

Barva, barevné obrazy a správa barev

Václav Hlaváč

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická, katedra kybernetiky
Centrum strojového vnímání

<http://cmp.felk.cvut.cz/~hlavac>, hlavac@fel.cvut.cz

Poděkování: K. Ikeuchi, T. Darrell, T. Muenzer, L. Cerman za inspiraci a některé obrázky.

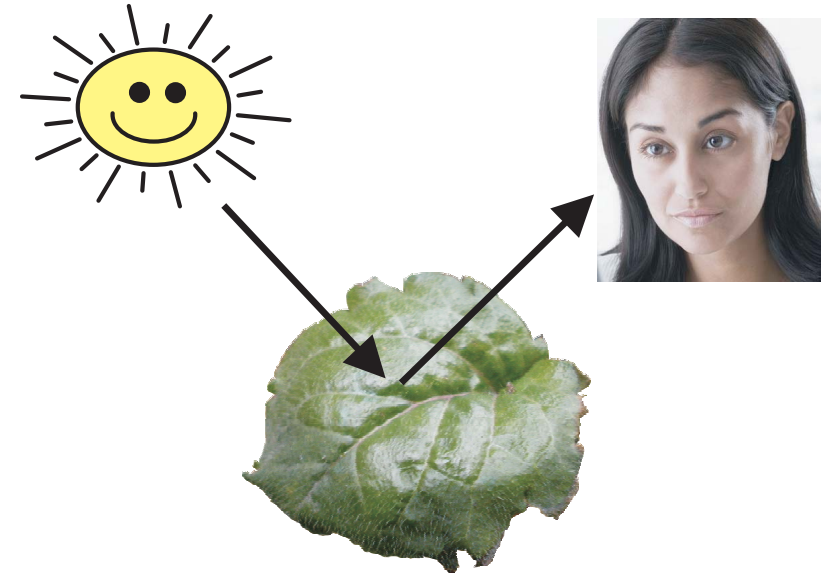
Osnova přednášky:

- ◆ Barva, souhra tří jevů.
- ◆ Barva, fyzikální podstata.
- ◆ Barva, subjektivní vjem.
- ◆ Barevný trojúhelník.
- ◆ Barevné prostory.
- ◆ Správa barev.

Barva

Barva popisuje vjemy vznikající souhrou tří jevů:

- ◆ Barva souvisí s vlastnostmi pozorovaného objektu.
- ◆ Barva souvisí se zdroji osvětlení scény a jejich vlastnostmi.
- ◆ Barva souvisí s mechanismy vnímání člověkem.



Barva charakterizuje vjem pozorovatele na základě (viditelného) záření původně přicházejícího ze světelného zdroje (směs záření o různých vlnových délkách) a změněného díky vlastnostem pozorovaných objektů.

Barva a její využití

Barva se studuje v několika disciplínách:

- ◆ Fyzika.
 - ◆ Lidské vidění. Fyziologie.
 - ◆ Psychofyzika, vnímání.
 - ◆ Počítačové vidění.
 - ◆ Malba, fotografie, film, počítačová grafika.
-

Barva v analýze obrazu

- ◆ Pořízení obrazu, odraz a prostup světla z fyzikálního hlediska.
- ◆ Segmentace, tj. rozdělení obrazu na oblasti se smysluplným významem.
- ◆ Vyhledávání obrazu, např. v databázi obrazů.

Subjektivní vnímání barvy

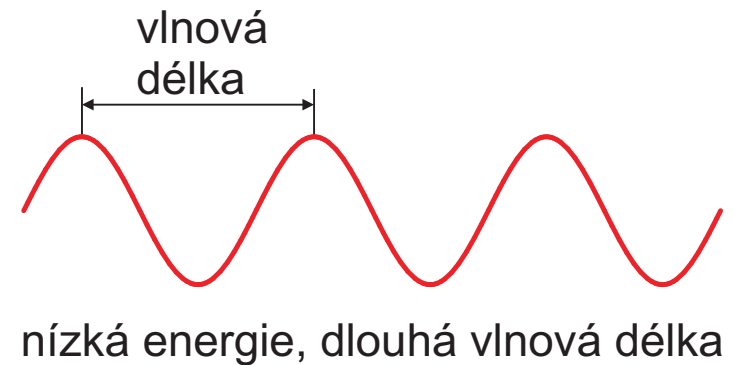
- ◆ Vnímání barvy člověkem přidává subjektivní vrstvu nad objektivní fyzikální pozorování, tj. **vlnovou délku** elektromagnetického záření.
 - ◆ Barva tedy představuje **psychofyzikální jev**.
 - ◆ Sama o sobe barva neexistuje, jde o lidský vjem.
-
- ◆ Lidský vizuální systém není příliš přesným **absolutním** měříčem barvy.
 - ◆ Pokud chceme barvu vyjádřit přesněji, činíme tak **relativně** vůči nějakému standardu (často běžnému objektu), např. červený jako hasičská stříkačka.

Správa barev, neformálně

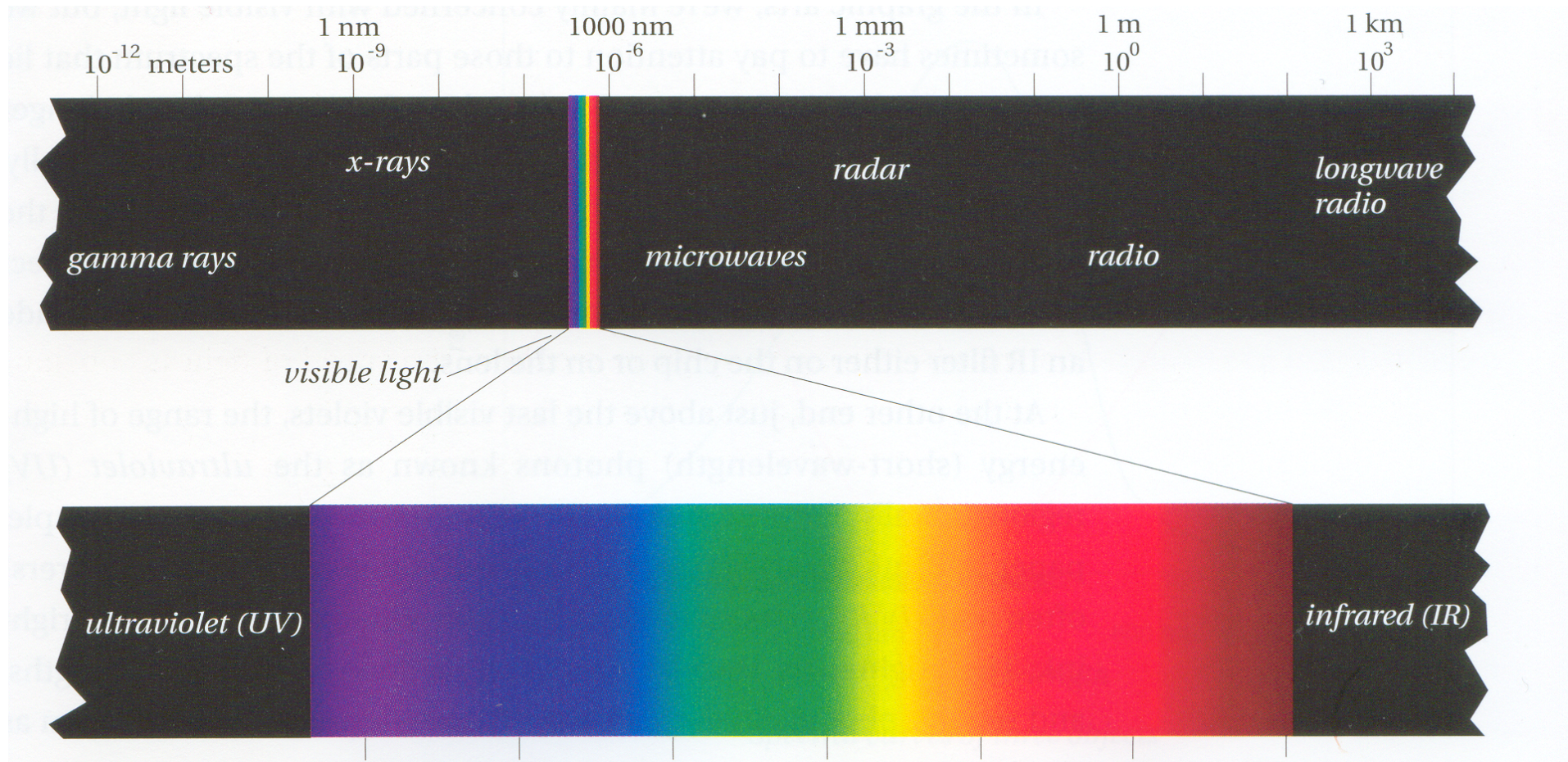
- ◆ Správa barev dovolí zajistit, aby barvy vypadaly přirozeně a velmi podobně na různých zobrazovacích a tiskových zařízeních.
 - ◆ Správa barev se opírá o způsob, jakým člověk vnímá barvy.
 - ◆ Vnímání barev člověkem je potřebné kvantifikovat.
-
- ◆ Nejdříve si vysvětlíme: (a) co je barva, (b) jak ji člověk vnímá a (c) jak se barva kvantifikuje.
 - ◆ Potom budeme moci vysvětlit, **jak zajistit věrný přenos barvy mezi zařízeními**. K tomu slouží barevné profily zařízení.

Fotony a vlny

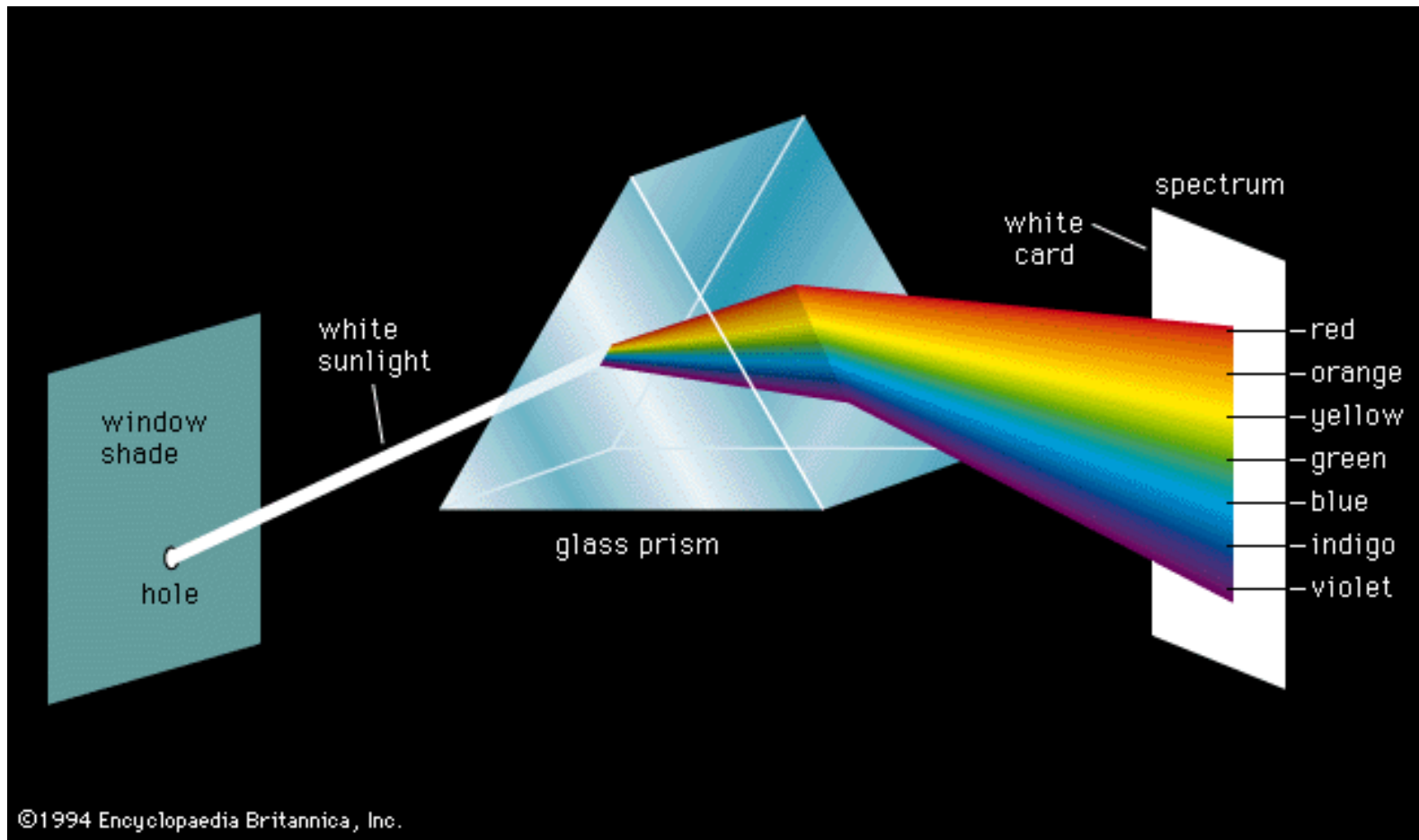
- ◆ Světlo se v některých experimentech chová jako částice (Isaac Newton) a někdy jako vlna (Christian Huygens).
- ◆ Rozpor vyřešila až kvantová mechanika (Max Planck, Albert Einstein) zavedením pojmu foton.
- ◆ Foton si lze představit jako pulsující kvantum energie šířící se prostorem (rychlostí světla ve vakuu).
- ◆ Každý foton nese určitou energii, která určuje, jak rychle foton pulsuje, což odpovídá vlnové délce fotonu.



Spektrum záření

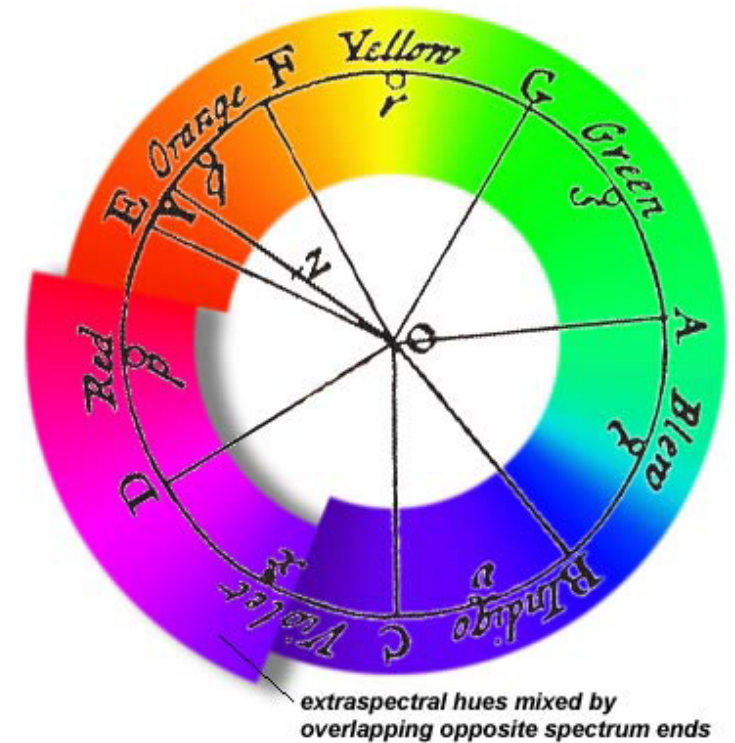


Barevné spektrum



Některé Newtonovy výsledky

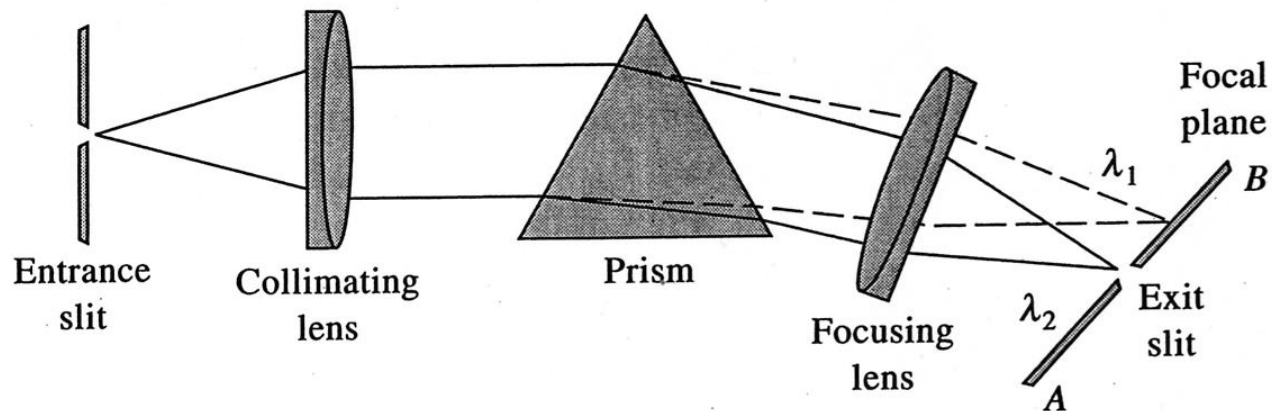
- ◆ Isaac Newton (1642-1727) studoval podstatu světla pomocí skleněného hranolu.
- ◆ Na konci 60. let 17. století objevil, že bílé světlo je multispektrální směs. (Chybně si myslel, že je sedm základních barev.)
- ◆ Ve své době byly Newtonovy myšlenky radikální a obecně nepřijímané. Ještě o 100 let později vlivní vědci a filozofové vysvětlení odmítali uvěřit, např. Johann Wolfgang Goethe (1749-1832).
- ◆ Newton navrhl barevný kruh pro předvídání, jak bude barva vypadat po smíchání ze základních barev (pomocí lineární kombinace).



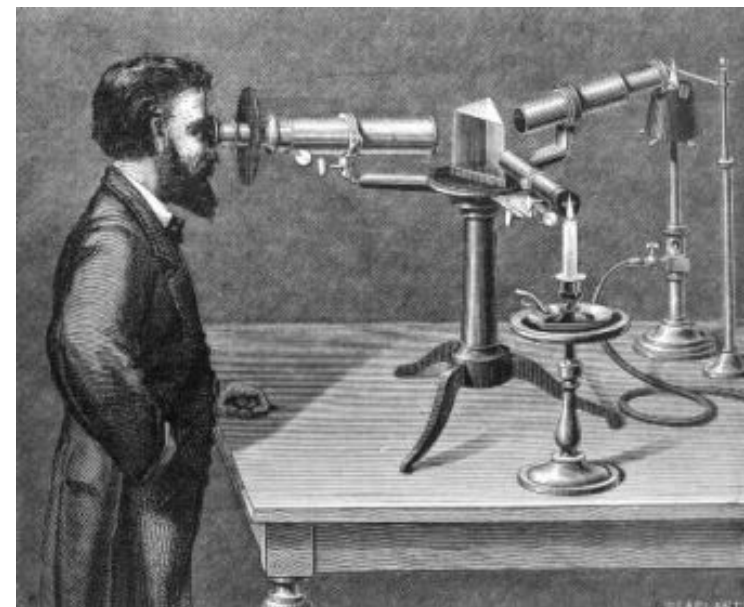
Newtonův kruh (1709).

