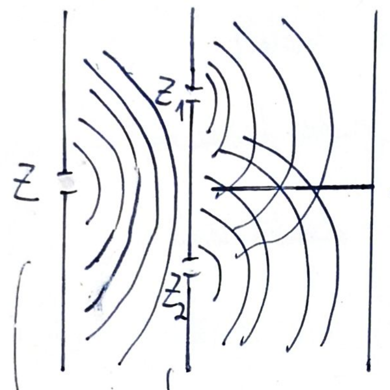
VLNOVÉ VLASTNOSTI SVĚTLA

• <u>Interference světla</u>

- pozorujeme ji u koherentních vlnění
  → mají stejnou f a v daném bodě prostoru mají stálý $\Delta\varphi$
- ideálním zdrojem koherentních vlnění je laser
- <u>Youngův experiment</u> - důkaz interference



→ na stínítku vzniká interferenční obrazec = soustava světlých a tmavých proužků

→ interferenční max. 0. řádu

→ stínítko

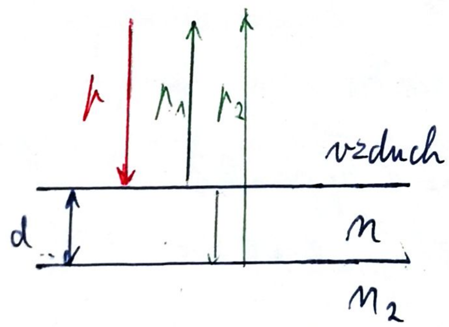
→ zdroj → zdroje koh. vlnění

• max. - světlé proužky $\Delta\varphi = k\cdot 2\pi$ $\quad \Delta s = k\cdot\lambda$

• min. - tmavé proužky $\Delta\varphi = k\cdot 2\pi + \pi$ $\quad \Delta s = k\cdot\lambda + \frac{\lambda}{2}$

• <u>Interference na tenké vrstvě</u>

(kolmo)



• na tenkou vrstvu dopadá paprsek p
• část záření se odráží → p_1
• část záření projde dál a odráží se na dalším rozhraní → p_2

→ p_1, p_2 jsou koherentní paprsky, které spolu interferují

→ <u>odraz na rozhraní</u>

• <u>řidší → hustší</u>: odraz na pevném konci
⇒ fáze se mění na opačnou, liší se o $\frac{\lambda}{2}$

• <u>hustší → řidší</u>: odraz na volném konci
⇒ fáze odraženého vlnění je stejná jako dopadajícího

- dráhový rozdíl interferujících vlnění

→ p_1 se rovnou odrazí, p_2 musí projít tam a zpět vrstvou

→ p_2 urazí $2d = v \cdot t$ → p_1 mezitím urazí $l = c \cdot t$

$$\Rightarrow t = t \Rightarrow \frac{2d}{v} = \frac{l}{c} \Rightarrow l = 2d \cdot \frac{c}{v} = 2nd$$

→ na horní vrstvě vždy dojde k odrazu na pevném konci → $\frac{\lambda}{2}$

→ na dolní může a nemusí (podle n té druhé látky)

→ když nedojde, tak: $\Delta s = 2nd + \frac{\lambda}{2}$

- int. max: $\Delta s = k \cdot \lambda \Rightarrow 2nd + \frac{\lambda}{2} = k \cdot \lambda \Rightarrow 2nd = k \cdot \lambda - \frac{\lambda}{2}$
- int. min: $\Delta s = k \cdot \lambda + \frac{\lambda}{2} \Rightarrow 2nd + \frac{\lambda}{2} = k\lambda + \frac{\lambda}{2} \Rightarrow 2nd = k \cdot \lambda$

$k = 1, 2, 3, \dots$

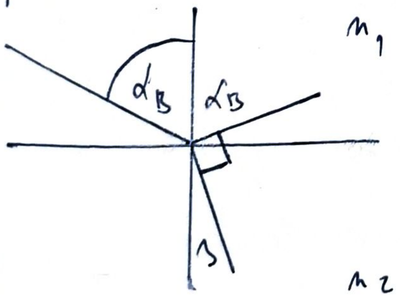
- polarizace světla

- světlo = emg. vlnění $\left\{ \begin{array}{l} \text{el. složka} \\ \text{mg. složka} \end{array} \right\}$ vektory jsou na sebe kolmé

→ tyto vektory ale nemusí tvořit souvislou rovinu, pokud ji tvoří, pak je světlo polarizované

