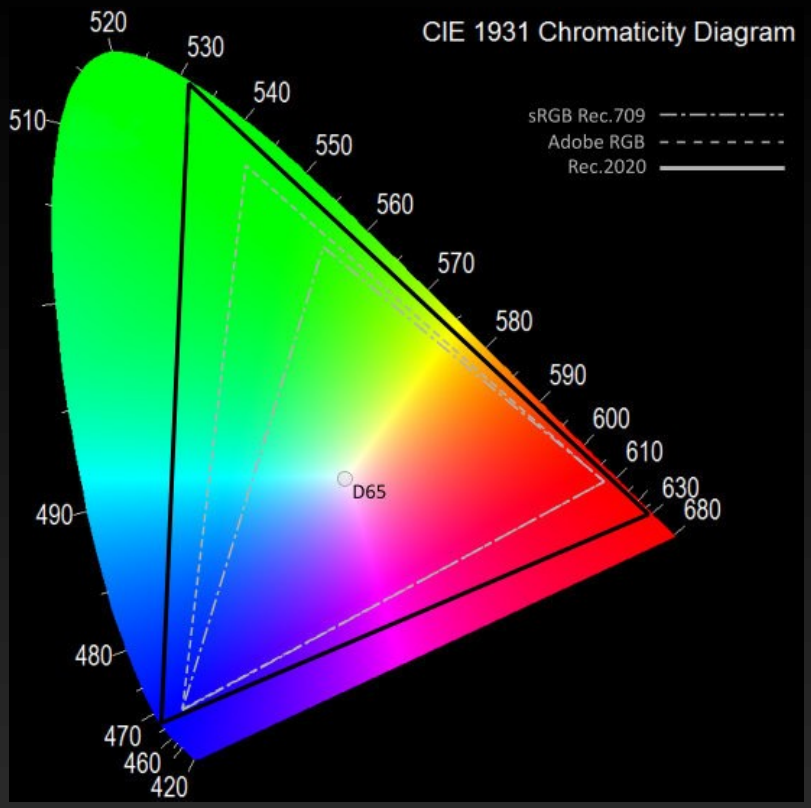


Chromatický diagram CIE XYZ

- abstrakce, matematicky definovaný prostor barev
- nezávislý na lidském vnímání
- obalová spektrální křivka CIE 1931
- CIE xyY, CIE Lab, CIE Luv, …
- míchání barev, reprezentace gamutu (palety), ICC profily, …

