

OPTIKA

ZÁKLADNÍ POJMY

Optika a její dělení

optika – zabývá se světlem:

- šířením
- interakcí s okolními předměty

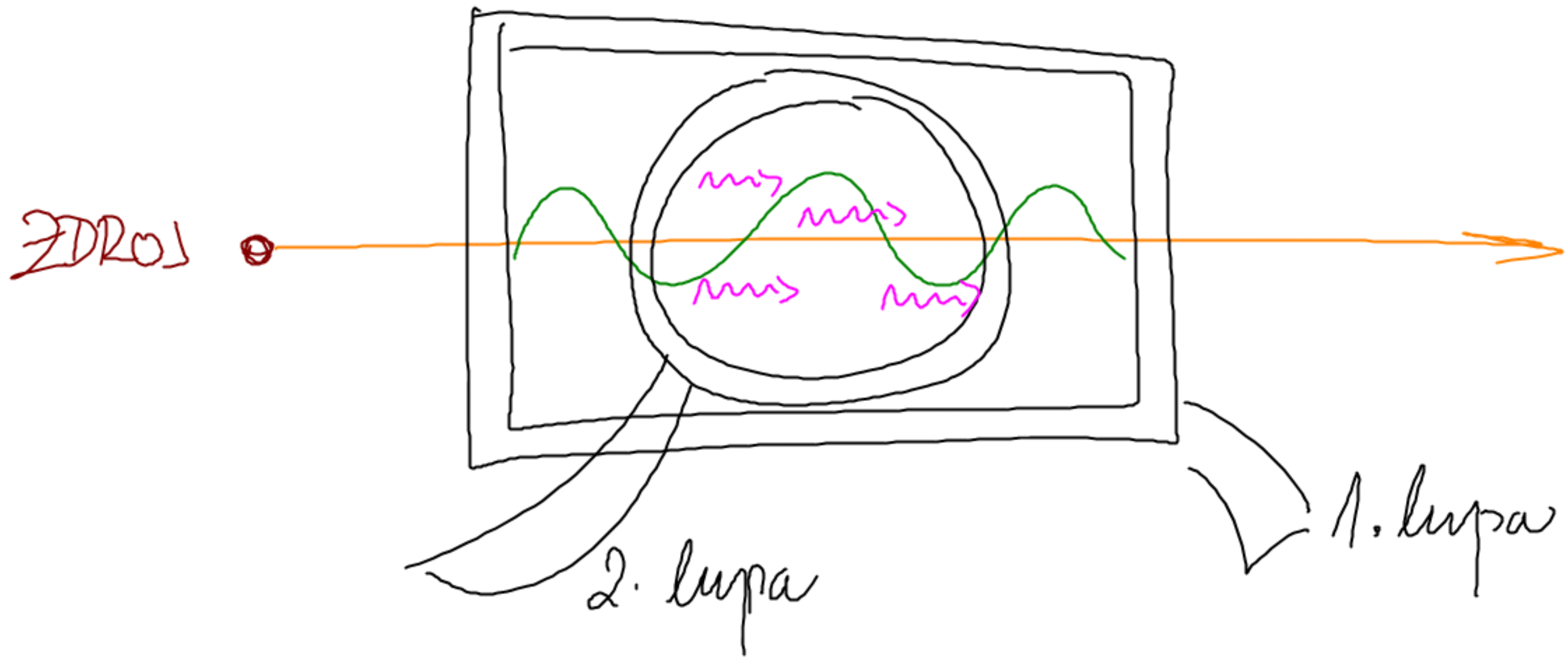
dělení optiky a pohled na světlo:

◦ paprsková optika

- světlo považujeme za paprsek
- odraz, lom, disperze
- rozměry předmětů $\gg \lambda$

◦ vlnová optika

- světlo považujeme za dlouh. vlnění
- matic i ohyb, interference, polarizace
- rozměry předmětů $\sim \lambda$



- kvantová optika
 - světlo lze považovat za ^{lok} proud fotonů
 - fotoefekt

Svetlo je elmg. valnemi' s valnovno dolžino

$$\lambda \in (400; 800) \text{ nm}$$

svetlo viditelne' vidljive' obere

svetlo - cca 1 oktava (1:2)

zvok - cca 10 oktav; 16 Hz ... 16 000 Hz
1:1000; 1000 = 2¹⁰

velikost največje' širine' svetla ve vakuumu:

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

Interakce světla s prostředím

- ODRAZ - lesklé ale i matné povrchy
- PŘECHOD BEZ VÝRAZNÝCH ZMĚN - sklo, voda, vzduch
- ROZPLETL světla na proužcích číslíček
- krov, vyprávění se dušič, mléko ve vodě, barva na olivní ordinaci, ...
- ABSORPCE - část světla se pohltí (filtry)

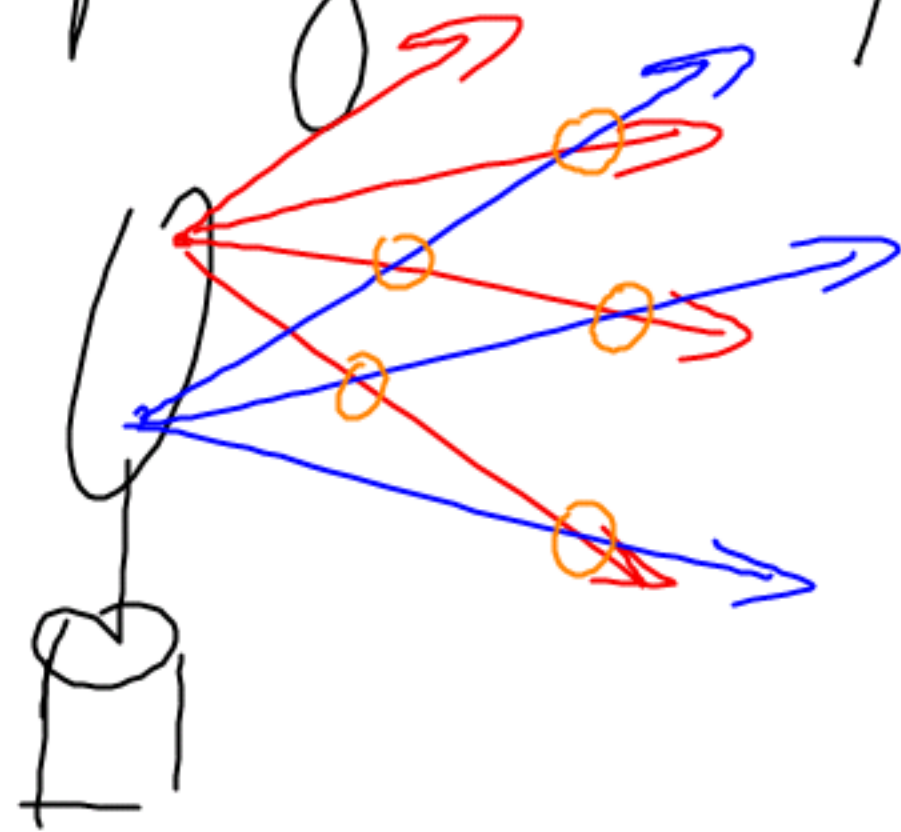
• pruvost'ne' prostredci' - "lae pruvost'it"

