

Meno a priezvisko:

Škola:

Predmet:

Školský rok/blok:

Skupina:

Trieda:

Dátum:

Bilingválne gymnázium C. S. Lewisa, Beňadická 38, Bratislava

Fyzika

/

Teória

## 1 KMITANIE A VLNIENIE

### 4 Optika

#### 1.4.5 Disperzia svetla (vlnové vlastnosti svetla)

Pre veľkosť rýchlosti vlnenia platí:

$$v = \lambda f = \frac{\lambda}{T}$$

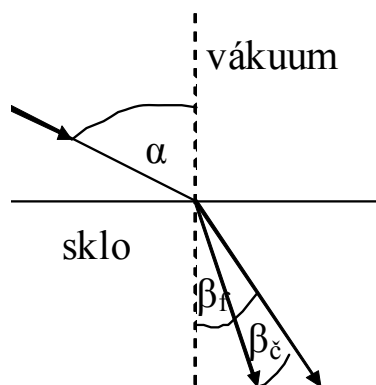
Rôzne frekvencie (vlnové dĺžky) svetla znamenajú jeho rôznu farbu. Rýchlosť svetla v prostredí závisí na frekvencii svetla  $v = F(f) \rightarrow$  **disperzia svetla**. Pri meraní rýchlosti svetla v rôznych prostrediach sa zistilo, že veľkosť rýchlosti v danom prostredí závisí od frekvencie svetla; tento fyzikálny jav sa volá **disperzia svetla**. Vo vákuu rýchlosť svetla  $c = \lambda_0 f$  nezávisí od frekvencie.

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow n = F(f)$$

Index lomu daného optického prostredia závisí na frekvencii svetla. **Index lomu** je definovaný vzťahom  $n = \frac{c}{v}$ , tak v dôsledku disperzie svetla aj index lomu daného optického prostredia závisí od frekvencie.

Keď biele svetlo dopadá na rovinné rozhranie, dochádza k lomu. Lomené svetlo nie je biele, ale jeho okraje sú sfarbené na červeno a fialovo (biele svetlo sa rozložilo na farebné zložky). Najviac sa láme fialové svetlo, najmenej červené. Platí (zo Snellovho zákona):

$$\beta_v > \beta_f \Rightarrow n_v < n_f \Rightarrow v_v > v_f$$



Biele svetlo je zmesou jednoduchých spektrálnych svetiel, teda zmesou vlnení s rozličnými frekvenciami. Najväčšiu frekvenciu má vo viditeľnom žiarení fialové svetlo ( $7,8 \cdot 10^{14}$  Hz, 380 nm), najmenšiu červené svetlo ( $3,8 \cdot 10^{14}$  Hz, 780 nm). Svetlo s jednou frekvenciou sa nazýva **monofrekvenčné**.

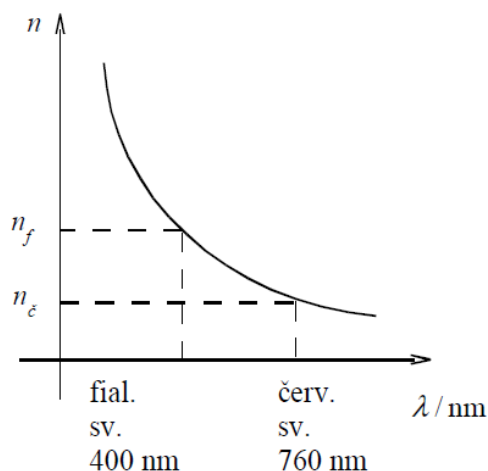
Po lome bieleho svetla optickým hranolom vzniká sústava farebných pruhov, čo nazývame **spektrum**. V spektre za sebou nasledujú: červená, oranžová, žltá, zelená, modrá, indigová a fialová.

