

## Obsah

<b>23 Světlo, vlnové vlastnosti světla</b>	<b>1</b>
23.1 Základní pojmy . . . . .	1
23.1.1 Optické prostředí . . . . .	1
23.1.2 Světelný zdroj . . . . .	1
23.1.3 Rychlost světla . . . . .	1
23.2 Zákony a principy . . . . .	2
23.2.1 Zákon přímočarého šíření světla . . . . .	2
23.2.2 Princip nezávislosti světelných paprsků . . . . .	2
23.2.3 Zákon odrazu . . . . .	2
23.2.4 Snellův zákon (zákon lomu) . . . . .	2
23.3 Rozklad světla . . . . .	3
23.4 Interference světla . . . . .	4
23.4.1 Interference na tenké vrstvě . . . . .	4
23.5 Ohyb světla na dvojštěrbině, mřížce . . . . .	4
23.5.1 Dvojštěrbina . . . . .	6
23.5.2 Mřížka . . . . .	6
23.6 Polarizace světla . . . . .	7
23.6.1 Druhy polarizace . . . . .	7
23.6.2 Zdroje . . . . .	7

## 23 Světlo, vlnové vlastnosti světla

- speciální typ elmag. záření
- $3,9 \cdot 10^{14} \text{ Hz} - 7,9 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
- $390 \text{ nm} - 760 \text{ nm}$

### 23.1 Základní pojmy

#### 23.1.1 Optické prostředí

- prostředí šíření elmag. záření
- průhledné/průsvitné/neprůhledné, barevné/čiré, homogenní/nehomogenní, izotropní/anizotropní

#### 23.1.2 Světelný zdroj

- zdroj elektromagnetické záření v rozmezí viditelného světla
- přírodní – kosmické (hvězdy), chemické (oheň), biologické (luminiscence), elektrické výboje (výboj, blesk)
- umělé – žárovky, zářivky, LED diody...
- bodové a plošné zářiče

#### 23.1.3 Rychlost světla

- rychlost světla **ve vakuu**
- $299\,792\,458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- univerzální fyzikální konstanta
- nejvyšší rychlost, které lze dosáhnout

## 23.2 Zákony a principy

### 23.2.1 Zákon přímočarého šíření světla

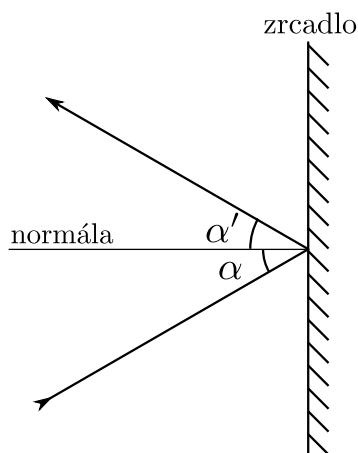
- v homogenním prostředí se svazek světla šíří **přímočaře**

### 23.2.2 Princip nezávislosti světelných paprsků

- jednotlivé světelné paprsky se navzájem při šíření neovlivňují
- při vzájemném protnutí navzájem neinteragují

### 23.2.3 Zákon odrazu

- „úhel odrazu je roven úhlu dopadu“
- úhel relativní k normálovému vektoru povrchu
- např. při úplném odrazu ( $\alpha$  větší než kritický úhel), na zrcadle, ...
- částečně i na rozhraní prostředí



Obr. 23.1: Zákon odrazu

### 23.2.4 Snellův zákon (zákon lomu)

- popis šíření světla při přechodu přes rozhraní dvou různých prostředí
- poměr sinů úhlů je poměr rychlostí záření v jednotlivých prostředí

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$$

- dva druhy
  - lom ke kolmici –  $\alpha > \beta$ ,  $n_2 > n_1$
  - lom od kolmice –  $\beta > \alpha$ ,  $n_1 > n_2$

