

Druhy elektromagnetického záření

- rádiové vlny $\begin{cases} \nearrow \text{dlouhokně} \\ \searrow \text{mikrovlnné} \end{cases}$
- infračervené záření
- viditelné světlo $\begin{cases} \nearrow \text{červené} \\ \searrow \text{fialové} \end{cases}$
- ultrafialové záření
- rentgenové záření
- gama záření

roste f

→ em. vlnění je příčné postupné vlnění, které má

- magnetickou složku \vec{B}

- elektrickou složku \vec{E}

OPTIKA

• Světlo

- dlouh. vlnění / proud iontů

- viditelné světlo

• $f: 4,4 \cdot 10^{14} \text{ Hz} - 3,95 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

• $\lambda: 390 \text{ nm} - 760 \text{ nm}$

rychlost ve vakuu - $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

- stejná pro všechny frekvence

rychlost vlnění vlnu

- různá pro různé frekvence

n/a

f je všude stejné (ve všech prostředích)

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

ve vakuu

- když světlo přechází mezi různými prostředími, f se nemění (závisí na zdroji), mění se v (závisí na prostředí)

⇒ barva světla je dána frekvencí

• monofrekvenční = monochromatická - 1 barva

• viefrekvenční - různé odstíny bílé

• Šíření světla

- fo světla s jiným prostředím může dojít k:

• absorbci

• rozptylu = odraz všemi směry

• odrazu = odraz jedním směrem

vždy se část absorbuje, část odrazí a může dojít k lomu

- dělení prostředí

• příhledné - dochází k rozptylu

• průsvitné - dochází k rozptylu

• nepříhledné - dochází k absorbcii

izotropní

- všemi směry se světlo šíří stejnou rychlostí

neizotropní

- různými směry různou rychlostí

- šíření světla v izotropním prostředí

- v i. prostředí jsou všude stejné podmínky ⇒ všude stejná rychlost

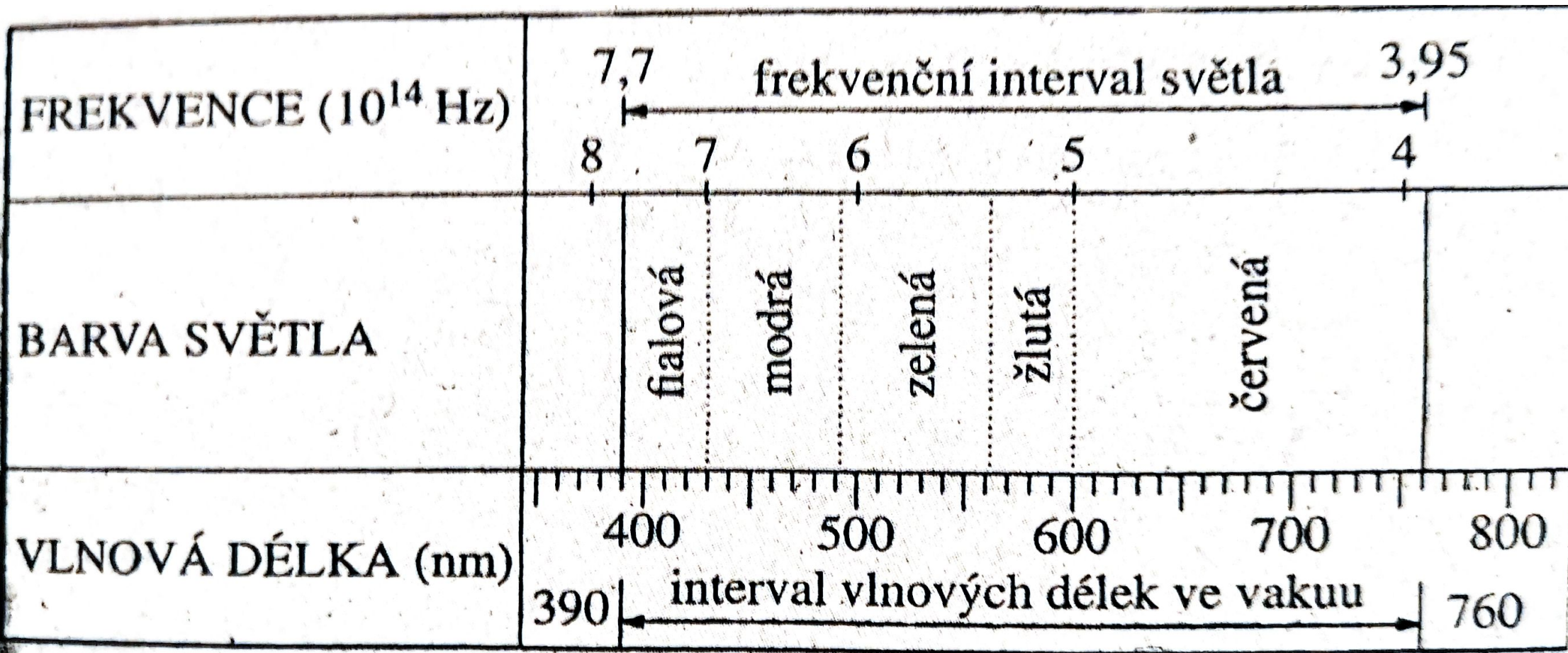
- stejně jako obvyklé vlnění - viz kmítání a vlnění