• pruvost'ne' - " - - " lae pruvost'ne' -
mont"; CIRE', sredlo se@un' bes
rozplyn'a absorpcie

bodov' advoj svetla - sn'it'ic' hmozy' bod;
ap'edno'v'is'm', of meflo m'it'ne' bra't
N' v'ro'v'le' n'ar'mery' d'it'is

princip masovosti chodu paprsku

- 2 paprsy se na'pome neovlinny'



o mi se zastane

- se zamemim smer chodu paprsku pri
reseni neutroynich sil

Odras a lom svetla

na vzhrani 2 prirodnih optickih
postredni merstava:

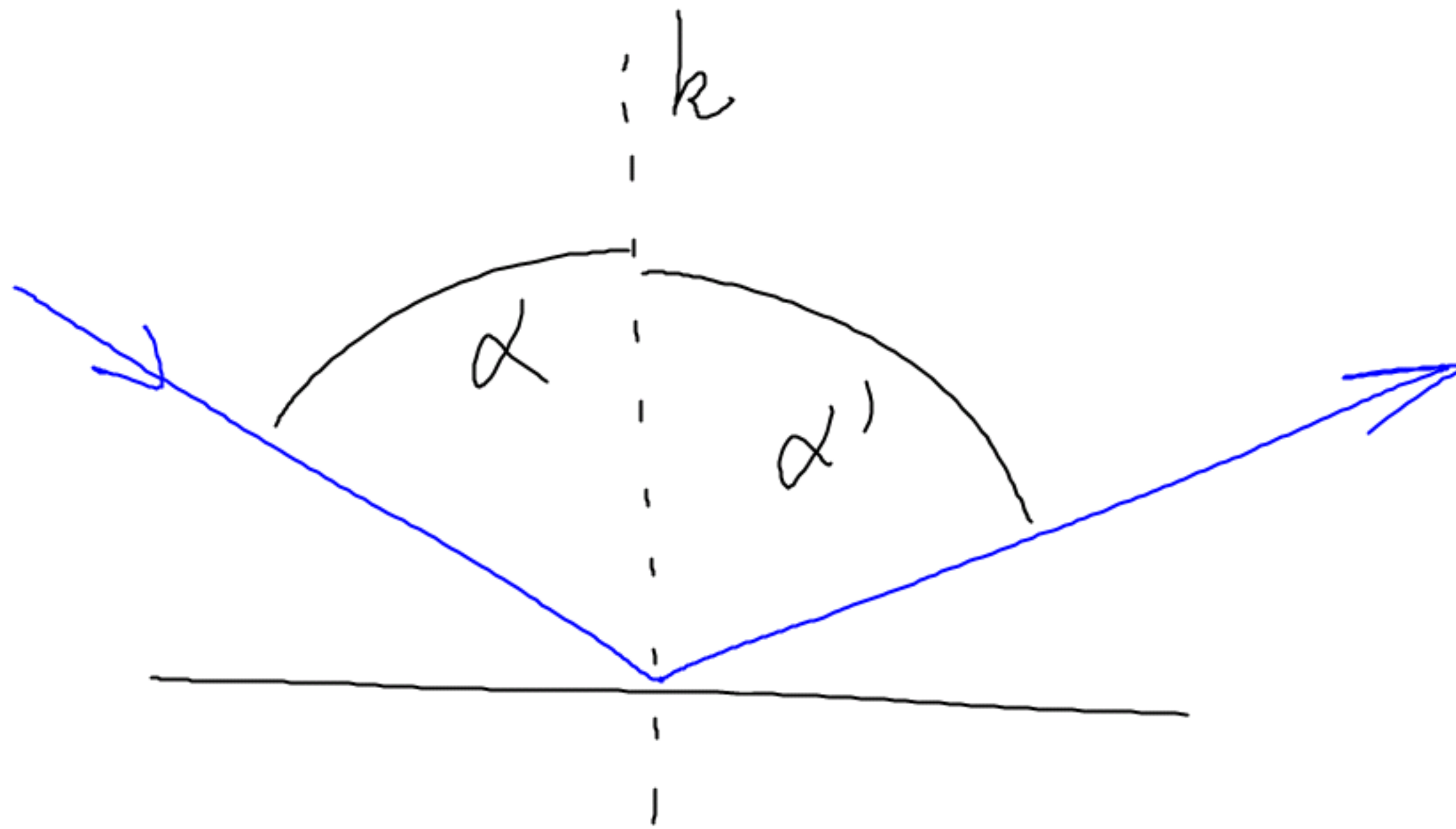
- casovny odraz svetla
- casovny lom svetla

NAJEDNOU

1, Odraz svetla

nastávajú:

- o na rozhraní 2 prišmyklych prostredí (vzduch - sklo)
 - o na rozhraní prišmykneho a neprišmykneho prostredí (arcadlo, dvereň, deska stolu, ...)
- MATNE' LESKLE'