Frekvencia vlnenia sa prechodom rôznymi prostrediami nemení (je nezávislá na optickom prostredí), platí:

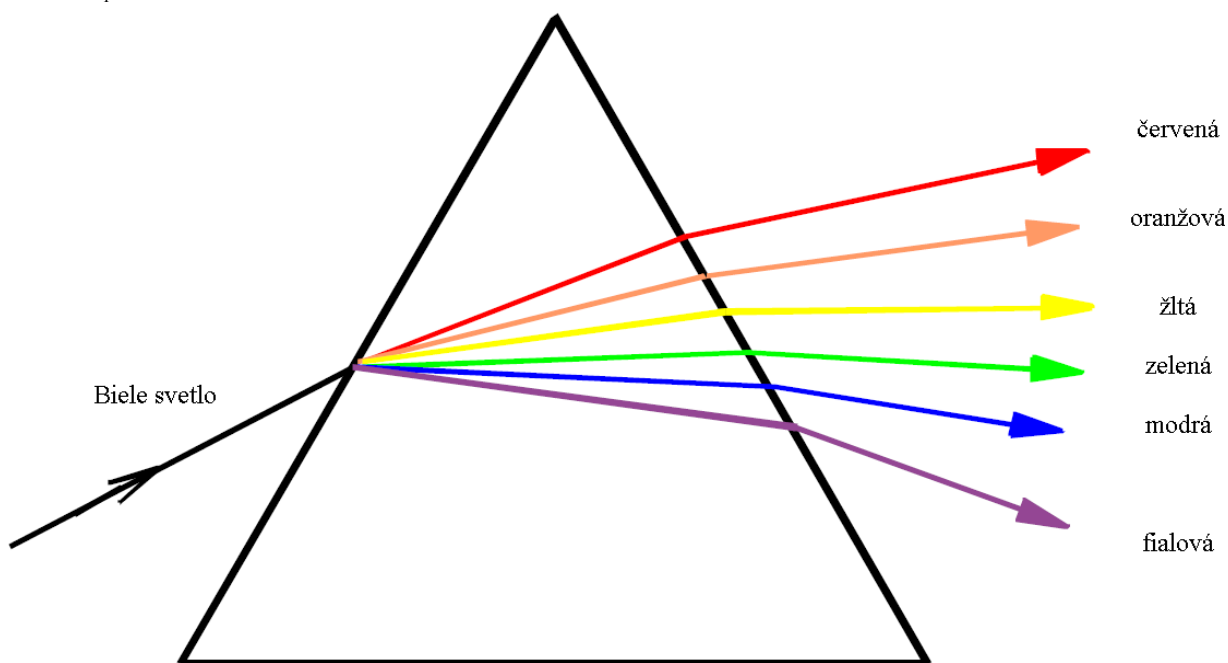
$$f = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

Vlnová dĺžka  $\lambda$  v istom optickom prostredí s indexom lomu  $n$  je  $n$ -krát menšia ako vlnová dĺžka  $\lambda_0$  vo vákuu.

S rastúcou vlnovou dĺžkou index lomu klesá. Graf závislosti indexu lomu na vlnovej dĺžke svetla:



$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} = n \rightarrow$  Z tohoto vzťahu vyplýva rozloženie bieleho svetla hranolom na farby:

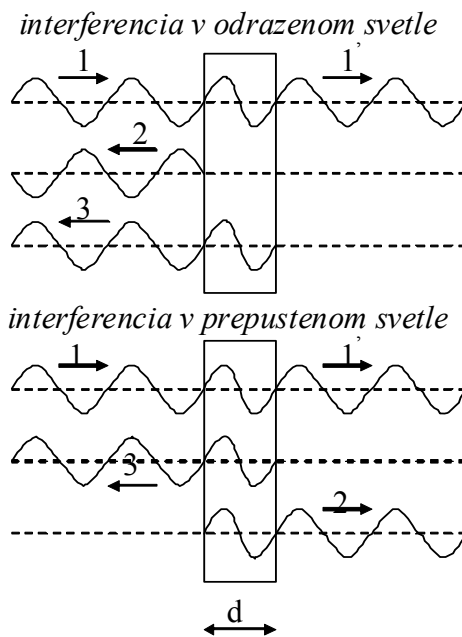


Monofrekvenčné svetlo sa na rozdiel od bieleho svetla nerozkladá. Zložením všetkých spektrálnych farieb vzniká biele svetlo.