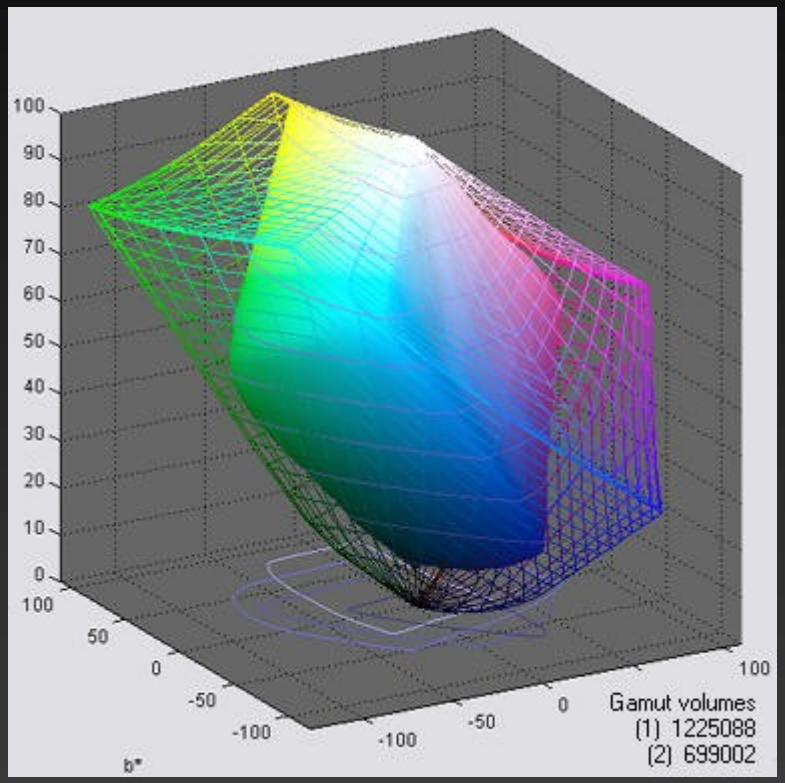


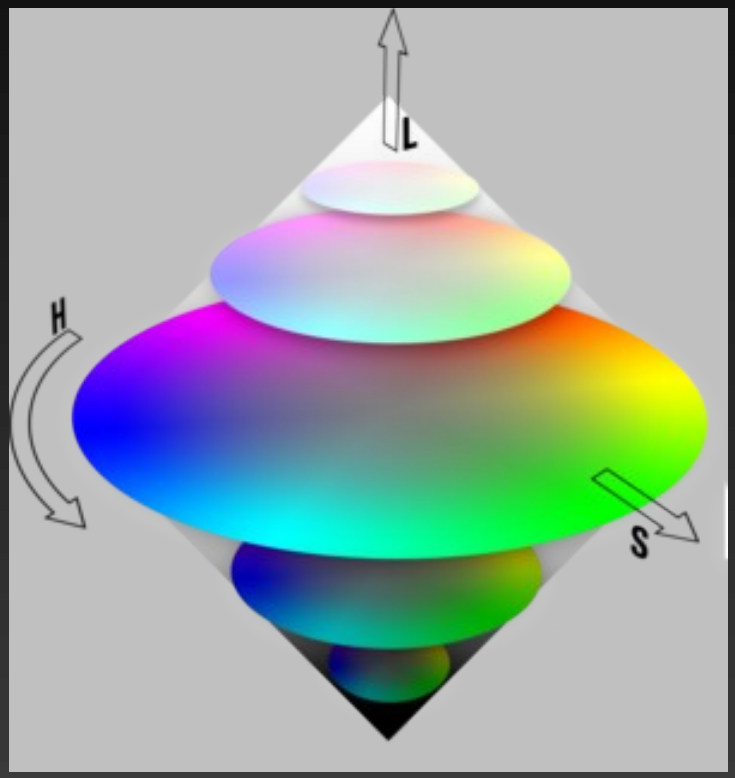
Gamut



- Vyjadřuje jaké barvy je dané zařízení schopné zobrazit případně zaznamenat
- Gamut: 4K TV > LCD > tiskárna (např.)
- sRGB – standard RGB
  - pro domácí a kancelářské použiti
  - přibližně správně i bez ICC
  - 8 bit barvy
- AdobeRGB, BT.709 (HDTV), BT.2020 (UHDTV = 4k) a další...

Vzpomeňte...


100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
100
50
0
-50
-100
b*
-100
-50
0
100
Gamut volumes
(1) 1225088
(2) 699002


L
H
S

Proč kalibrace?

- Zdroj = barevný obrázek R8G8B8
  - RGB, každý kanál 8 bitů, tj. 256 úrovní
- Cíl je tiskárna
  - Úkol: vytiskni pixel, červená = 100%