- polarizované světlo – laser
- nepolarizované světlo – přirozené světlo → chaotické

- polarizace odrazem a lomem



α_B = Brewsterův úhel

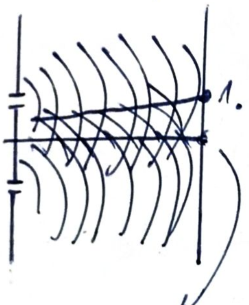
$\alpha_B + \beta = 90°$

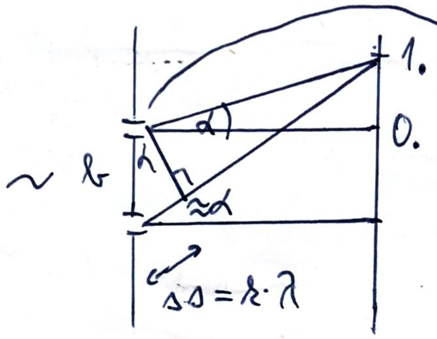
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \alpha}{\sin(90 - \alpha)} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha$$

$$\Rightarrow \operatorname{tg} \alpha_B = \frac{n_2}{n_1}$$

- polarizace absorpcí – polaroidy propouštějí jen 1 směr $\vec{E}$
- polarizace dvojlomem – anizotropní látky
  ↳ lom na řádný a mimořádný paprsek
  ↳ oba jsou polarizované

- **Ohyb světla = difrakce**
  - jev, který pozorujeme při dopadu světla na neprostupnou překážku
- **ohyb na ostré hraně**
  - na stínítku nevzniká ostré rozhraní mezi geometrickým stínem a osvětlenou plochou
  - místo toho vzniká difrakční obrazec, protože světlo kvůli Huygensovu principu částečně proniká za překážku
  - difrakční obrazec = soustava světlých a tmavých proužků
    $\Rightarrow$ výsledek interference při ohybu na hraně
  - obrazec ovlivňuje λ a tloušťka překážky
- **ohyb na dvouštěrbině**
  b = vzdálenost štěrbin (perioda mřížky)
  - interferencí vzniká na stínítku difrakční obrazec





$\sin\alpha = \dfrac{k\cdot\lambda}{b}$ → max.

$\Rightarrow$ podmínka int. max.:
$b\cdot\sin\alpha = k\cdot\lambda$

- **ohyb na optické mřížce**
  - hodně štěrbin s malou vzdáleností = b
  - optická mřížka ~ soustava mnoha dvouštěrbin

  $\Rightarrow$ max.: $b\cdot\sin\alpha = k\cdot\lambda$

1) Olej tvoří na vodní hladině vrstvu silnou 0,000 5 mm. Interferencí při kolmém odrazu od vrstvy se z viditelného světla nejvíce zesiluje žluté světlo o vlnové délce 580 nm. Určete:
   a) nejmenší možný index lomu oleje,
   b) vlnovou délku viditelného světla, které se interferencí při kolmém odrazu od vrstvy nejvíce zeslabuje.

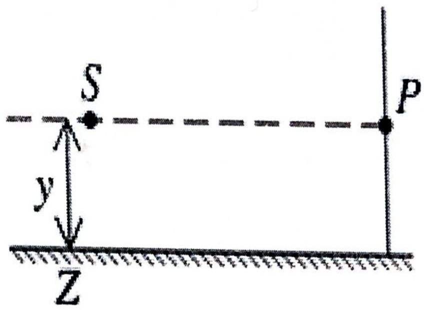
   (a) $n = (2k-1)\frac{\lambda}{4d} \Rightarrow$ pro $k = 3$ je $n =$ 1,45;

   b) $\lambda = \frac{2nd}{k} \Rightarrow$ pro $k = 2$ je $\lambda = 725\ nm$ (červená), pro $k = 3$ je $\lambda = 483\frac{1}{3}\ nm$ (modrozelená))

2) Optická mřížka, jejíž perioda je 2,5.10^{-4} cm, byla osvětlená monochromatickým světlem dopadajícím kolmo na mřížku. Na stínítku ve vzdálenosti 1,20 m od mřížky vzniklo difrakční maximum 1. řádu ve vzdálenosti 22 cm od maxima 0. řádu. Vypočítejte vlnovou délku světla a úhel, který svírá paprsek maxima 1. řádu s paprskem maxima 0. řádu.
   ($\lambda = \frac{b.x}{\sqrt{l^2+x^2}} \doteq 4{,}51.10^{-7}\ m$ (= 451 nm (modrá)); $\text{tg}\,\alpha = \frac{x}{l} \Rightarrow \alpha \doteq 10{,}4°$)

3) Dva koherentní světelné paprsky dospívají do určitého bodu s dráhovým rozdílem 2,0 μm. Zjisti, zda se osvětlení v tomto bodě interferencí zesílí, popř. zeslabí v případě, že světlo je fialové (λ = 400 nm).