ZÁKON ODRAZU

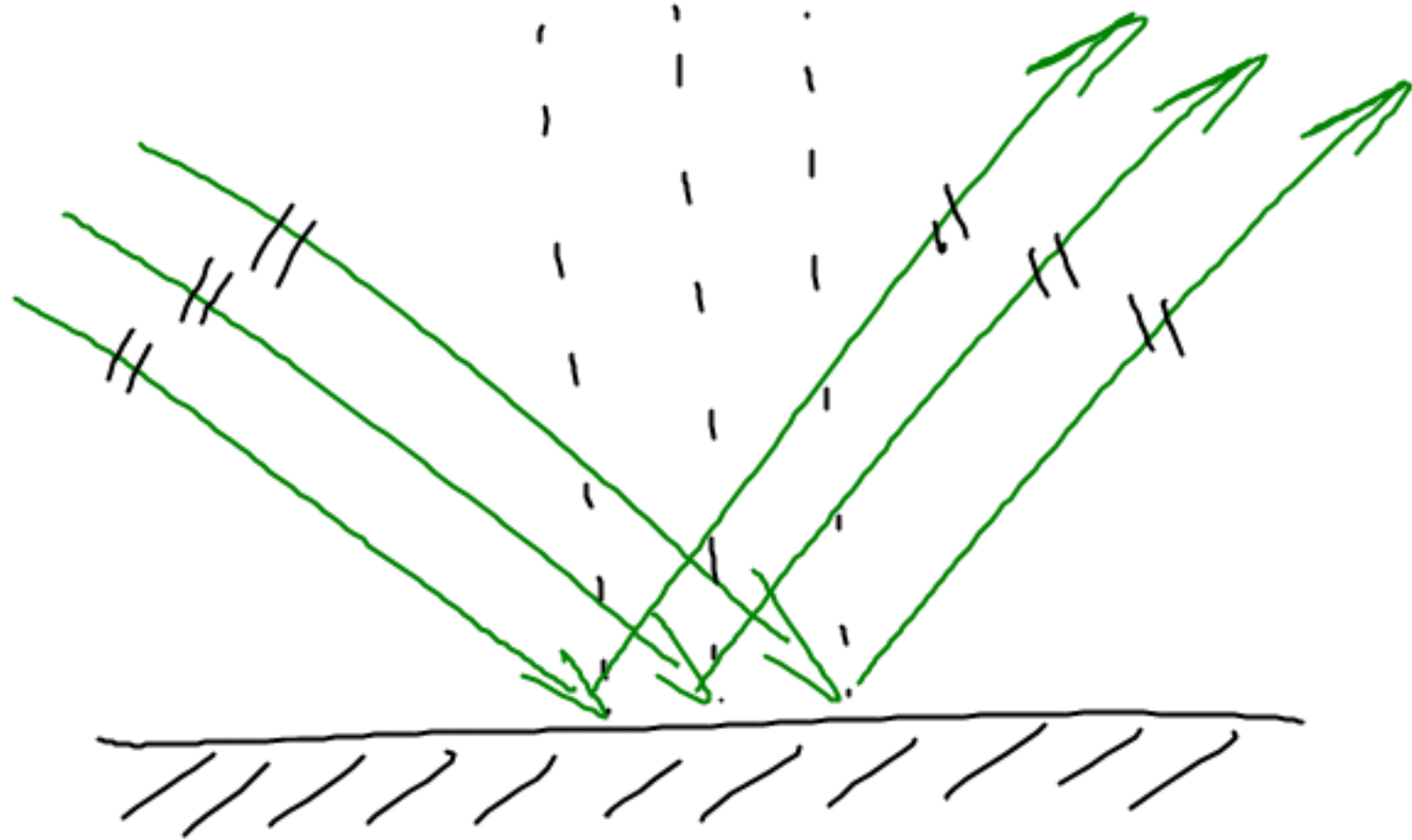
$$\alpha' = \alpha \quad \wedge$$

dopadající paprsek, odražený
 paprsek a kolmice dopadu
 leží v JEDNĚ ROVINĚ

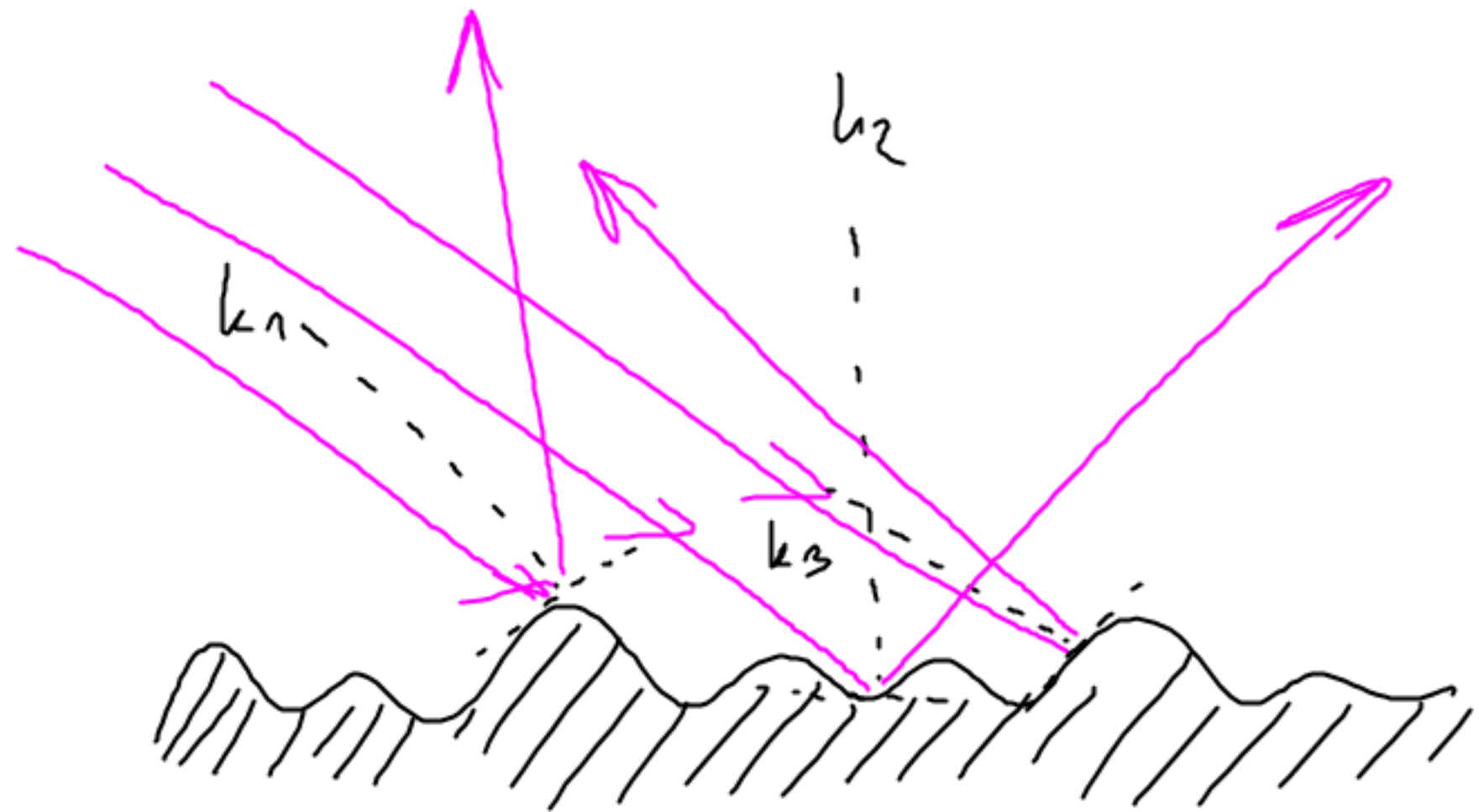
α - úhel dopadu
 α' - úhel odrazu
 k - kolmice dopadu