- šíření z bodu → vlnoplochy (kulové), na šteré jsou povrchy kulové

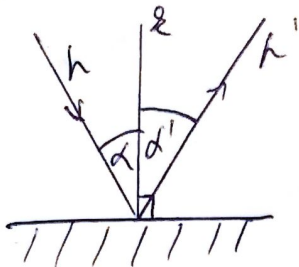
- Huygenův princip

- každý bod vlnoplochy kmítá ⇒ vznik elementárního vlnění, které se šíří v elementárních vlnoplochách

- vlnoplocha v následujícím časovém okamžiku bude obalovou plochou elementárních vlnoploch



• Odraz světla



z = kolmice k rozhraní

α = úhel dopadu

α' = úhel odrazu

\rightarrow h a z tvoří rovinu dopadu

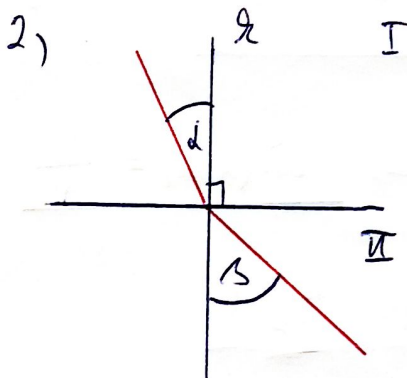
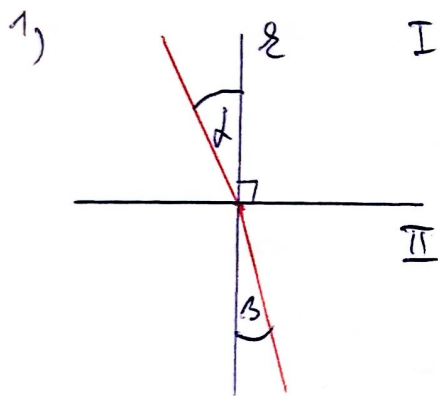
Zákon odrazu: $\alpha = \alpha'$ a odražený paprsek leží v rovině dopadu
(a není identický s dopadajícím paprskem)

• Lom světla

- z prostředí I (n_1) proniká do prostředí II (n_2)

1) $n_1 > n_2 \Rightarrow$ I je opticky řidší než II \Rightarrow lom ke kolmici

2) $n_1 < n_2 \Rightarrow$ I je opticky hustší než II \Rightarrow lom od kolmice



α = úhel dopadu

β = úhel lomu

z = kolmice k rozhraní

Zákon lomu: $\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{n_1}{n_2}$ a lomný paprsek leží v rovině dopadu

• absolutní index lomu - n

$n = \frac{c}{v}$ \rightarrow materiálová konstanta $n \geq 1$

$\rightarrow 1 n \Rightarrow 1$ husté prostředí

• relativní index lomu - n_{21}

- konstanta pro přechod z prostředí s n_1 do prostředí s n_2

$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$

$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1}$

• Snellius zákon

$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_1}{n_2} = n_{21}$

• Úplný odraz světla

- světlo se nemůže dostat fyzikálně při šíření z opticky hustšího do řidšího

$$\underline{n_1 < n_2} \wedge n_1 > n_2 \Rightarrow \text{lom od kolmice}$$

• mezní úhel - d_m

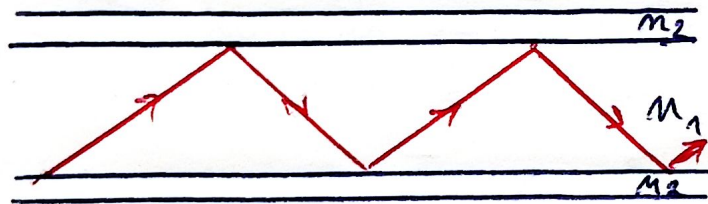
- pro tento úhel je úhel lomu $\beta = 90^\circ$

\Rightarrow lomenný paprsek leží na rozhraní prostředí

\Rightarrow částečný odraz a částečný lom

- pro $d > d_m$ nastane úplný odraz - světlo se vůbec neláme

- princip optického vlákna



$$n_2 \ll n_1$$

$$n_2 \gg n_1$$

$$\frac{\sin d_m}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \underline{\sin(d_m) = \frac{n_2}{n_1}}$$

