

## 5.3.1 Disperze světla, barvy

**Předpoklady:** 5103

Svítíme paprskem bílého světla ze žárovky na skleněný hranol. Světlo se láme podle zákona lomu  
⇒ na zdi vznikne osvětlená stopa

Stopa vznikla, ale není bílá, je duhová, střídá se v ní postupně několik barev v pořadí: červená – oranžová – žlutá – zelená – modrá – fialová (nazýváme ji **spektrum**)



Můžeme provést tři pokusy:

- Hranol vyrobí z bílého světla spektrum (různě barevná světla)
- Pokud vezmeme libovolné světlo ze spektra a pokusíme se ho rozložit dalším hranolem, nezískáme nic nového. Světla z duhy se dále nerozkládají.
- Pokud spektrum opět spojíme do jednoho bodu (třeba spojku) získáme opět bílé světlo.  
⇒ **Bílé světlo není jeden druh vlnění, ale je to směs různých vlnění (barevných složek)**, které už se nedají dál rozkládat a které vnímáme jako různé barvy.

Čím se barvy liší?

- frekvencí (nevyplývá to z našich pokusů, ale je to základní rozdíl)
- indexem lomu ve skle (hranol každé zlomil jinak a tím rozdělil bílé světlo)
- rychlostí šíření ve skle (rychlost šíření ve skle je svázána s hodnotou indexu lomu ve skle) = **disperze světla**

Ve vakuu se všechny druhy světla šíří stejnou rychlostí  $c$ , v jiných prostředích se různé druhy světla svou rychlostí liší.

**Monofrekvenční (dříve monochromatické) světlo** = světlo, které obsahuje pouze 1 barvu (v přírodě vzácnost) = světlo o jediné frekvenci

**Př. 1:** Které ze světél tvořících po lomu hranolem duhu na obrázku se má největší index lomu ve skle? Zdůvodni.

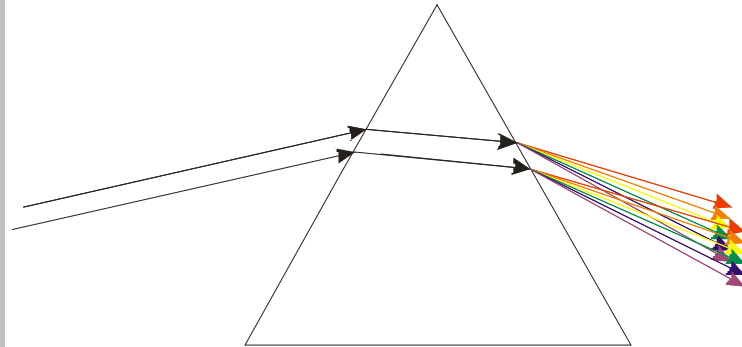
Největší index lomu má fialové světlo. Jeho dráha se lomem na rozhraní sklo-vzduch změnila nejvíce.

**Př. 2:** Rozhodni, zda existuje bílé monofrekvenční světlo? Proč?

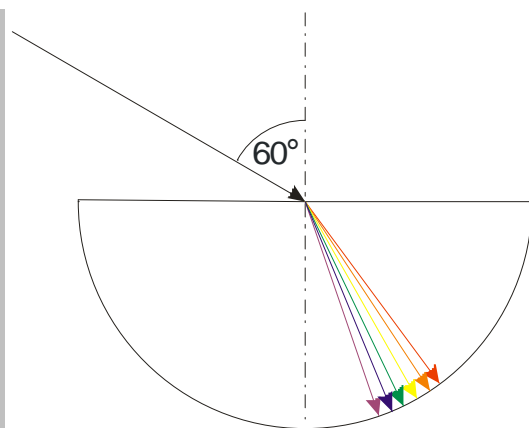
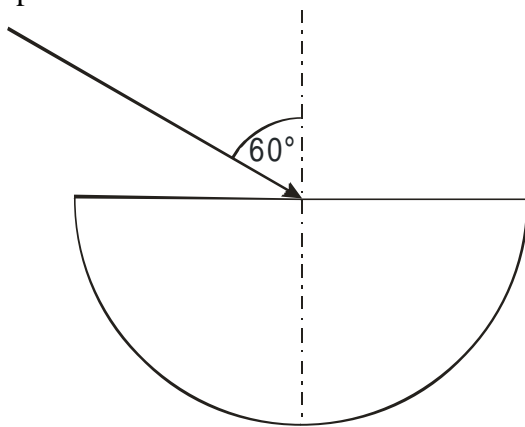
Monofrekvenční bílé světlo neexistuje, protože ve spektru není bílý pruh.