Velká písmena odpovídají notám v diatonické hudební stupnici.

Měření barevného spektra

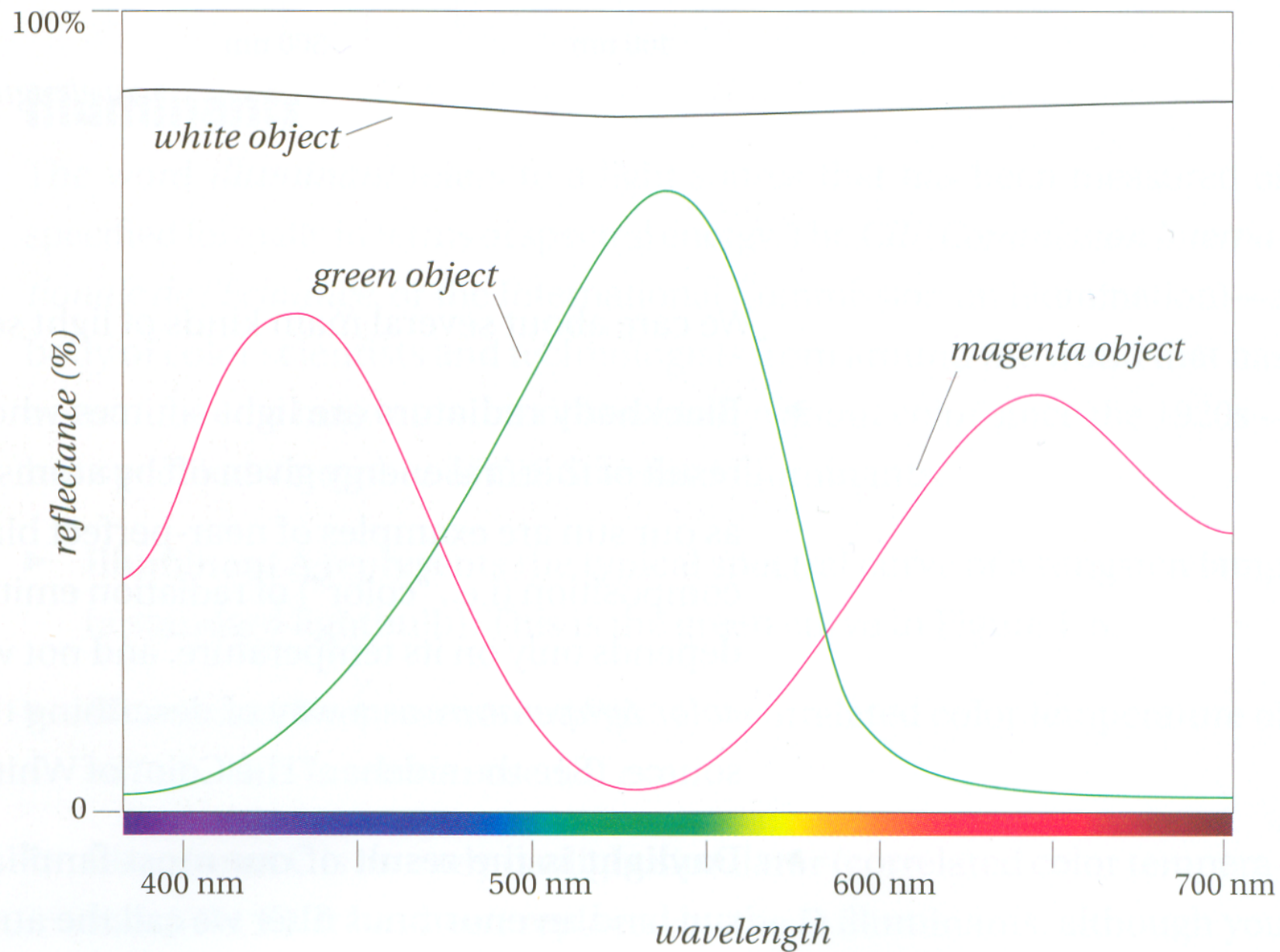


Princip Bunsenova monochromátoru.

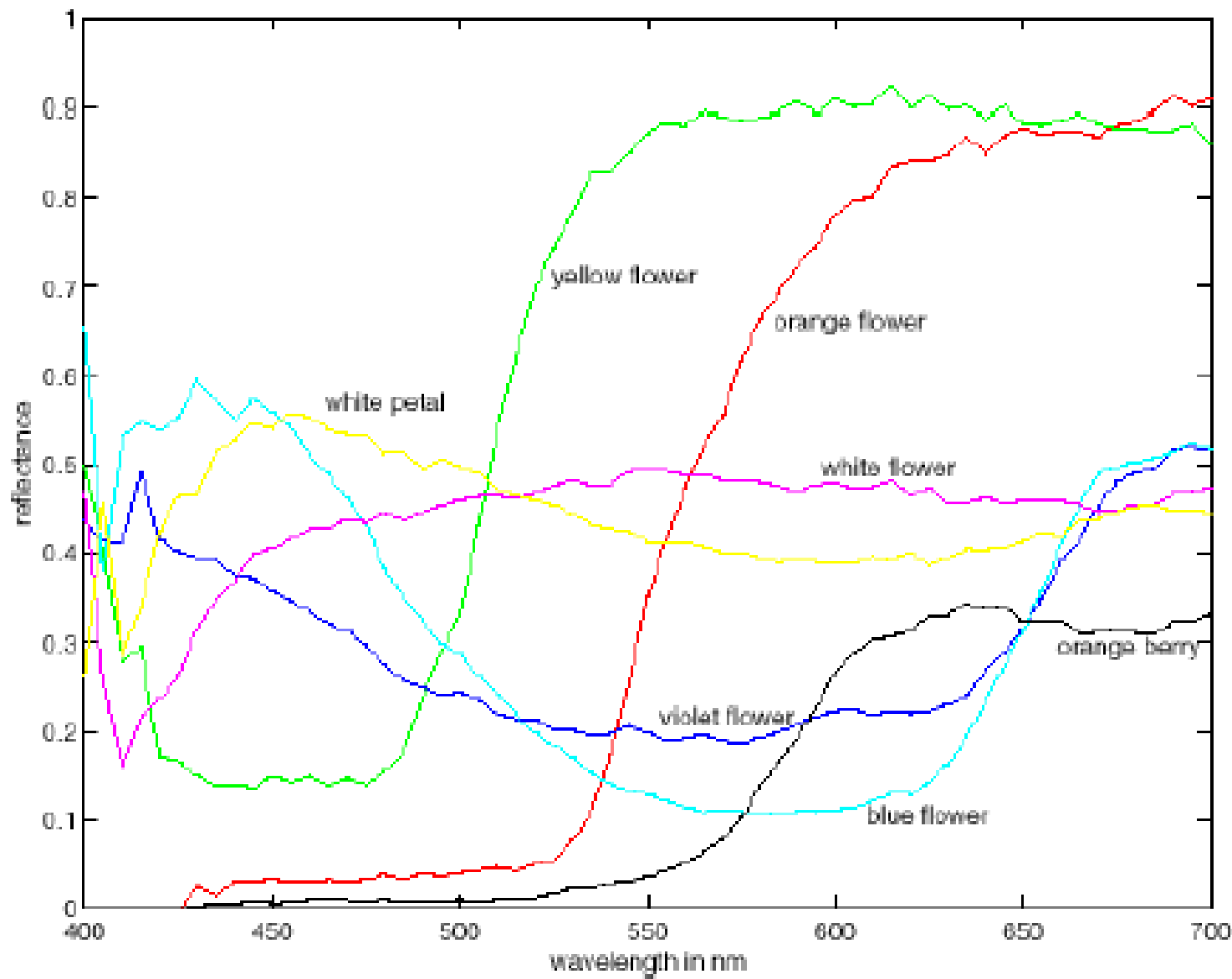


Bunsenův-Kirchhoffův spektrometr (1859).

Spektrální křivky tří různých objektů



Příklad: spektrální odrazivost květin



Spectral albedoes for several different leaves, with color names attached. Notice that different colours typically have different spectral albedo, but that different spectral albedoes may result in the same perceived color (compare the two whites). Spectral albedoes are typically quite smooth functions. Measurements by E.Koivisto.

Barva z fyzikálního hlediska

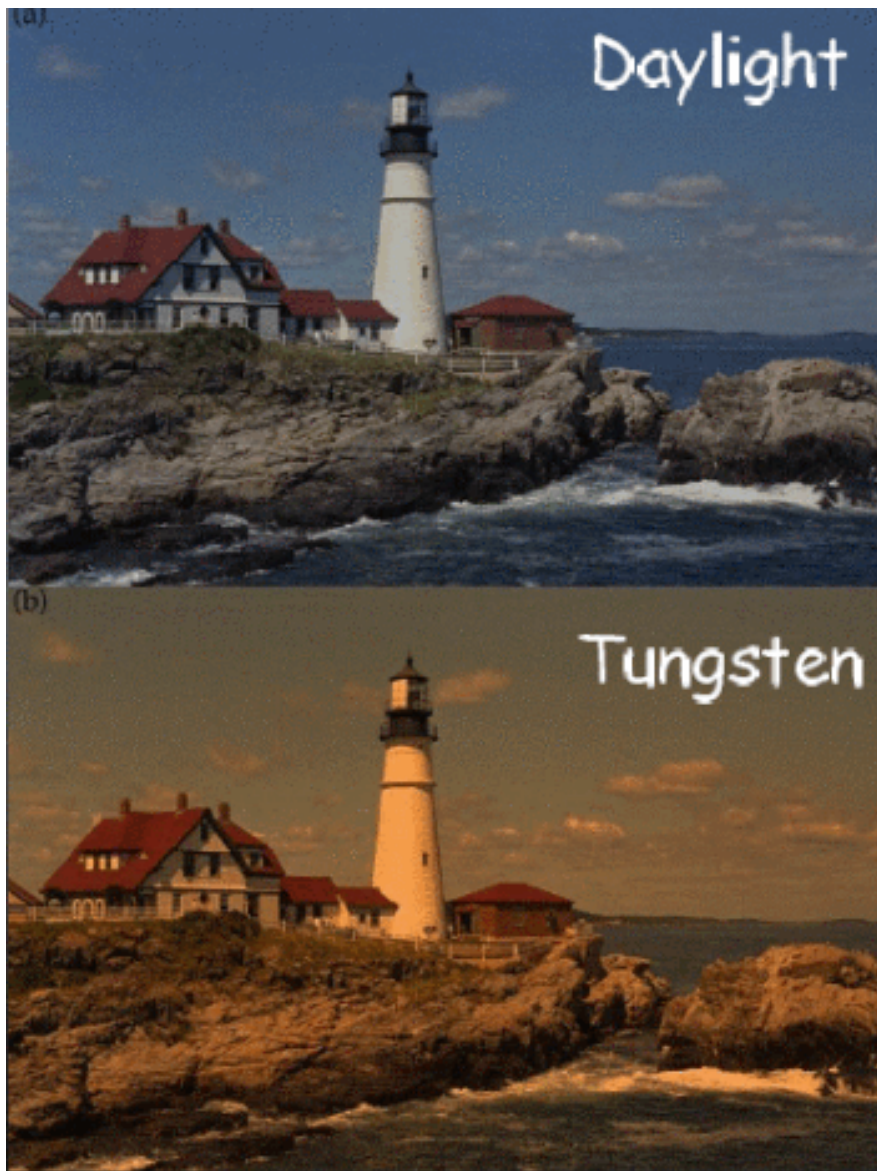
- ◆ Světlo = elektromagnetické záření.
- ◆ Senzory nemají přímý přístup k barvě, tj. vlnové délce λ .
Výjimka: monochromátor nebo spektrometr.
- ◆ Odezva senzoru v rozsahu vlnových délek $[\lambda_1, \lambda_2]$

$$s = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} s(\lambda) r(\lambda) d\lambda, \quad \text{kde}$$

$r(\lambda)$ je spektrální citlivost senzoru,

$s(\lambda)$ je spektrum světla.

Vliv osvětlení



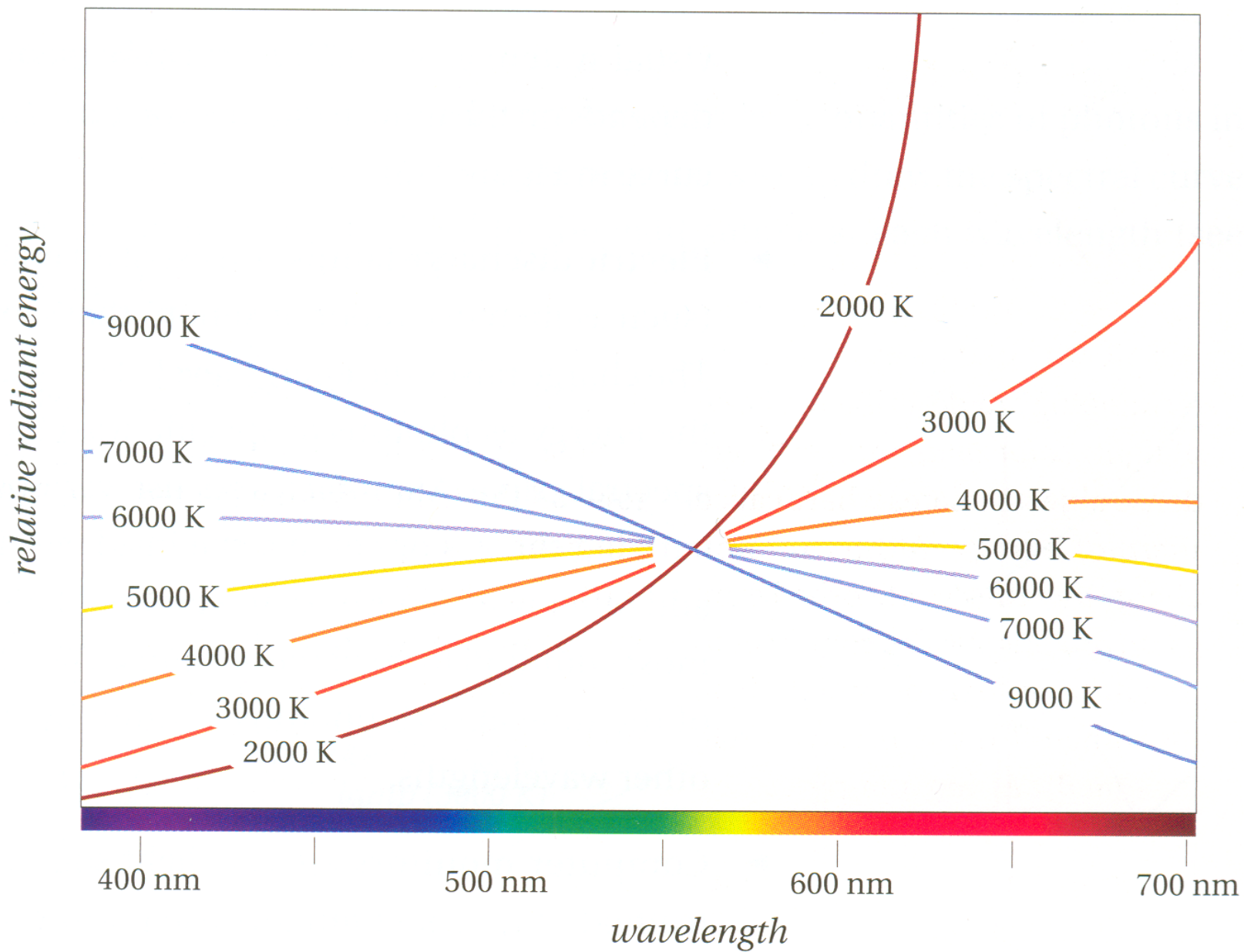
Vliv osvětlení (2)