4) Zdroj světla S a rovinné zrcadlo jsou umístěny podle obrázku. Urči podmínku vzniku interferenčního maxima v bodě P.



5) Na tenké olejové vrstvě je interferenční skvrna tvořená červenou barvou o vlnové délce 725 nm. Olej má index lomu 1,45 (vzhledem ke vzduchu nad vrstvou). Jaká může být tloušťka olejové vrstvy?

6) Na bublině, která v určitém místě tvoří vrstvičku silnou 0,375 μm, pozorujeme interferenční maximum modrého světla vlnové délky 495 nm. Vypočítej nejmenší možný index lomu látky tvořící stěnu bubliny.

7) Na stínítku ve vzdálenosti 1 m od optické mřížky vzniklo při osvětlení světlem vlnové délky 760 nm ohybové maximum 1. řádu ve vzdálenosti 15,2 cm od ohybového maxima 0. řádu. Vypočítej periodu optické mřížky.

VLNOVÁ OPTIKA

(1) $d = 5\cdot10^{-7}\,m = 500\,nm$

$\lambda = 580\,nm$ → zesiluje se ⇒ i. maximum

a) n $\quad 2nd = k\lambda - \frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda(2k-1)}{2} \Rightarrow n = \frac{\lambda(2k-1)}{4d}$

$k=1:\ n = \frac{\lambda}{4d} = \frac{580}{2000} = \frac{29}{100} = 0{,}29 < 1$ → nejde

$k=2:\ n = \frac{3\lambda}{4d} = 0{,}87 < 1$ → nejde

$k=3:\ n = \frac{5\lambda}{4d} = \underline{\underline{1{,}45}} > 1$ $\quad$ ($n_{vody} \doteq 1{,}3$ → jde)

b) i. minimum ⇒ $\lambda = ?$ $\quad 2nd = k\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{2nd}{k}$

$k=1:\ \lambda = 2\cdot1{,}45\cdot500\,nm = 1450\,nm$ → IR

$k=2:\ \underline{\underline{\lambda = 725\,nm}}$ → červené světlo } viditelné světlo

$k=3:\ \underline{\underline{\lambda \doteq 483\,nm}}$ → modré světlo

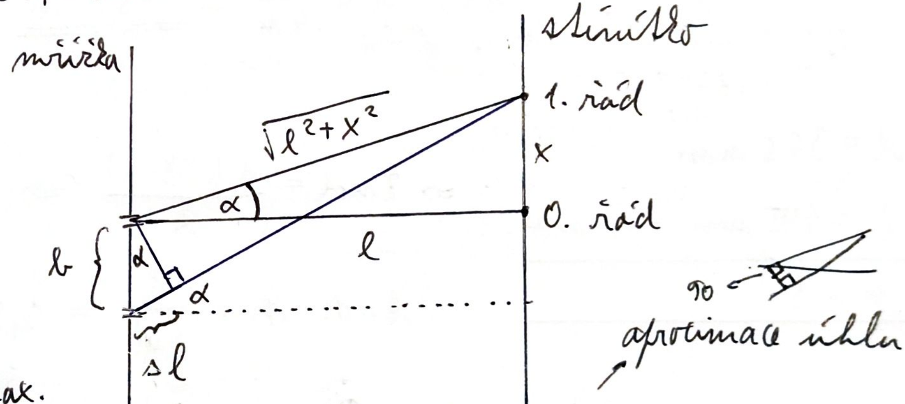
$k=4:\ \lambda = 362{,}5\,nm$ → UV

(2) $b = 2{,}5\cdot10^{-6}\,m$

$l = 1{,}2\,m$

$x = 22\cdot10^{-2}\,m$

$\lambda, \alpha = ?$



→ v maximu 1. řádu je max. interference ⇒ dráhový rozdíl dopadajících paprsků je $\Delta l = k\lambda$

$$\sin\alpha = \frac{x}{\sqrt{l^2+x^2}} = \frac{\Delta l}{b} = \frac{k\lambda}{b} \Rightarrow \lambda = \frac{bx}{k\sqrt{l^2+x^2}}$$

$$k=1:\ \lambda = \frac{2{,}5\cdot10^{-6}\cdot22\cdot10^{-2}}{\sqrt{1{,}2^2+22^2\cdot10^{-4}}}\,m \doteq 4{,}51\cdot10^{-7}\,m = \underline{451\,nm}$$ - modré světlo