**Př. 3:** Vysvětli, proč barevné spektrum vzniká lomem na hranolu pouze v případě, že paprsek bílého světla je dostatečně úzký. Proč u širších paprsků vidíme u lomeného paprsku duhové pouze okraje?

Pokud je paprsek bílého světla příliš široký míchají se barvy vzniklé na různých místech dohromady a uvnitř svazku vytváří opět bílé světlo.



**Př. 4:** Tenký paprsek bílého světla dopadá na střed průměru půlválce z těžkého flintového skla pod úhlem  $60^\circ$ . Dokresli do obrázku několik paprsků vzniklého spektra. Jaká je úhlová odchylka mezi červeným a fialovým světlem? V jaké vzdálenosti od místa dopadu bude mít spektrum šířku 1 cm?



Dosadíme do zákona lomu, indexy najdeme v tabulkách:

index lomu červeného světla  $n_c = 1,735$

index lomu fialového světla  $n_f = 1,811$

pro obě světla počteme úhel lomu:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin \alpha_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \alpha_1$$

červené světlo:  $\sin \alpha_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \alpha_1 = \frac{1}{1,735} \cdot \sin 60^\circ \Rightarrow \alpha_c = 29^\circ 57'$

fialové světlo:  $\sin \alpha_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \alpha_1 = \frac{1}{1,811} \cdot \sin 60^\circ \Rightarrow \alpha_f = 28^\circ 34'$

Úhlový rozdíl:  $\Delta \alpha = \alpha_c - \alpha_f = 29^\circ 57' - 28^\circ 34' = 1^\circ 23'$

Zjišťujeme v jaké vzdálenosti od středu bude obvod úseče, kterou spektrum tvoří 1 cm (zanedbáme zakřivení).

$$\frac{\Delta \alpha}{360} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r} \Rightarrow r = \frac{360^\circ}{\Delta \alpha \cdot 2 \cdot \pi} = \frac{360^\circ}{1^\circ 23' \cdot 2 \cdot \pi} \text{ cm} = 41 \text{ cm}$$

Spektrum bude mít šířku 1 cm ve vzdálenosti 41 cm od místa lomu.

**Poznámka:** Šířka spektra na obrázku je samozřejmě přehnaná. Kdyby byl rozdíl v úhlech lomu pro jednotlivé barvy nakreslen v reálných proporcích byl by svazek užší než je rozdíl mezi fialovým a modrým paprskem.

**Pedagogická poznámka:** Diskuse o barvách ve zbytku hodiny vyžaduje tak 20 minut. Od toho se u mě odvíjí doba, kterou dám studentům napočítání předchozích příkladů.

Jak souvisí barvy světla ve spektru s barvami, které vidíme?

Červená barva diody – dioda vyzařuje pouze červené světlo

Modrá dioda – vyzařuje pouze modré světlo

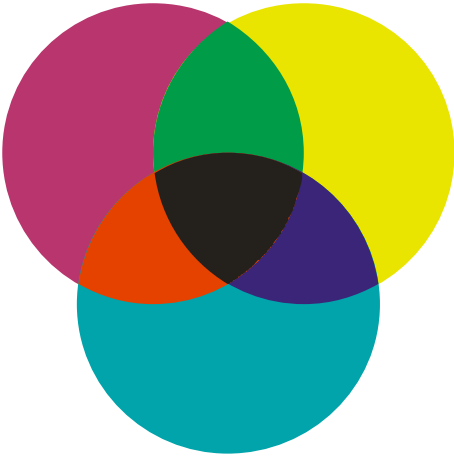
⇒ kdybychom spojili světelné zdroje všech barev spektra ⇒ vznikne bílé světlo = **součtové (aditivní) skládání barev** (jde o skládání světla)



Červená barva na triku – triko nesvítí, z něj se ke mě odráží jen červené světlo ⇒ pohlcuje ostatní vlnové délky (zelenou, modrou, žlutou...)

Zelená barva listů – listy odráží jen zelené světlo ⇒ pohlcuje nezelené vlnové délky

⇒ smícháme všechny barvy vodovek ⇒ vznikne černá barva = **odčítací (subtraktivní) skládání barev** (nesmícháme všechna světla, ale schopnost pohlcovat všechna světla)



Svítime:

- modrým světlem na černé triko ⇒ vidíme ho černé (nic neodráží)
- modrým světlem na bílé triko ⇒ vidíme ho modré (odráželo by všechno, ale dopadá jen modré, tak odráží jen modré)
- modrým světlem na modré triko ⇒ vidíme ho modré (odráželo by jen modrou, ta na něj dopadá, tak ji odráží)
- modrým světlem na červené triko ⇒ vidíme ho černé (odráželo by jen červenou, ale dopadá jen modré, tak neodráží nic)