R=255
G=0
B=0

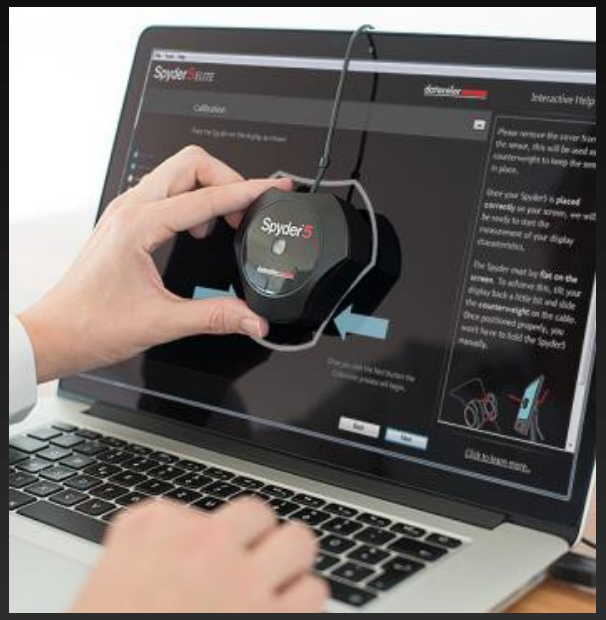
  - Nutná převodní tabulka barev konkrétního zařízení
    - ICC profil, převádí RGB na CIExy a to pak na „inkousty“ zařízení
    - ICC i pro vstup (senzor kamery → CIExy → RGB)

ICC

- Standard pro ukládání barevných rozsahů jednotlivých grafických zařízení (monitory, tiskárny, skenery, atd.)
- Pracují s nimi systémy pro správu barev
  - Windows Color System
  - ColorSync (Mac OS X)
  - colord (Linux)

