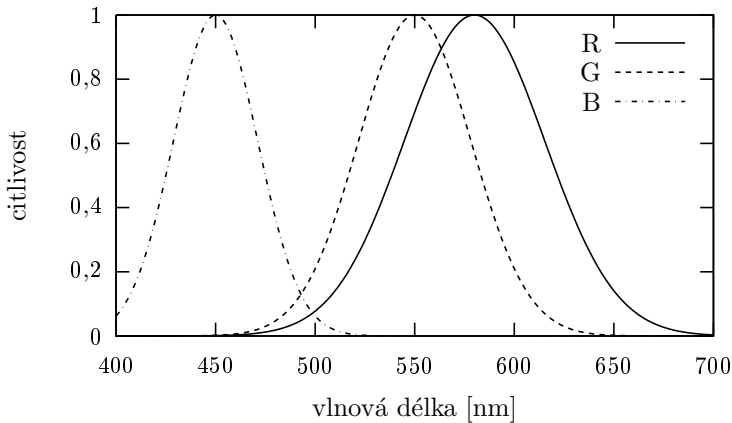


**24. ročník, úloha IV. P ... míchání barev !!! chybí statistiky !!!**

Chceme-li na monitoru počítače zobrazit azurovou barvu, musíme rozsvítit červený a modrý segment. Azurová barva odráží v nejjednodušším případě světlo dvou vlnových délek (modré a červené), dále pokud budeme mít modrou barvu, tak tato bude odrážet modré světlo a červená obdobně. Když smícháme modrou a červenou temperu, výsledná směs bude mít fialovou barvu, protože modrá složka pohltí vše až na modrou a obdobně také červená. Proto ze směsi těchto barev budeme pozorovat pouze ty vlnové délky, které odrážejí obě složky. Představte si, že tempery jsou složeny z malých kapiček. Jak bude záviset výsledný zrakový vjem na jejich velikosti?  
*nad nekonečně malými kuličkami rozumoval Lukáš*

Nejprve popravme trochu zadání, protože azurovou barvu dostaneme smísením modrého a zeleného světla, nikoli modrého a červeného. Pro názornost proto předpokládejme, že máme kapičky červené a zelené barvy. Pokud Vás již teď nudíme, vezte, že úloha je určitou variací na studium aditivního a subtraktivního míchání barev, aneb RGB a CMYK barevných modelů.

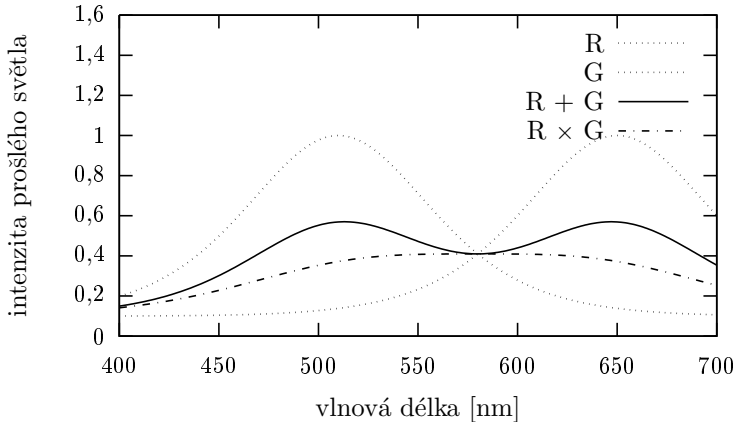
Připomeňme mechanismus barevného vidění. V oku jsou tři různá barviva pohlcující světlo, každé citlivé na jiných vlnových délkách. Zjednodušená a normalizovaná závislost citlivosti na vlnové délce pro každý pigment je vynesena na obrázku 1. Náš barevný vjem závisí na míře vybudění každého z pigmentů. Dvě různě spektrálně složená světla mohou vyvolat stejný barevný vjem, pokud způsobí shodné vybudění všech pigmentů. Plocha v grafu pod násobkem spektra světla se spektrální citlivostí určuje míru vybudění toho kterého pigmentu.



Obr. 1. Spektrální citlivost oka

Uvažujme na chvilku, že nemáme kapičky, nýbrž malé kousky barevných filtrů. Nakonec uvidíme, že kapičky a filtry jsou vlastně dost podobné věci. Barevný filtr osvětluje bílým světlem a filtr absorbuje světlo všech vlnových délek, kromě určité spektrální oblasti v okolí dané barvy. Tuto spektrální oblast propustí do našeho oka. Na obrázku 2 vidíme tečkovaně nejjednodušší schematický příklad spektra světla propuštěného červeným (R) a zeleným (G) filtrem. Když dáme maličké filtry vedle sebe, do oka dopadá červené i zelené světlo, tedy jejich součet, jehož spektrální složení je vyznačeno plnou čarou. Světlo se jeví žluté. Co když ale vezmeme filtry poloviční tloušťky a dáme je za sebe, aby procházející světlo prošlo postupně oběma? První z filtrů část světla pohltí a k druhému filtru pustí jen zbytek. Druhý filtr část z tohoto zbytku pohltí a do oka jsou propuštěny jen ty vlnové délky, které propustily oba z filtrů. Spektrální složení výsledného světla bude v tomto případě dáno násobkem spektrálních

propustností obou filtrů, což je znázorněno čerchovanou čarou. Jsou vidět dvě věci. Jednak se průběh světla z filtrů vedle sebe a za sebou liší kvalitativně a jednak filtry za sebou evidentně propouští méně světla, přestože celková tloušťka vrstvy se nezměnila. Oba případy vedou k odlišné míře a vzájemnému poměru vybuzení jednotlivých pigmentů a tedy k vyvolání odlišného barevného vjemu. V případě složitější struktury spekter propustnosti barevných filtrů může být kvalitativní změna tvaru výsledných spekter výrazně větší.



Obr. 2. Skládání filtrů

Malé filtry vedle sebe jsou analogií pixelů displeje. Při rozsvícení pouze červeného a zeleného políčka a zhasnutí modrého vnímáme žlutou barvu. To snadno ověříme na monitoru počítače nastavením  $(R, G, B) = (200, 200, 0)$ . Nastavení  $(R, G, B) = (50, 50, 0)$  dává ale zeleno-hnědou barvu, přičemž barva pixelů (kapiček) se nezměnila, pouze poklesl jas. Toto zjištění nám říká, že vnímaná barva závisí nejen na spektrálním složení, ale samozřejmě i na jasu.

Co má ale analogie filtrů společného s mícháním temperových barev? Inu, filtr je pouze sklo nebo plast, ve kterém je rozptýlené absorbující barvivo. Představme si nyní kapku tempery vzniklou smísením červené a zelené. Při odrazu světla od kapky tempery se odrazu neúčastní pouze vlastní povrch kapky, nýbrž světlo proniká do určité hloubky. Odrazovou vrstvu nenulové tloušťky je pak možno simulovat jako střídající se tenoučké červené a zelené filtry navrstvené nad sebou. A zde již bude docházet k popsanému efektu.

Při postupném zmenšování kapiček bychom měli pozorovat plynulý přechod mezi situací „filtry vedle sebe“ a situací „filtry nad sebou“, protože se budou současně uplatňovat oba mechanismy. Rozměr kapiček, při kterém začneme pozorovat změny, by měl odpovídat hloubce průniku světla do látky, která závisí mimo jiné na míře absorpce dané temperové barvy.

*Marek Scholz*  
mara@fykos.cz

---

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty UK MFF. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci UK MFF a podporován Ústavem teoretické fyziky UK MFF, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.

Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.