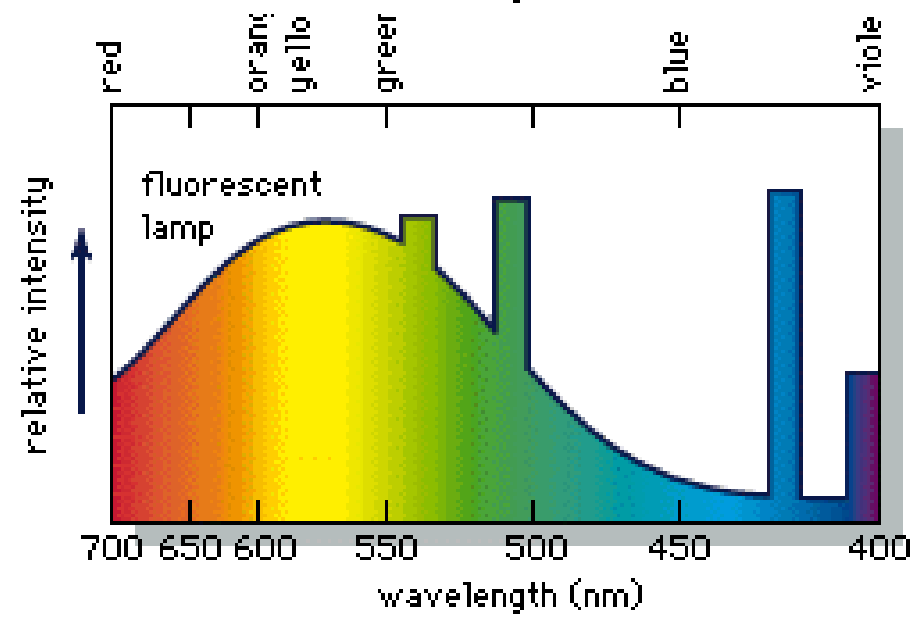
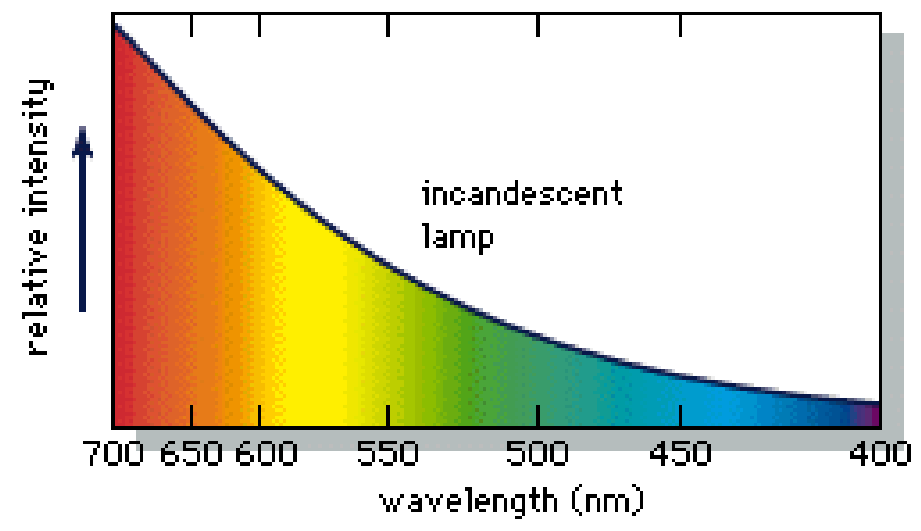
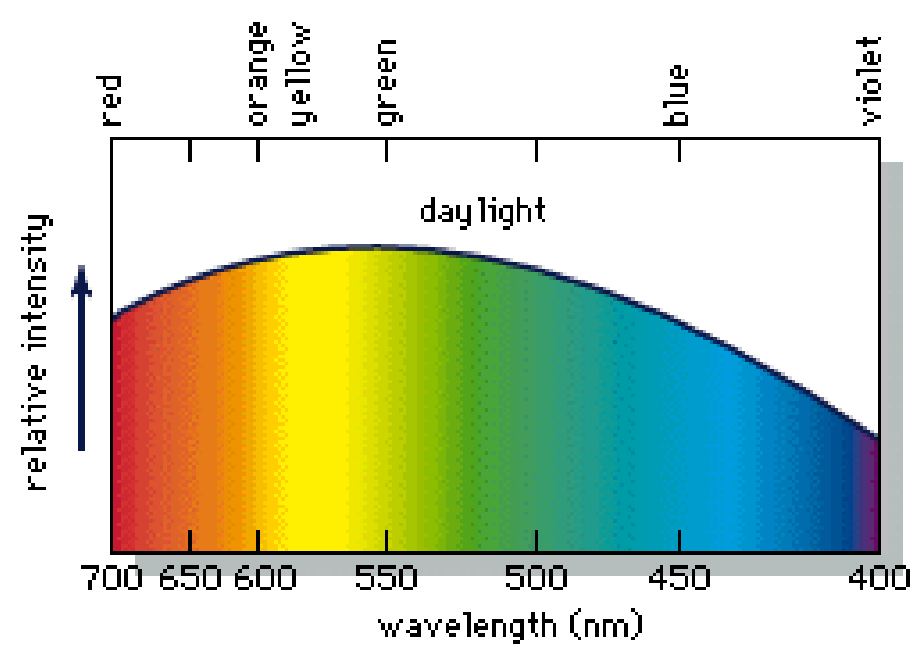
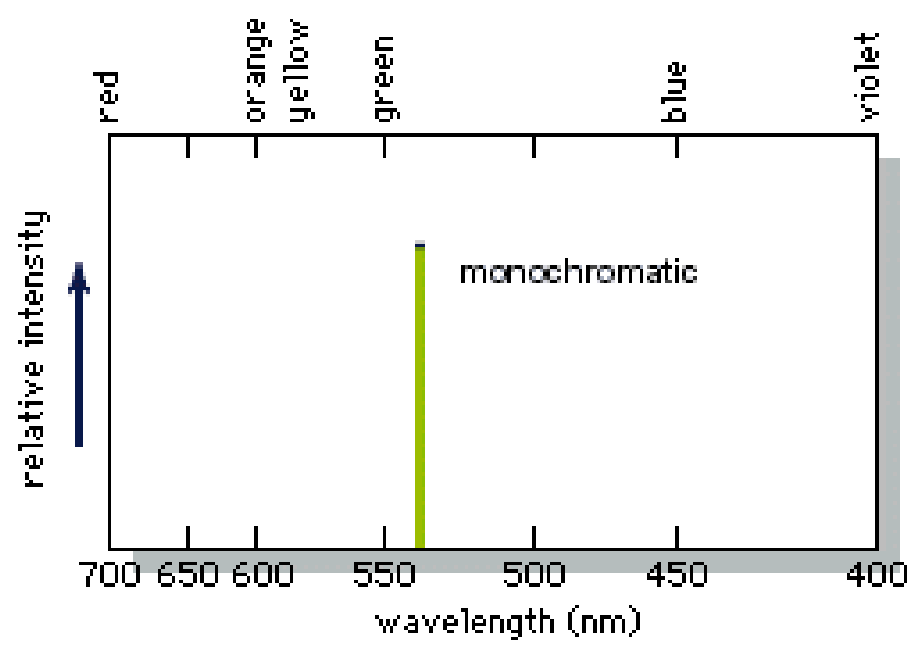
Zdroje světla, fyzikálně

- ◆ **Ideální zářič, černé těleso** – světlo je vyzařováno na základě tepelné energie atomů. Přibližně: žárovka s horkým vláknem, hvězdy, např. Slunce. Spektrum světla závisí pouze na teplotě \Rightarrow pojem: barevná teplota.
- ◆ **Denní světlo** – záření Slunce (černé těleso) silně filtrované zemskou atmosférou. Pro toto osvětlení se vyvinulo lidské vidění, a proto je důležité pro fotografování.
- ◆ **Elektrická výbojka** (spec. případ zářivka) – plyn (např. rtuť, xenon) excitovaný elektrickým nábojem vysílá světelnou energii. Ve spektru jsou výrazné špičky.
- ◆ **Počítačové monitory** - vakuové, LCD, plasma, LED ...

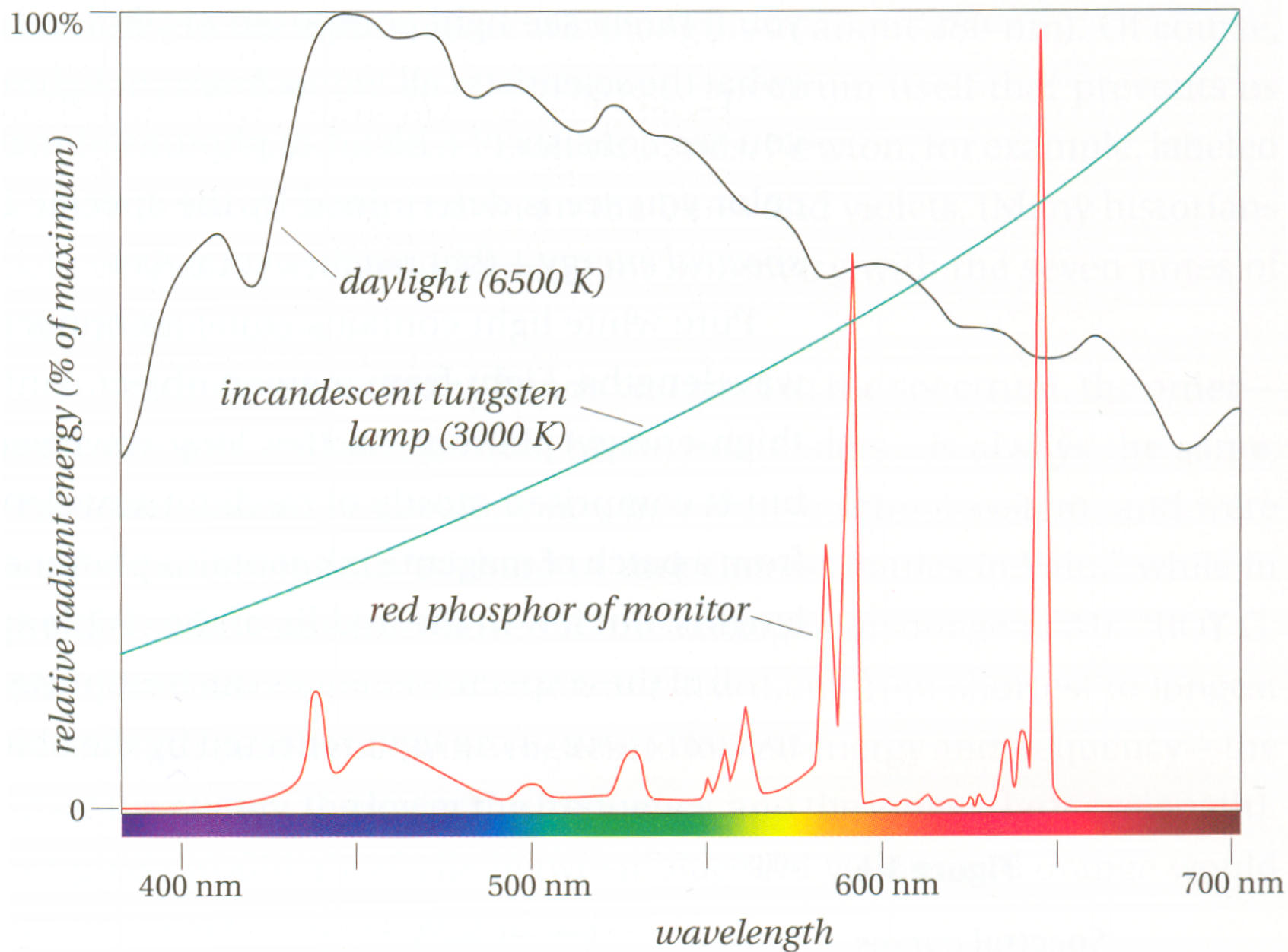
Spektra podle teploty



Spektrum zdrojů světla, kvalitativně



Změřená spektra zdrojů světla

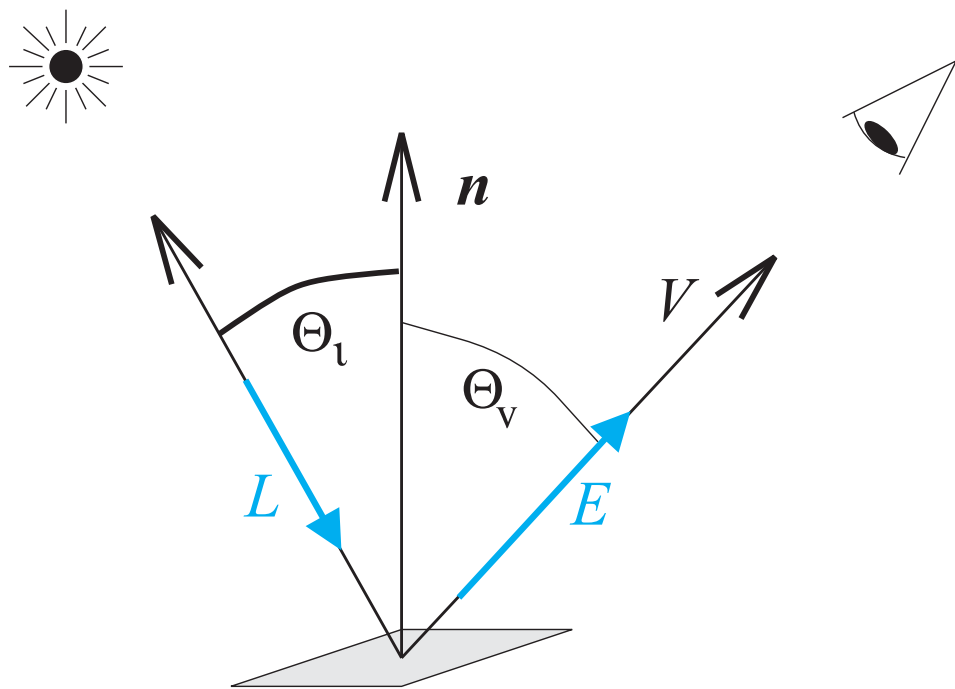


Normalizované osvětlovače podle CIE

CIE = Commission Internationale de l'Eclairage.

- ◆ **Osvětlovač A** – typické spektrum obyčejné žárovky s wolframovým vláknem (zelená křivka na předchozí průsvitce).
- ◆ Osvětlovač B – sluneční světlo při teplotě 4874 K. Používá se zřídka.
- ◆ Osvětlovač C – starší model denního světla pro teplotu 6874 K. Nyní převážně nahrazen osvětlovačem D.
- ◆ **Osvětlovač D** – řada osvětlovačů modelující různá denní světla. Nejčastější D50 (pro teplotu 5000 K) a D65 (pro teplotu 6504 K). Příklady viz příští průsvitka.
- ◆ Osvětlovač E – “celková energie”, má teoretický význam při výpočtech.
- ◆ **Osvětlovač F** – modeluje osvětlovače s fluorescencí. Nejčastěji jsou používané F2, F3, . . . , F12.

Radiometrie, malé opakování



- ◆ L – zář.
- ◆ E – ozáření.
- ◆ \mathbf{n} – úhel normály k povrchu.
- ◆ V – směr k pozorovateli.

Bidirectional Reflectance Distribution Function, Dvojsměrová distribuční funkce odrazivosti

$$BRDF = f(\Theta_i, \Phi_i, \Theta_e, \Phi_e) = \frac{dL(\Theta_i, \Phi_i)}{dE(\Theta_e, \Phi_e)}$$

Radiometrie pro případ barvy

- ◆ Všechny definice se změny tak, že jsou vyjádřeny v jednotkách “na jednotku vlnové délky”.
- ◆ Všechny veličiny mají přívlástek “spektrální”.
- ◆ Zář se stává **spektrální září** [watt na čtvereční metr a jednotku vlnové délky].
- ◆ Ozáření se stává **spektrálním ozářením** [watt na čtvereční metr a jednotku vlnové délky].

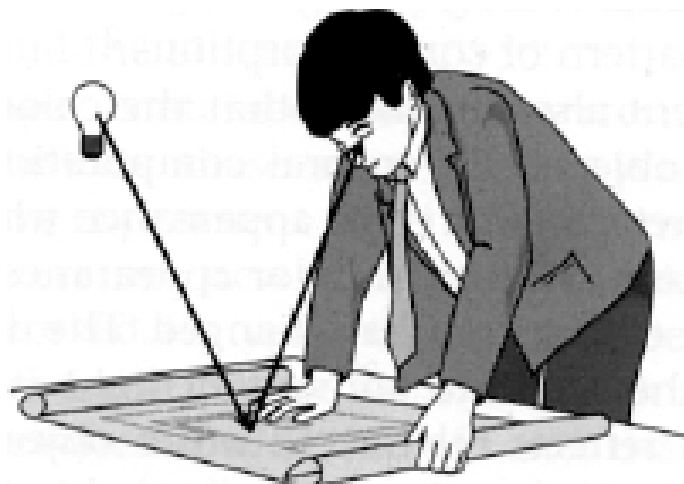
Radiometrie pro barvu (2)

- ◆ Ve dvojsměrové distribuční funkci odrazivosti (BRDF) se objeví závislost na vlnové délce λ [m].
- ◆ L se stává **spektrální září**.
- ◆ E se stává **spektrálním ozářením**.

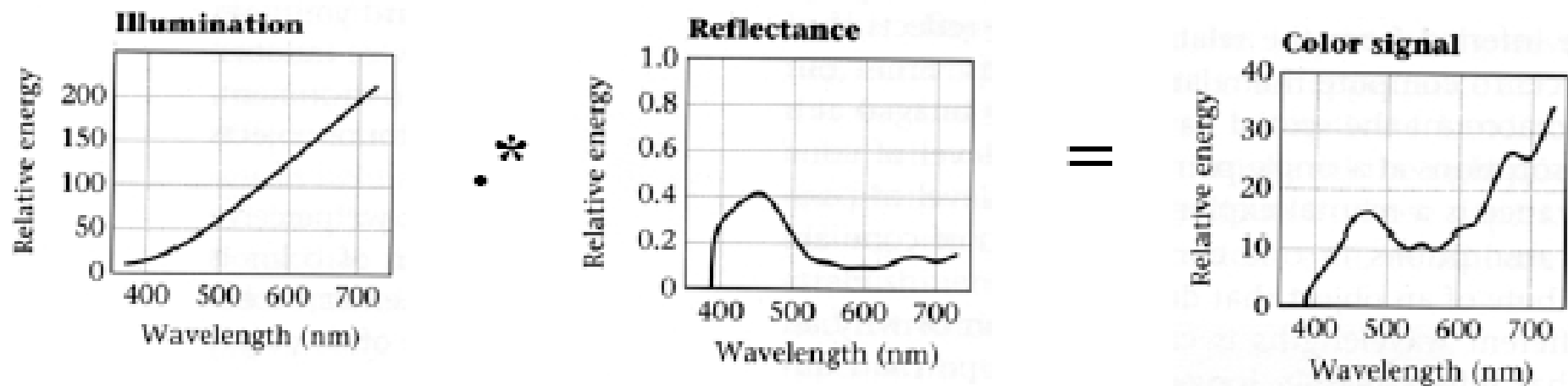
$$BRDF = f(\Theta_i, \Phi_i, \Theta_e, \Phi_e, \lambda) = \frac{dL(\Theta_i, \Phi_i, \lambda)}{dE(\Theta_e, \Phi_e, \lambda)}$$

V počítačovém vidění se často používají zjednodušené modely, které **místo absolutních měření používají relativně vyjádřené veličiny**.

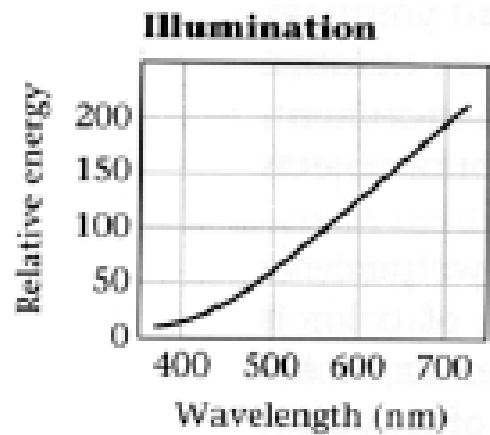
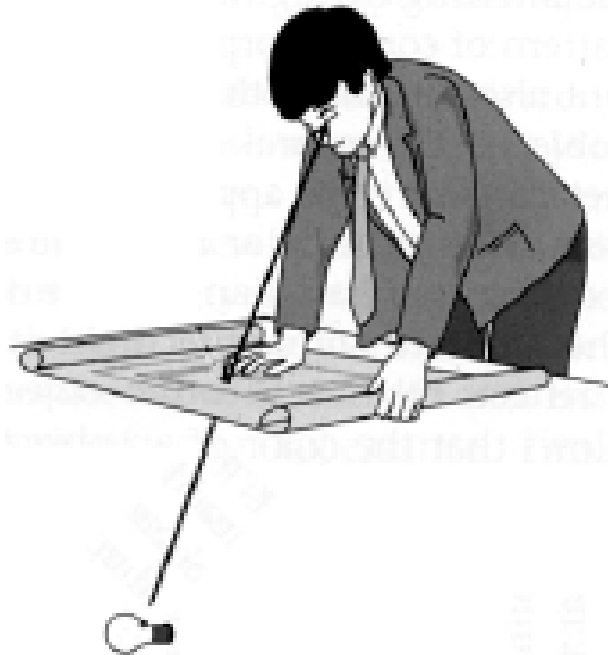
Součinitel odrazivost



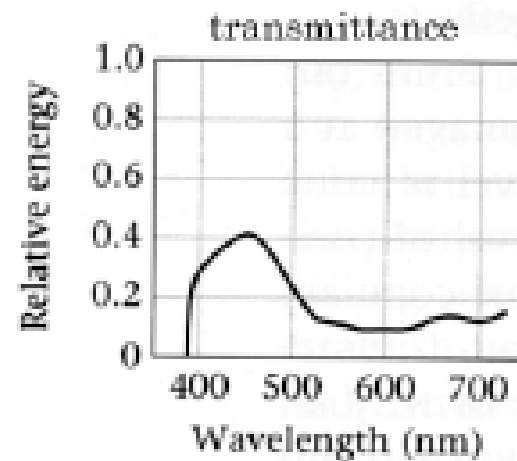
Often are more interested in relative spectral composition than in overall intensity, so the spectral BRDF computation simplifies a wavelength-by-wavelength multiplication of relative energies.