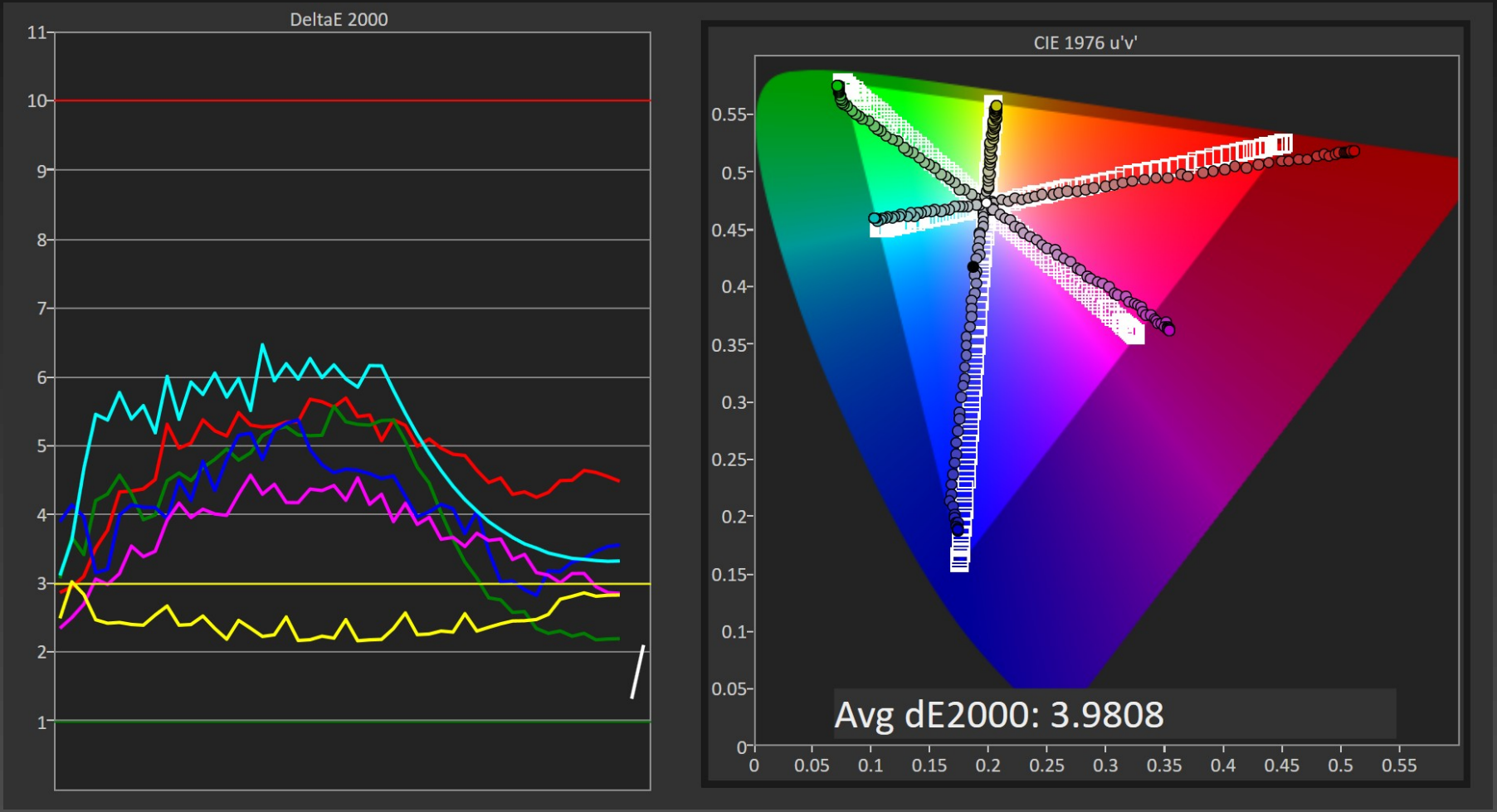
Kalibrace

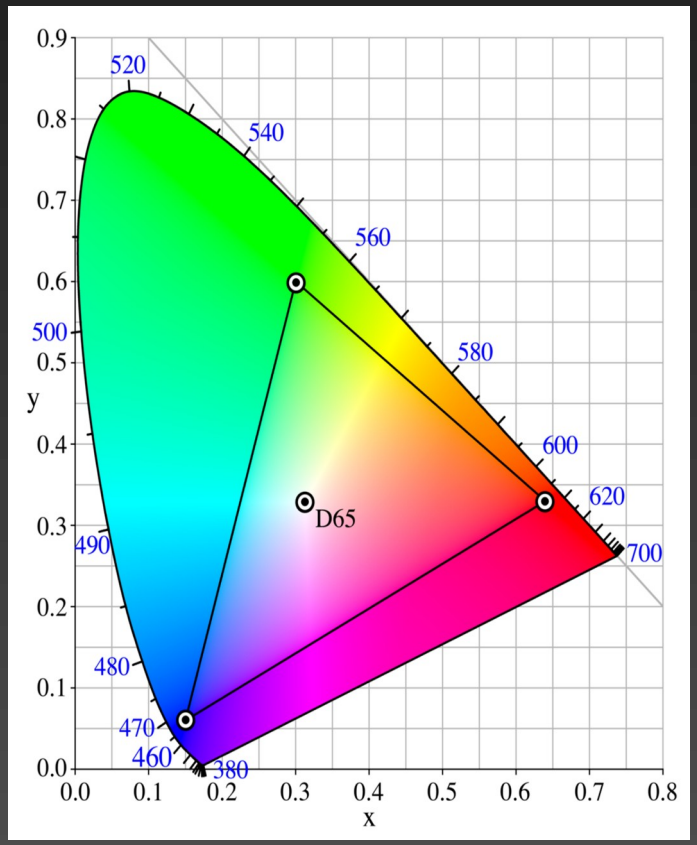
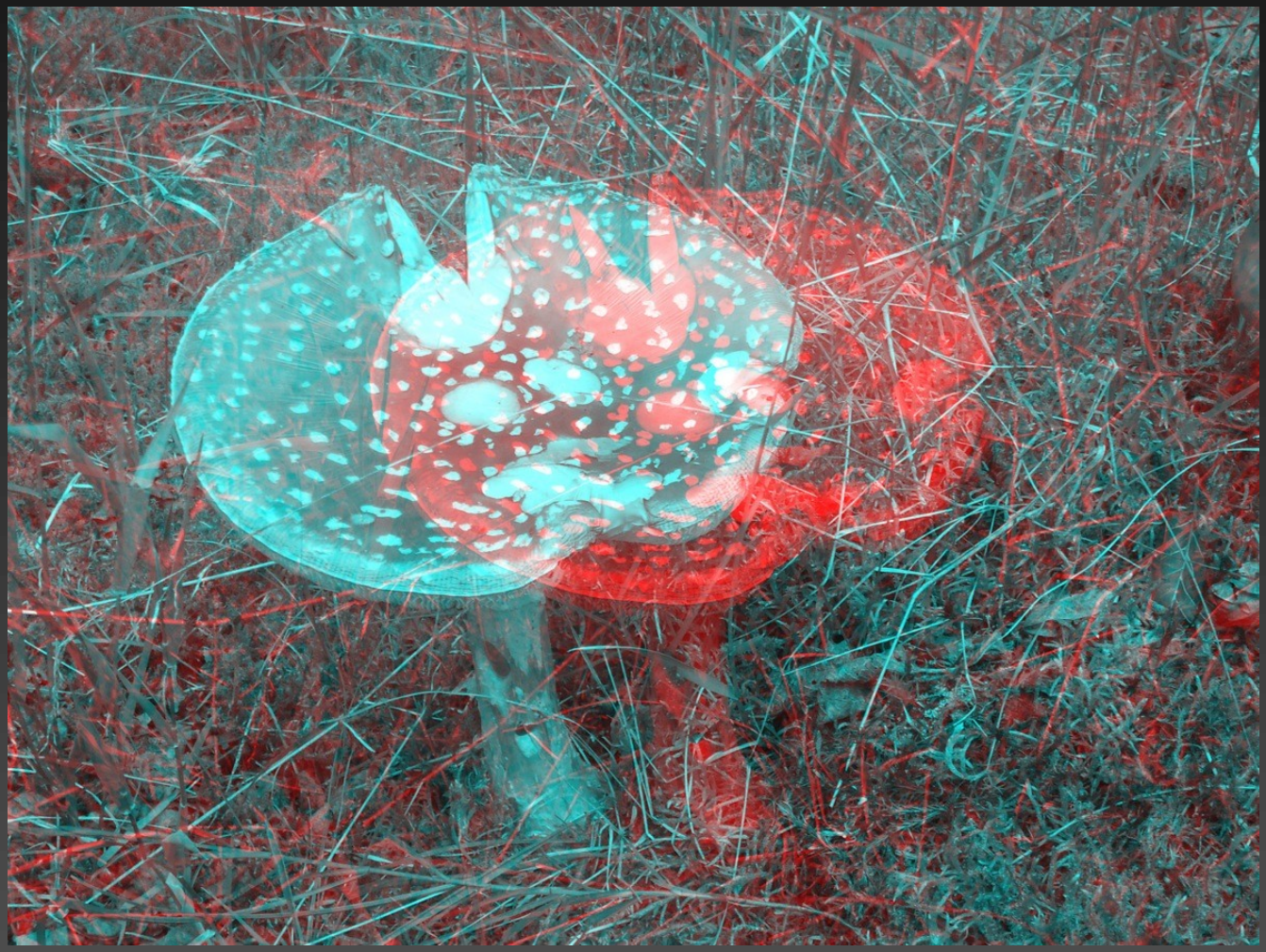
- závisí na osvětlení
- ICC profil od výrobce
- kalibrační sonda
  - vytvoří vlastní ICC profil
  - věrné zobrazení barev
  - monitor
    - finančně (ne)náročné
  - tiskárna
    - finančně náročné
    - fotopapír
- Od oka



Delta-E (dE) = rozdíl barev

- dE = 1 je nejmenší viditelný rozdíl
- kalibrací je snaha minimalizovat dE



Demo (?)

http://www.echalk.co.uk/amusements/OpticalIllusions/colourPerception/colourPerception.html