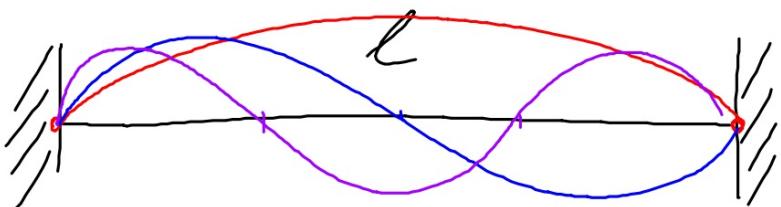


# MECHANICKÉ VLNEM'

Chvění mechanických systémů

- aplikace stojatého zlomu'
- jednoduchý popis jednoduchých hmotných systémů  
ONEZENÍ: tělesa, u nichž měříme  
1. hmotnost (struny, opony, drážka, trubice, ...)
- musíme si vědomit, kde je těleso nepružné a  
kde lze KNITNA a UZEL stojatého

a) čelo so uporninou na 2 koncích  
 (struna, ...)



$$\ell = \frac{\lambda_1}{2} = \frac{\pi T_1}{2f_1} = \frac{\pi}{2f_1} \Rightarrow f_1 = \frac{\pi}{2\ell} \dots \text{ZAKLADNÍ FRECE}$$

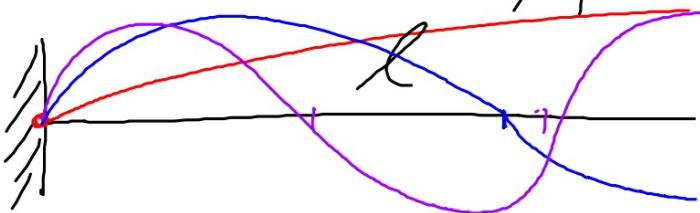
$$\ell = \lambda_2 = \frac{\pi}{f_2} \Rightarrow f_2 = \frac{\pi}{\ell}$$

$$\ell = \frac{3}{2} \lambda_3 = \frac{3\pi}{2f_3} \Rightarrow f_3 = \frac{3\pi}{2\ell}$$

:

} VYSSÍ HARMONICKÉ FRECE  
 (~ tvaru svílnu)

b) Jēloso upuruņeme' ma 1 konci'  
(ormīma' diļķīka, pīstīg, ...)



$$\ell = \frac{\lambda_1}{4} = \frac{v}{4f_1} \Rightarrow f_1 = \frac{N}{4\ell} \quad \dots \text{ZĀKLĀDĀM! FRCE}$$

$$\ell = \frac{3}{4}\lambda_2 = \frac{3v}{4f_2} \Rightarrow f_2 = \frac{3N}{4\ell} \quad \text{VYŠO! HARMONIČKE!}$$

$$\ell = \frac{5}{4}\lambda_3 = \frac{5v}{4f_3} \Rightarrow f_3 = \frac{5N}{4\ell} \quad \text{FRCE}$$

:

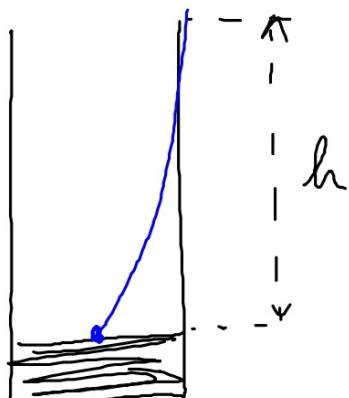
Jakou je výška vrchního sloupce v  
odměrnické vakuu, aby v něm rezonanční  
frekvence ladícího sfreku  $440\text{ Hz}$ ?

$$f = 440\text{ Hz}$$

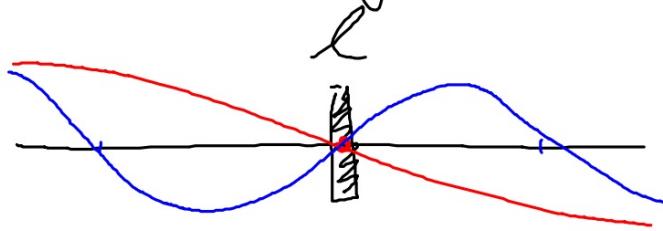
$$\frac{v = 340\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}}{h = ?}$$

$$h = \frac{\lambda}{4} = \frac{v}{4f}$$

$$h = \frac{340}{2 \cdot 4 \cdot 440} \text{ m} \doteq 0,2\text{ m}$$



c) děle se upomínáme' na prostřídel  
(osměna' lyží, okrovina' půstala, ...)



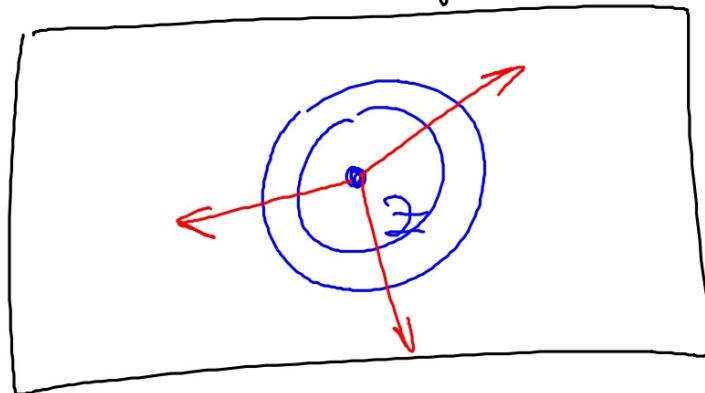
$$l = \frac{\lambda_1}{2} = \frac{v}{2f_1} \Rightarrow f_1 = \frac{v}{2l}$$

$$l = \frac{3}{2}\lambda_2 = \frac{3v}{2f_2} \Rightarrow f_2 = \frac{3v}{2l}$$

.

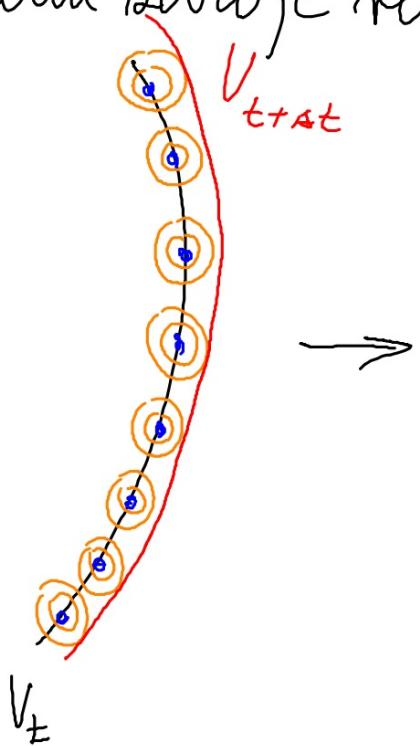
## Huygenův princip

→ prvním případě: pro 120 Hz opakované  
přestřely - prostředí, které má  
ve všech směrech stejnou rychlosť  
(shok deprostřed zjednoduška)



- VLNOPLCHA - mož' ma bude  
literálne (kuriťaj) se stejnen faktu a literá  
jím se jen nědaleko od zdroje němu'
- ↗ PAPRSEK - užívá směr světla vlny  
ze zdroje
- vlnoplocha : standardné KULOMA'  
ne velké vzdálenosti od zdroje lze  
na malém místě porovnat se ROVINOU

Huygenův princip: popisuje síňem vln, amží formu následující  
podle něj se vlny rozprostírají



$$\frac{V_t - \text{dáno}}{V_{t+\Delta t}} = ?$$

body  $\frac{V_t}{V_{t+\Delta t}} \sim \frac{\text{zdroje}}{\text{distance vlny}}$

to s ohledem na dobu

$$\underline{\Delta t}$$

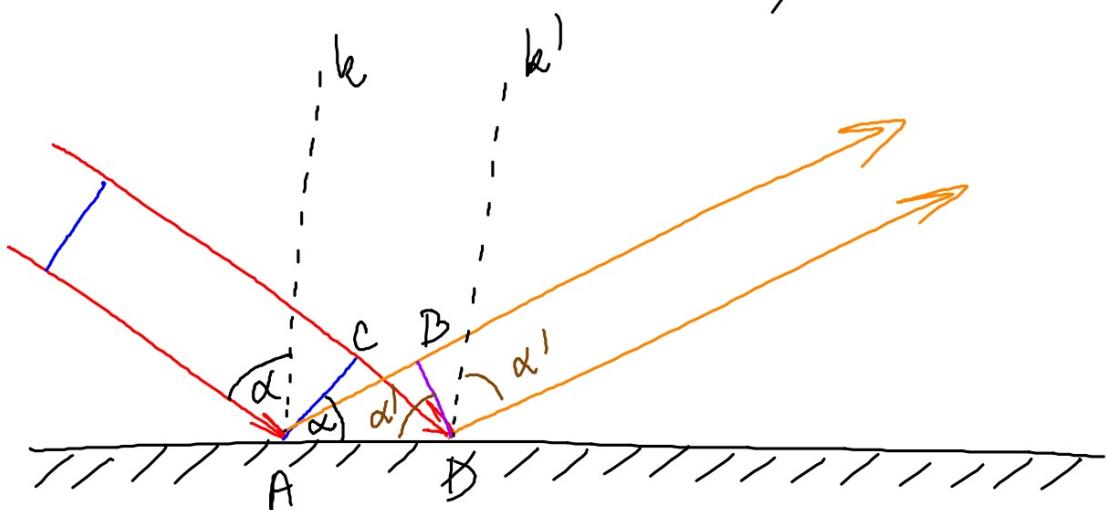
$\frac{V_{t+\Delta t} - \text{nast}\bar{o}'}{\Delta t}$  obalila  
distance mezi

✓ mechanice ne přilis zásadní (na  
nivoní SS), ale DLEZITÉ pro  
OPTIKU

prima aplikace: odraz vlnění'  
lom vlnění'  
obj vlnění'

## Odras vlnění

másta' rá! při dopadu vlnění na prekážku  
(rozhraní 2 prostředků)

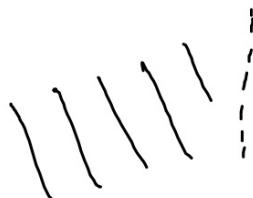
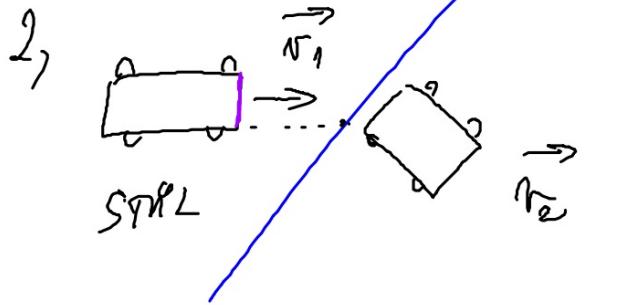


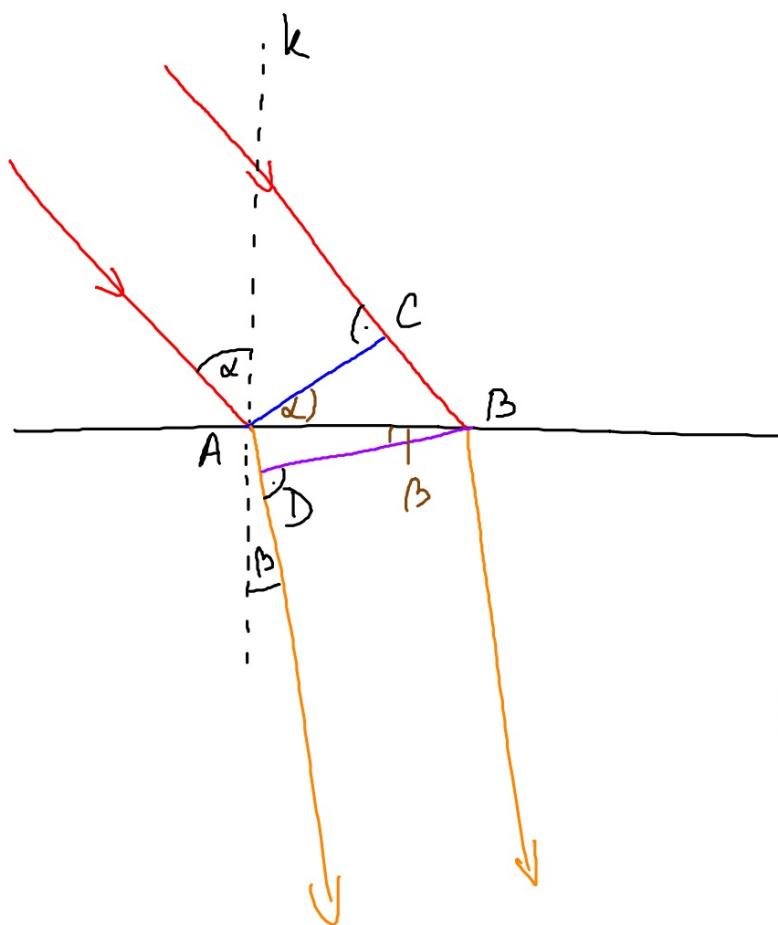
$$\angle_{AB} = \angle_{CD} \Leftrightarrow \begin{matrix} \text{společný} \\ \triangle ADB \cong \triangle DAC \end{matrix} \Rightarrow \boxed{\alpha = \alpha'}$$

## Lom vlnění

matařka (práce) dojdou vlnění na  
rozhraní 2 prostředků, kterými vlnění  
může procházet

představa:





společna'  $AB$

$a$

$$\vec{n}_1 \quad t_{AD} = t_{CB} \quad (1)$$

$$\vec{n}_2 \quad |AD| = |AB| \sin \beta \\ |CB| = |AB| \sin \alpha$$

$$(1): \frac{|AD|}{n_2} = \frac{|CB|}{n_1}$$

$$\cancel{\frac{|AB| \sin \beta}{n_2}} = \cancel{\frac{|AB| \sin \alpha}{n_1}}$$

$$\boxed{\frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{n_1}{n_2}}$$

$$\underline{\alpha > \beta} \Leftrightarrow \sin \alpha > \sin \beta \Leftrightarrow \underline{n_1 > n_2}$$
$$(\alpha, \beta \in (0^\circ; 90^\circ))$$

LON KE KOLHICE

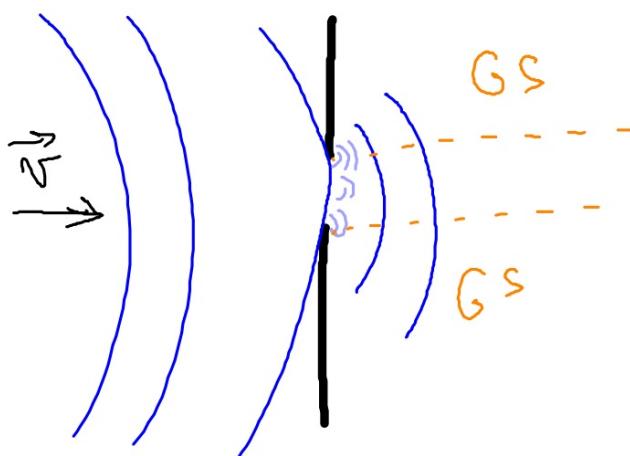
$$\alpha < \beta \Leftrightarrow \sin \alpha < \sin \beta \Leftrightarrow \underline{n_1 < n_2}$$

LON OD KOLHICE

## Oby vlnění

masta'va'; dospej'e-li vlnění k pekáči  
s otvorem o velikosti  $d$ ;  $d \sim \lambda$

důsledek: vlnění se (dle Huygenson principu)  
stín i do oblasti GEHENRICKEHO STÍNU



# ZVUKOVÉ VLNENÍ

Základní pojmy

vládnosti, silení a interakci vln s objektem  
studuje AKUSTIKA

základny:

- FYZIOLOGICKÁ - sluch, hlas
- HUDEBNÍ - zvuk a hudební
- ELEKTROAKUSTIKA - přeměna zvuku  $\Rightarrow$  el. signál
- STAVEBNÍ - silení vln u sálech, místnostech, ...