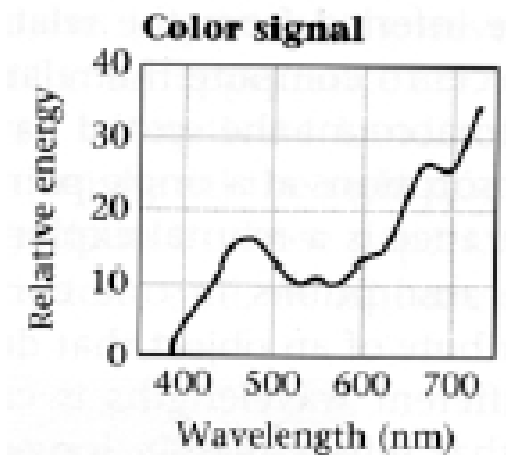
Součinitel propustnosti



• *



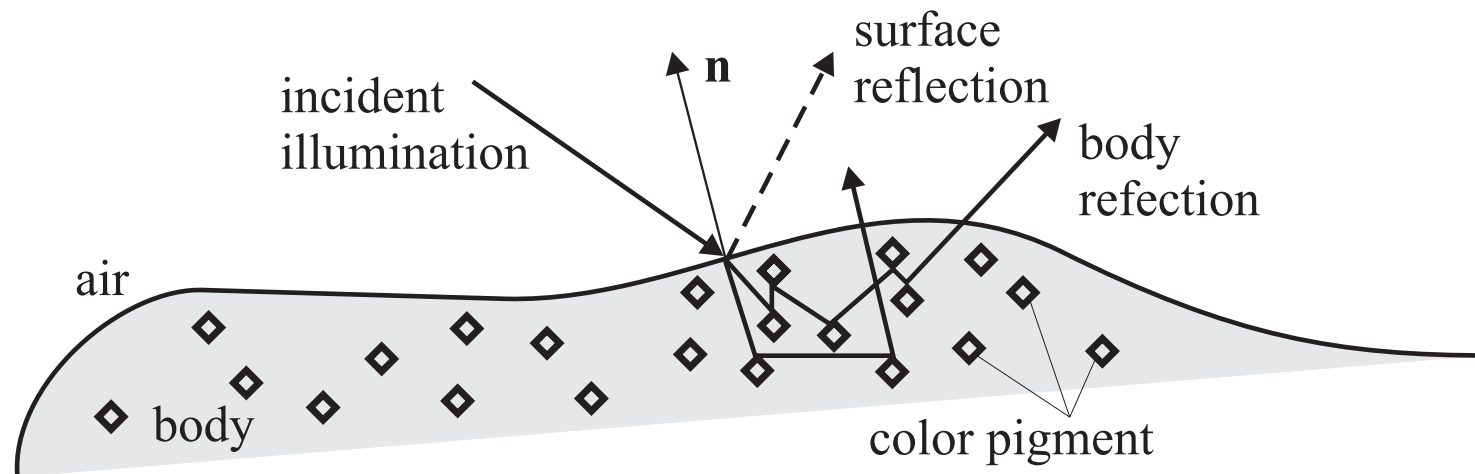
=



Proč vidíme objekty barevně?

- ◆ **Odraz z povrchu** se chová jako zrcadlo. Model se hodí pro kovy. Téměř nemá vliv na spektrum. “Kovy nemají barvu.”
- ◆ **Odrazy uvnitř objektu** převládají v dielektrických, především u plastů a barev (ve smyslu – k natírání). Matematický model – difúze.

Viděná barva je způsobena vlastnostmi pigmentů (částic), které pohltí některé vlnové délky ze spektra přicházejícího světla.

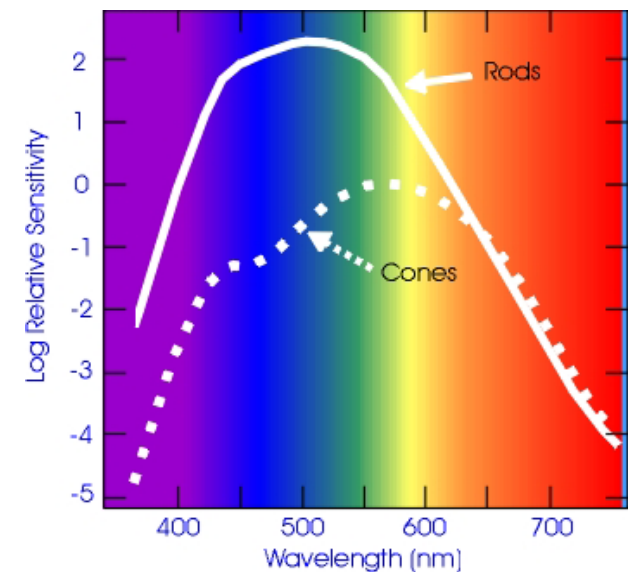
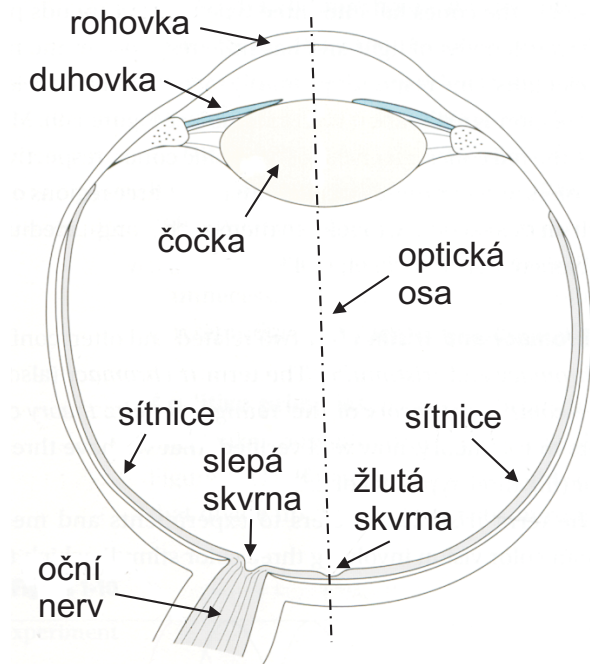


Fluorescence

- ◆ Zkouba pro správu barev.
- ◆ Fluorescence popisuje jev, kdy některé atomy přijmou foton s určitou energií (\approx vlnové délce) a vyzáří fotony s nižší energií (větší vlnovou délkou).
- ◆ Fluorescence se také používá schválně pro zjasňování. Část blízkého ultrafialového záření se přemění na viditelné záření, obvykle fialové či modré.
- ◆ Toto je princip zjasňovačů v pracích prášcích, zubních pastách a také tiskových papírech, inkoustech, voscích, tonerech tiskáren.

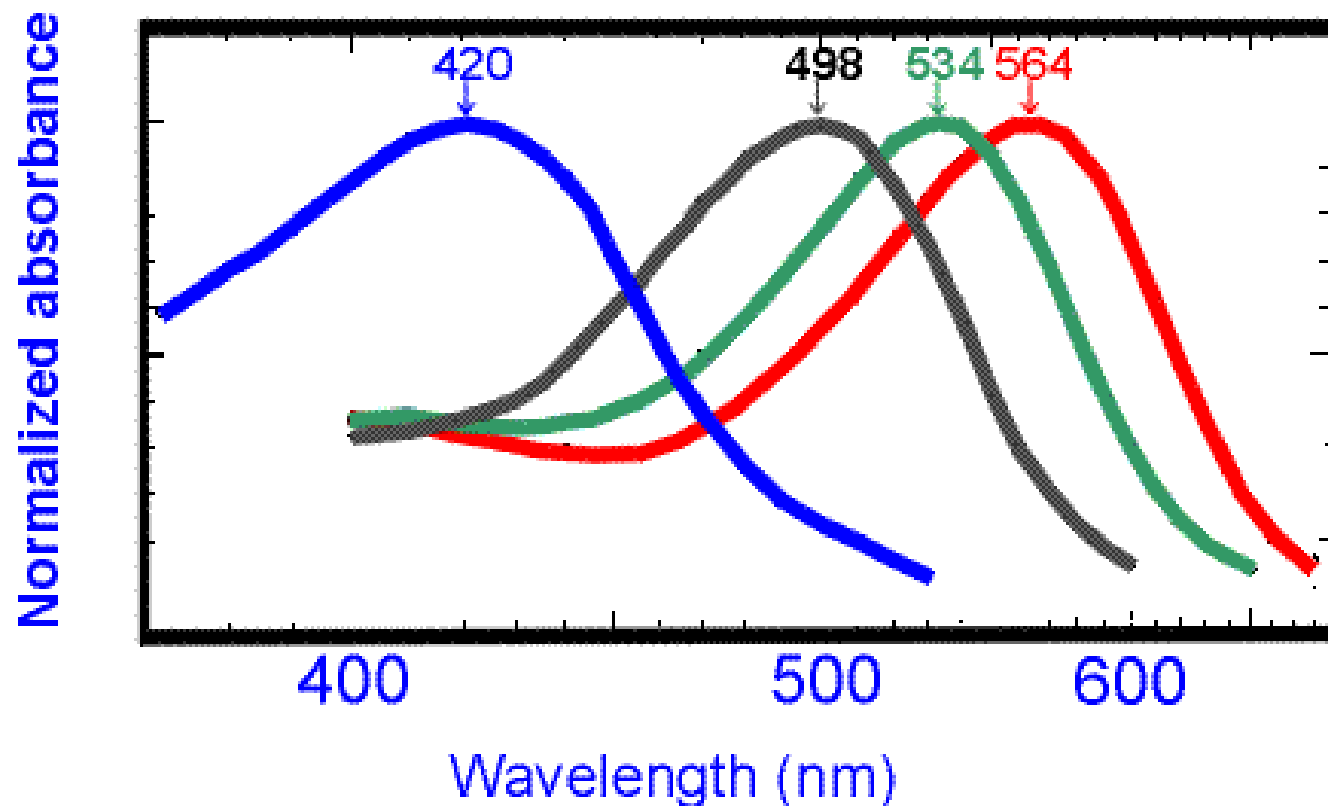
Spektrum vidění člověkem

- ◆ Sítnice obsahuje čtyři typy receptorů světla.
- ◆ R, G, B čípky pro **barevné vidění**.
- ◆ Tyčinky pro **monochromatické vidění** s vyšší citlivostí.
- ◆ Odezva receptorů na intenzitu světla má logaritmickou závislost citlivost. Proč?
- ◆ Receptory barvy objevil Hermann von Helmholtz. Jeho kniha z 1867 modeluje situaci na sítnici.
- ◆ Existuje alternativní teorie, 3 dvojice protikladných barev (červená-zelená, žlutá-modrá, bílá-černá), Ewald Hering, 1872. Potvrzeno \approx 1970 Edwin Land, teorie Retinex jako model zpracování barvy v mozku.



Trichromatické vidění u lidí

Oko “měří v daném pixelu” vlnové délky pomocí R, G, B čípků a poskytuje odezvu složením tohoto vjemu.

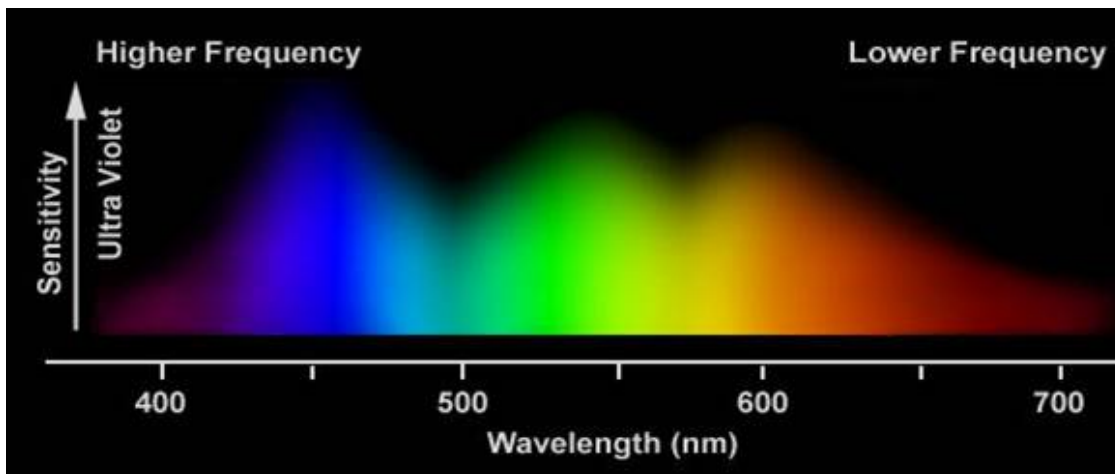
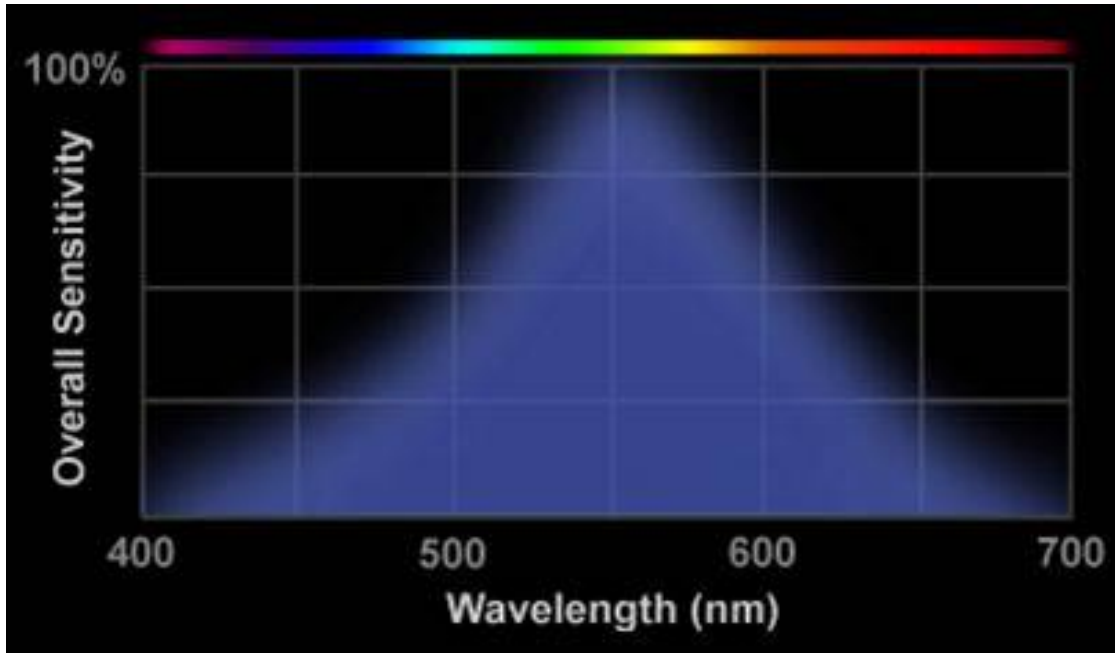


After Bowmaker & Dartnall, 1980

RGB složky barevného obrazu



Citlivost lidského oka na λ

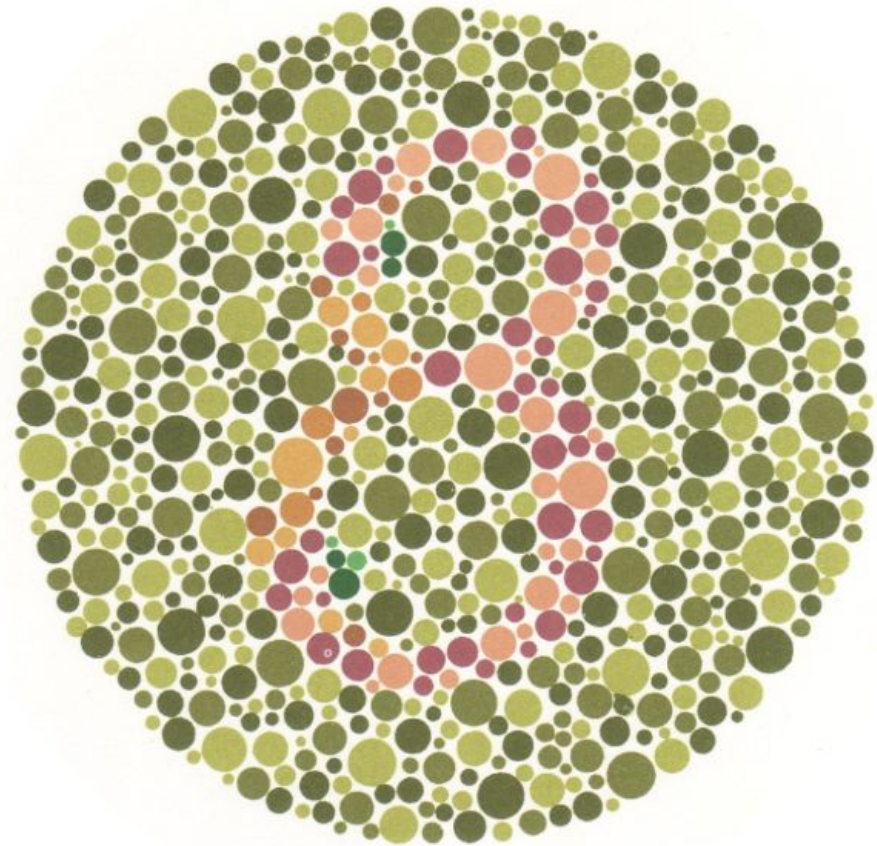
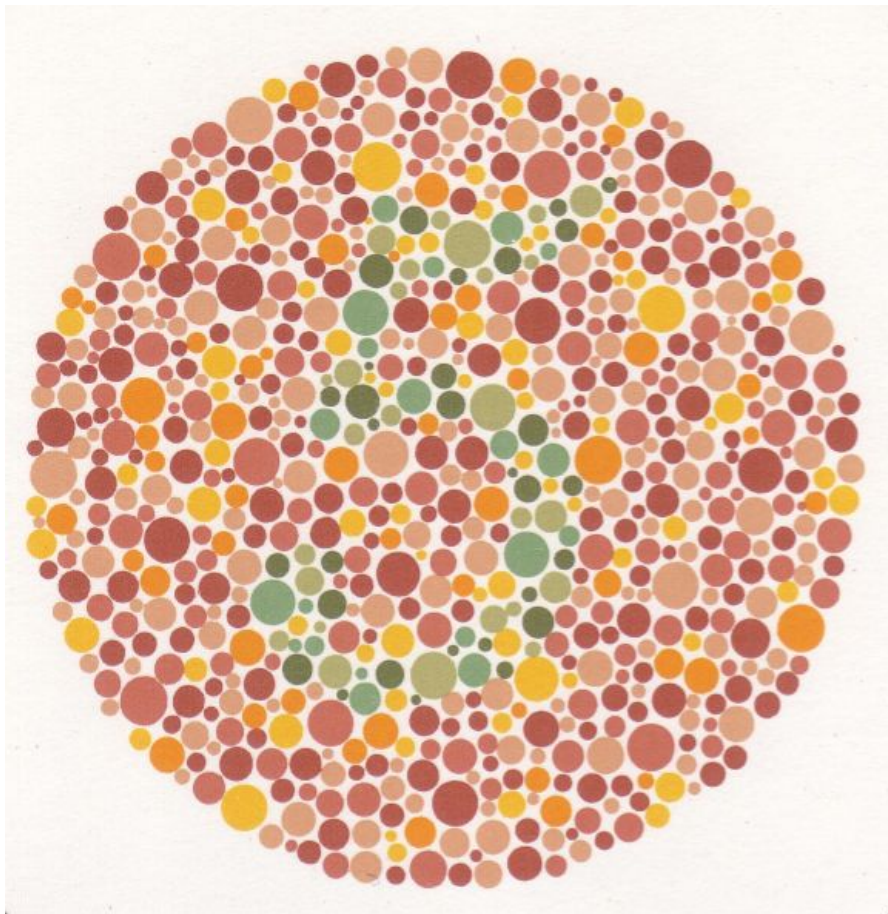


- ◆ CIE - Commission Internationale de l'Éclairage (Mezinárodní komise pro osvětlování, Laussane, Švýcarsko).
- ◆ Podle měření na mnoha lidech. Standardní pozorovatel.
- ◆ Základní norma z 1931 a její opakované pozdější vylepšování.