#### Index lomu

- bezrozměrná fyzikální veličina
- popis šíření světla v prostředí
- poměr rychlosti světla v prostředí a vakuu

$$n = \frac{c}{v}$$

- využití při výpočtu úhlů při lomu světla

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1 \frac{1}{n_1}}{v_2 \frac{1}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1}$$

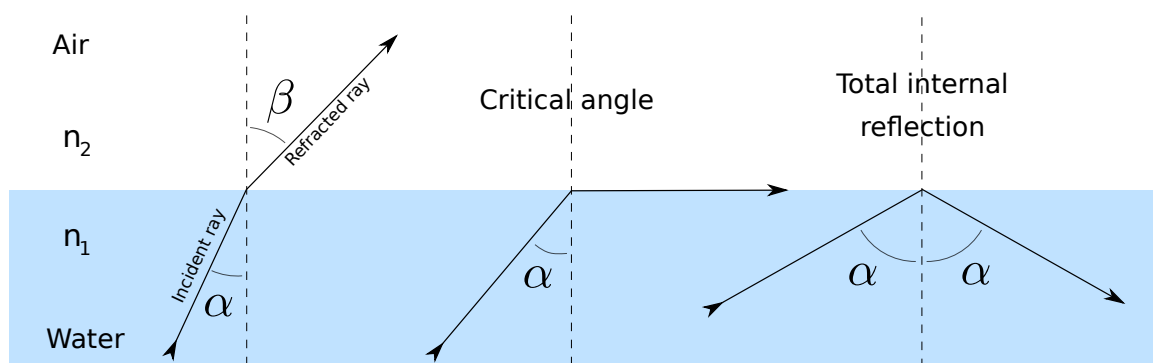
- různá hodnota pro každé prostředí, měřena experimentálně

Látka	index lomu
vakuum	1
vzduch	1,00026
led	1,31
voda	1,33
etanol	1,36
sklo	1,5 až 1,9

Tab. 23.1: Příklady hodnot  $n$  pro různé materiály

### Mezní úhel $\alpha_m$

- jev při lomu od kolmice
- výsledný úhel lomu  $\beta$  roven  $90^\circ$
- jestliže  $\alpha > \alpha_m$ , poté dochází k **úplnému odrazu**



Obr. 23.2: Vyobrazení lomu světla, mezního úhlu a úplného odrazu

### 23.3 Rozklad světla

- bílé světlo – složeno z několika složek světla / barev
- různý ohyb jednotlivých složek na optickém rozhraní -> rozklad světla
  - červené světlo – nejmenší ohyb
  - fialové světlo – největší ohyb
  - vznik duhy
- rozklad světla na hranolu – objeveno Newtonem



Obr. 23.3: Rozklad světla na hranolu

## 23.4 Interference světla

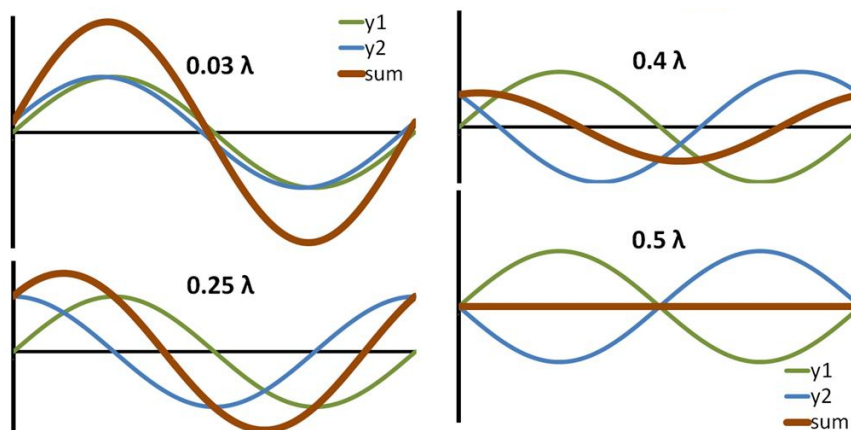
- vzájemné ovlivnění dvou světelných vln
- skládání vln do jedné
- dle posunu a frekvencí se navzájem zesilují nebo naopak zeslabují
- nejčastěji monochromatické světlo
- pozorovatelné u koherentního vlnění (stejně  $\lambda$  a  $f$ )
- interferenční maximum – dráhový rozdíl roven sudému počtu půlvln

$$\Delta l = 2k \frac{\lambda}{2}$$

–  $\Delta l$  – vlnová délka,  $k$  – přirozené číslo,  $\lambda$  – vlnová délka