• Disperze světla

= fyzikální jev při kterém se bílé světlo rozkládá na barevné složky
→ vzniká důsledkem závislosti rychlosti světla v látkách na frekvenci

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

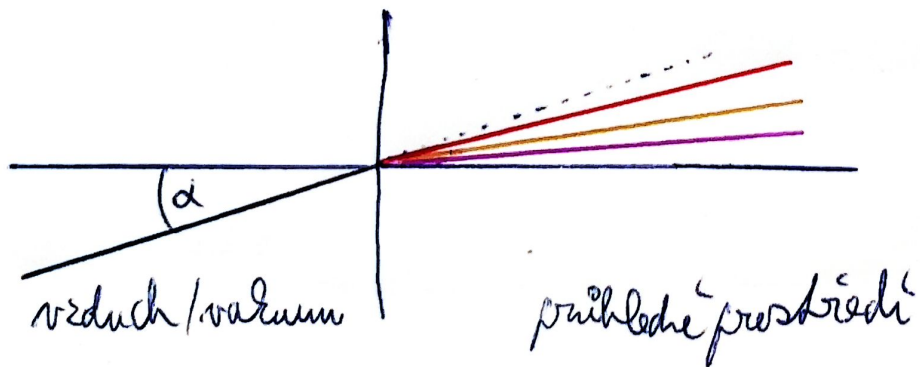
$$\Rightarrow \downarrow f \Rightarrow \uparrow \lambda \Rightarrow \downarrow n \Rightarrow \uparrow v$$

→ rychlost světla se s rostoucí frekvencí zmenšuje

→ ve vakuu & disperzi nedochází

• červené světlo: $\downarrow f \Rightarrow \uparrow$ rychlost $\Rightarrow \uparrow B \Rightarrow \downarrow$ odchylna

• fialové světlo: $\uparrow f \Rightarrow \downarrow$ rychlost $\Rightarrow \downarrow B \Rightarrow \uparrow$ odchylna



princip vzniku duhy

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- 1) Světelný paprsek prochází rozhraním ze skla o absolutním indexu lomu 1,5 do vody o absolutním indexu lomu 1,35 tak, že úhel lomu paprsku je 30° . Vypočítejte:
- úhel dopadu světelného paprsku ve skle,
 - mezní úhel α_m pro rozhraní sklo–voda,
 - rychlost šíření světelného paprsku ve skle a ve vodě (rychlost šíření světla ve vakuu je $3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$).

(a) $\sin \alpha = \frac{n_{\text{voda}}}{n_{\text{sklo}}} \cdot \sin \beta = 0,45 \Rightarrow \alpha \doteq 26,74^\circ$; b) $\sin \alpha_m = \frac{n_{\text{voda}}}{n_{\text{sklo}}} = 0,9 \Rightarrow \alpha_m \doteq 64,16^\circ$

c) $v_{\text{sklo}} = \frac{c}{n_{\text{sklo}}} = 2 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $v_{\text{voda}} = \frac{c}{n_{\text{voda}}} \doteq 2,22 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

- 2) Světelný paprsek dopadá na rozhraní vody a skla pod úhlem $51^\circ 20'$ a úplně se polarizuje odrazem a lomem (lomený paprsek je kolmý k paprsku odraženému). Absolutní index lomu vody je 1,32. Vypočítejte absolutní index lomu skla a index lomu rozhraní voda-sklo. Výsledky zaokrouhlete na tři platné číslice.

($n_{\text{sklo}} = n_{\text{voda}} \cdot \tan \alpha = 1,65$; $n = \tan \alpha = 1,25$)

- 3) Jaký musí být úhel dopadu na povrch skla o indexu lomu 1,7, aby úhel lomu byl roven polovině úhlu dopadu?

- 4) Na rozhraní vzduchu a neznámého průhledného optického prostředí dopadá světlo pod úhlem 75° a láme se pod úhlem 40° . Určete mezní úhel úplného odrazu světla na rozhraní prostředí a vzduchu.