↳ maximum 1. řádu ⇒ $k=1$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{x}{l} \Rightarrow \alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{x}{l}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{22\cdot10^{-2}}{12\cdot10^{-1}}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{22}{120}\right) \doteq \underline{\underline{10{,}4^\circ}}$$

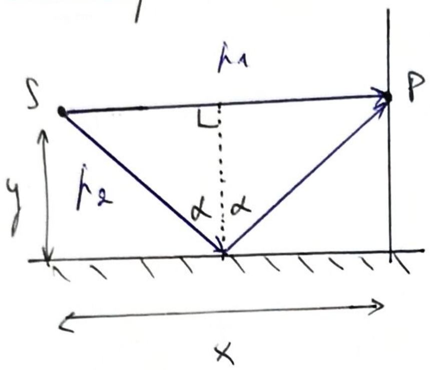
(3) $\Delta l = 2\ \mu m$

$\lambda = 400\ nm = 0{,}4\ \mu m$

$$\frac{\Delta l}{\lambda} = \frac{2}{0{,}4} = 5 \Rightarrow \text{maximum}$$

(4) určí podmínka i. maxima $\Rightarrow$ interferují paprsky p_1 a p_2

$\Rightarrow \Delta l = k\lambda$ - aby vzniklo max.



délka paprsku $p_2 = l$: $\left(\frac{l}{2}\right)^2 = y^2 + \left(\frac{x}{2}\right)^2$

$\Rightarrow l^2 = 4y^2 + x^2$

$\Rightarrow \Delta l = l - x$

$$\Rightarrow \sqrt{4y^2+x^2} - x = k\lambda$$

(5) $\lambda = 725\ nm$ - i. max.

$n = 1{,}45$

$d = ?$

$$\Rightarrow 2nd = k\lambda - \frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda(2k-1)}{2} \Rightarrow d = \frac{\lambda(2k-1)}{4n}$$

$k=1$: $d = \frac{\lambda}{4n} = 125\ nm$

$k=2$: $d = \frac{3\lambda}{4n} = 375\ nm$

$\vdots \qquad \vdots$

(6) $d = 375\ nm$

$\lambda = 495\ nm$ - i. max.

$n = ?$

$$\Rightarrow 2nd = \frac{\lambda(2k-1)}{2} \Rightarrow n = \frac{\lambda(2k-1)}{4d}$$

$k=1$: $n = \frac{\lambda}{4d} = 0{,}33 < 1$ (nejde)

$k=3$: $n = \frac{5\lambda}{4d} = 1{,}65$ (jde)

(7) $l = 1\ m$

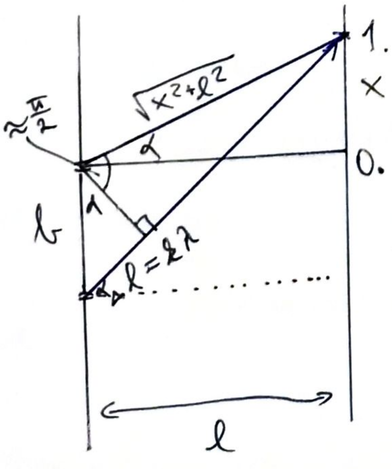
$\lambda = 76 \cdot 10^{-8}\ m$

$x = 0{,}152\ m$

$b = ?$

$$\sin\alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2+l^2}} = \frac{k\lambda}{b}$$

max. 1. řádu $\Rightarrow k = 1$



$$b = \frac{\lambda\sqrt{x^2+l^2}}{x}$$

$$b = \frac{76 \cdot 10^{-8}\sqrt{0{,}152^2+1}}{152 \cdot 10^{-3}}\ m$$

$$b = \frac{\sqrt{0{,}152^2+1}}{2 \cdot 10^5}\ m \doteq 5{,}057 \cdot 10^{-6}\ m$$

$$b \doteq 5057\ nm$$