- interferenční minimum – dráhový rozdíl roven lichému počtu půlvln

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



Obr. 23.4: Příklad interference

### 23.4.1 Interference na tenké vrstvě

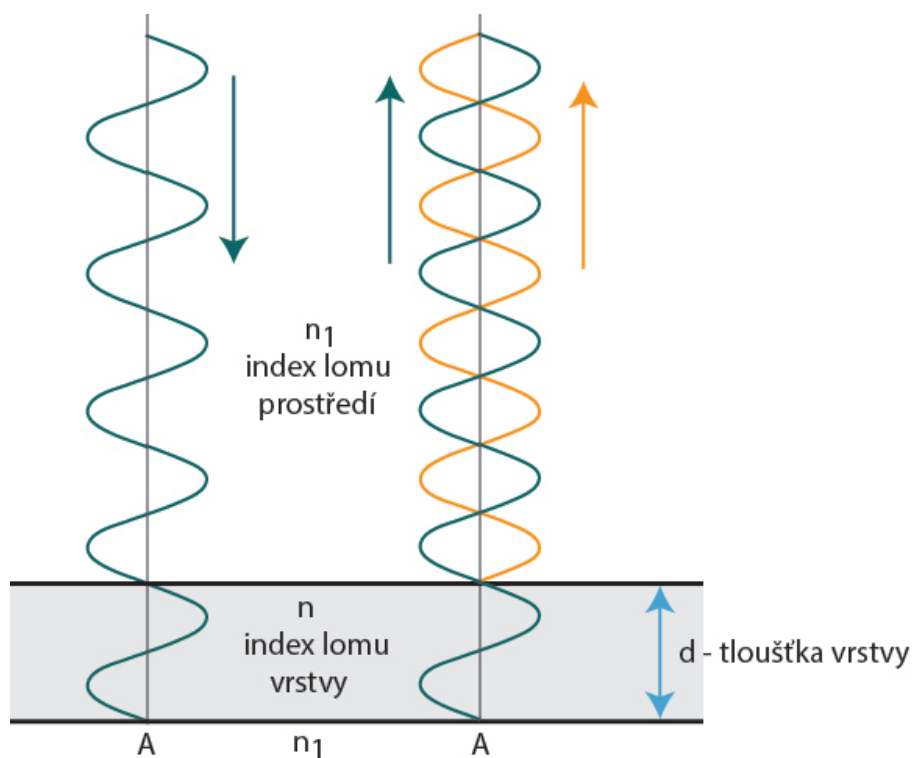
- tenká vrstva – mýdlová bublina, antireflexní vrstva na brýlích...
- část světla se odrazí na prvním rozhraní, část až na druhém