Rovnky - podle "mechanické" vlnění  
S frekvencemi (16; 16 000) Hz

- $f < 16 \text{ Hz}$  ... infravlny
- $f > 16 \text{ kHz}$  ... ultravlny

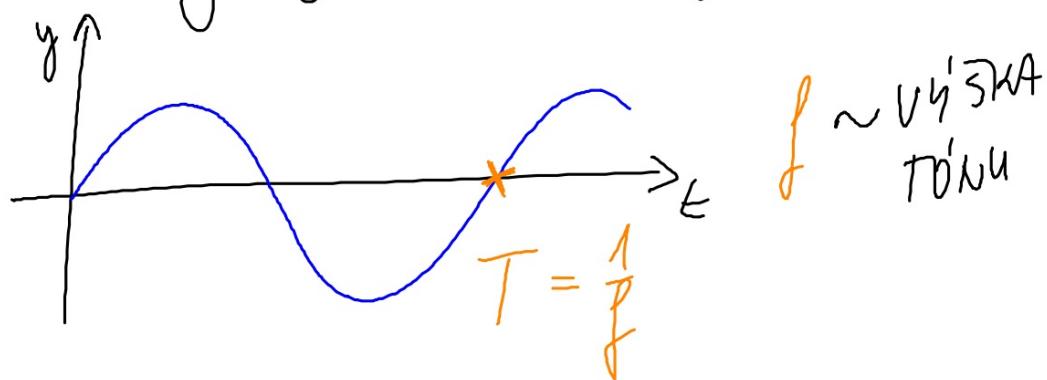
šíření zvuku:

- ZDROJ
- PRUŽNÝ Hmotné prostředí
- PŘIJÍMAC

## Délka vlny

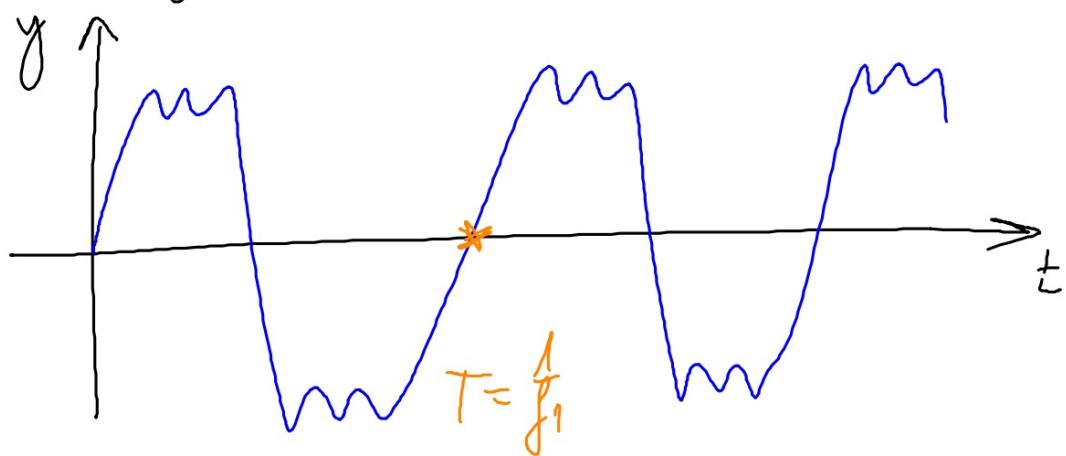
- HUKY, ŠUMY, ... - NEPERIODICKÝ PRŮBĚH
- TÓNY - PERIODICKÝ PRŮBĚH

- JEDNODUCHÉ - sinuální průběh  
 $y = y_m \sin \omega t = y_m \sin(2\pi f t)$



- SLOŽENÉ - periodické, ale ne súmoy

$$\begin{aligned}
 (2) \quad y &= y_{m_1} \sin \omega_1 t + y_{m_2} \sin \omega_2 t + \\
 &\quad + y_{m_3} \sin \omega_3 t + \dots = \\
 &= y_{m_1} \sin(2\pi f_1 t) + y_{m_2} \sin(2\pi f_2 t) + y_{m_3} \sin(2\pi f_3 t) + \dots
 \end{aligned}$$



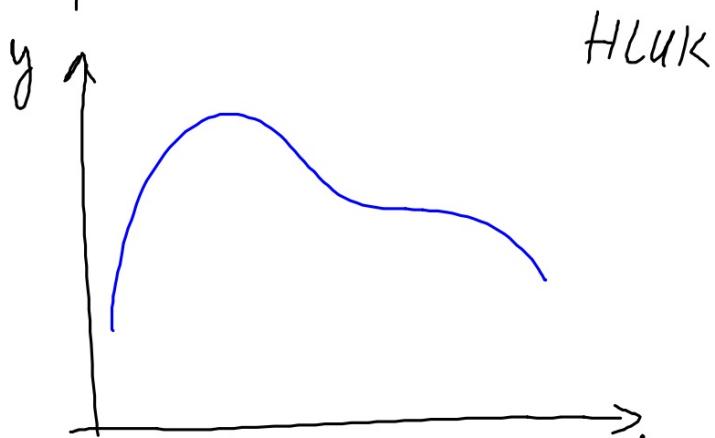
$f_1 \sim$  VÍZLA TÖNN

$f_2, f_3, \dots \sim$  BARNA TÖNN („kudrlny graf“)

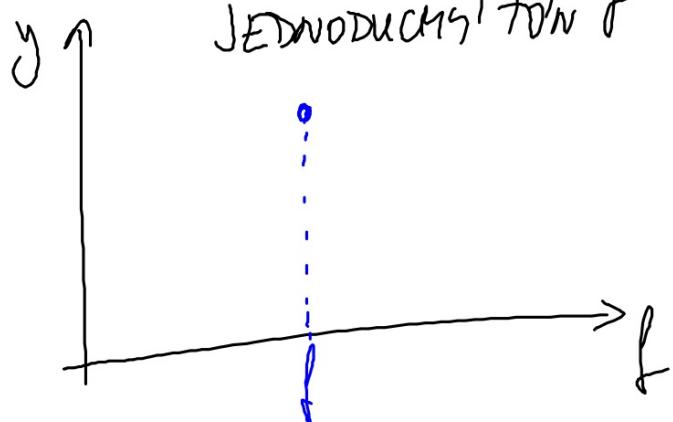
(2) FOURIERŮV ROZVOJ DANE'PERIODICKÉ FCE  
(RADA, TRANSFORMACE)

relativní koef.: možt'  $y_{m1}, y_{m2}, \dots$

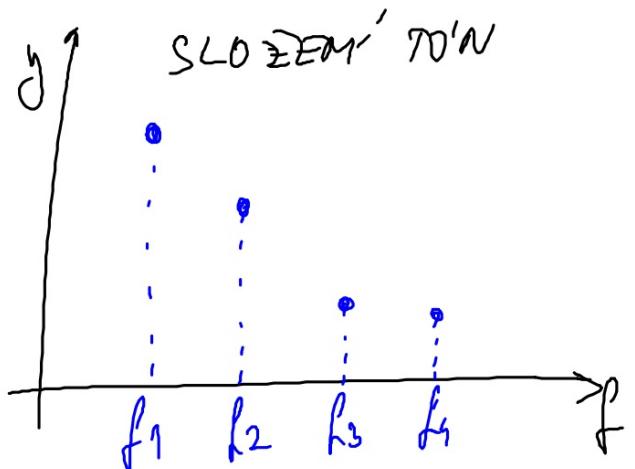
## Spektre Röntgen



HLUK



JEDNOUCHY TOV f



## Rychlost růvku

- ve vodách
- závisí na lepkotě, tlaku, mořství, ...  
„průměrná hodnota“ za bezvlnky podzemních:

$$\underline{N \doteq 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

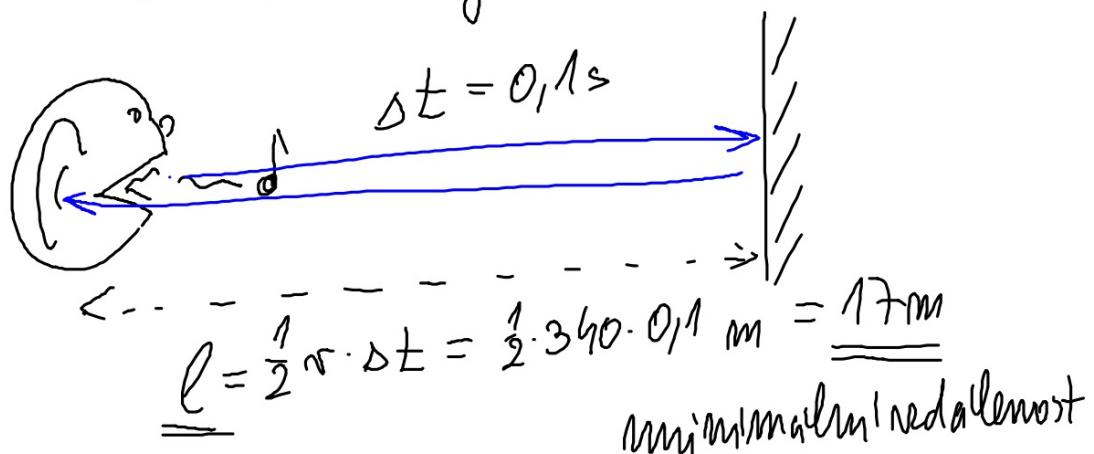
důsledek: ozámen  
„lidový“ výpočet růvkového bonitu

## a) Ozvěna

odraz zvonku od maximální vzdálosti  
1 slabice = ozvěna

$$\circ t_{\text{zvukový, 1 slabice}} \sim 0,7 \text{ s}$$

$$\circ t_{\text{zvukový, 2 zvony}} \sim 0,1 \text{ s}$$



### b) „Lidový” ujet

- spozítej selundy měsičeského a kroměřížského

- upolíl 3 a má řadu vzdáleností brouky od  
mařík

$$\underline{\text{---}} : t_{\text{zmrk}} \gg t_{\text{smrk}} \quad \left( \leq \frac{N_{\text{zmrk}}}{N_{\text{smrk}}} \sim 10^{-6} \right)$$

$$\text{---} \quad l = t_{\text{zmrk}} \cdot N_{\text{zmrk}} = t_{\text{zmrk}} \cdot 340 \frac{\text{m}}{\text{s}} \doteq t_{\text{zmrk}} \cdot \frac{1}{3} \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$$

# Vlastnosti zvuku

## 1) Výška

- ma'soujstven n TUDU
- je dala ZAKLADMÍ FRU' formu

pro mnoho' obor existuje mnoho' REFERENCI'

HODNOTY:

- HUDA ...  $f = 440\text{Hz}$  (komorní a)
- TECHNIKA ...  $f = 1\text{kHz}$

## 2) Barwa

- dama mi'tonnosh' myso'ch harmonidz'ch  
fre' n dane'm tohuu
- myso' harmoniche' fre ~ tra m'a'strog  
material -||-  
velikost --||--  
ap'sob rozverniciu'

3, Intensita a pladíma i měření svrchní „hlavnost“

intensita svrchní:  $I = \frac{P}{S}$  ;  $[I] = \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$

P - akustický proud

S - obsah plochy, na  $\text{m}^2$  svrchní dozvadá

exp 12 průkrového hovoru (vzdálost ucha):

- PRAHA SYSEN - nejmížší intenzita, kterou milo zaznamená:  $I_0 = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

- PRAHA BOLES - nejvyšší intenzita, kterou milo poslyze svrchní arachidové:  $I_B = 1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} = 10^{10} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

12 rādiu<sup>10</sup> v podílu intenzity, kdežot  
dokáží učivo spracovat

resen': píve'st na LOGARITMICKOU

skal'ku, protože:

- o je to multiplikativní (místo 12 rādiu jen 1-2)
- o odpovídá minimální číslové hodnotě

hladíma intenzity zvuku:

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} ; [L] = dB$$

(decibel)

| - intenzita zvuku, jehož hladíma podstávka

Somm's logarithmickým zákonem  
mejších podnetů, což popisuje  
WEBER-FECHNERŮV PSYCHOFYZIKÁM'  
ZP'KON

Mění-li se fyzikální podněty fyzikální  
na lidské smysly GEOMETRICKOU RADOU,  
máme ježich aritmetickou ARITMETICKU  
RADĘ.

$$\underline{\_} : a; 3a; 9a; 27a; 81a; \dots$$

$$\underline{m} : b; b+5; b+10; b+15; b+20; \dots$$

důsledek: mění-li sonární zdroje o intenzitách  $I_1, I_2, \dots, I_m$ ,  
je celková mědička intenzity:  $L = 10 \log \frac{I_1 + I_2 + \dots + I_m}{I_0}$

Jak se změní tláčidla intenzity,  
když tláčka intenzita zvýší na dvojnásobek?

$$\frac{I_2 = 2I_1}{\Delta L = ?}$$

$$\left. \begin{array}{l} L_1 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} \\ L_2 = 10 \log \frac{I_2}{I_0} \end{array} \right\} \underline{\Delta L = L_2 - L_1 = 10 \left( \log \frac{I_2}{I_0} - \log \frac{I_1}{I_0} \right)} =$$

$$= 10 \log \frac{\frac{I_2}{I_0}}{\frac{I_1}{I_0}} = 10 \log \frac{I_2}{I_1} =$$

$$= 10 \log 2 \text{ dB} \stackrel{\approx}{=} \underline{3 \text{ dB}}$$

## DODATKY

### Dopplerův zákon

Nemikal po měření frekvence sdružené svaly, který se může pozorovateli pohybovat

$\Delta f_p$  - velikost rozdílu frekvenc pohybu pozorovatele

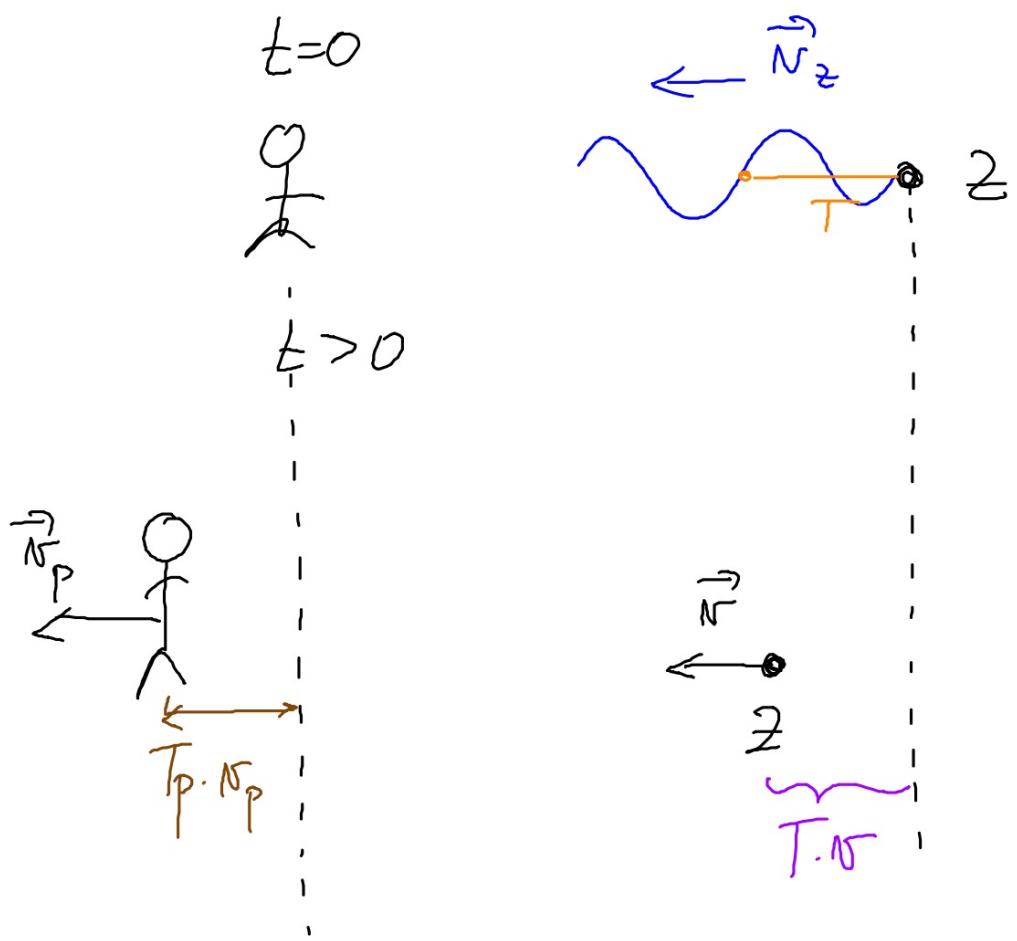
$\Delta f$  - velikost  $\Delta f_p$  -  $\Delta f$  - pozorovatele

$\Delta f_2$  - -  $\Delta f$  - svalů ve množství

$T$  - perioda svalů měřená na sdruženém

pozorovatele

$T_p$  - -  $\Delta f$  -



tedky  $N_p = N = 0$ , pak  $T_p = T$

při  $N_p \neq 0 \wedge N \neq 0$  se doba mezi 2 posobějdoucimi maximy zvýší:

- akorád' díl' počtu ZDROJE o  $\frac{T_N}{N_2}$

- poslouží díl' počtu PONUZE

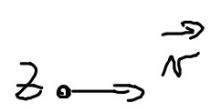
$$\sigma \frac{T_p N_p}{N_2}$$

$$T_p = T - \frac{T_N}{N_2} + \frac{T_p N_p}{N_2}$$

$$T_p(N_2 - N_p) = T(N_2 - N)$$

$$T_p = T - \frac{N_2 - N}{N_2 - N_p}$$

$$f_p = f \frac{N_2 - N_p}{N_2 - N}$$



$$f_p = f \frac{N_2 - N_p}{N_2 + N}$$

# Fourierova transformace

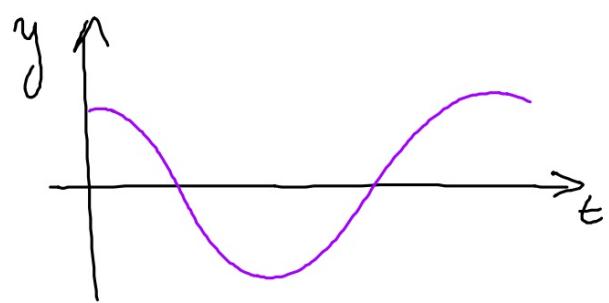
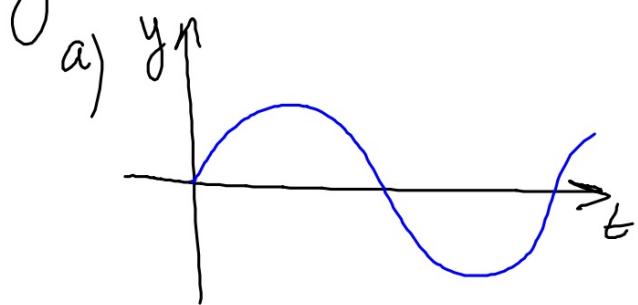
čil: mohou být PERIODICKOU fcti  $f(t)$

rozvojem

$$(3) \quad f(t) = a_0 + a_1 \cos \omega t + a_2 \cos(2\omega t) + a_3 \cos(3\omega t) + \\ + \dots + b_1 \sin \omega t + b_2 \sin(2\omega t) + b_3 \sin(3\omega t) + \dots$$

problem: nalezení  $a_0, a_1, a_2, \dots, b_1, b_2, b_3, \dots \in \mathbb{R}$

geometrije:



srednja hodnota (prijemna hodnota) za 1 PERIODU  
je 0

$$\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{\alpha+\beta}{2} \cdot \cos \frac{\alpha-\beta}{2}$$

SUBSTITUTE:  $x = \frac{\alpha+\beta}{2}$   
 $y = \frac{\alpha-\beta}{2}$

$$x+y = \alpha$$

$$x-y = \beta$$

$$\Rightarrow \sin x \cdot \cos y = \frac{1}{2} (\sin(x+y) + \sin(x-y))$$

$$\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha-\beta}{2} \cdot \cos \frac{\alpha+\beta}{2}$$

$$\Rightarrow \cos x \cdot \cos y = \frac{1}{2} (\cos(x-y) + \cos(x+y))$$

Odrození koeficientů:

následující pomocné srovnání hodnot:

- srovnání hodnot  $\cos(n\omega t) \neq 0$
- — , —  $\sin(n\omega t) \neq 0$

$\Rightarrow$  srovnání hodnoty  $f(t)$  je norma  $a_0$

$$\overline{f(t)} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt = a_0$$

Pro reprezentaci souboru koeficientu sú využívané  
 Fourier trik:  $(3) \int_0^T \cos(3\omega t)$

$$\boxed{t \in \{1, 2, 3, \dots\}}$$

$$\begin{aligned}
 f(t) \cos(3\omega t) &= a_0 \cos(3\omega t) + a_1 \cos(\omega t) \cos(3\omega t) + \\
 &+ a_2 \cos(2\omega t) \cos(3\omega t) + a_3 \cos(3\omega t) \cdot \cos(3\omega t) + \\
 &+ \dots + b_2 \sin(2\omega t) \cdot \cos(3\omega t) + b_3 \sin(3\omega t) \cdot \cos(3\omega t) + \\
 &= a_0 \cos(3\omega t) + a_1 \frac{1}{2} (\cos(4\omega t) + \cos(2\omega t)) + \\
 &+ a_2 \frac{1}{2} (\cos(5\omega t) + \cos(\omega t)) + a_3 \frac{1}{2} (\cos(6\omega t) + \cos(0)) + \\
 &+ \dots b_2 \frac{1}{2} (\sin(5\omega t) - \sin(\omega t)) + b_3 \frac{1}{2} (\sin(6\omega t) + \sin(0)) + \dots
 \end{aligned}$$

skřední hodnota:

$$\frac{1}{T} \int_0^T f(t) \cos(3\omega t) dt = \frac{1}{2} a_3 (0+1)$$
$$a_3 = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos(3\omega t) dt$$

obecně:  $a_m = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos(m\omega t) dt$ ;  $m=1, 2, \dots$

matematicky:  $m \rightarrow \infty$

Fyzikálně:  $\underbrace{N}$  všemí relke'

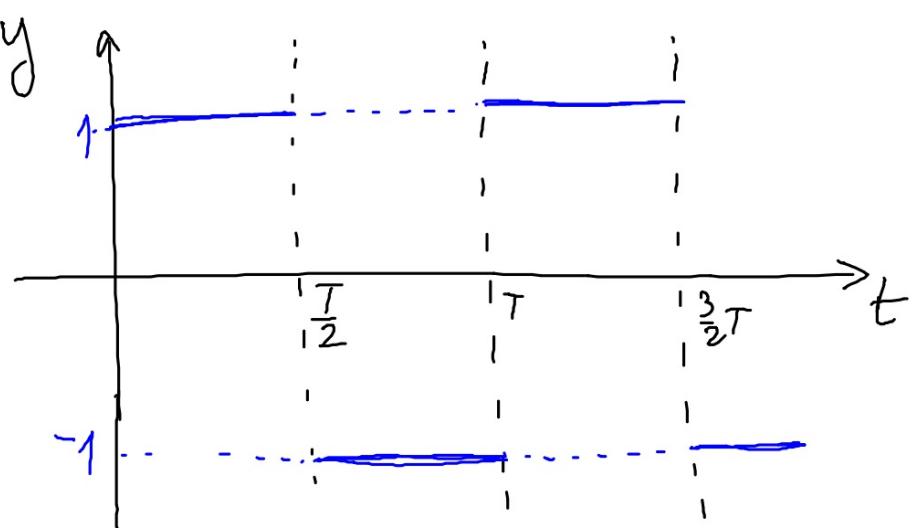
analogicky:  $b_m = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin(m\omega t) dt$

~ matematicky jde o  $a_m, b_m$

Konkurenční užití: období 'čišťení' působení

$$f(t) = 1 \quad ; \quad t \in \left( kT; (2k+1)\frac{T}{2} \right)$$

$$f(t) = -1 \quad ; \quad t \in \left( (2k+1)\frac{T}{2}; (k+1)T \right); \quad k \in \mathbb{N}_0$$



$$\begin{aligned}
 a_m &= \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos(m\omega t) dt = \\
 &= \frac{2}{T} \left( \int_0^{\frac{T}{2}} 1 \cdot \cos(m\omega t) dt + \int_{\frac{T}{2}}^T (-1) \cos(m\omega t) dt \right) = \\
 &= \frac{2}{T m \omega} \left( \left[ \sin(m\omega t) \right]_0^{\frac{T}{2}} - \left[ \sin(m\omega t) \right]_{\frac{T}{2}}^T \right) = \\
 &= \cancel{\frac{2}{T m \frac{2\pi}{T}}} \left( \sin\left(m \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{2}\right) - \sin\left(m \frac{2\pi}{T} \cdot 0\right) - \right. \\
 &\quad \left. - \sin\left(m \frac{2\pi}{T} \cdot T\right) + \sin\left(m \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{2}\right) \right) = \\
 &= \frac{1}{m\pi} (0 - 0 - 0 + 0) = 0 \quad a_b = \frac{a_m}{2} = 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
b_m &= \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin(m\omega t) dt = \\
&= \frac{2}{T} \left( \int_0^{\frac{T}{2}} 1 \cdot \sin(m\omega t) dt + \int_{\frac{T}{2}}^T (-1) \cdot \sin(m\omega t) dt \right) = \\
&= \frac{2}{T m \omega} \left( \left[ -\cos(m\omega t) \right]_0^{\frac{T}{2}} - \left[ -\cos(m\omega t) \right]_{\frac{T}{2}}^T \right) = \\
&= \frac{-2}{T \cdot m \frac{2\pi}{T}} \left( \cos\left(m \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{2}\right) - \cos\left(m \frac{2\pi}{T} \cdot 0\right) - \cos\left(m \frac{2\pi}{T} \cdot T\right) \right. \\
&\quad \left. + \cos\left(m \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{2}\right) \right) = \\
&= \frac{-1}{m\pi} \left( 2 \cos(m\pi) - 1 - 1 \right) = \underline{\frac{-2}{m\pi} (\cos(m\pi) - 1)}
\end{aligned}$$