Dôkaz, že svetlo je elektromagnetické vlnenie:

- interferencia svetla
- ohyb svetla
- polarizácia svetla

### 1.4.6 Interferencia svetla



- v odrazenom svetle interferujú vlnenia 2, 3
- v prepustenom svetle interferujú vlnenia 1', 2

Interferovať môžu len **koherentné vlnenia** (skladajúce svetelné vlnenia musia mať rovnakú frekvenciu a stály s časom sa nemeniaci dráhový rozdiel; túto podmienku môžeme dosiahnuť tak, že z jedného zdroja odvodíme viacero vln).

Svetelné vlnenie pri odraze na opticky hustejšom prostredí zmení fázu na opačnú (vznikne fázový rozdiel  $\frac{\lambda}{2}$ ).

- **odrazené svetlo:**

- o dráhový rozdiel:

$$\Delta = \frac{\lambda}{2} + 2nd$$

- o najväčšie zosilnenie:

$$\frac{\lambda}{2} + 2nd = 2k \frac{\lambda}{2}$$

- o najväčšie zoslabenie:

$$\frac{\lambda}{2} + 2nd = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

- **prepustené svetlo:**

- o dráhový rozdiel:

$$\Delta = 2nd$$

- o najväčšie zosilnenie:

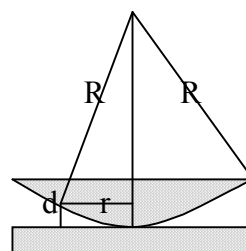
$$2nd = 2k \frac{\lambda}{2}$$

- o najväčšie zoslabenie:

$$2nd = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

- **Newtonove skliá:**

- o pomocou Newtonových skiel môžeme merať vlnovú dĺžku svetla
- o tvorí ich planparalelná vrstva a ploskovypuklá šošovka s veľkým polomerom krivosti
- o platia také isté vzťahy ako pri interferencii v odrazenom svetle
- o pre vzdialenosť  $d$  podľa Pytagorovej vety platí:



$$\blacksquare \quad R^2 = (R-d)^2 + r^2 = R^2 - 2Rd + \overbrace{d^2}^{\text{veľmi malé}} + r^2 \Rightarrow d = \frac{r^2}{2R}$$

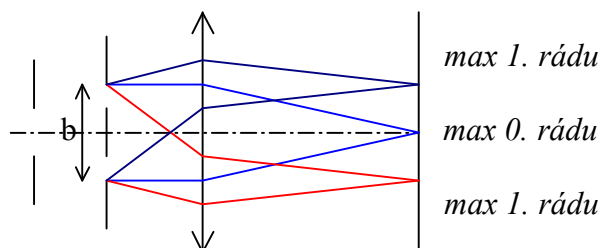
#### 1.4.7 Ohyb svetla (difrakcia) na dvojštrbine a optickej mriežke

Ohyb nastane, ak sú splnené dve podmienky:

- o vlnenia sú koherentné (svetelné vlnenia, ktoré majú rovnakú frekvenciu a stály s časom sa nemeniaci fázový rozdiel)
- o rozmery prekážok musia byť porovnateľné s vlnovou dĺžkou svetla (úzke štrbiny, malé otvory, tenké neprehľadné vlákna a pod.)

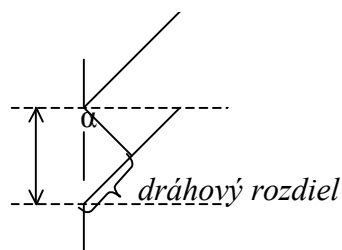
svetelné vlnenia po ohybe na prekážkach interferujú. O tom, či v danom mieste na tienidle nastane zosilnenie alebo zoslabenie, rozhoduje dráhový rozdiel interferujúcich vlnení

**Youngov pokus:** Máme zdroj svetla, svetelné vlnenie prechádza cez osvetľovaciu štrbinu, pomocou ktorej získame zväzok rovnobežných lúčov. Osvetľovacia štrbina je zdrojom vlnenia, ktoré sa šíri k dvojštrbine (dve úzke rovnobežné štrbiny, ktorých stredy sú vo vzdialenosti  $b$ , pričom štrbiny sú rovnobežné s osvetľovacou štrbinou a vzhľadom na ňu sú symetrické). V štrbinách nastane rozdelenie svetelného vlnenia. Keďže vlnenia v štrbinách sú dôsledkom jedného dopadajúceho vlnenia, tak vychádzajúce vlnenia sú koherentné – nastáva ohyb a súčasne interferencia svetla. Na tienidle pozorujeme sústavu rovnobežných svetlých a tmavých prúžkov (pozorujeme maximum 0. rádu, maximum 1. rádu atď.) Svetlo pozorujeme aj mimo rovnobežného smeru, to dokazuje, že dochádza k lomu svetla a súčasne to potvrdzuje vlnové vlastnosti svetla.