a) leskline' prostriedu'

k_1 k_2 k_3



b) matkne' prostriedu'



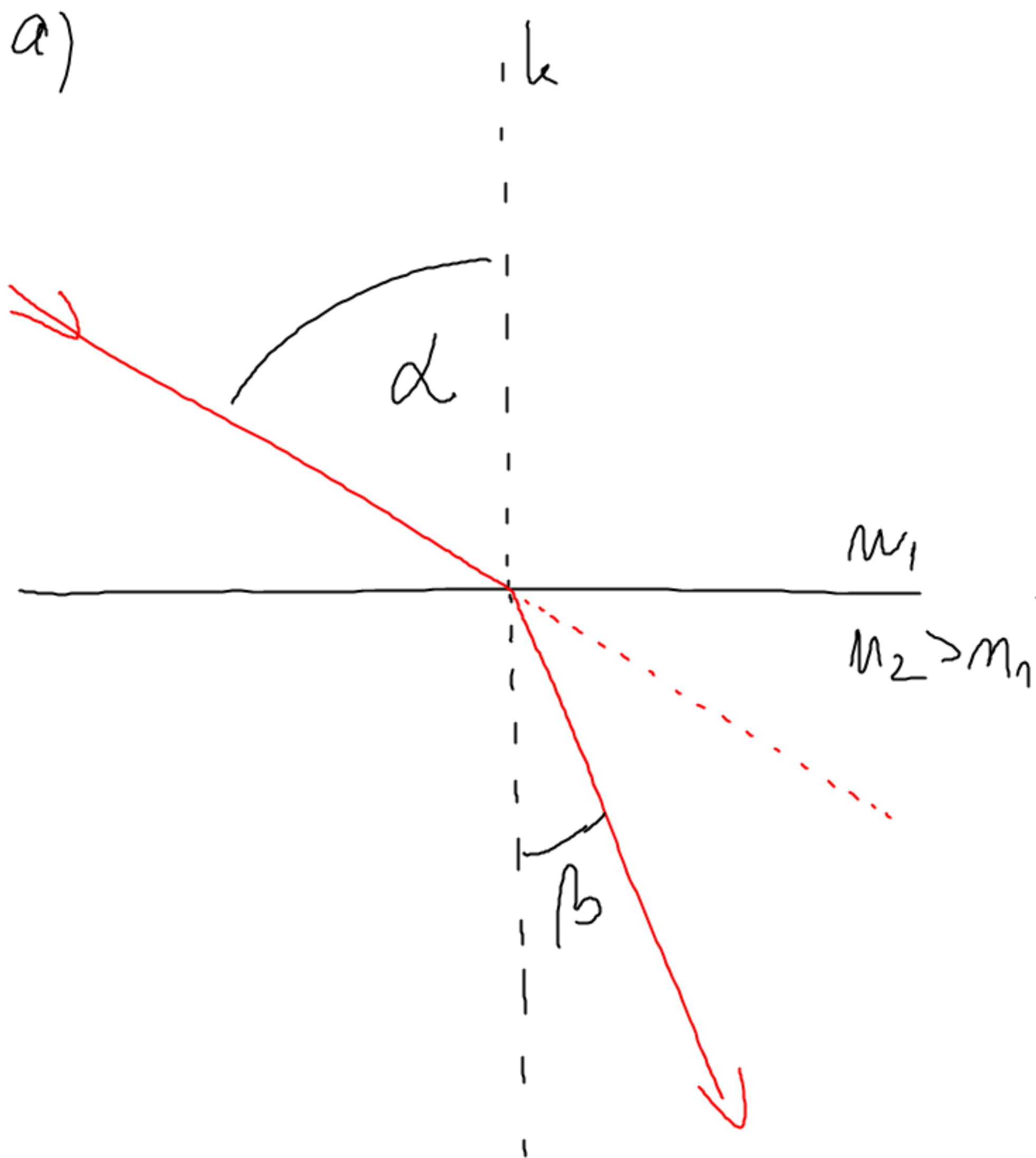
2) Lom svetla

príbeh lomu svetla závisí na materiáli
oboj prostredí \Rightarrow charakteristika týchto
prostredí: (ABSOLUTNÍ) INDEX LOMU