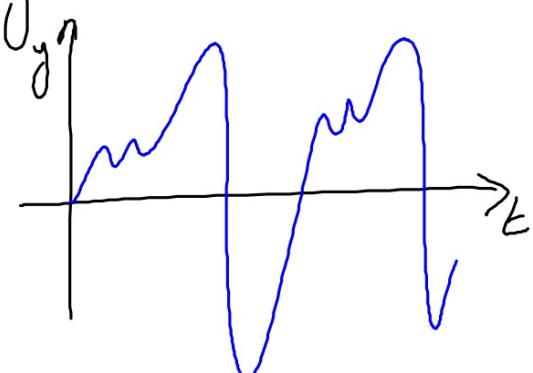
$$\begin{aligned}
 f(t) &= \sum_{m=1}^{\infty} \left( \frac{2(1-\cos(m\pi))}{m\pi} \cdot \sin(m\omega t) \right) = \\
 &= \frac{2}{\pi} \left( \frac{2}{1} \sin(\omega t) + \frac{2 \cdot 0}{2} \sin(2\omega t) + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{2}{3} \sin(3\omega t) + \dots \right) = \\
 &= \frac{4}{\pi} \left( \sin(\omega t) + \frac{\sin(3\omega t)}{3} + \frac{\sin(5\omega t)}{5} + \dots \right) \\
 &= \overline{\frac{4}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\sin((2m-1)\omega t)}{2m-1}}
 \end{aligned}$$

## Analyza lidskejho hlasu

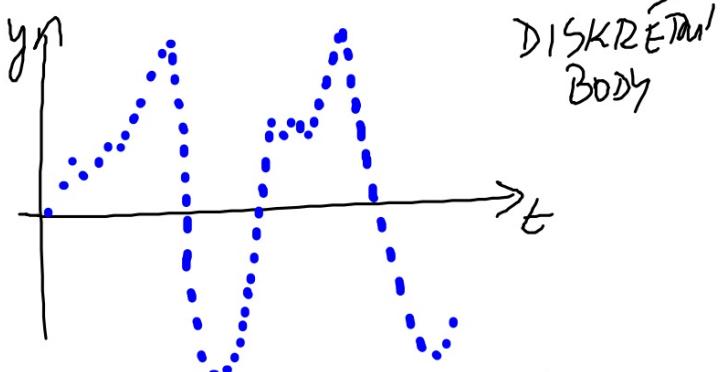
postup:

- reálnam hlas
- otevřit ten reálnam

Fyzika



TECHNIKA ( $\sim$  reálnam)



mohou nejsít DISKRETMÍ FT

# OPTIKA

---

## ZÁKLADMÍ POJMY

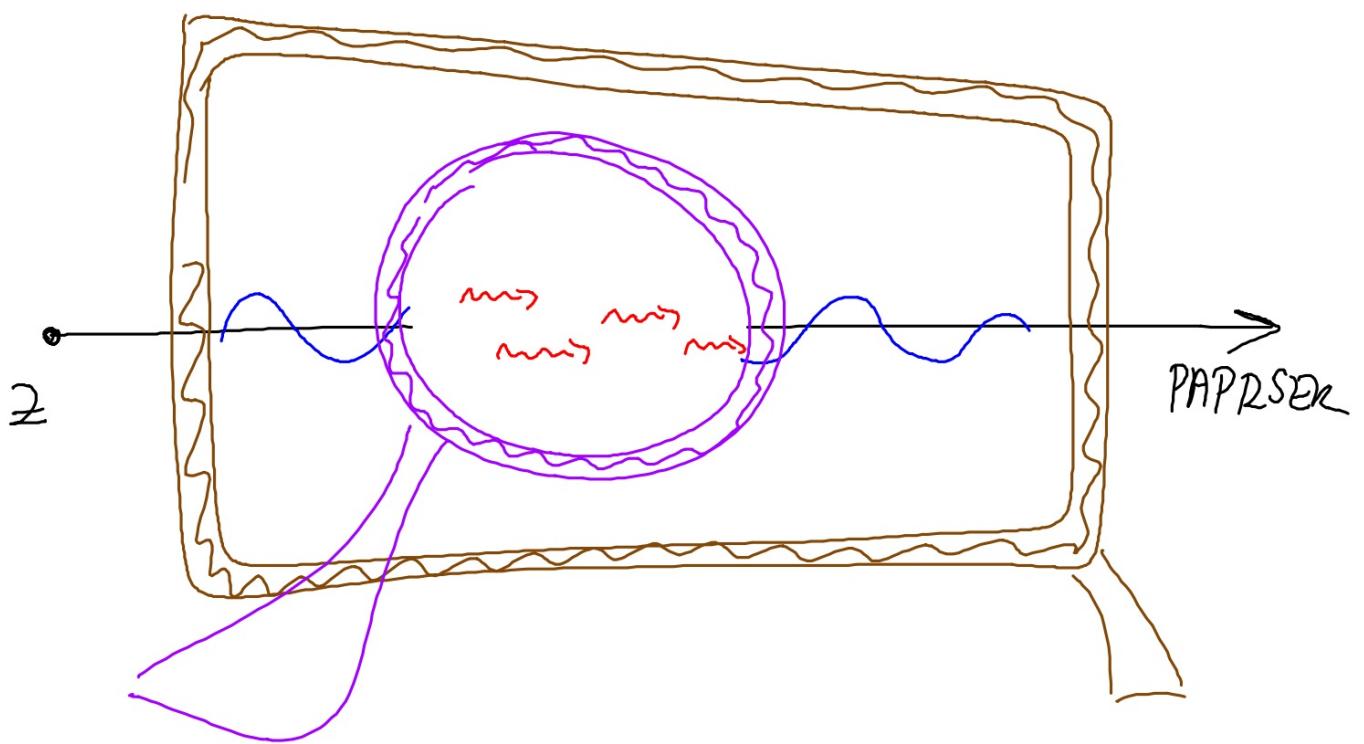
### Světlo

Optika - nauka (část fyziky) věnující se světlu

Světlo - průměrný vlnový soubor vlnových délek  
v intervalu (400, 800) nm

na světlo lze mahlit 3 způsoby:

- paprsek - paprsková (geometrická)  
optika
  - jenž: norme  $\gg 2$
  - odraz, lom světla
- vlna - vlnová optika
  - jenž: norme  $\approx 2$
  - interference, ohýb, polarizace
- foton - kvantová optika
  - fotoelektrický jen



ve vacuum (a prob'zme i'mmaudiu):

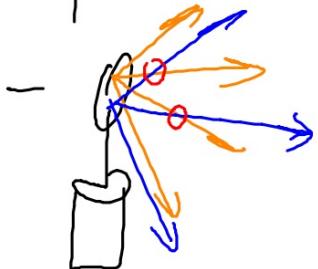
$$\underline{c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}$$

## Interakce světla s prostředím

- průchod - čísla procentuální
- rozptyl - mimo svítícího, na nichž se světlo rozptyluje (vod + mléko, voda + vzduch, ...)
- absorce - pomocí FILTRU
- odraz - zrcadlo

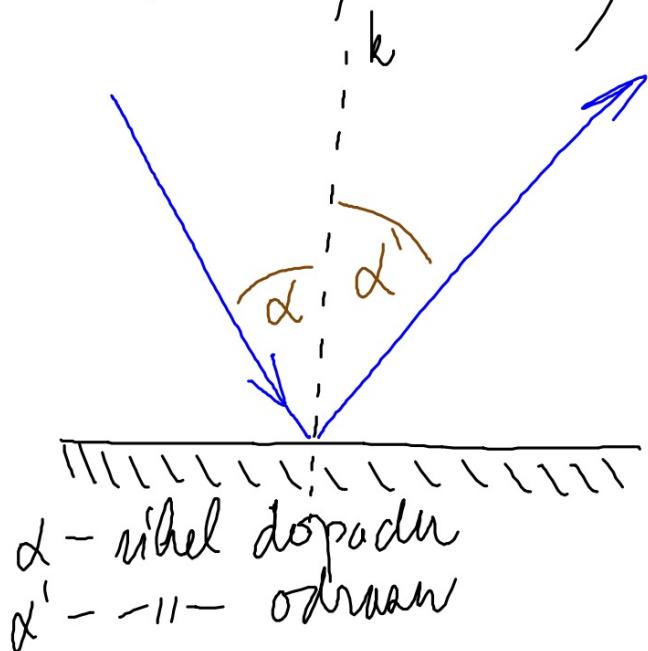


## Ajednodusen' :

- homogenen' prostredi' — možnost' brehla
  - izotropni — „ —
  - BODOM' ZDROJ SNETKA ( $\sim$  sníh/led/kostky/lod)
  - princip mezikřídelnosti chvění paprsků
    - lze filtrace a měnit směr chvění paprsků, možnost' záblesků, "zvorkem"
-   
o mic se nestane

## Odrážení světla

nastává na rozhrani 2 prostředí  
a může mít minimální průniky OPTICKÉ  
(šíře a délka vlny)



Zákon odrážení:

$$\underline{\alpha' = \alpha}$$

a sonární dopadující  
pásky, odrážejí pásky  
a kulička dopadnou lesy,  
NE 1 ROVINE

## Lom světla

má stáříva' ma rozhram' 2 optický  
prostředí'; ta jsou charakterizována  
INDEXEM LOMU

(ABSOLOUTNÍ) INDEX LOMU:  $m = \frac{c}{n}$ ;  $[m] = 1$

$c$  - rychlosť svetla v mezi rohram  
 $n$  - v daném prostředí

Př.  $m_{VZDUCH} = 1$       voda je opticky hustší než vzduch  
 $m_{H_2O} = 1,3$       voda je opticky řidší než silo  
 $m_{SIL} = 1,6$

Snelliov zákon lomu:

$$\text{míme: } \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_1}{n_2}$$

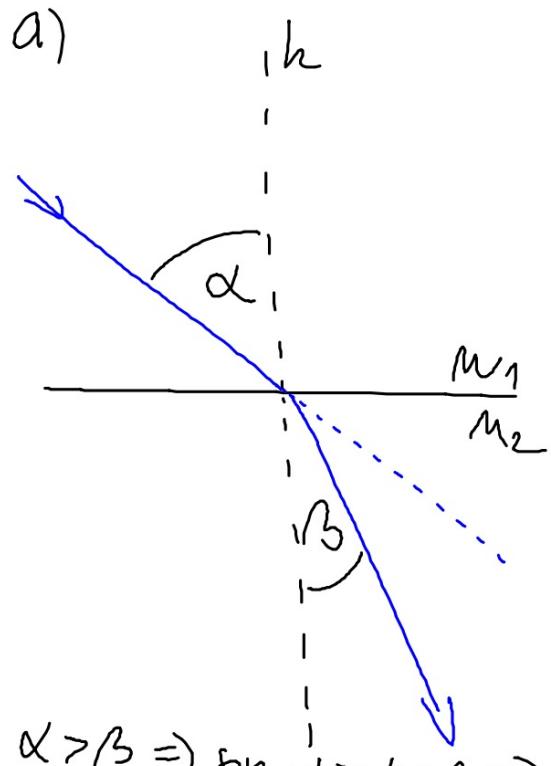
$$m_1 = \frac{c}{n_1} \quad , \quad m_2 = \frac{c}{n_2}$$
$$n_1 = \frac{c}{m_1} \quad , \quad n_2 = \frac{c}{m_2}$$

$$\Rightarrow \left[ \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\frac{c}{m_1}}{\frac{c}{m_2}} = \frac{m_2}{m_1} \right]$$

$\alpha$ -níhel dopadu

$\beta$ -níhel lomu

a dopadující paprsek,  
lomený paprsek a količice  
dopadu leží v 1 ROVINĚ

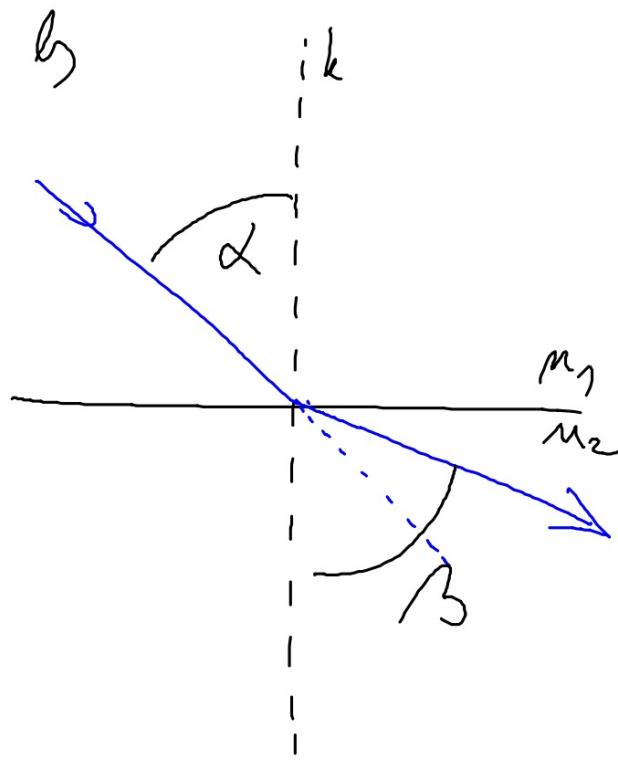


$$\alpha > \beta \Rightarrow \tan \alpha > \tan \beta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} > 1 \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} > 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 < m_2$$