Barevný metamerismus

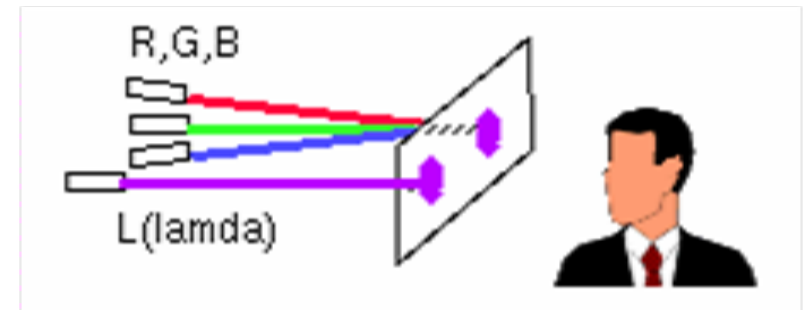
- ◆ Metamerismus je obecně definován jako dva různé jevy, které jsou vnímány stejně.
- ◆ Smícháním červené a zelené vznikne žlutá (metamerismus). Žlutou lze také získat pomocí spektrální barvy, což je záření jediné vlnové délky mezi zelenou a červenou.
- ◆ Lidské vnímání barev je tedy “klamáno”, že směs červené a zelené je totéž jako fyzikálně vytvořená žlutá.
- ◆ Tento výsledek vývoje druhů je ale geniální, protože dovoluje jednoduchým mechanismem tří receptorů vidět velké množství nespektrálních barev.

Barvoslepost, Ishiharovy obrazy



Jak definovat barevný prostor?

- ◆ Tři typy čípků na sítnici vybízejí definovat barvu jako veličinu ve trojrozměrném (3D) vektorovém prostoru.
- ◆ Jak takový barevný prostor definovat?

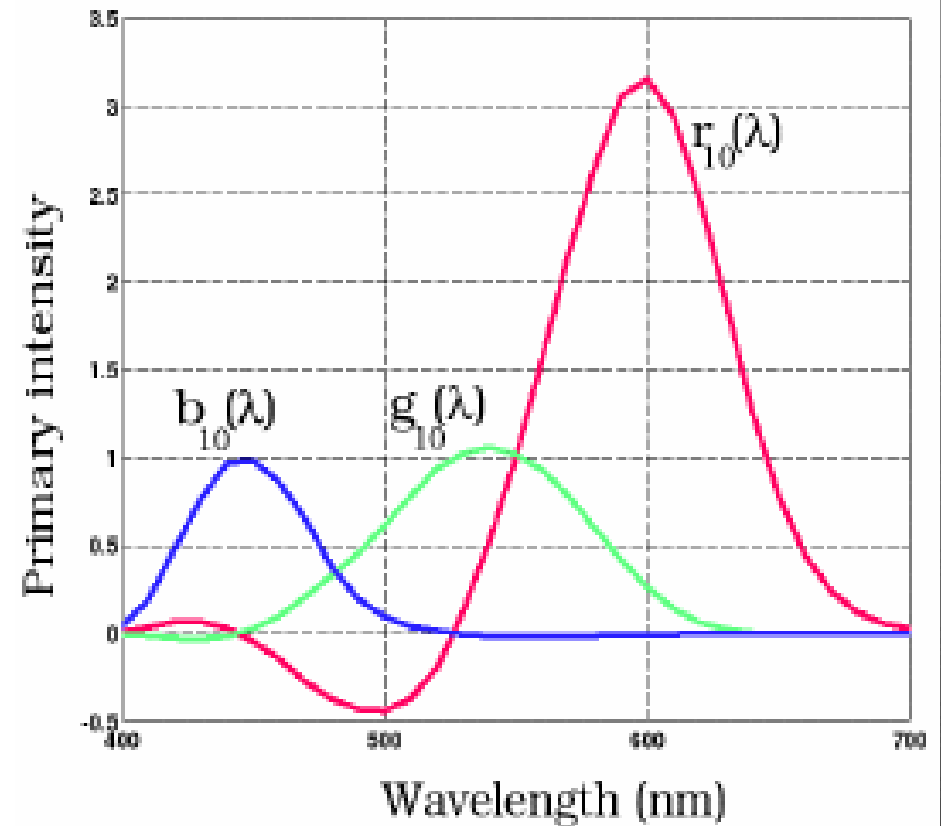


Myšlenka experimentálního postupu:

- ◆ Posvítit světlem jedné vlnové délky λ na promítací plátno.
- ◆ Člověk nastavuje tři “potenciometry” ovlivňující intenzitu tří základních světel (tzv. funkce vyvažující barvy) $R=645,2$ nm; $G=525,3$ nm; $B=444,4$ nm, až se mu podaří dosáhnout stejného vjemu.
- ◆ Víme již, že je to možné právě díky barevnému metamerismu.

Funkce vyvažující RGB barvy

- ◆ Vytvořeny a normalizovány CIE. Základní barvy $X=700,0$ nm; $Y=546,1$ nm; $Z=435,8$ nm, otvor pro pozorovatele odpovídající úhlu 2° .
- ◆ Záporný lalok v červené! To znamená, že je potřebné zvýšit intenzitu referenční spektrální barvy vůči třem složkovým barvám, aby se dosáhlo stejného vjemu.
- ◆ Ze základních RGB barev nelze generovat barvy všech vlnových délek spektra přirozeného bílého světla.
- ◆ Řešení: převést barvy do nového umělého souřadného systému X, Y, Z , v němž je úkol reprezentace barev jednodušší.

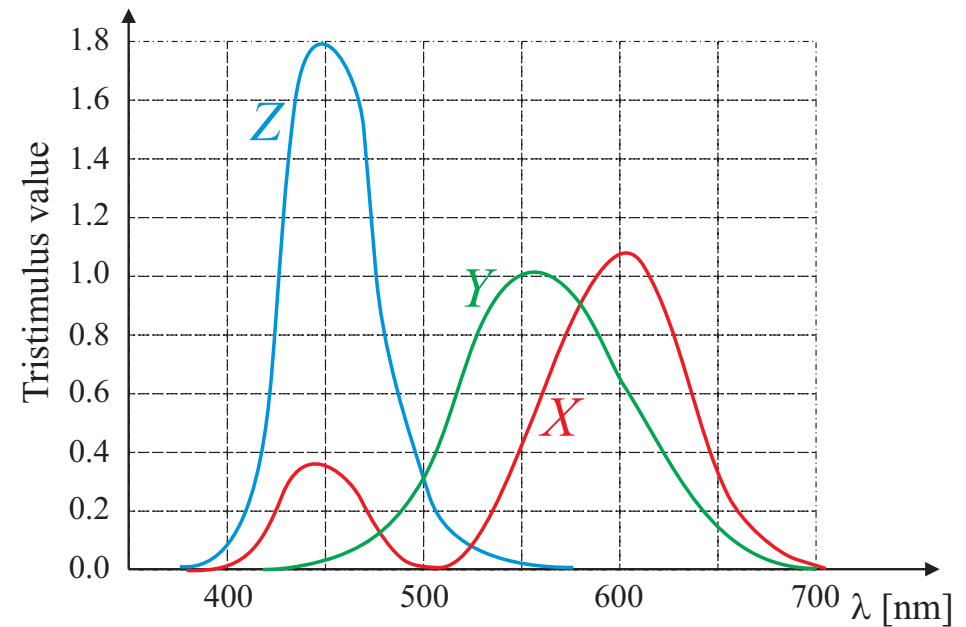


Průběh funkcí vyvažující RGB barvy.

Barevný prostor CIE XYZ

CIE vytvořila barevný model jako matematickou abstrakci.

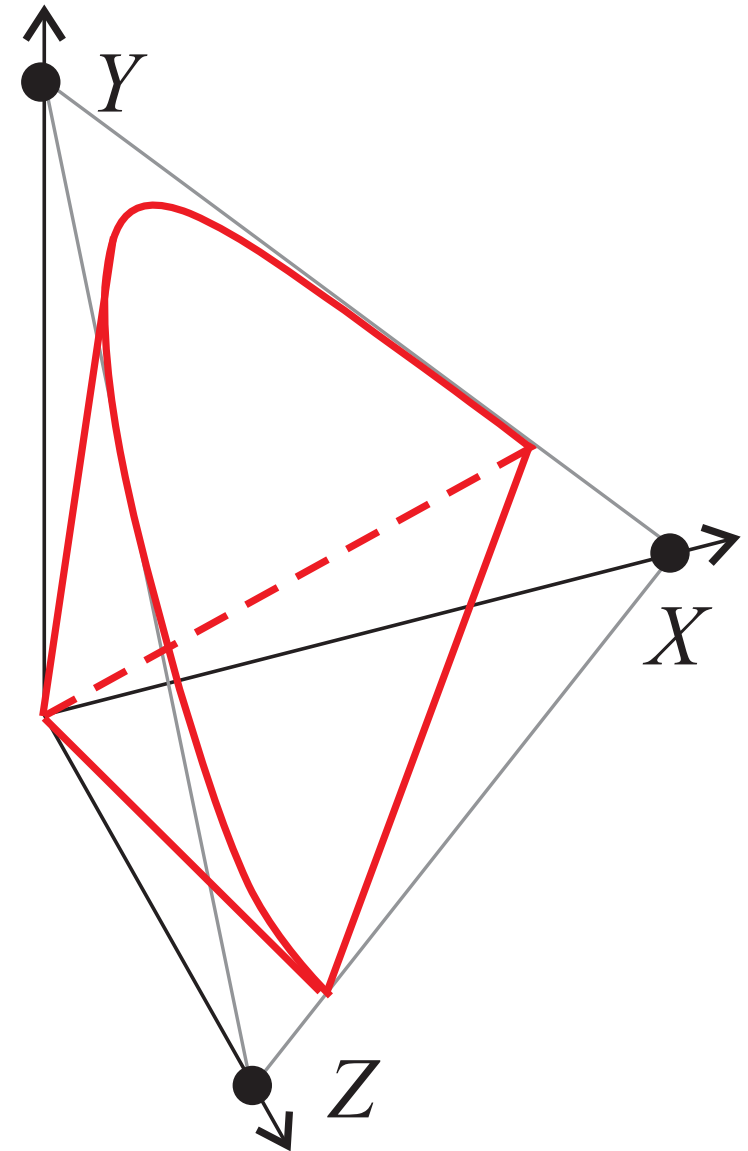
- ◆ XYZ souřadnice odpovídají (imaginárním) barvám, jejichž složením podle funkcí vyrovnávajících barvy by vznikl vjem odpovídající spektrální barvě.
- ◆ Absolutní standard, protože je vztažen k vnímání standardního pozorovatele.
- ◆ Existují novější standardy CIE LAB 1976 (ISO 13665) a používaný komerční HunterLab.



- ◆ Nezáporné hodnoty.
- ◆ $Y(\lambda)$ odpovídá jasu.
- ◆ Normalizace, aby plocha pod křivkami byla stejná.

Barevný rozsah vnímaných barev

- ◆ Barevný rozsah (angl. gamut) všech člověkem vnímatelných barev je 3D podprostorem všech možných barev v X, Y, Z souřadnicích.
- ◆ Barva = $c_X X + c_Y Y + c_Z Z$, kde $0 \leq c_X, c_Y, c_Z \leq 1$ jsou váhy v této konvexní kombinaci.
- ◆ Barevný rozsah se obvykle promítá do dvojrozměrné roviny, a to po normalizaci $X' + Y' + Z' = 1$.



Barevný rozsah ve 2D

barevný trojúhelník CIE

Souřadnice x, y .

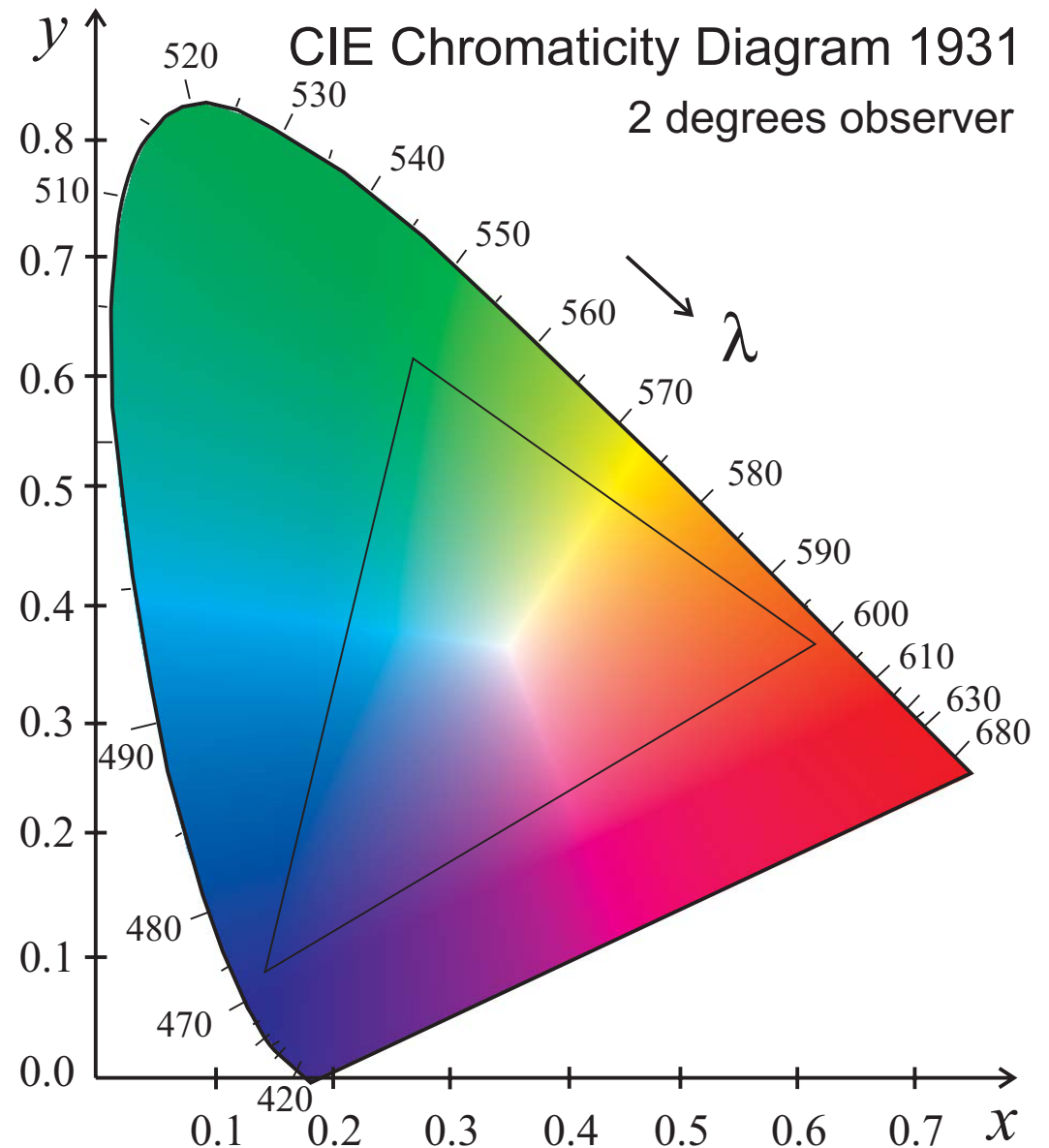
$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

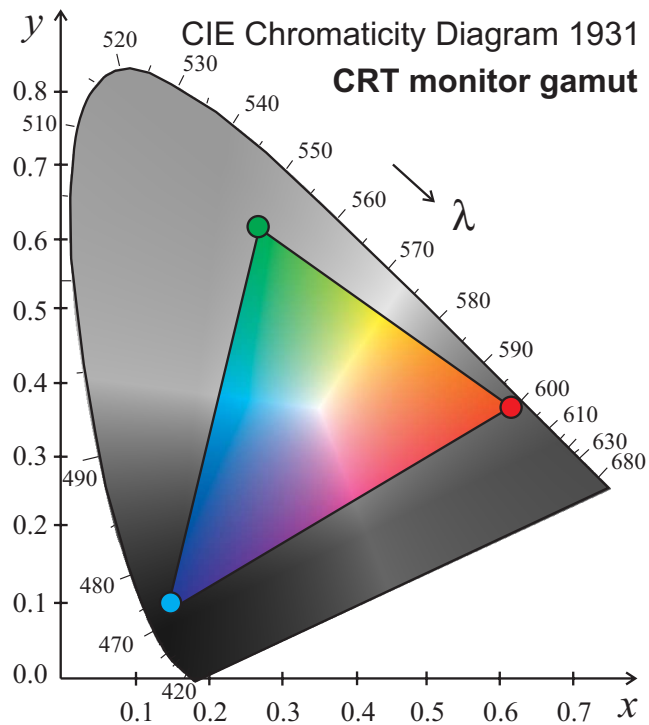
$$z = 1 - x - y$$

Všechny viditelné spektrální barvy jsou na okraji “podkovy”, též nepřesně barevného trojúhelníku.