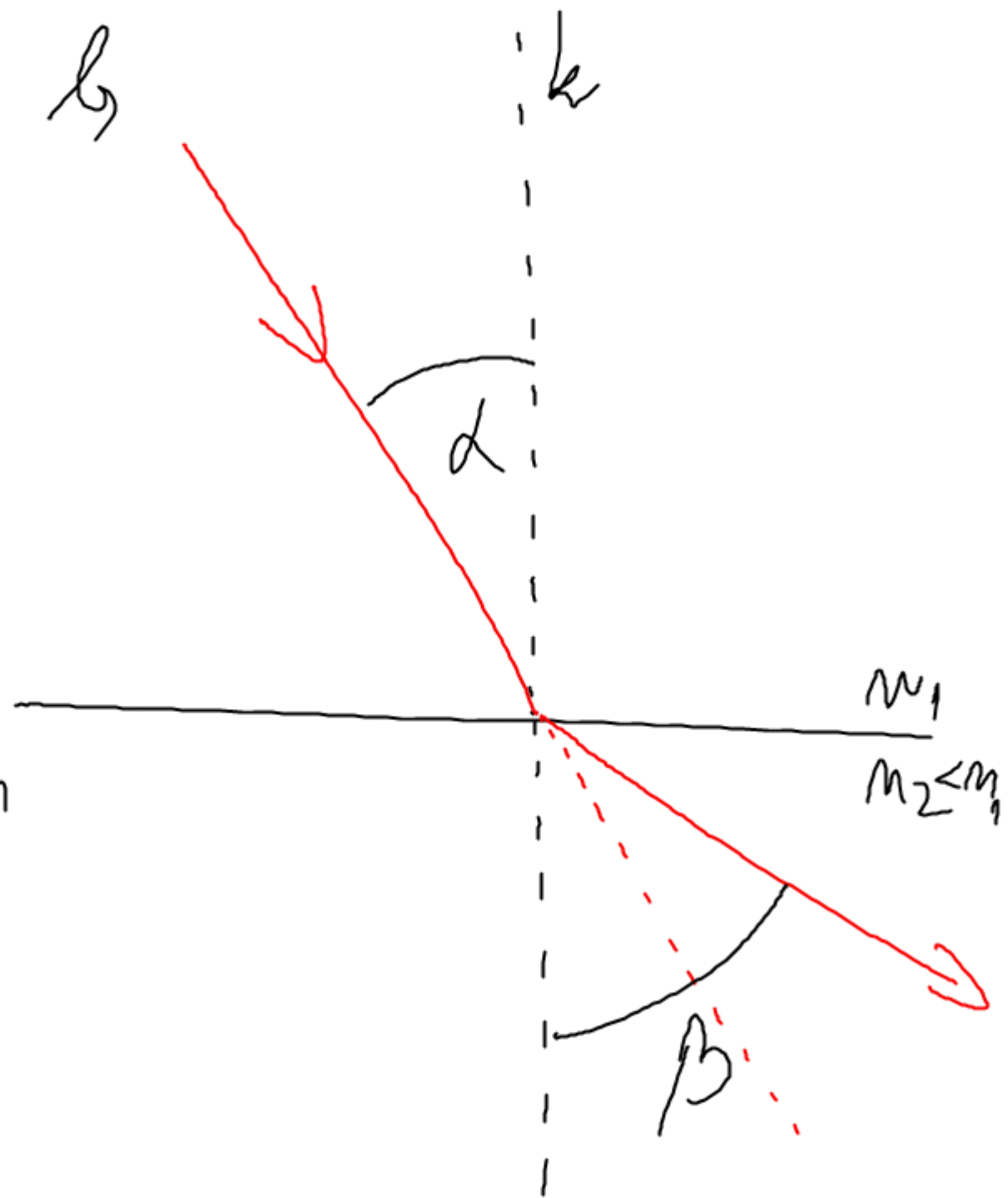
$$n = \frac{c}{v} ; [n] = 1$$

c - veľkosť rýchlosti svetla vo vákuu
 v - dané prostredí
 n —||—

$c > v \Rightarrow n > 1 ; n = 1 \Leftrightarrow$ vákuum
(vzduch)



lomn KE KOLMICE
 $\vec{R}ID\vec{S}I' \rightarrow HUSTI\vec{S}I' \text{ PROSTREDI}'$