$$\text{RIDS}' \rightarrow \text{HUSTS}'$$

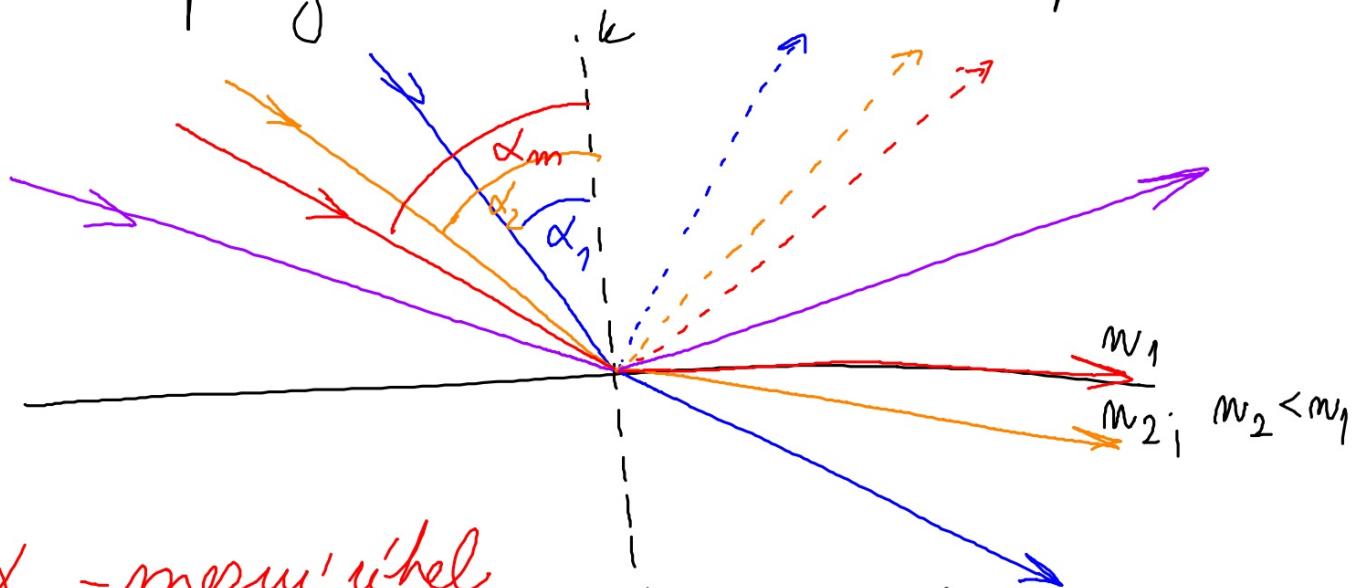


$$\alpha < \beta \Rightarrow \dots \Rightarrow m_1 > m_2$$

HUSTS'  $\rightarrow$  RIDS'

## Uplín' (totalní) odraz světla

je zvláštní případ LOMU světla při prchodě z optického prostředku do nízkoprostředí



$\alpha_m$  - možný uhel  
 $\alpha > \alpha_m$  - nazývají UPLIN' ODRÁZ SVEŘLA

Náhled pro měsíční užel

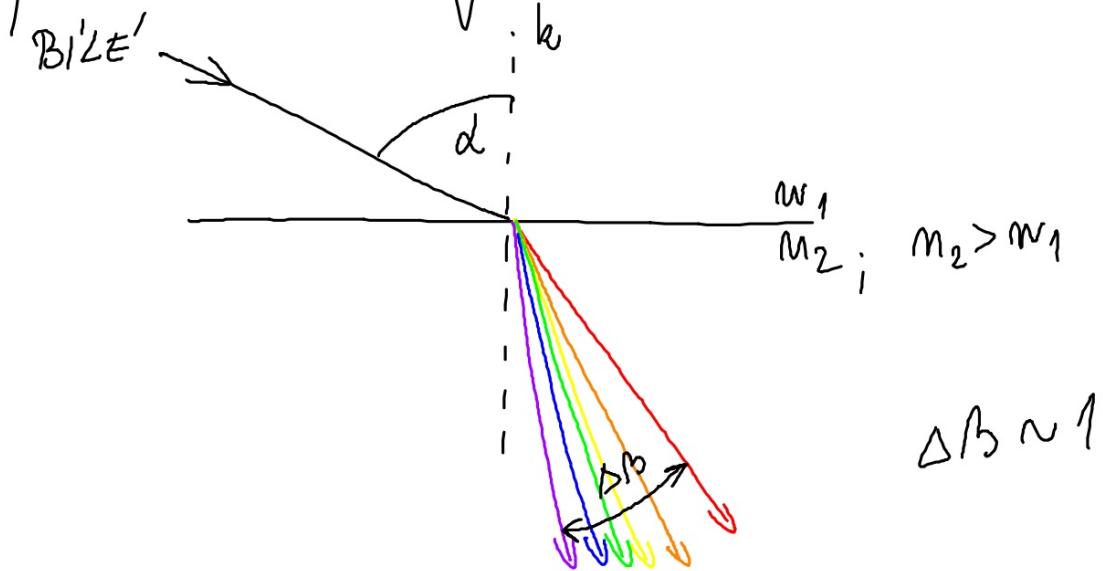
$$\frac{\sin \alpha_m}{\underbrace{\sin 90^\circ}_1} = \frac{n_2}{n_1}$$
$$\boxed{\sin \alpha_m = \frac{n_2}{n_1}}$$

## Dispersive světla

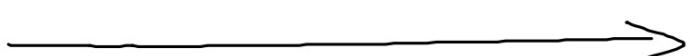
(rozhled)

jeo nastaviva pro POLYFREKUENCI světla a  
rozhledem se na rychlosti světla

příčina:  $n = f(\lambda)$



R O Y G B M



$f \uparrow$

$\lambda \downarrow$

$m \uparrow$

$f \uparrow \Rightarrow m \uparrow \dots$  VORNÄHM  
DISPERZE

při konstrukci (při použití mrahavém 2. postřelu)  
JE STAŽA! FRCE SVEŽA

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

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0}$$

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

$$\frac{\lambda}{\lambda_0} = \frac{\frac{v}{f}}{\frac{c}{f_0}}$$

$$f = \text{const} \quad \frac{v}{c} = \frac{1}{n}$$

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} \quad \text{vnova' delha smela}$$

o prostejci's indexem formu m je n-ta' t  
men'si, nez vnova' delha velkoz smela ne  
zalumnu

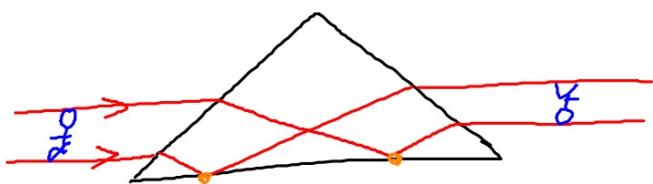
dulosite': mo' interferenci' na tenke vrstce

# Optické jazy v praxi

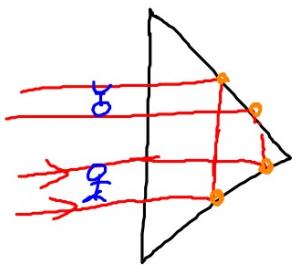
## 1. Odrazné hrany

hrany, křídlo, ...

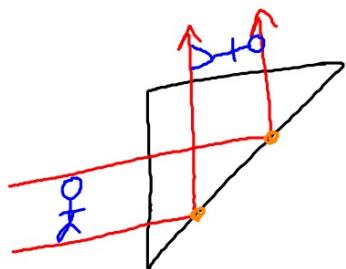
a)



b)



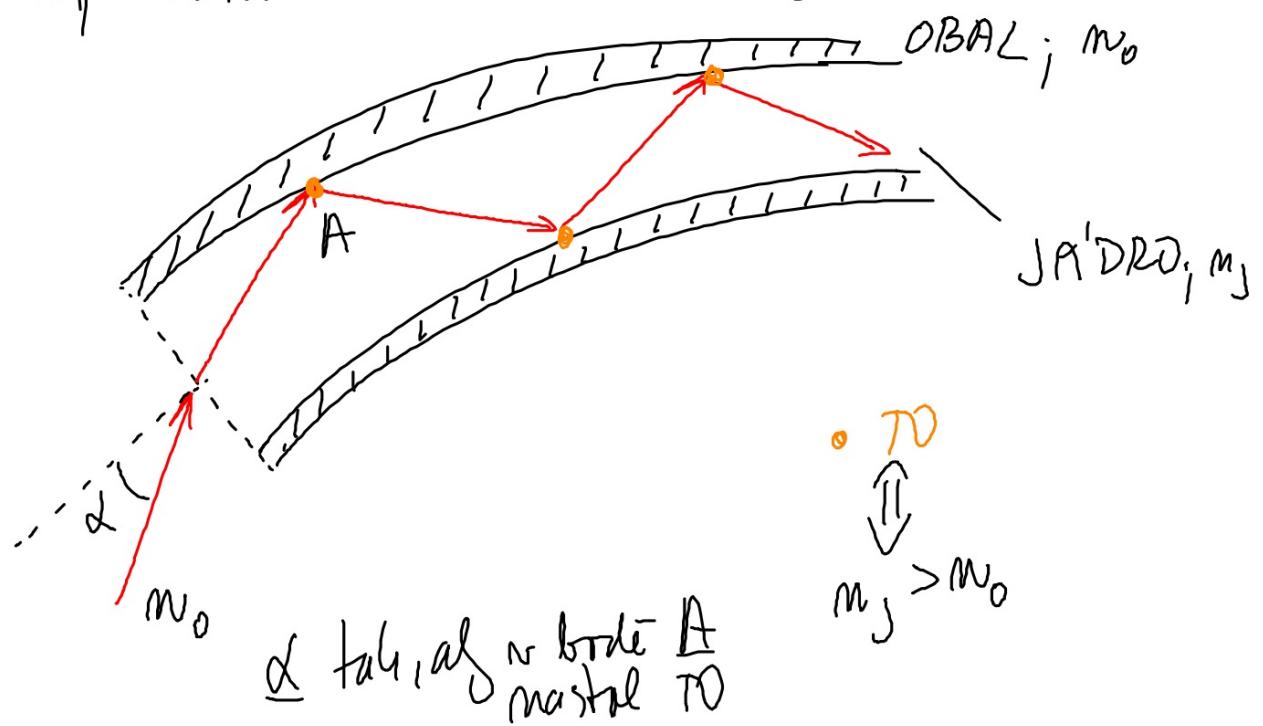
c)



• TO

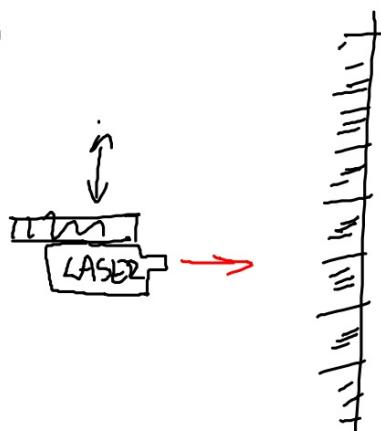
## 2) Ophicha' vla' lma

menos signális, záťova, laparoskopie, ...  
princip: totální odraz světla

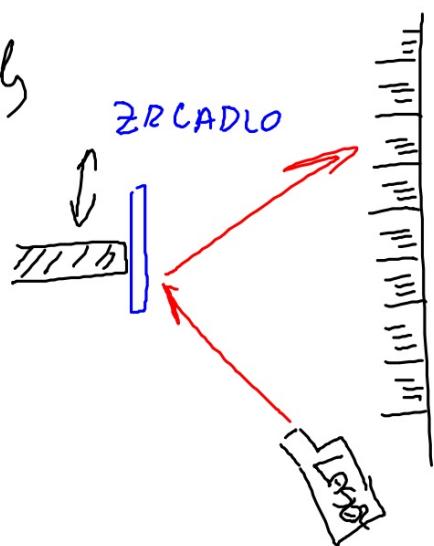


### 3) Princíp měření

a)



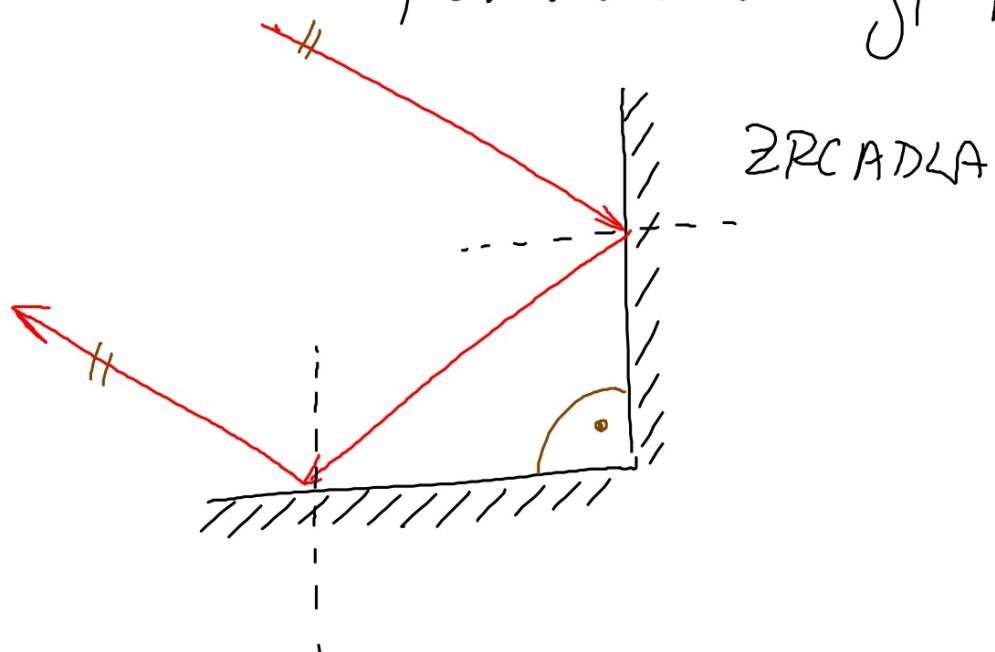
b)