lom ke kolnici $\Rightarrow n_2 < n_1 \Rightarrow \text{vzduch} \Rightarrow \text{prostředí}$

vzduch

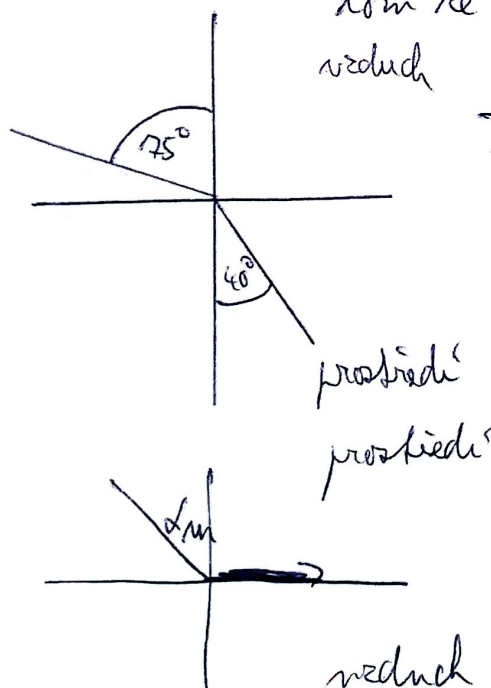
$$\frac{\sin(75^\circ)}{\sin(40^\circ)} = \frac{n_{\text{prost.}}}{n_{\text{vzduch}}} = n_{\text{prost.}}$$

$\Rightarrow n_{\text{prost.}} = 1,5$

$$\Rightarrow \frac{\sin \alpha_m}{\sin 90} = \frac{n_{\text{vzduch}}}{n_{\text{prost.}}} = \frac{1}{n_{\text{prost.}}}$$

$\sin \alpha_m = \frac{1}{1,5} = \frac{2}{3}$

$\Rightarrow \alpha_m = 41,8^\circ$



① selo → roda

$$m_1 = 1,5$$

$$m_2 = 1,35$$

$$\beta = 30^\circ$$

$$a) \alpha = ?$$

$$b) d_m = ?$$

$$c) v_1, v_2 = ?$$

$$a) \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{m_2}{m_1} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{m_2}{m_1} \cdot \sin \beta$$

$$\sin \alpha = \frac{1,35}{1,5} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1,35}{3} \Rightarrow \underline{\underline{\alpha = 26,7^\circ}}$$

$$b) \frac{\sin d_m}{1} = \frac{1,35}{1,5} \Rightarrow \underline{\underline{d_m = 64,2^\circ}}$$

$$c) m = \frac{c}{v} \Rightarrow v_1 = \frac{c}{m_1} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,5} = \underline{\underline{2 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

$$v_2 = \frac{c}{m_2} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,35} = \underline{\underline{2,2 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

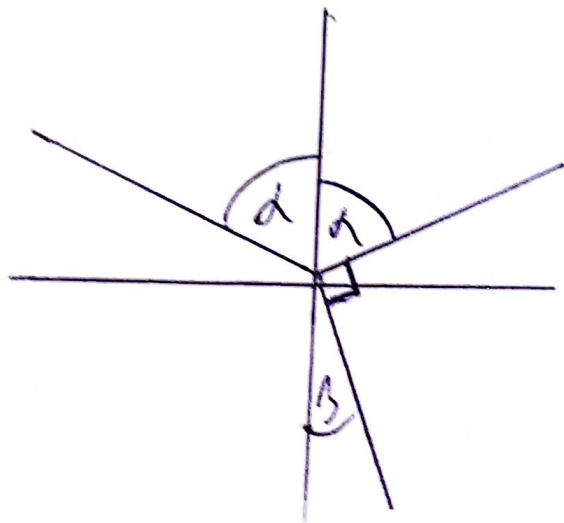
2) voda → slo

$$d = 51^\circ 20'$$

$$d + \beta = 90^\circ$$

$$n_1 = 1,32$$

$$n_2, n_{21} = ?$$



$$\frac{\sin d}{\sin \beta} = \frac{\sin d}{\sin(90-d)} = \frac{\sin d}{\cos d}$$

$$\Rightarrow \frac{\sin d}{\sin \beta} = \text{tg}(d)$$

$$\frac{\sin d}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow n_2 = n_1 \cdot \text{tg}(d) = 1,32 \cdot \text{tg}(51^\circ 20') \doteq \underline{\underline{1,65}}$$

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \text{tg} d \doteq \underline{\underline{1,25}}$$

3) vzduch → slo

$$n_1 = 1$$

$$n_2 = 1,4$$

d = úhel dopadu

$$\beta = \frac{d}{2} = \text{úhel lomu}$$

$$d = ?$$

$$\frac{\sin d}{\sin(\frac{d}{2})} = \frac{1,4}{1} \Rightarrow 1,4 = \frac{2 \sin(\frac{d}{2}) \cos(\frac{d}{2})}{\sin(\frac{d}{2})} = 2 \cos(\frac{d}{2})$$

$$\Rightarrow \cos(\frac{d}{2}) = \frac{1,4}{2} \Rightarrow d = 2 \cdot \arccos\left(\frac{1,4}{2}\right) \doteq \underline{\underline{63,6^\circ}}$$