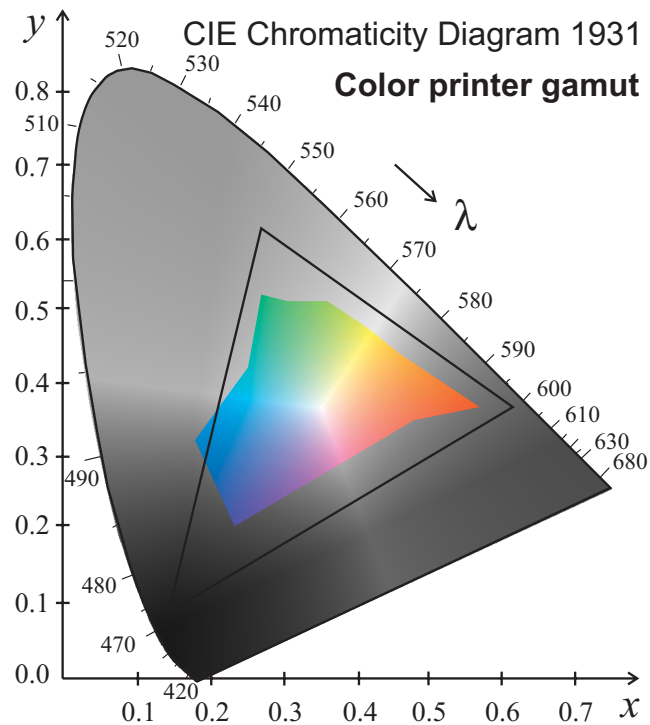
Všechny viditelné barvy, které lze namíchat, leží uvnitř “podkovy”.



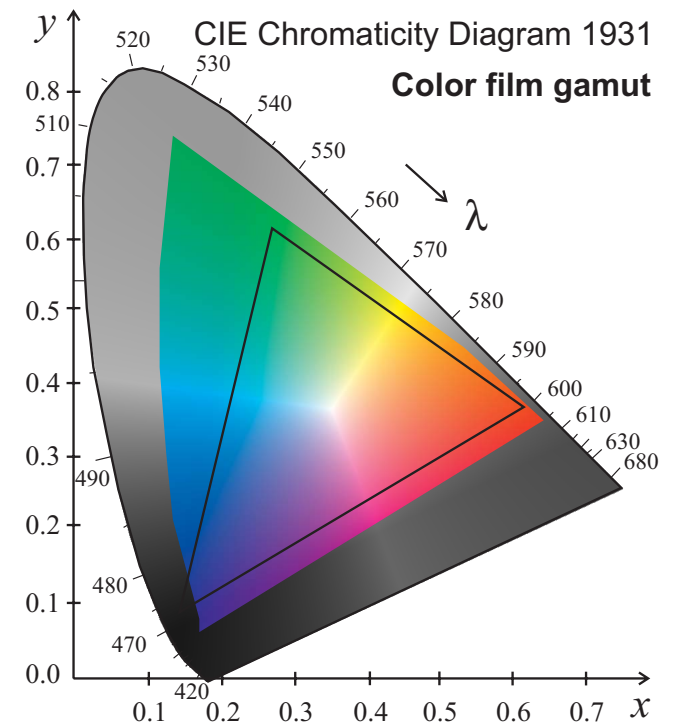
Barevný rozsah různých zařízení



vakuový monitor

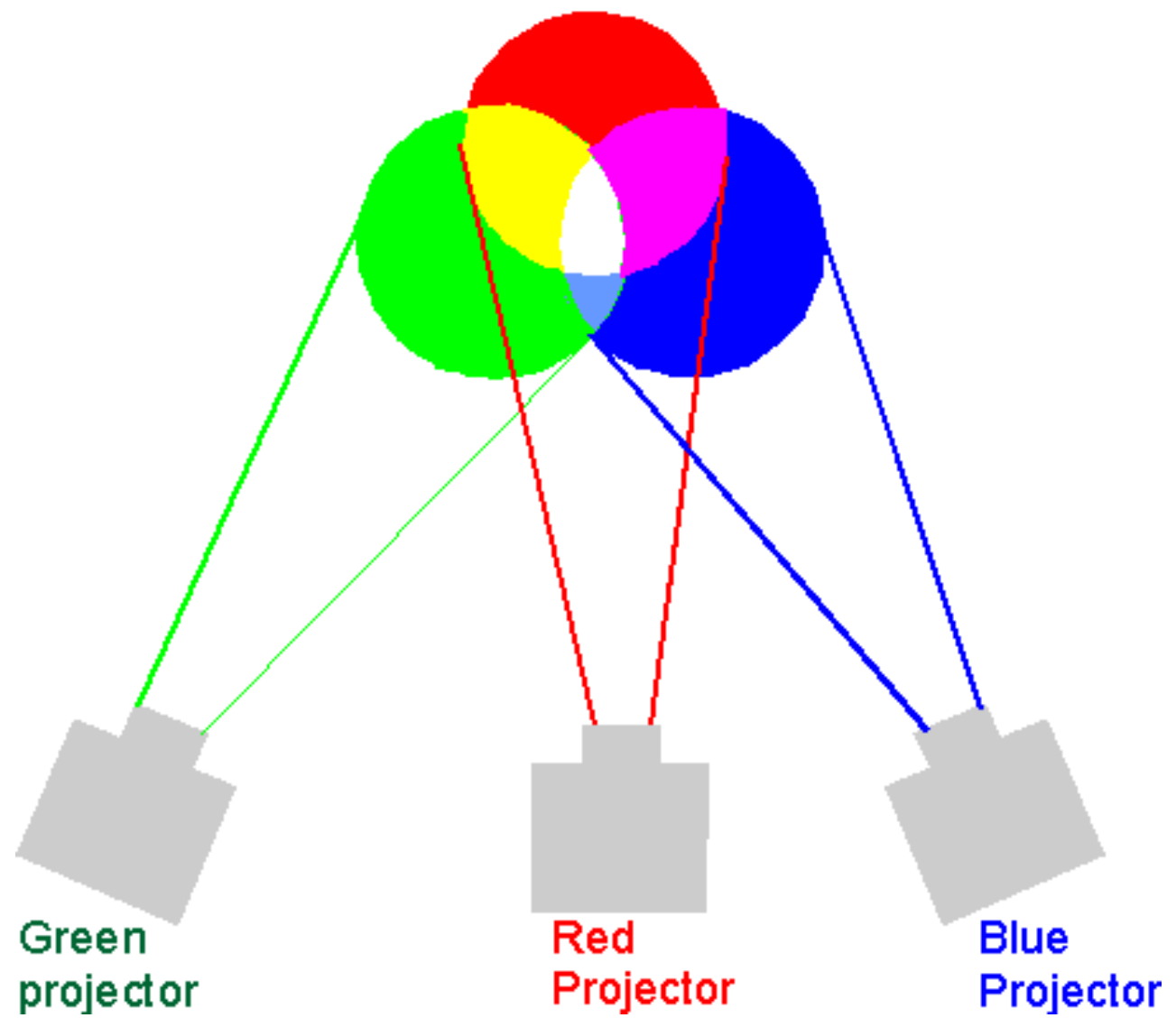


tiskárna

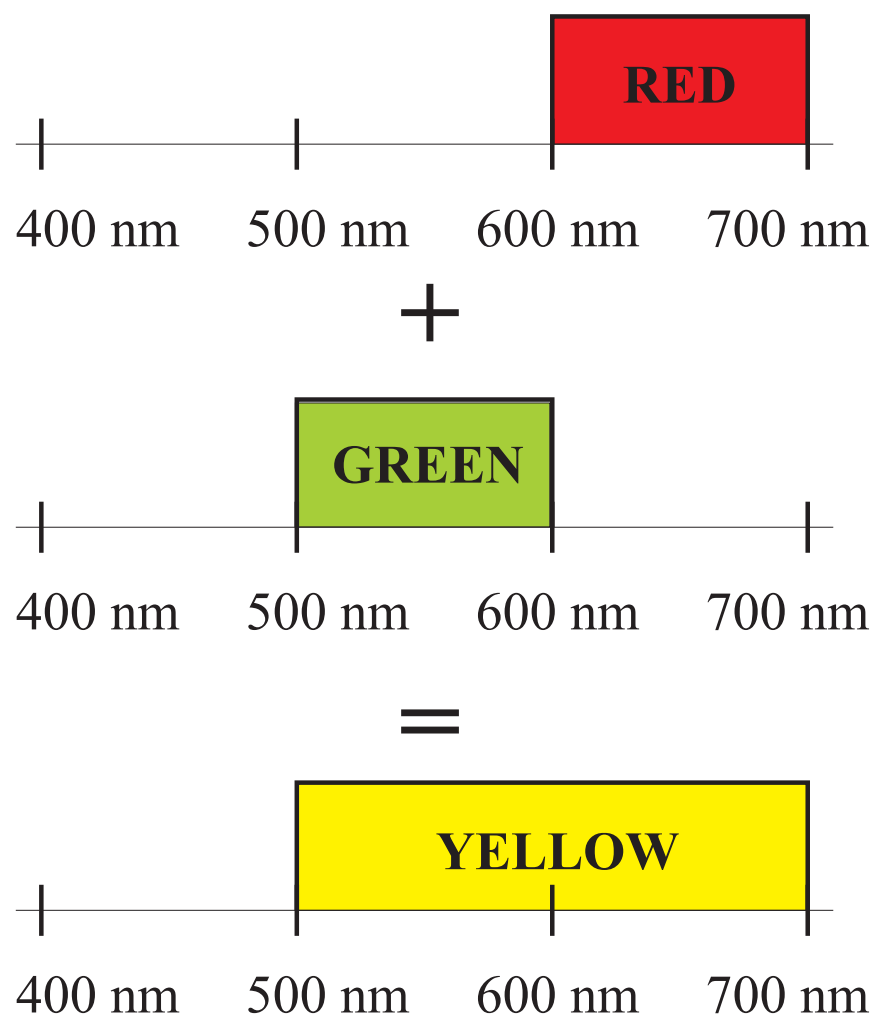


film

Míchání barev

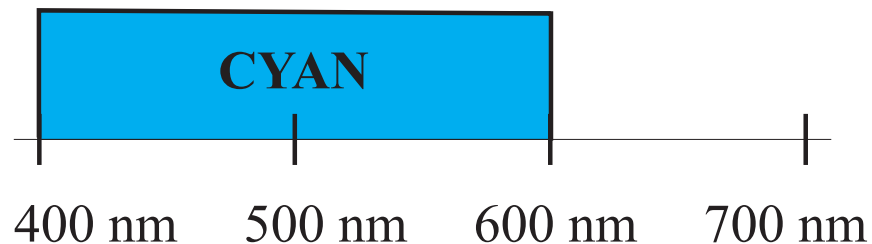


Aditivní míchání barev

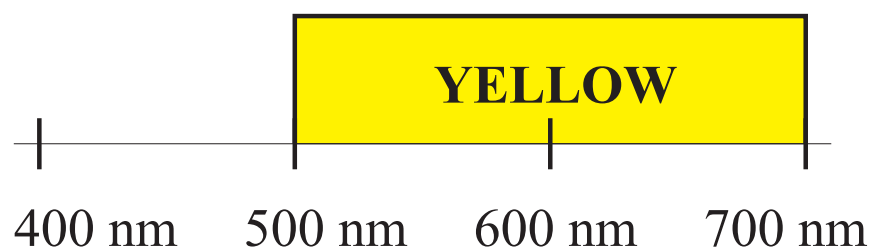


- ◆ Prázdné spektrum + červená + zelená = žlutá.
- ◆ Model aditivního míchání barev platí pro luminofory vakuových obrazovek, vícenásobnou projekci na plátno a čípky na lidské sítnici.

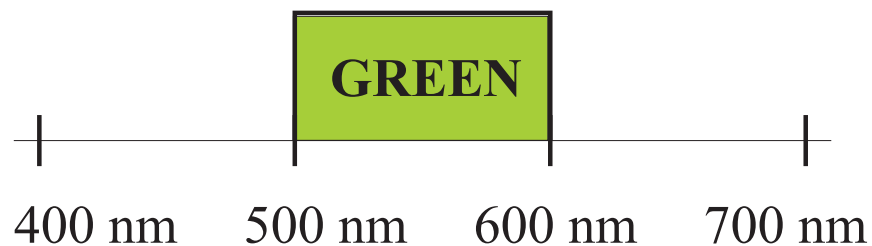
Subtraktivní míchání barev



-

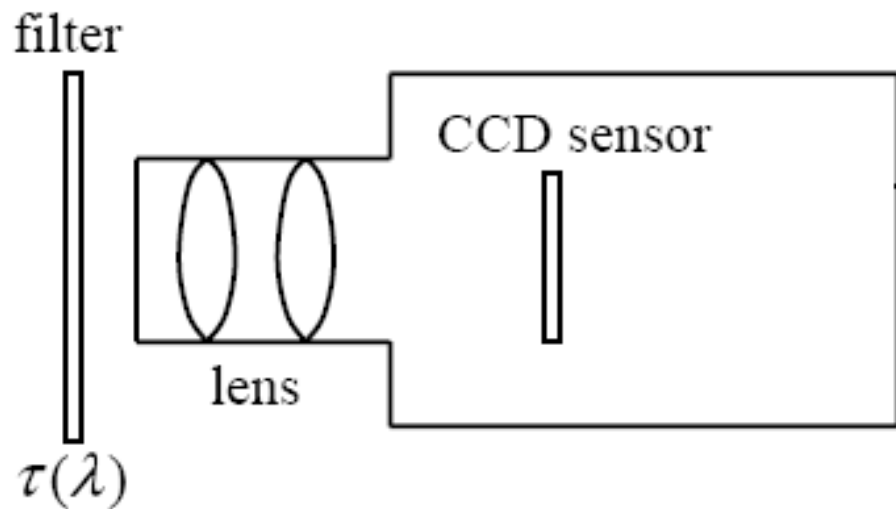


=

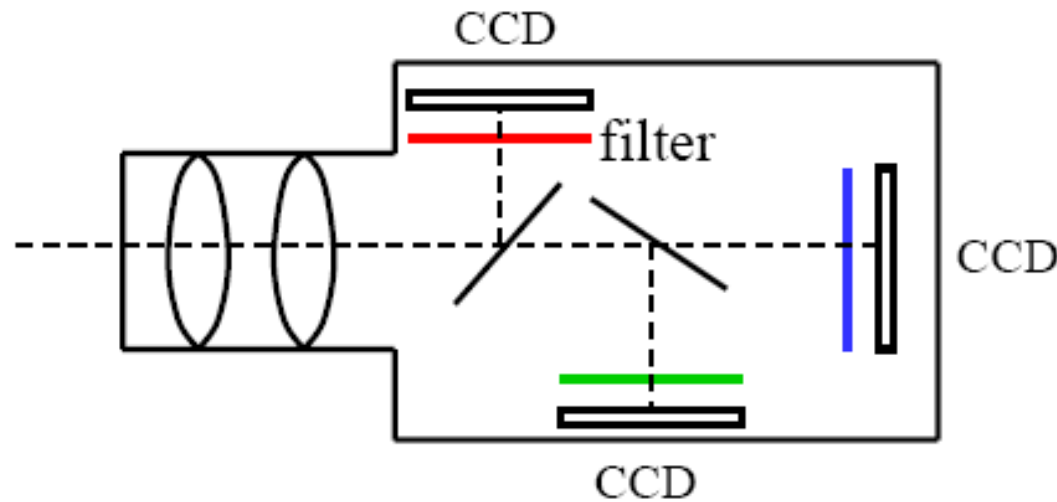


- ◆ Uplatňuje se, když se barvy míchají tak, že např. od plného spektra bílé se postupně odečítají díky filtraci (vlastně jde o násobení) jednotlivé části spektra
- ◆ V příkladu: plné spektrum bílé - modrozelená (též tyrkysová, angl. cyan) - žlutá = zelená.
- ◆ Model subtraktivního míchání barev platí pro většinu fotografických filmů, nátěry (barvy), barevné pastelky, tisk a kaskádně řazené optické filtry.