b) zrcadlový;  $\Delta y_{ZRCADLO} \Rightarrow \Delta d_{PAPRSKU} = 2 \Delta y$

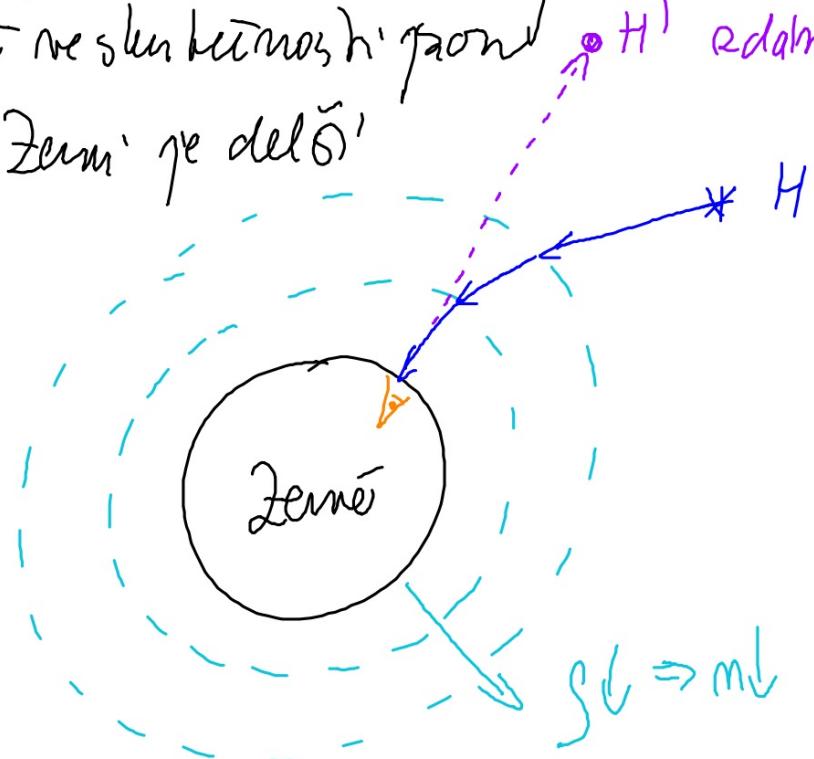
#### 4) Kontury odrzec

astronomie, odrzane liny, reflexion, pasy



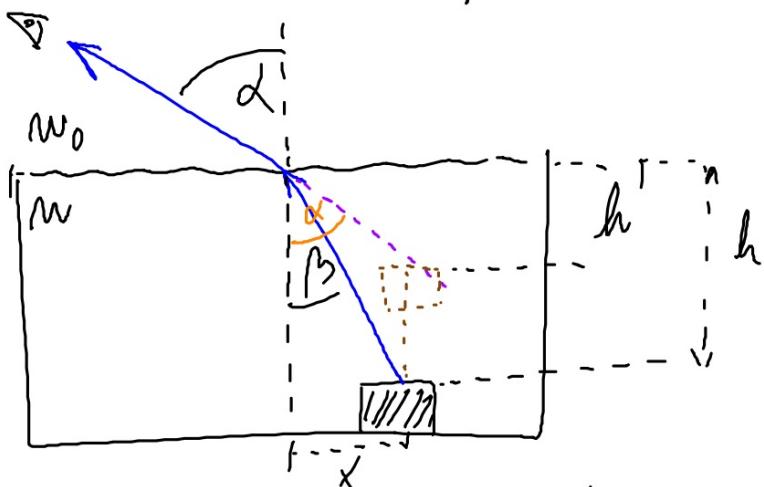
## 5) Astronomická refrakce

krády jsem na obloze viděl nad horizontem, než mě slunce mohl jít  
den na Zemi je delší



## 6) Zdánlivá hloubka

obrázek nazveme mo loko!



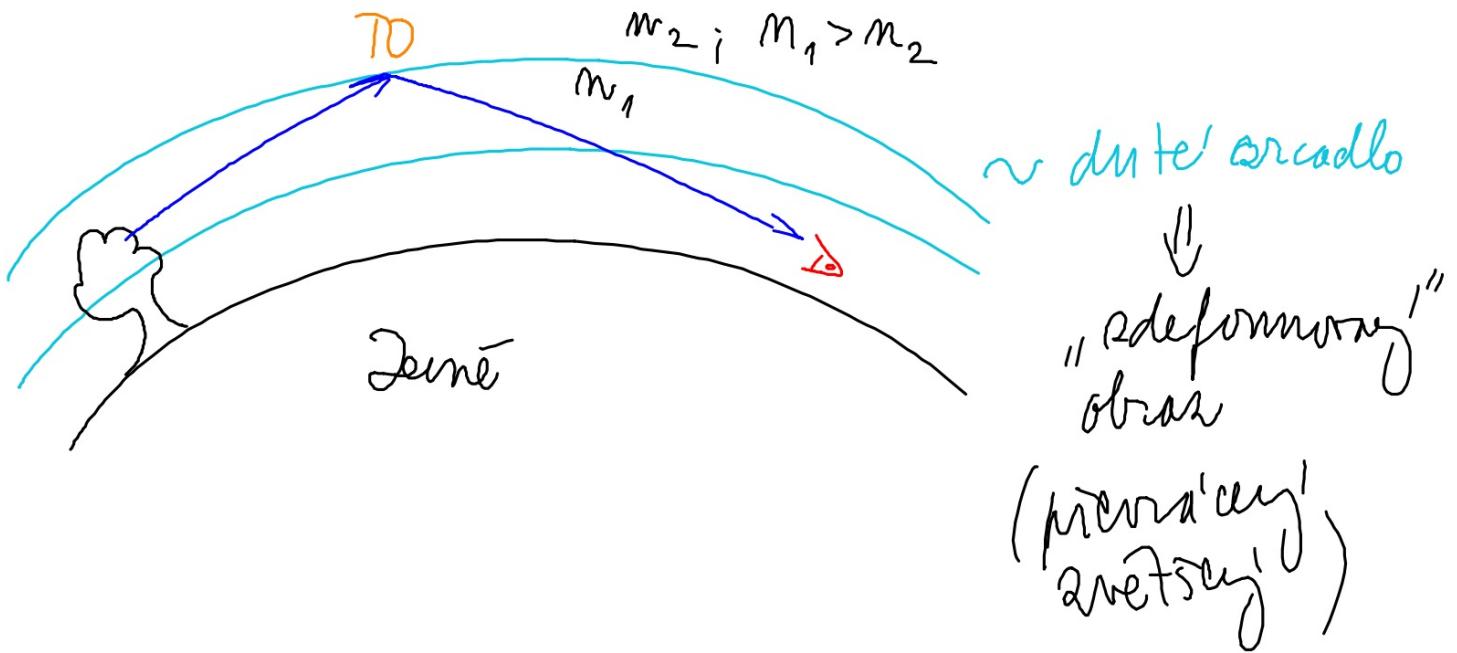
$$h' = f(h, m, n_{\text{obj}})$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \beta &= \frac{x}{h} \\ \operatorname{tg} \alpha &= \frac{x}{h'} \Rightarrow \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{\frac{x}{h}}{\frac{x}{h'}} = \frac{h'}{h} \\ h' &= h \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha} = h \frac{\sin \beta}{\cos \beta} \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} \end{aligned}$$

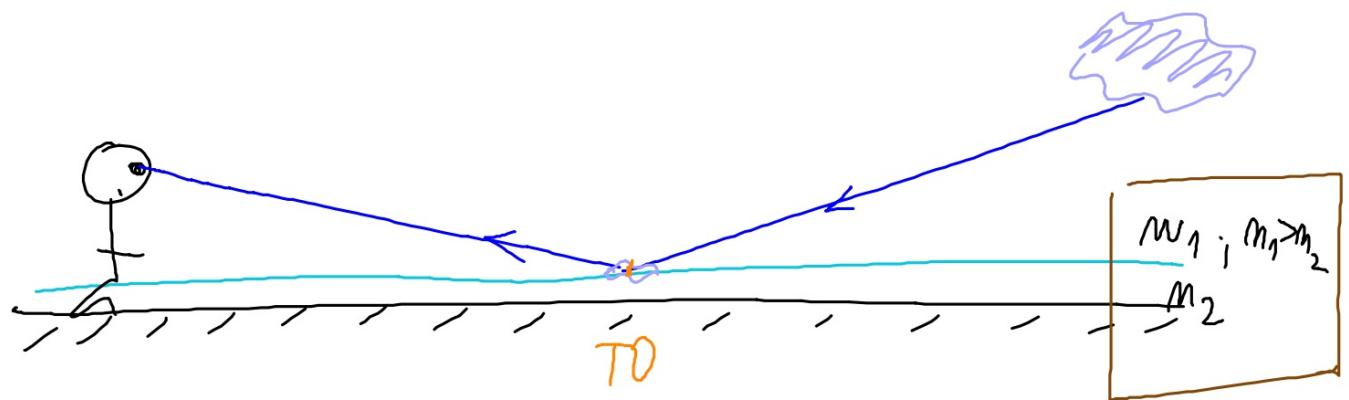
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{m}{m_0}$$

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow h &= h \frac{m_0}{m} \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = h \frac{m_0}{m} \frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}} = \\
 &= h \frac{m_0}{m} \frac{\cos \alpha}{\sqrt{1 - \frac{m_0^2}{m^2} \sin^2 \alpha}} = \\
 &= h \frac{m_0}{m} \frac{\cos \alpha}{\sqrt{\frac{1}{m^2} (m^2 - m_0^2 \sin^2 \alpha)}} = \underline{h \frac{m_0 \cos \alpha}{\sqrt{m^2 - m_0^2 \sin^2 \alpha}}}
 \end{aligned}$$

## 7) Fata Morgana

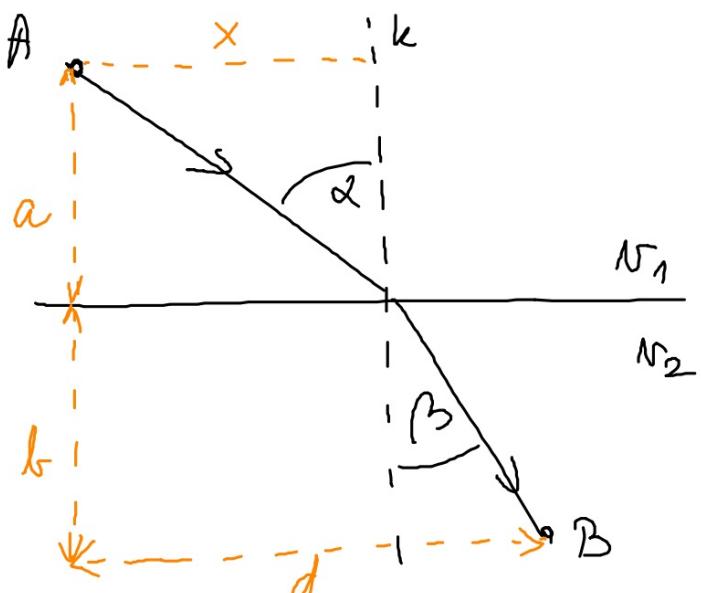


v Čehách: dolní eradlem („efekt Mohre' řilnice“)



SPECIA'LIM'  
PODNI'NKY

## 8) Fermat's princip meijmerkt de cas



$L(x) = ?$   
t-minimalisatie'

$$\begin{aligned} t &= t_1 + t_2 = \\ &= \frac{\sqrt{x^2 + a^2}}{N_1} + \\ &+ \frac{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}}{N_2} \end{aligned}$$

$$\frac{dt}{dx} = \frac{1}{v_1} \cdot \frac{1}{2} \frac{2x}{\sqrt{x^2 + a^2}} + \frac{1}{v_2} \cdot \frac{1}{2} \frac{2(d-x) \cdot (-1)}{\sqrt{b^2 + (d-x)^2}} =$$

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

$$\frac{dt}{dx} = 0$$

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

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

$$\left. \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_2}{v_1} \right\}$$

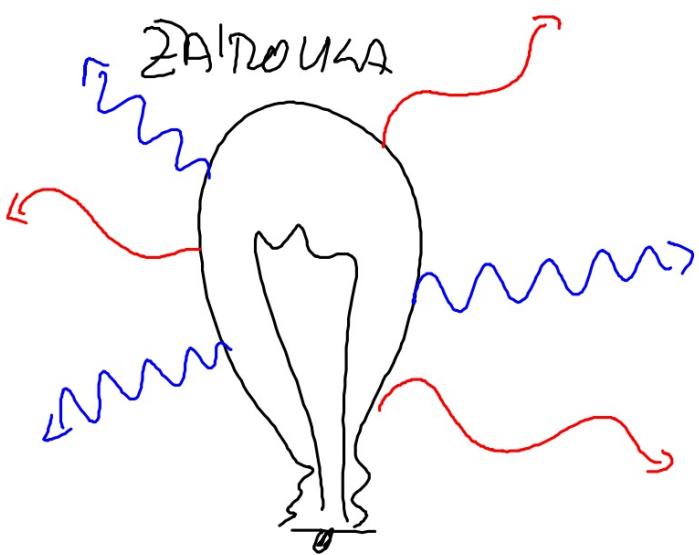
# VLNOVÁ OPTIKA

## Interference vln

Young, Fresnel, ...

podmínky vzniku:

- 2 a více vln
- fázy vln - realizace jakež druhý vlny
- stejné  $\lambda$  střídajících vln (synchronizace)
- KOMERENTNÍ VLNĚM'