lomn od KOLMICE
 $HUSTI\vec{S}I' \rightarrow \vec{R}ID\vec{S}I'$

α - uhel dopadu

β - uhel lomny

SNELLŮV ZÁKON LOMY

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

Pr.
 $n_{\text{vzduch}} = 1$
 $n_{\text{voda}} = 1,33$
 $n_{\text{sklo}} = 1,6$

voda je opt. méně husto
voda je opt. husto než vzduch

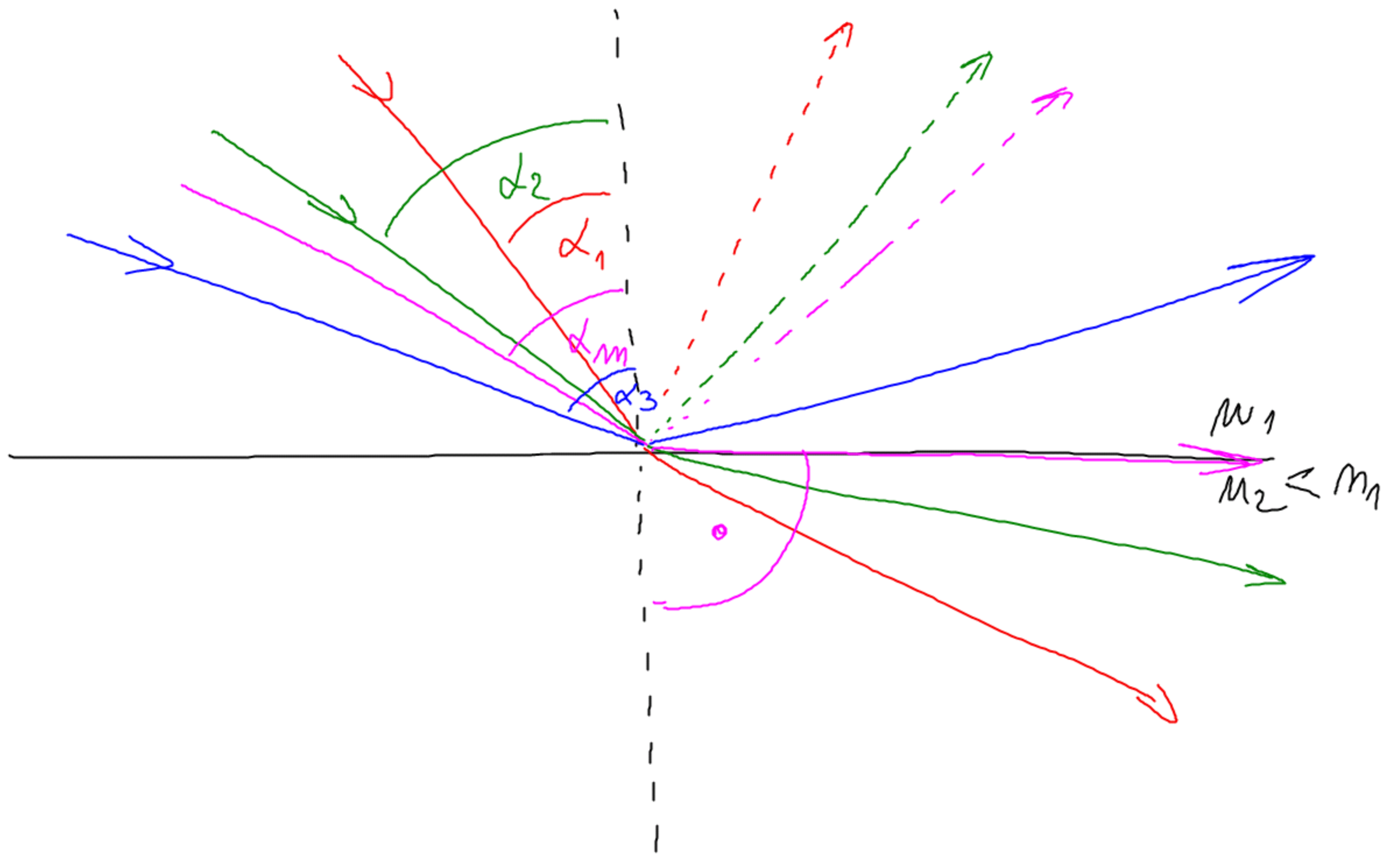
- $\alpha > \beta \Rightarrow \sin \alpha > \sin \beta \Rightarrow n_1 < n_2$
- $\alpha < \beta \Rightarrow \sin \alpha < \sin \beta \Rightarrow n_1 > n_2$

Lipny' (totalny') odraz svetla

je svetla'stromu pri' podzemnom lomnom svetla,

ky svetlo prechazi' a prostredi' opt. husto'st'ho
do opt. ried'st'ho

nastava' povse po urc'ny' interval m'lyu dopadu



α_m - mešni u'hel; pro nej je $\beta = 90^\circ$

$\forall \alpha > \alpha_m \Rightarrow$ TOTALNÍ ODRAZ; do 2. prostředí
se světlo nedostává

podmínka pro α_m : $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$

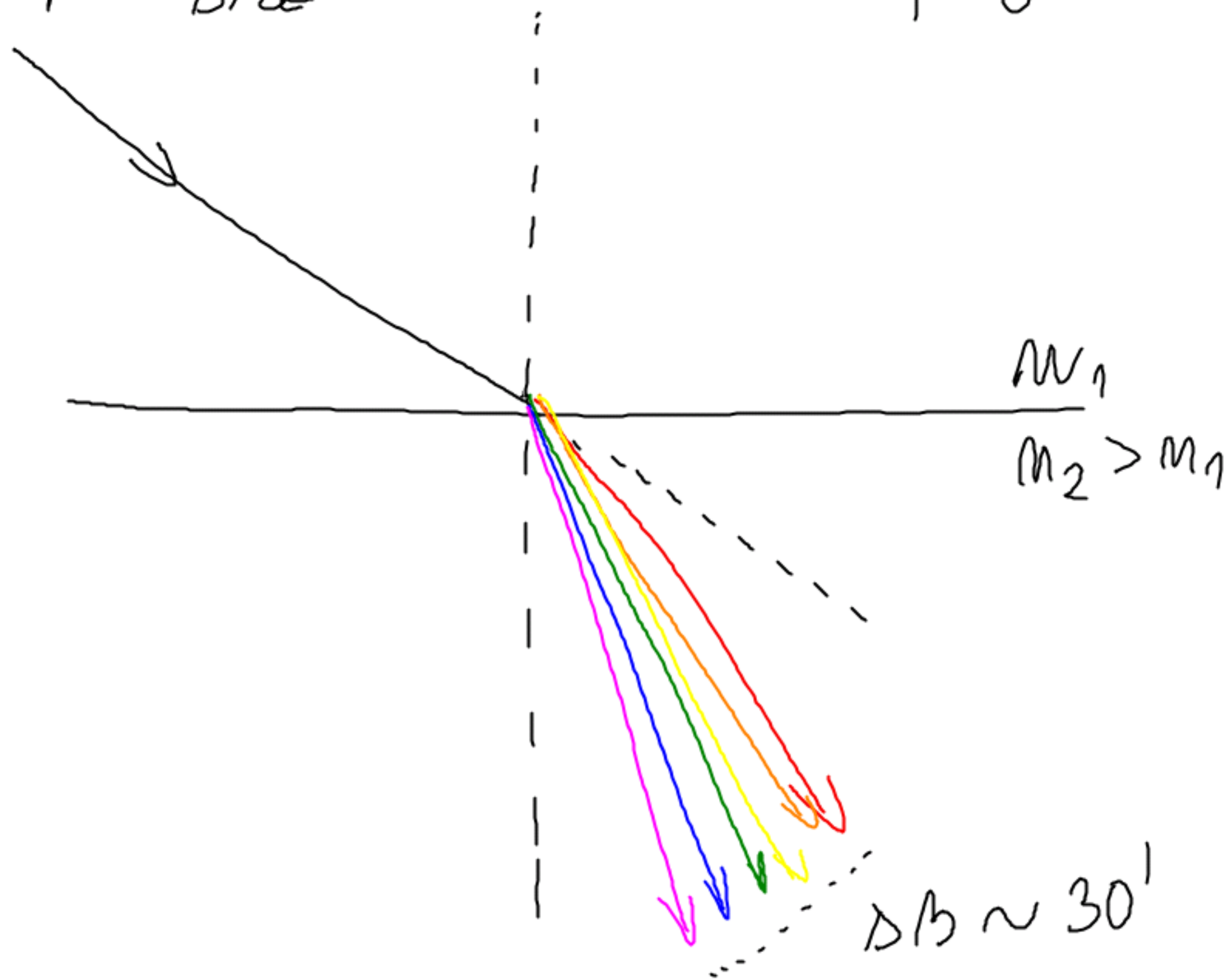
$$1 = \frac{\sin \alpha_m}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\sin \alpha_m = \frac{n_2}{n_1}$$