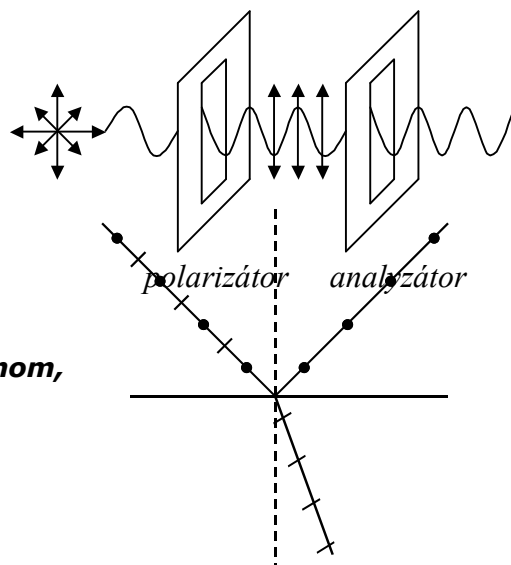
**dráhový rozdiel** medzi dvoma rovnobežnými lúčmi, ktoré vychádzajú zo štrbín, môžeme podľa obr. vyjadriť v tvare:

- o  $\Delta = b \sin \alpha$
- podľa dráhového rozdielu dostávame interferenčné maximá alebo minimá:
  - o **ohybové maximum:**
    - $\blacksquare \quad b \sin \alpha = 2k \frac{\lambda}{2} = k\lambda$
  - o **ohybové minimum:**
    - $\blacksquare \quad b \sin \alpha = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$
- z praktického hľadiska má najväčší význam ohybový jav pozorovaný na **optickej mriežke**, ktorú si môžeme predstaviť ako sústavu zloženú z veľkého počtu dvojštrbín, ktoré sú navzájom v rovnakej vzdialenosti. Vzdialenosť stredov dvoch susedných štrbín je **mriežková konštanta  $b$** . Optické mriežky sa používajú na meranie vlnovej dĺžky svetla.

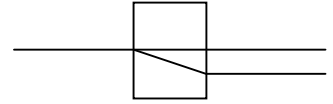


#### polarizácia svetla

- polarizácia nastáva len pri priečnom vlnení
- polarizácia je dej, ktorý dokazuje, že svetlo je priečne elektromagnetické vlnenie, v ktorom kmitá vektor intenzity elektrického poľa kolmo na smer postupu vlnenia (vektor intenzity kmitá všetkými smermi)
- po prechode lúča cez polarizátor nastane usmernenie vektora intenzity; vektor intenzity kmitá len v jednom smere; vzniká **polarizovaná vlna**
- ľudské oko nerozlišuje prirodzené nepolarizované svetlo od polarizovaného
- polarizácia nastáva **odrazom, lomom, dvojlomom, polaroidom**
- **polarizácia svetla odrazom a lomom:**



- o pri odraze a lome svetla dochádza k čiastočnej polarizácii svetla; stupeň polarizácie závisí od uhla dopadu (úplná polarizácia svetla pri odraze môže nastať pri uhle dopadu, ktorý sa nazýva – Brewsterov (polarizačný) uhol)
- o vektory intenzity v lomenom a odrazenom polarizovanom svetle sú navzájom kolmé
- **polarizácia svetla dvojlomom:**
  - o polarizácia dvojlomom nastáva pri prechode svetla cez opticky anizotropné látky (napr. islandský vápenec)
  - o svetelný lúč sa rozdelí na **riadny lúč**, ktorý pokračuje v pôvodnom smere, **mimoriadny lúč**, ktorý sa odchýli od pôvodného smeru
  - o oba lúče sú polarizované, pričom vektory intenzity v riadnom a mimoriadnom lúči sú v navzájom kolmých rovinách



(dokument nie je dokončený)