NEKOHERENTNÍ  
ZDROJ

LASER



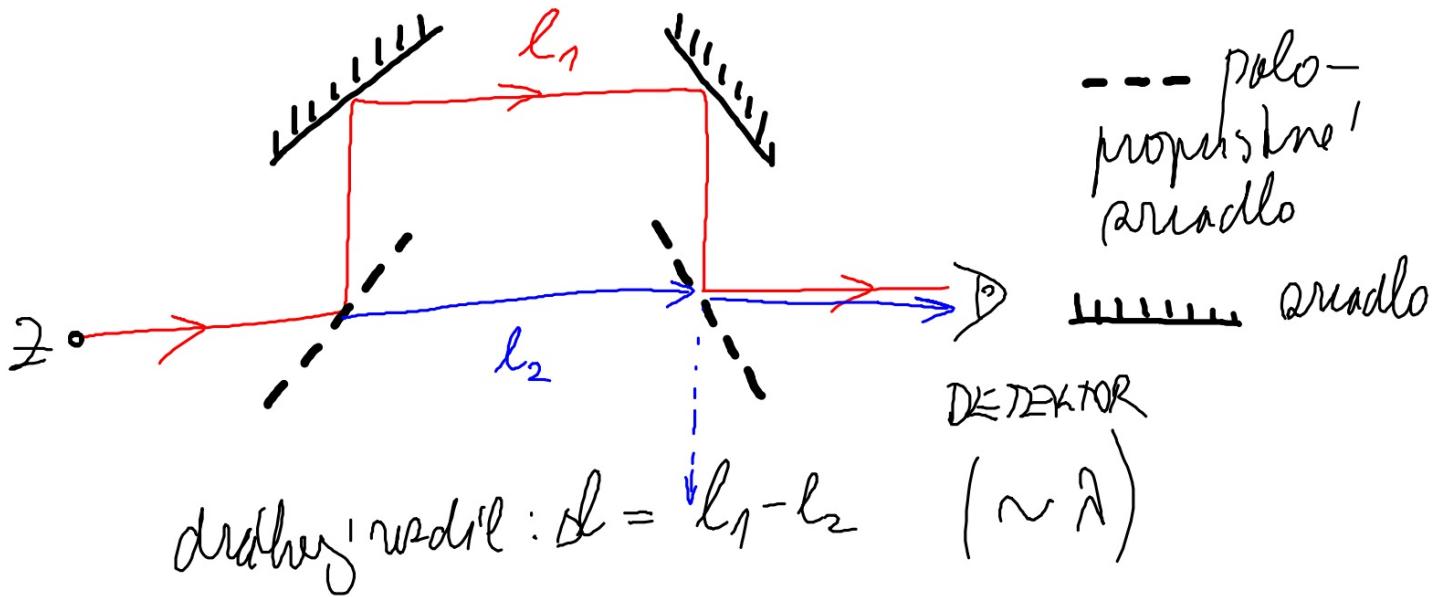
KOHERENTNÍ  
ZLNEŽENÍ

FАЗOVÝ ROZDÍLKU  
SE SČASEM NEZMĚNÍ!

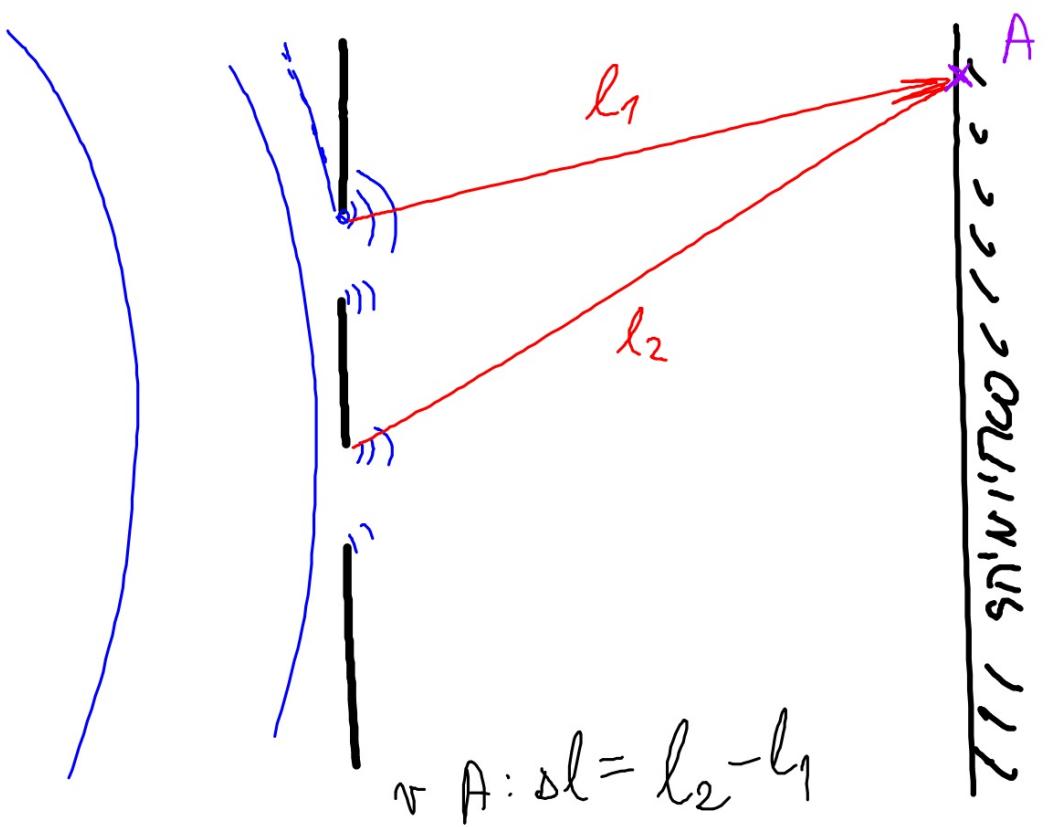
# Vybrané drahového modelů

## • pomoci' zrcadel

praxe: Michelsonův interferometr ( $\sim 1880$ )  
objev gravitačních vln ( $\sim 2015$ )

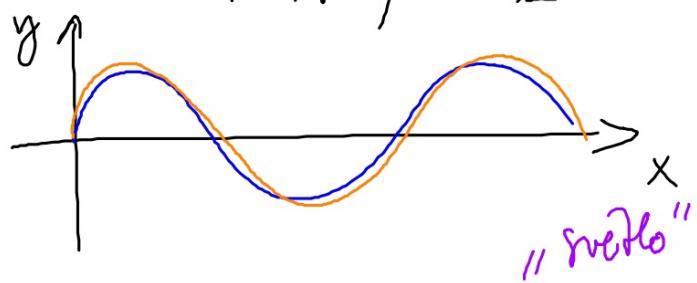


• pomocí skřívín



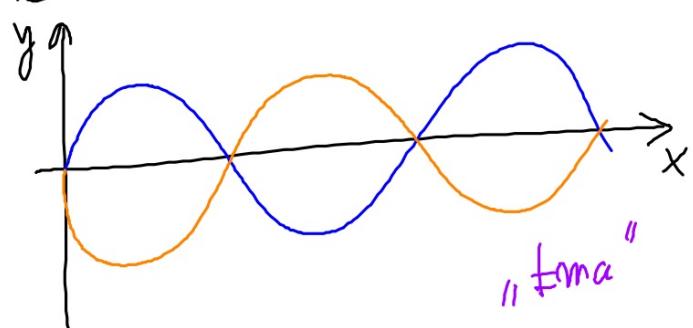
Müh Interference:

- $\Delta l = k \lambda ; k \in \mathbb{Z}$



interferenz'  
maximum  
(konstruktiv'  
interference)

- $\Delta l = (2k+1) \frac{\lambda}{2} ; k \in \mathbb{Z}$



interferenz'  
minimum  
(destruktiv'  
interference)

## Interference ma tenku vrstvou

↳ mydlava' blána, vrstva oleje na skle, antireflex na sklech bylinky atd. objektivu, ...

při odrazu lze mít dvoje vlny:

- GEOMETRICKÁ DRAHA SLEPÁ - dráha kterou světlo v prostředí musí ("mísená monitron")
- OPTICKÁ DRAHA - geometrická dráha připomíná na valenky;  $l_{opt} = n \cdot l_{geom}$  ( $\Leftarrow \lambda = \frac{\Delta\phi}{n}$ )

odrazem' prav:

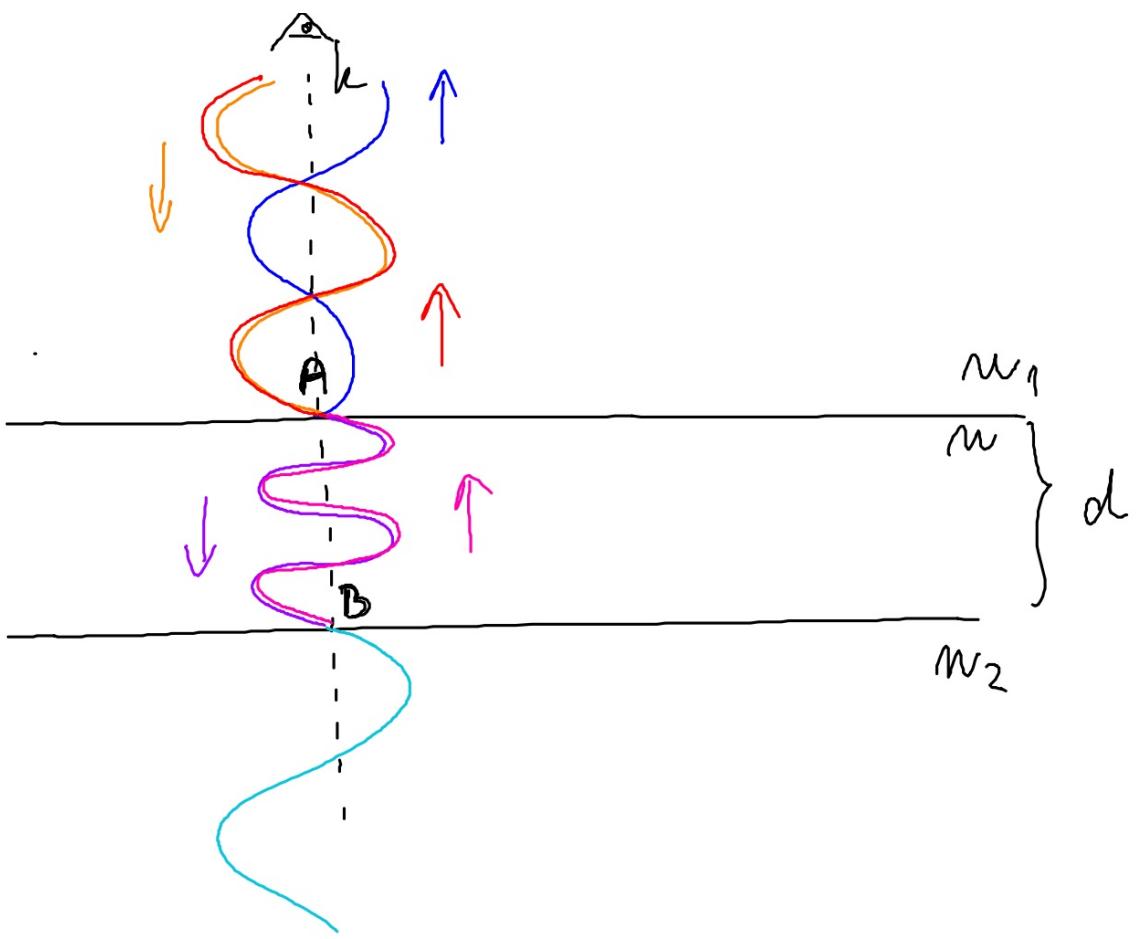
- vznik interferencního minimum  
    ↳ odrazeného světla
- na pravém reflektoru je index menší

$$n_1 < n \wedge$$

$$\wedge n_2 < n$$

$$\begin{array}{c} n_1 \\ \hline n \\ \hline n_2 \end{array}$$

- KOLMAG DOPAD VLASY



dopadající vlna se v bodě A:

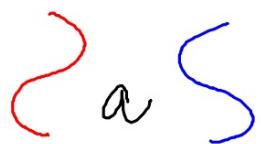
- částečné odrazí se OPACNOU FA<sup>121</sup> ( $\sim A \dots$  peny konec  $\Leftarrow n > n_1$ )
- částečné proházi do tenkého prostředku  $n_2$  se zhr. délkou

v bodě B se vlna:

- částečné odrazí se SÍDNOU FA<sup>121</sup> ( $\sim B \dots$  peny konec  $\Leftarrow n > n_2$ )
- částečné proházi

vlna, která se odrazila až do bodu A dale proházi do 1. prostředku

v odráženém světle sledujeme interferenci



$$\text{druhou) vzdálik: } 2dm + \frac{\lambda}{2} = \Delta l$$

PRAVÍTÉ  
OPTICKÁ  
DRAŽBA

ODRÁZ S OPRAZDENOU FAZOU

$$\text{minimum v opřazené světélce: } 2md + \frac{\lambda}{2} = (2l+1)\frac{\lambda}{2}$$

MAXIMUM — II —

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

MINIMUM v prořezé světélce

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

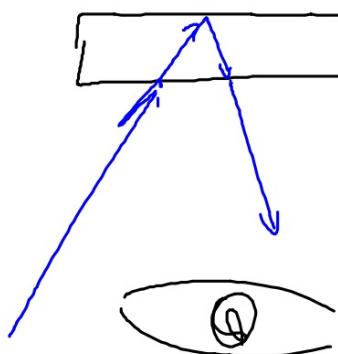
MAXIMUM — II —

$$2md = k\lambda$$

# Interference v max

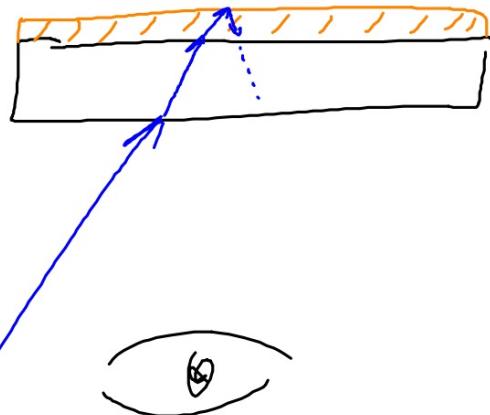
## 1) Antireflexní vrstva

BEZ



NEZALEŽÍ!