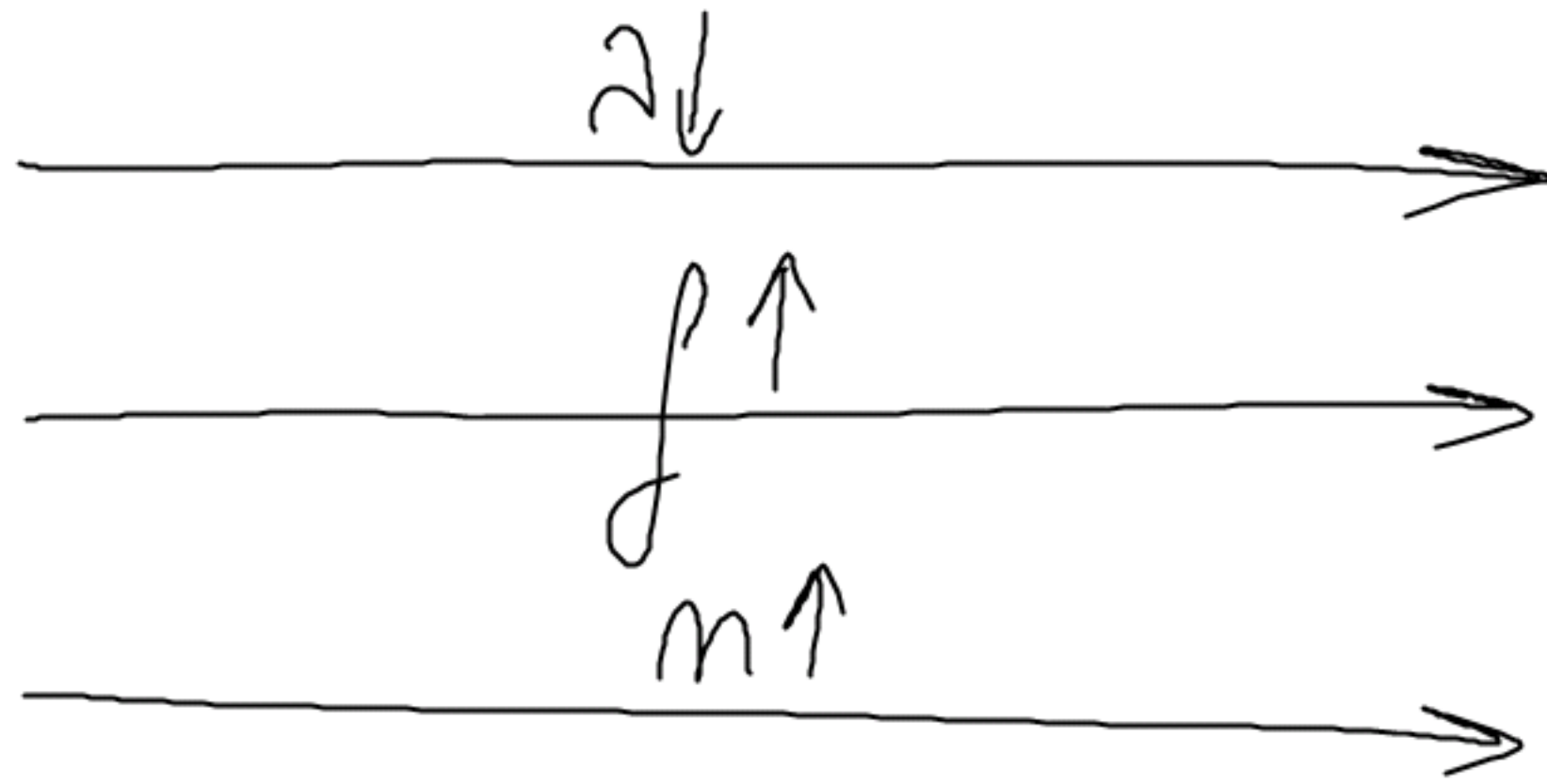
Disperze svetla

(rozklad svetla)

mastavna' pro slozene' svetlo (pufrekvenen'ni')