$$\Delta l = 2nd$$

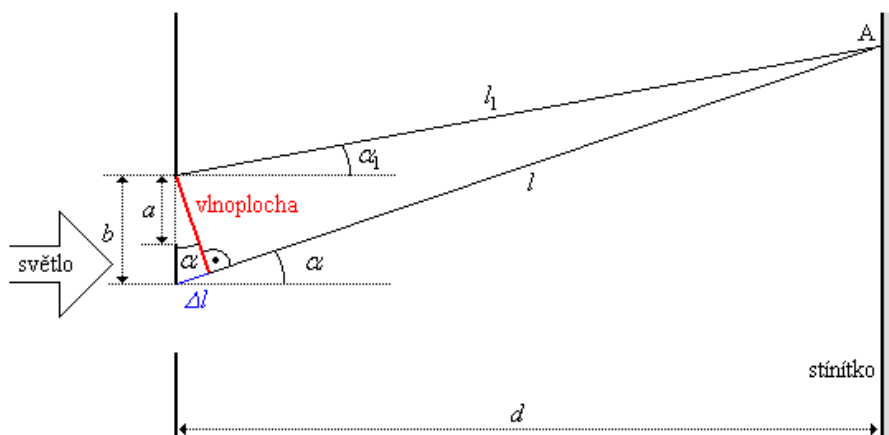
- $n$  – index lomu prostředí,  $d$  – tloušťka tenké vrstvy
- výsledné paprsky interferují
- změna fáze
  - dopad na rozhraní řidší-hustší – fáze se mění
  - dopad na rozhraní hustší-řidší – fáze se nemění

## 23.5 Ohyb světla na dvojštěrbíně, mřížce

- ohyb světla způsoben malými otvory
- světlo dojde ke štěrbině – vznik vlnoplochy – štěrbina se chová jako zdroj
- interference světla
- podmínka maxima:  $b \sin \alpha_k = k\lambda, k \in \mathbb{N}$



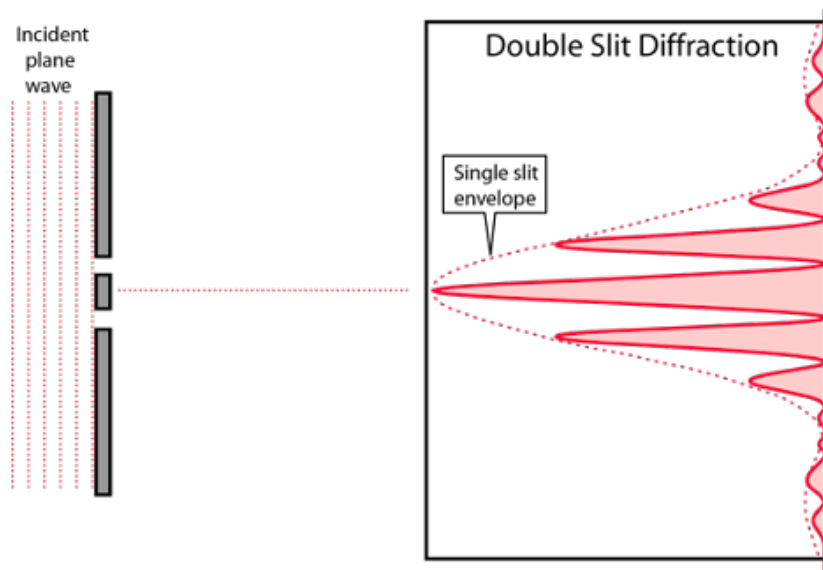
Obr. 23.5: Složení světla na tenké vrstvě