S ANTIREFLEXNÍ  
VÝSTROJ

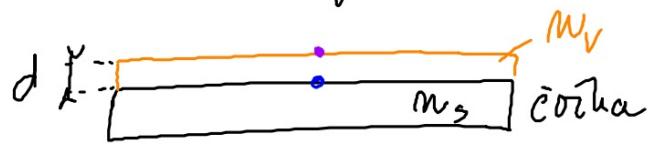


díky místné polarizaci odraz

mistra samezí odrazu m pouze pro 1

$$\frac{\text{vlnový deštník}}{\text{oko} (\sim 550 \text{ mm})} \sim \text{nejcitlivější mo}$$

$m_0$



Pří.

mistra  $MgF_2$ :  $m_r = 1,38$

$m_s = 1,50$

$\lambda = 550 \text{ nm}$

$d_{\min} = ?$

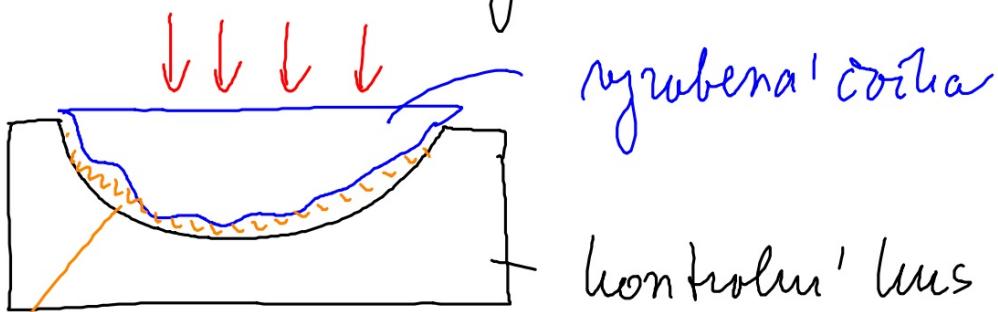
$$2m_r d + \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{2} = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$$

$$2m_r d = k\lambda - \frac{\lambda}{2}$$

$$d = \frac{\lambda}{4} \frac{(2k-1)}{m_r}$$

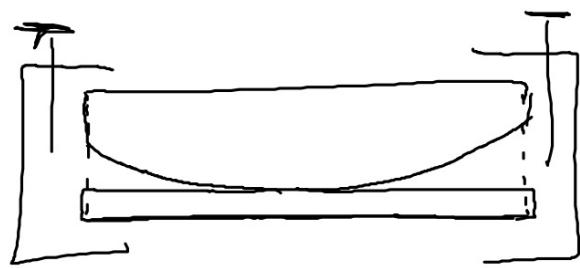
$$d_{\min} = \frac{550 \cdot 1}{4 \cdot 1,38} \text{ nm} = \underline{\underline{100 \text{ nm}}}$$

## 2) Kontrola kvality ořech



lenka' mřížka; zde nastane interferenční  
interferenční obrazec  $\Rightarrow$  informace o kvalitě ořech

3, Newtonova slá



#### 4) Hologramy

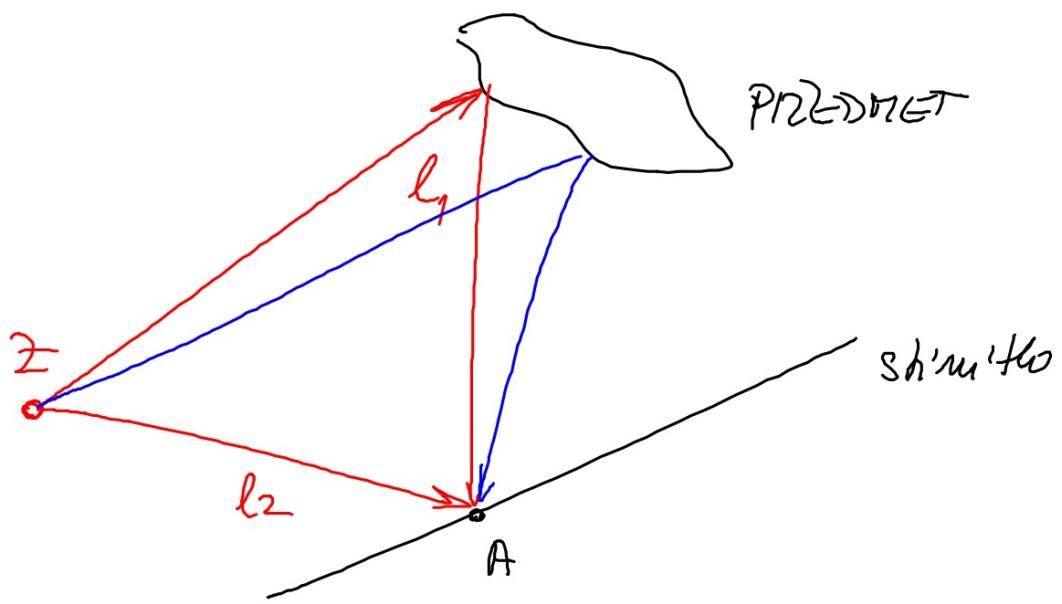
ochranne' pny, zálba

fotografie: zach h: intenzita světla

hologram: zach h: intenzita světla

zařízení i fázový počin vln  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  prostorové uspořádání



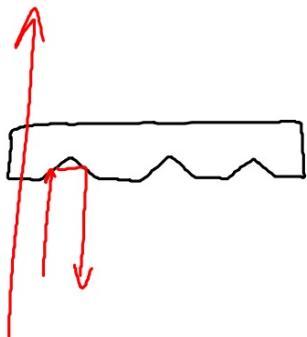
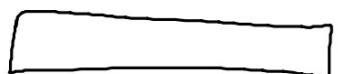
$$A : \Delta l = l_1 - l_2 ; \text{ mi dane' } \Delta \Rightarrow \text{ma x nero min'}$$

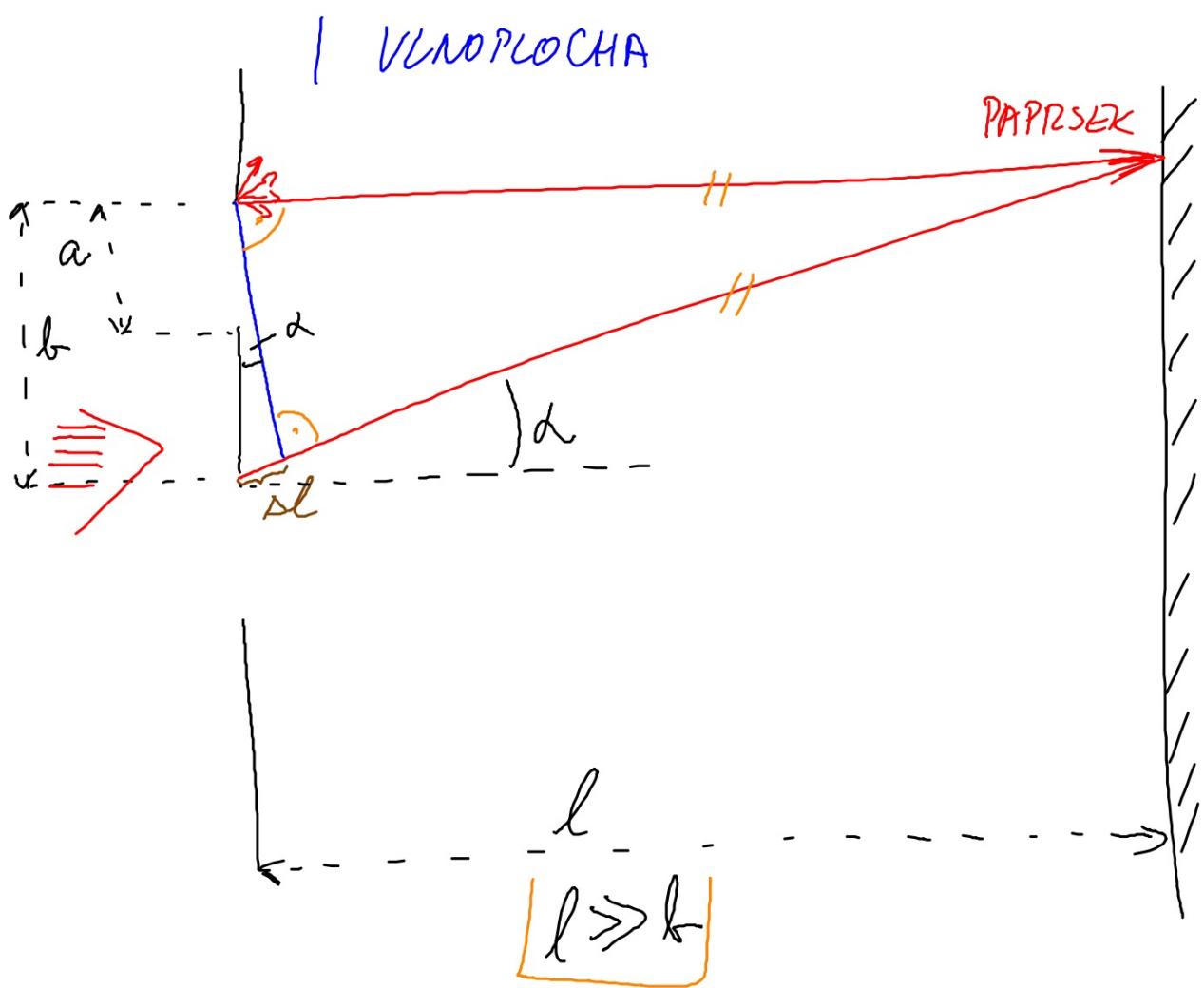
## Olyb sretla

mast'a'ra' ma p̄e'ha'z̄ce, h̄era' ma'nam̄ez  
s̄ronakely' s̄ vlnovon de'lhon p̄na'z̄leho  
sretla

- ofb ma branē
  - vles
  - drahéh
  - ...

- obj na števki ne
- obj na mrljice  
— negativistično





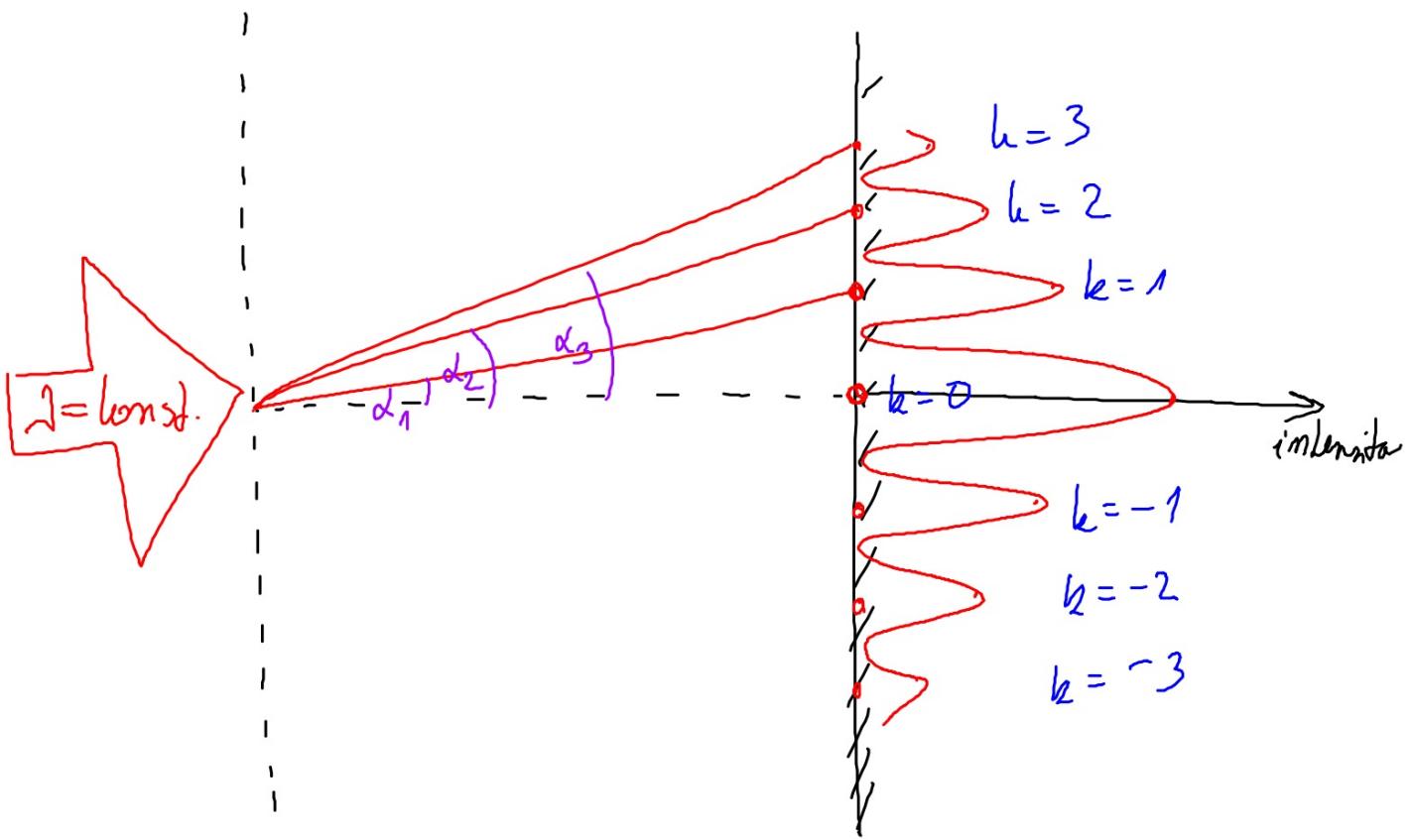
$$\sin \alpha = \frac{\Delta l}{b}$$

$\Delta l = b \sin \alpha$  --- druhý roditel' zobrazených „růw“

interferenční maximum:

$$b \sin \alpha_k = k \lambda$$

pocet myší na pruhu dle:  $N = \frac{1}{b}$



komentář:

- pro  $\lambda = \text{konst}$   
 $N \uparrow \Rightarrow \alpha \uparrow \rightarrow \text{sínsí obrazec}$
- pro  $N = \text{konst}$   
 $\lambda \uparrow (M \rightarrow R) \Rightarrow \alpha \uparrow \rightarrow \text{sínsí obrazec}$
- max:  $\text{mížodnejsí než disperze - m'ce}$   
maxim