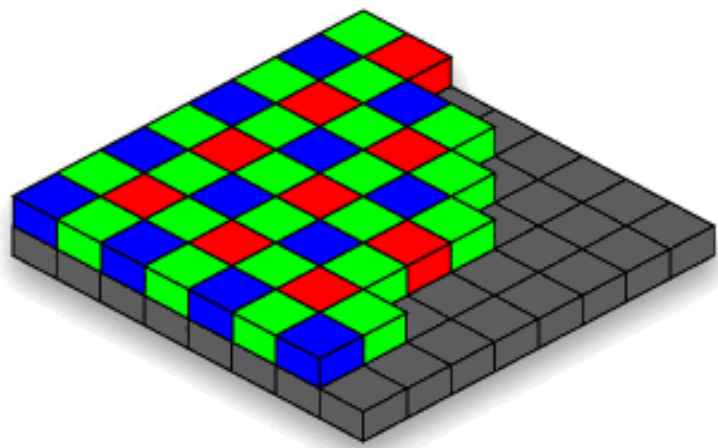
Barevné kamery



1-čipová kamera + barevné filtry

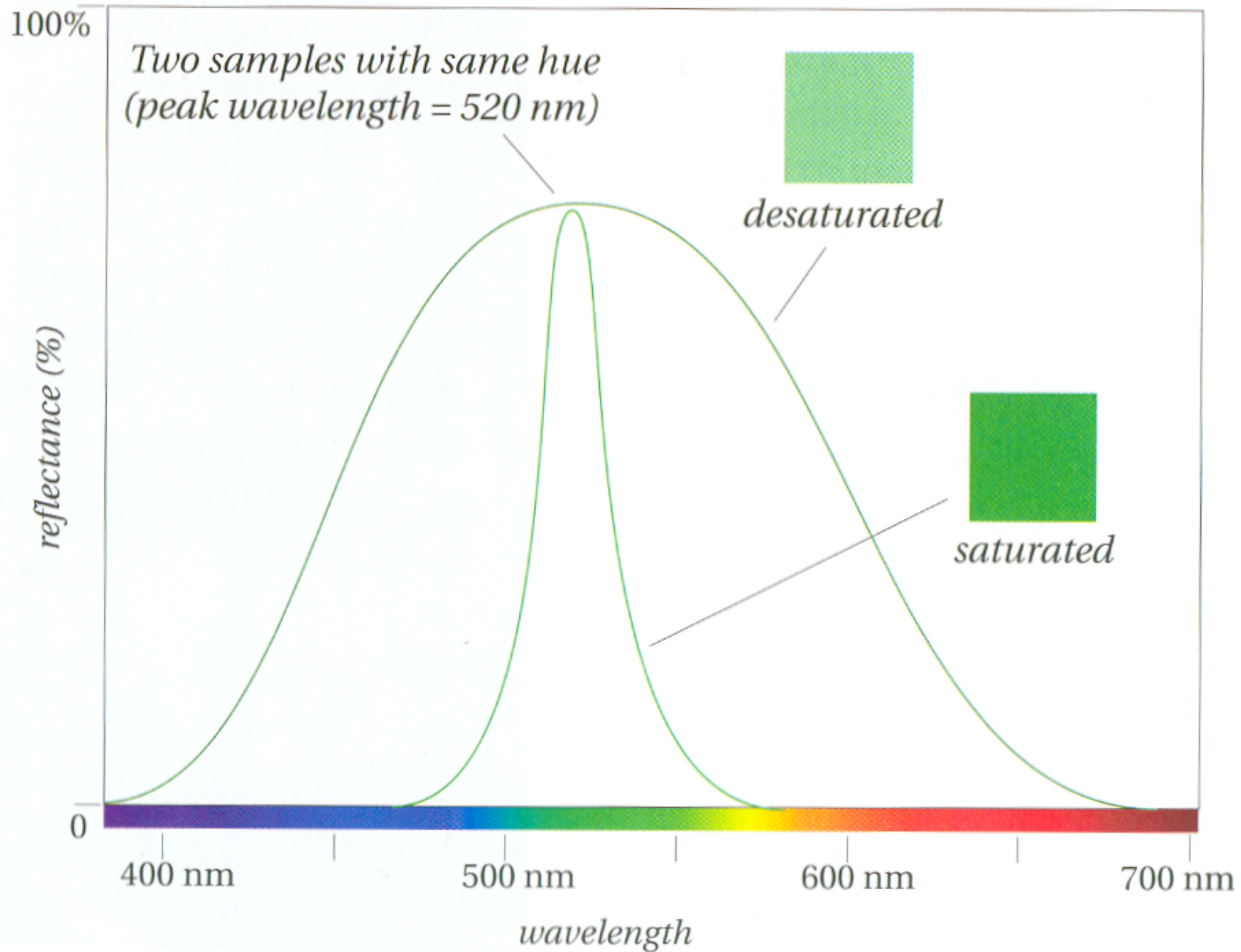


3-čipová camera



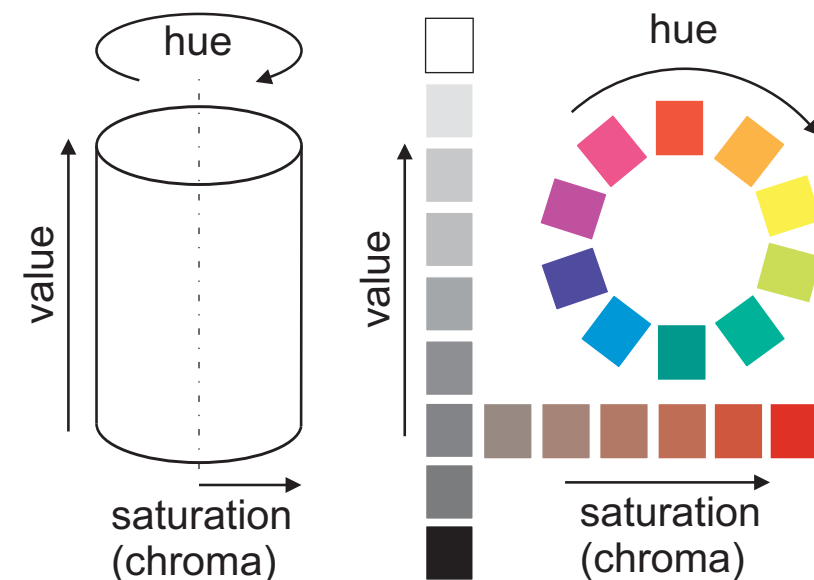
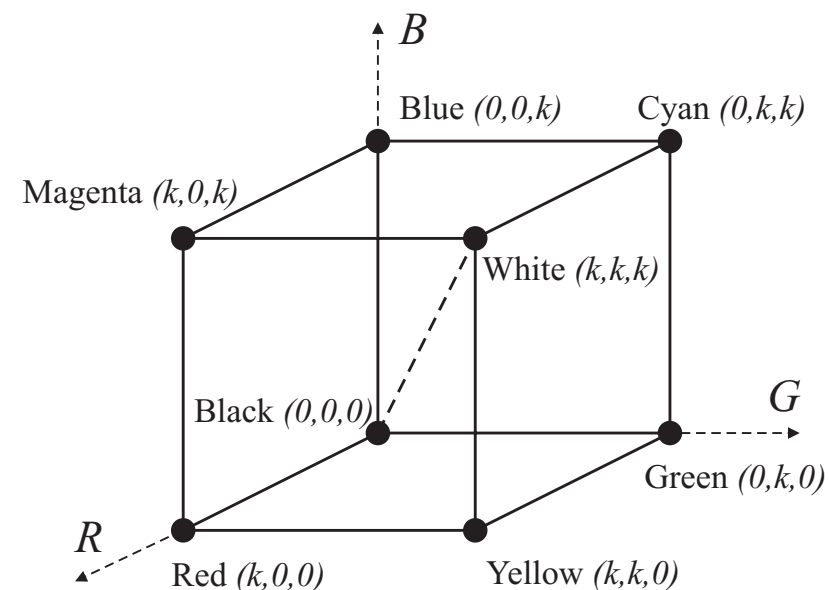
Bayerův vzor uspořádání filtrů

Sytost barvy v barevném spektru



Další relativní barevné prostory

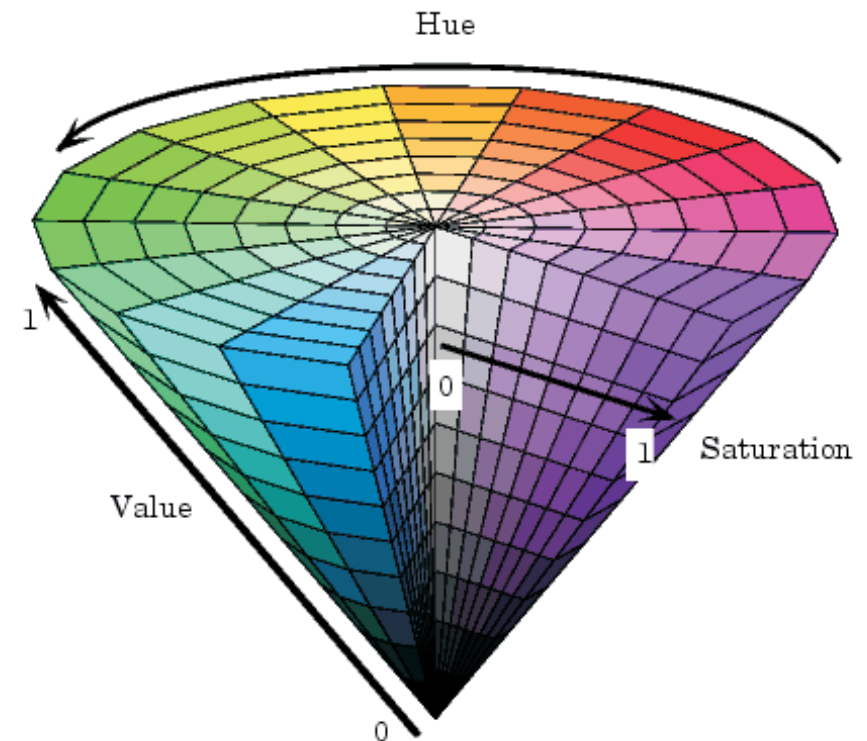
- ◆ **RGB** – původně se vztahoval k barevné televizi.
- ◆ **YIQ** – používaný v barevné televizi v USA, Japonsku. Složka Y odpovídá jas (angl. luminance), zbylé dvě složky popisují barvu (angl. chrominance).
- ◆ **CMYK** – pro zařízení se subtraktivním modelem, Cyan, Magenta, Yellow, black.
- ◆ **HSV** – Hue=barevný odstín, Saturation=sytost barvy, Value=jas. Vhodné pro digitální zpracování obrazu.



Ilustrace: Barevné složky HSV – odstín, sytost, (jas)

Motivace: Míchání barev na malířově paletě.

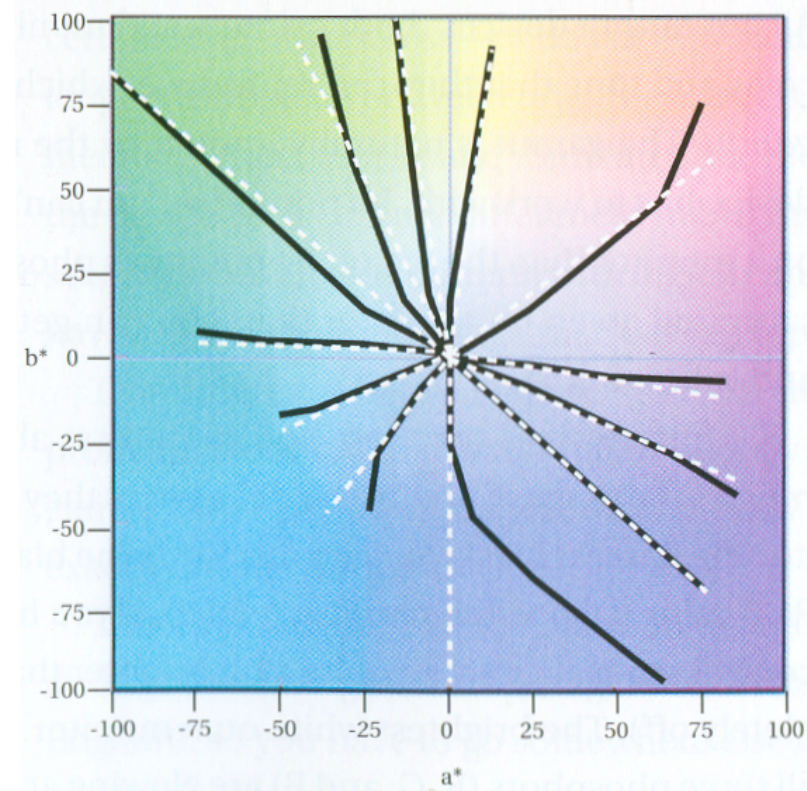
- ◆ **Odstín barvy** (angl. hue) odpovídá dominantní vlnové délce, projekci barvy na okraje barevného trojúhelníka, kde jsou spektrální barvy.
- ◆ Jména barev vlastně odpovídají odstínům. Liší se ovšem v různých kulturách.
- ◆ **Sytost barvy** (angl. saturation) popisuje, jak je barva vzdálena od neutrální šedé. Popisuje také, jak je dominantní vlnová délka (odstín) znečištěna jinými vlnovými délkami.



Barevný prostor CIE LAB

Nejpoužívanější absolutní barevný prostor při správě barev. Vznikl nelineární transformací CIE XYZ prostoru.

- ◆ Napodobuje způsob, jak člověk posuzuje barvu, aby byl vjem barvy rovnoměrný.
- ◆ Základní barvy jsou L^* (světlo, angl. light), a^* popisuje dvojici červená-zelená, b^* popisuje dvojici modrá-žlutá). Viz Heringovy protichůdné barvy.
- ◆ Změna základní barvy o určitý přírůstek by měla způsobit podobnou změnu vizuálního vjemu. Nedokonalosti, viz obr. vpravo.
- ◆ Používá se jako základní prostor pro převod barevných prostorů zařízení, což je podstatou správy barev.



- ◆ Odstín je zobrazen jako polární úhel.
- ◆ Sytost je zobrazena jako vzdálenost od středu (neutrální šedé).
- ◆ Bílé čárkované čáry by měly odpovídat konstantnímu odstínu, ale vnímané odstíny jsou nepřesné (plné černé čáry).

Základní parametry zobrazovacích a vstupních zařízení

Pro správu barev je potřebné znát (změřit) základní parametry monitorů, fotoaparátů, skenerů, tiskáren, ...

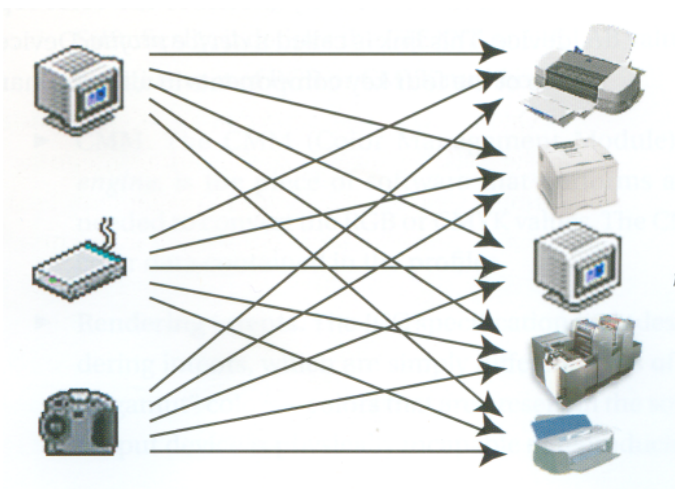
- ◆ **Tři základní barvy** (angl. colorants), jejich barvu a jas základních barev.
- ◆ **Bílý bod**, jeho barvu a jas. K bílé barvě se v lidském vnímání nevědomě vztahují ostatní barvy. Proto je při kalibraci zařízení u bílého bodu důležitější barva než jas.
- ◆ **Černý bod**, jeho barvu a jas. Černota (hustota) černé udává mez dynamického rozsahu, které je zařízení schopné zobrazit nebo sejmout. Dynamický rozsah je důležitý pro vnímání detailů v jasů. Proto se pro tisk přidává zvlášť černá složka, viz CMYK. Černý bod nejde nastavovat na LCD monitorech.
- ◆ **Převodní charakteristiky základních barev** (angl. tone reproduction curve) udávají, jak se mezi barevnými prostory dvou zařízení převádějí intenzity v jednotlivých barevných složkách. Charakteristiky jsou obvykle nelineární a implementují se přes vyhledávací tabulky (angl. LUT, look-up tables).

Přenos barev mezi zařízeními, omezení

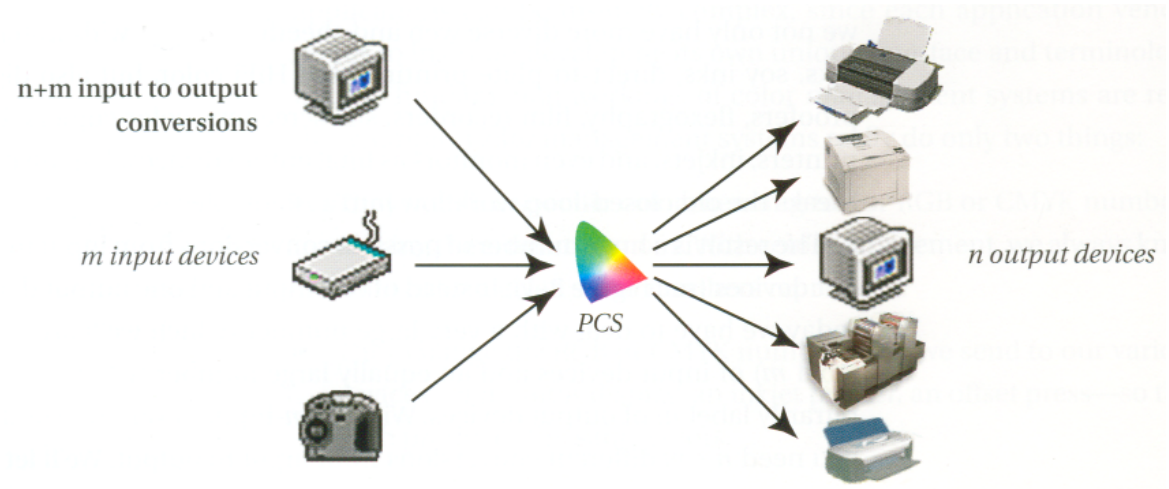
- ◆ Správa barev slouží k věrnému přenosu barev ze zdroje, přes náš obrazový soubor do cílového zobrazovacího nebo tiskového zařízení.
- ◆ Fyzikální zákony brání, aby byly zobrazeny všechny barvy, ve všech odstínech, sytostech a intenzitách. Obdobně je tomu s dynamickým rozsahem.
- ◆ Potřeba transformovat výchozí rozsah barev na cílový rozsah barev. Jejich průnik je často jen částí původních rozsahů barev.
- ◆ Nelineární transformace v barevných složkách dané převodními tabulkami základních barev také nebývají přímo kompatibilní.

Správa barev

zjednodušení díky mezilehlé reprezentaci



$m \times n$ možností

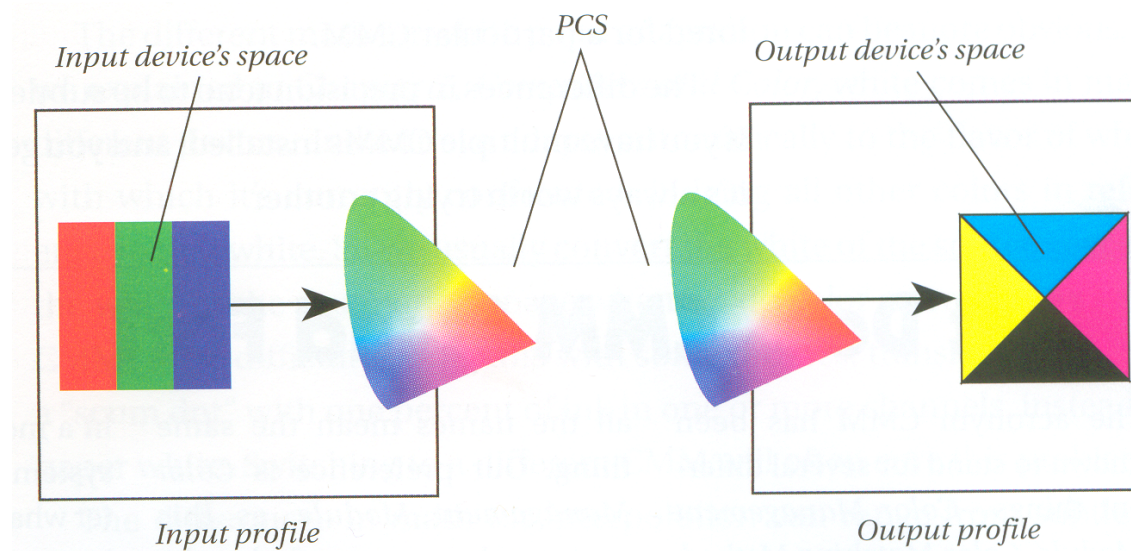


$m + n$ možností

Spojovníkem mezi zařízeními je **prostor profilů barev**, angl. PCS, Profile Connection Space, tj. reprezentace barvy nezávislá na konkrétním zařízení, obvykle CIE LAB nebo CIE XYZ.

ICC, International Color Consortium

- ◆ Kolem roku 1980 mnoho firem, zejména Adobe, Agfa, HP, Kodak, Tektronix, Kodak vyřešili správu barev přes profily mezi dvojicí zařízení.
- ◆ Apple Computer zavedl v roce 1993 ColorSync pro operační systém Mackintosh a sdružil konsorcium firem.
- ◆ Později známé jako ICC, International Color Consortium.
- ◆ Hlavním dokumentem ICC je otevřený “Profile Connection Space”.