Ve skutečnosti to takhle funguje pouze málokdy (kdybych používal spektrální barvy světla a ideální spektrální barvy)

### oko vnímá barvy jinak a složitěji:

oko není schopné vidět najednou dvě barvy (i když do něj dopadají dva druhy světla), vždy vidí všechny druhy dopadajícího světla jako jedinou barvu (na rozdíl od ucha, které vnímá několik tónů najednou a je schopné je odlišit) ⇒ do oka dopadá žluté a modré světlo – oko nevidí dvě barvy najednou, vidí jediný odstín – zelenou barvu (i když do něj nedopadá žádné zelené světlo) (podobně červené a modré světlo = fialová)

⇒ chaos

- těžko říct, proč je papír zelený:
  - odráží jen zelenou a všechno ostatní pohlcuje
  - neodráží žádnou zelenou, ale odráží modrou a žlutou, všechno ostatní pohlcuje
  - další možnosti...
- lidé vidí hnědou barvu, ale hnědé světlo neexistuje

má to i své výhody = pomocí několika málo barev mohou simulovat obrovské množství odstínů = **barevné modely** (využívají se při barevném zobrazování a tisku)

**RGB** (red, green, blue)

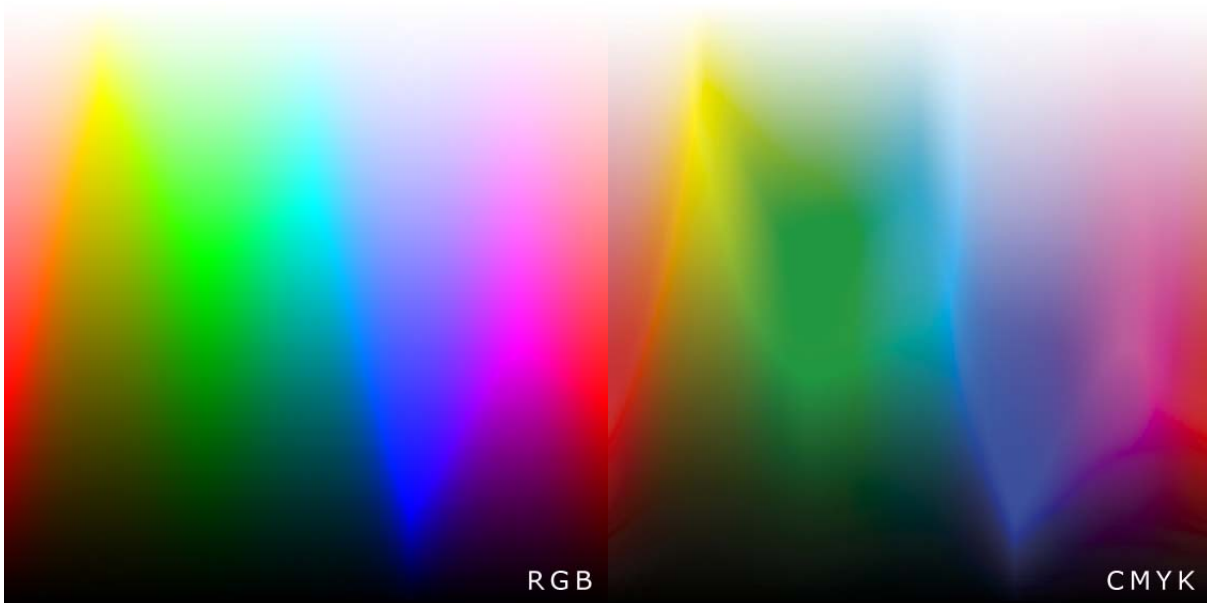
televize, monitory, projektory

každou barvu realizujeme složením světla ze tří barevných zdrojů o různé intenzitě (pokud má každý zdroj 256 úrovní intenzity, získám  $256 \times 256 \times 256 = 16777216$  barev)

**CMYK** (cyan, magenta, yellow, black)

tiskárny

míchám ne světla, ale pohlcování ⇒ i když základní barvy jsou jasné, nedokážeme zrealizovat všechno, co jde přes RGB



další nevýhoda CMYK – u jednotlivých barev nemáme k dispozici různé intenzity ⇒ halftone = tiskárna nezaplňuje barvou celou plochu, ale jen část (kapičky jsou tak malé, že je oko nevidí) ⇒ světlejší odstín

**Shrnutí:** Bílé světlo je směsí jednoduchých barevných světél, která se od sebe liší frekvencí a indexem lomu v látkách.