Obr. 23.6: Šíření paprsků světla na dvojštěrbíně

### 23.5.1 Dvojštěrbina

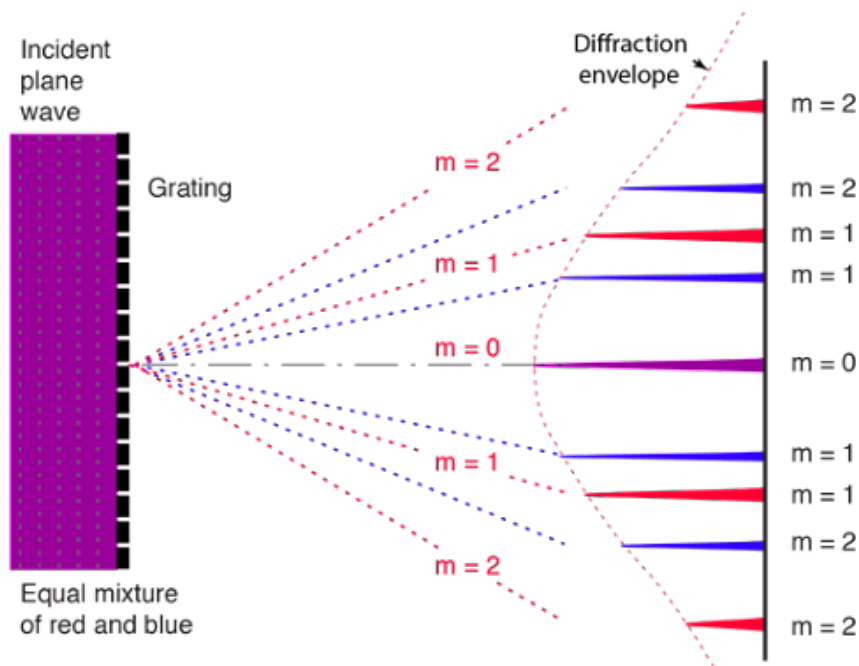
- interference světla ze dvou štěrbin



Obr. 23.7: Interference světelných vln na dvojštěrbině

### 23.5.2 Mřížka

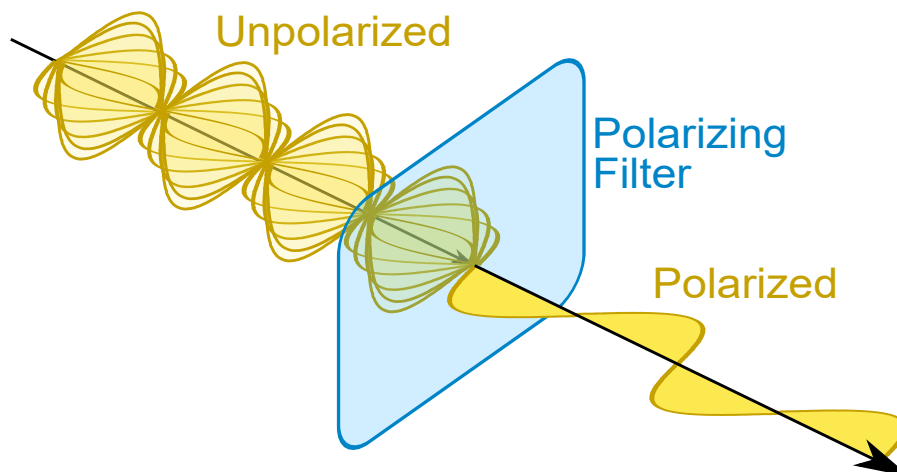
- velký počet štěrbin vedle sebe
- úzká interferenční maxima
- rozklad dopadajícího bílého světla v maximech na jednotlivé barevné složky
  - blíže k nultému maximu fialová, dále od něj červená



Obr. 23.8: Ohyb světla na mřížce

## 23.6 Polarizace světla

- světlo – elektromagnetické vlnění
  - kmitání vektoru elektromagnetické pole  $\mathbf{E}$
  - k němu kolmý vektor magnetického pole  $\mathbf{B}$
  - oba kolmé na směr pohybu
- nepolarizované záření –  $\mathbf{E}$  má náhodný směr/otočení
- polarizované světlo – všechny svazky světla  $\mathbf{E}$  mají stejný směr/otočení



Obr. 23.9: Příklad nepolarizovaného a polarizovaného světla

### 23.6.1 Druhy polarizace

- lineárně polarizované světlo
- kruhové polarizované
- elipticky polarizované

### 23.6.2 Zdroje

- odraz – při odrazu částečná polarizace, ovšem může nastat i úplná při specifickém úhlu
- lom – pouze částečná polarizace
- dvojlom
  - na anizotropních krystalech – index lomu závislý na směru paprsku
  - rozdělení paprsku na řádný (podléhá zákonům lomu) a mimořádný (nepodléhá zákonům lomu), oba polarizované
- polaroid
  - dovolí projít pouze jeden směr paprsku, ostatní pohltí