Součásti systému správy barev

- ◆ **Prostor propojení profilů barev, PCS** (angl. Profile Connection Space) byl již vysvětlen.
- ◆ **Profily**. Profil popisuje zobrazení mezi souřadnicemi (např. v RGB nebo CMYK barevném prostoru) a skutečnými barvami, které souřadnicím odpovídají. Jednotlivým vstupním RGB nebo CMYK barvám se přes profily vypočítají odpovídající souřadnice v CIE LAB nebo CIE XYZ barevném prostoru.
- ◆ **Modul správy barev CMM** (angl. Color Management Module) je program, který přepočítává RGB nebo CMYK souřadnice na požadované CIE LAB nebo CIE XYZ souřadnice. CMM pracuje s informacemi o barvách v barevných profilech.
- ◆ **Záměry reprodukce** (angl. rendering intents) řeší problém, když barva očitne mimo zobrazitelný barevný rozsah pro příslušné zařízení. V ICC specifikaci jsou uloženy čtyři záměry reprodukce.

Záměry reprodukce (Rendering intents)

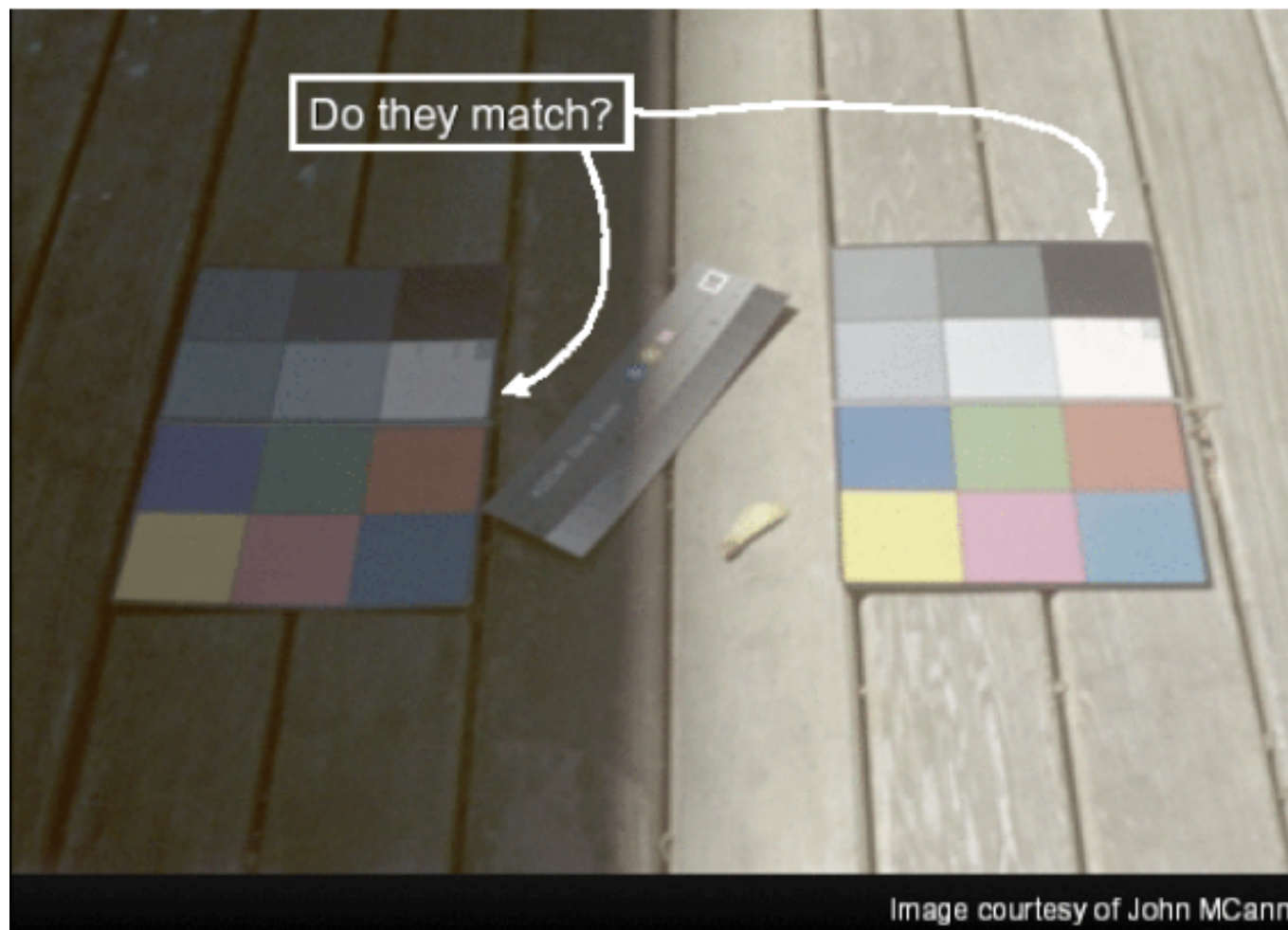
- ◆ Součástí specifikace Profile Connection Space konsorcia firem ICC (International Color Consortium).
- ◆ Popisuje, jak vyřešit problém, když požadovaná barva leží mimo rozsah barev, tj. jak ji nahradit jinou dostupnou barvou na výstupním zařízení.
- ◆ Norma obsahuje 4 metody a ty jsou implementovány v editorech obrazů, např. ve PhotoShopu:
 1. **Perceptuální** – pokouší se zachovat celkový barevný vjem. Vhodné pro obrazy, kde mnoho barev leží mimo barevný rozsah.
 2. **Sytost** (saturation) – upřednostňuje živé barvy, aniž hledí na přesnost. Hodí se pro umělé obrázky, obchodní grafiku, digitální modely terénu, atd.
 3. **Relativní kolorimetrický** – využívá skutečnosti, že lidské vidění se vždy adaptuje na bílou. Záměr převede zdrojovou bílou na cílovou bílou (např. nažloutlou papíru), barvy uvnitř barevného rozsahu zobrazí přesně a barvy vně zobrazí jako nejbližší odstín. Pro fotografie je lepší než “perceptuální”.
 4. **Absolutní kolorimetrický** – liší se od předchozího tím, se ve výstupním barevném prostoru snaží simulovat bílou vstupního prostoru. Hodí se pro ověřování budoucího tisku na jiném zařízení, např. monitoru.

Správa barev, prakticky

- ◆ Nyní jsme se naučili potřebnému, abychom mohli správu barev realizovat prakticky, např. proto, že budete chtít vytisknout malý fotografický projekt v minilabu ve Výpočetním a informačním centru ČVUT, k němuž budete znát barevný profil.
- ◆ K tomu potřebujeme s pomocí speciální sondy nakalibrovat používaný monitor a potom ve vybraném fotoeditoru (např. PhotoShopu) úpravy realizovat. Obojímu se naučíme ve cvičeních.
- ◆ Jeden z cvičících Ing. Lukáš Cerman k tomu napsal pro cvičení stručné a výstižné vysvětlení, viz [cm-v2.pdf](#) (860 kB)

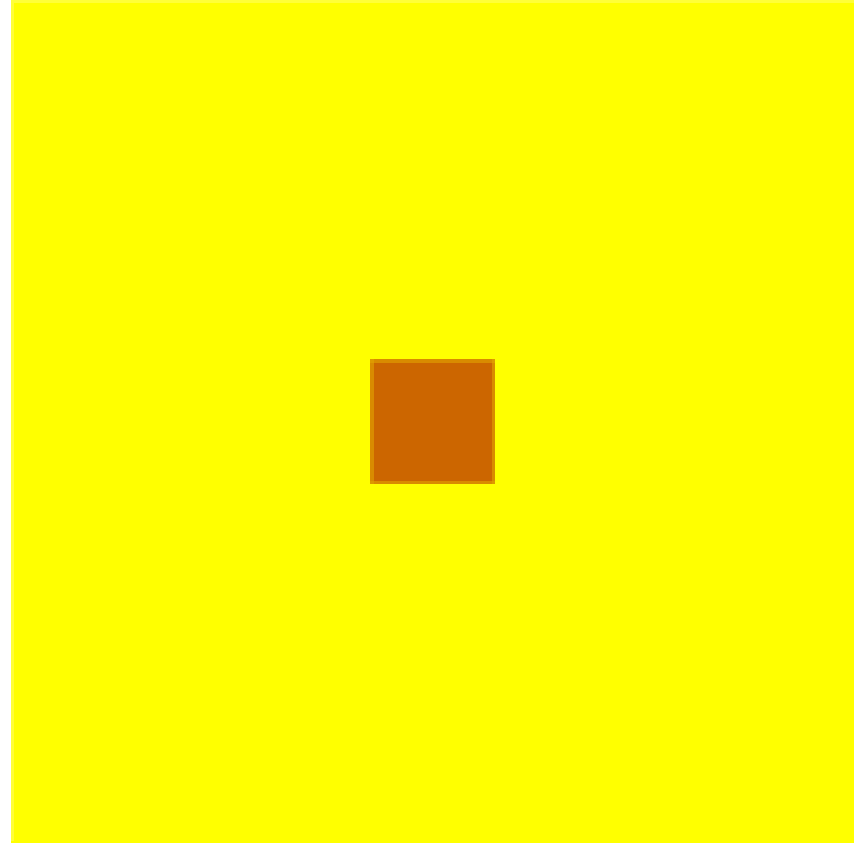
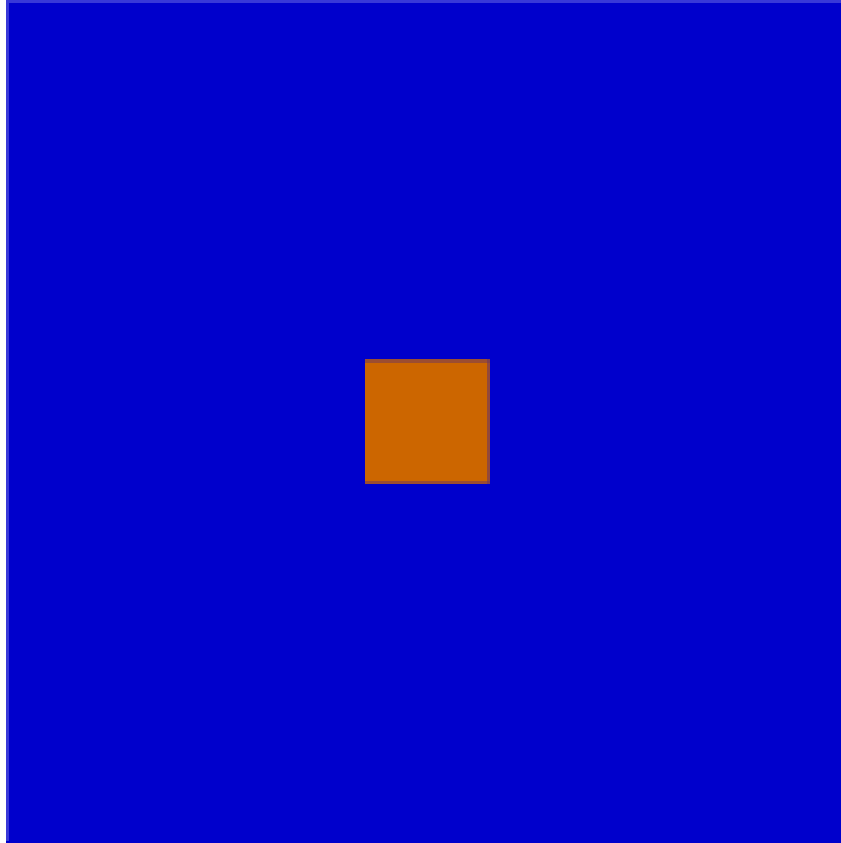
Konstantnost barev, motivace

Konstantnost barev vyjadřuje schopnost člověka potlačit vliv různého osvětlení při vnímání barev objektů.

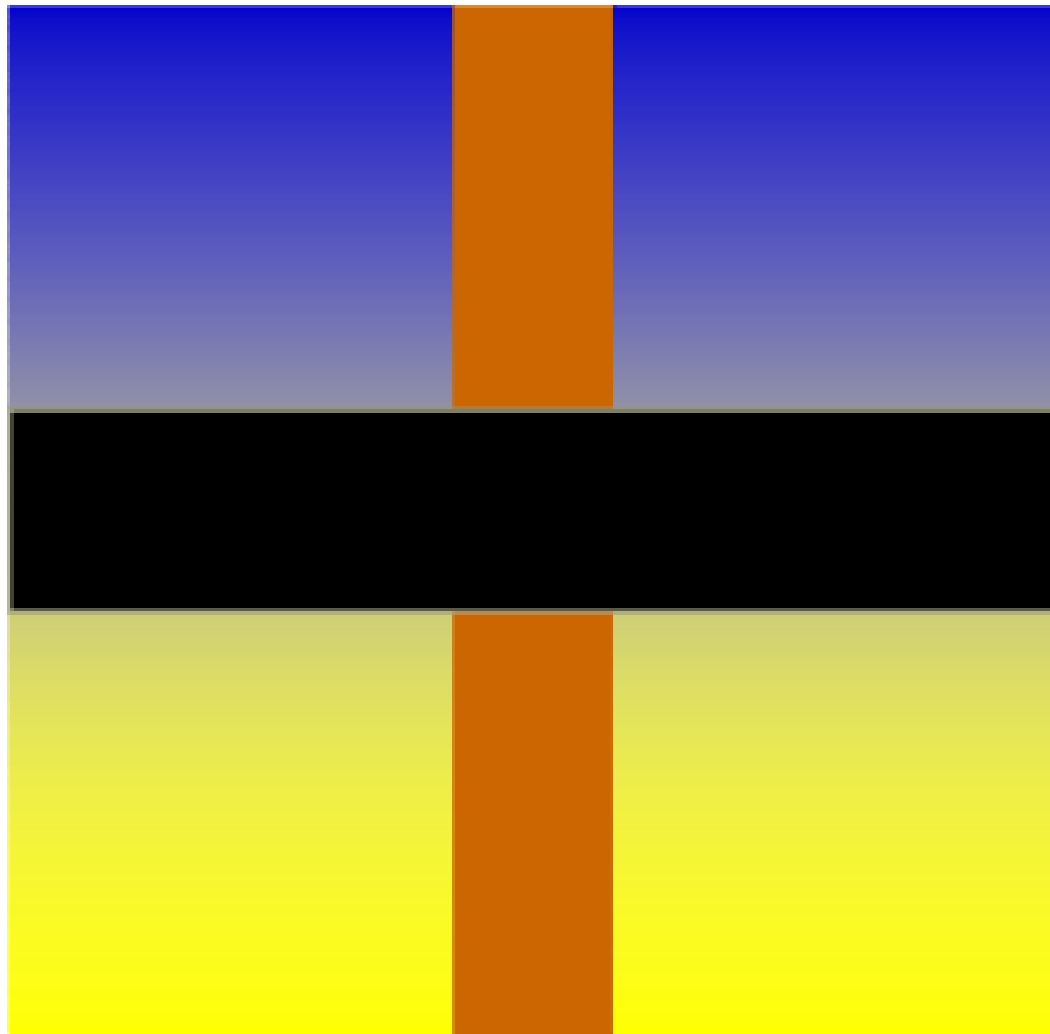


Kolorimetrie × vnímání barvy.

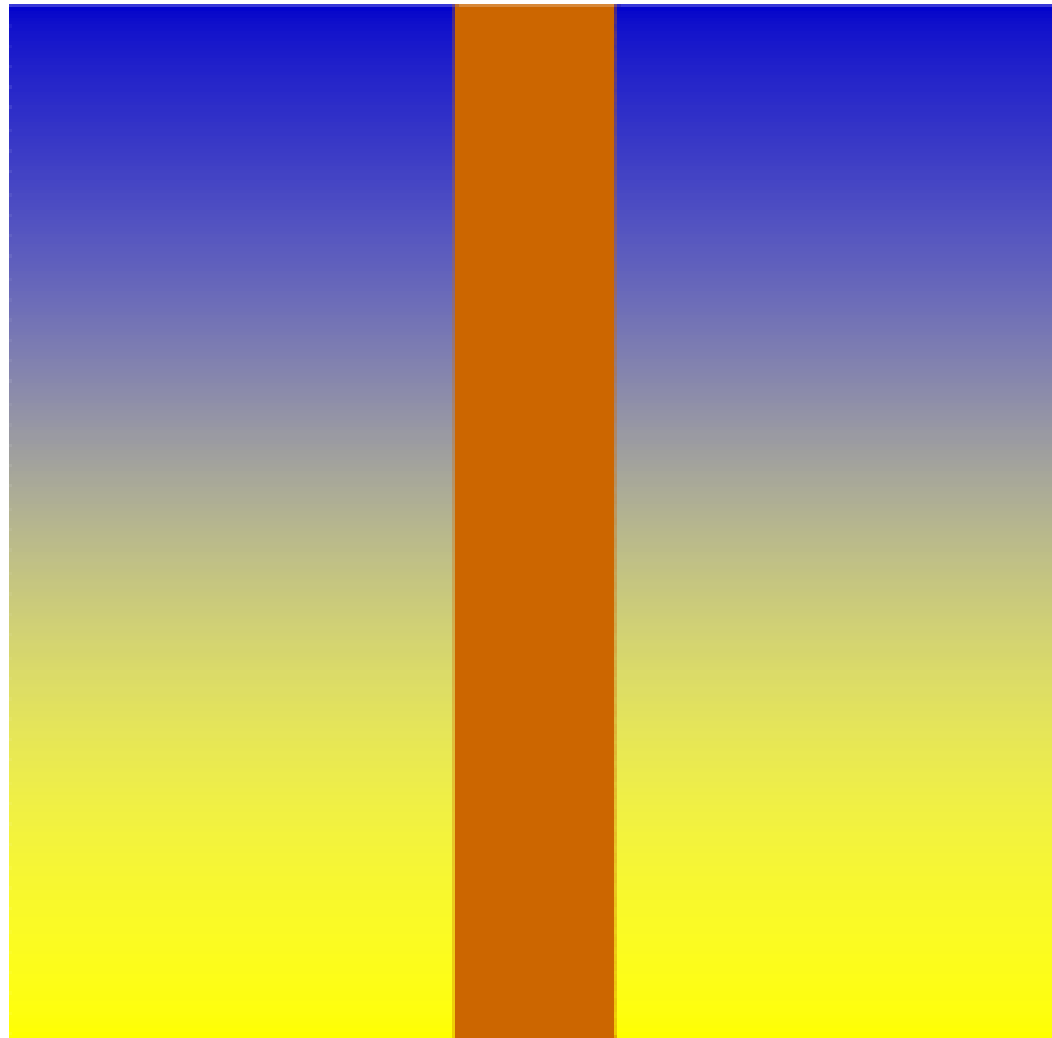
Iluze konstantosti barev



Iluze konstantosti barev (2)



Iluze konstantosti barev (3)



Iluze způsobená okraji

Bezoldův jev