l'idea \rightarrow R O Y G B M

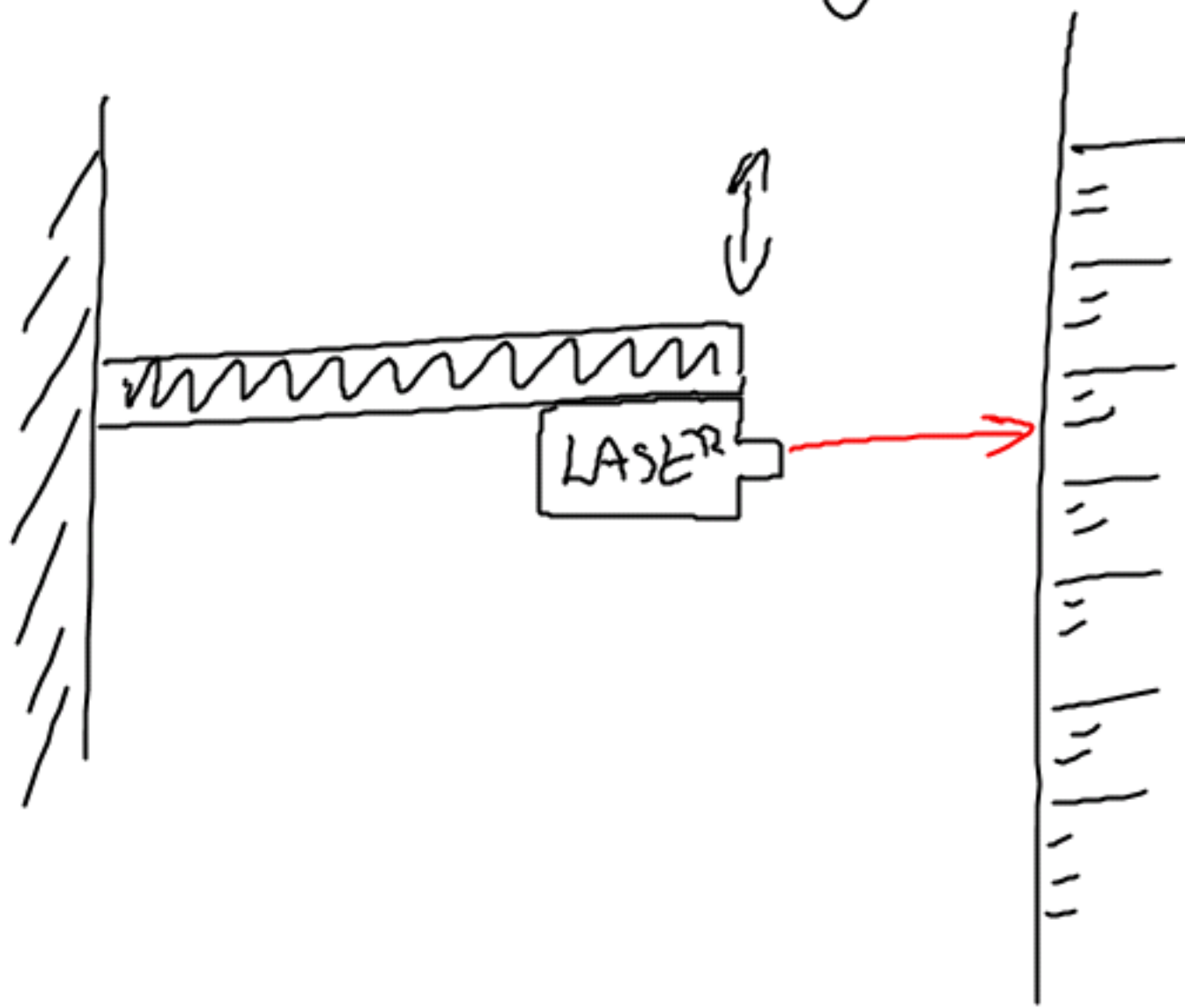


principio di dispersione: n varia con λ

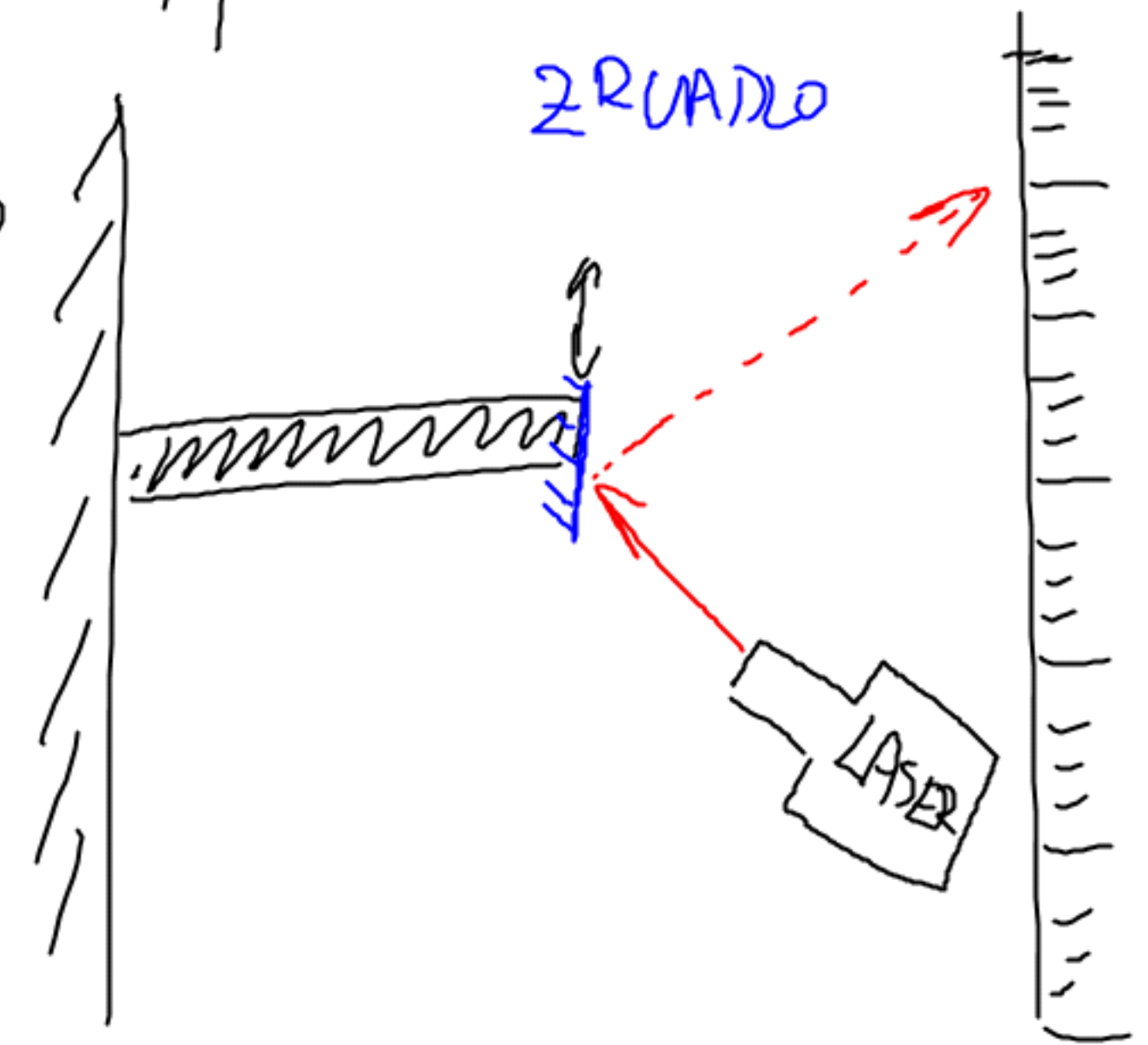
Jem založene' na odraze, lom a dispersi' v praxi

1) Odraz svetla v prístrojích
mēren' vibraci', alyri (mechanické), ...

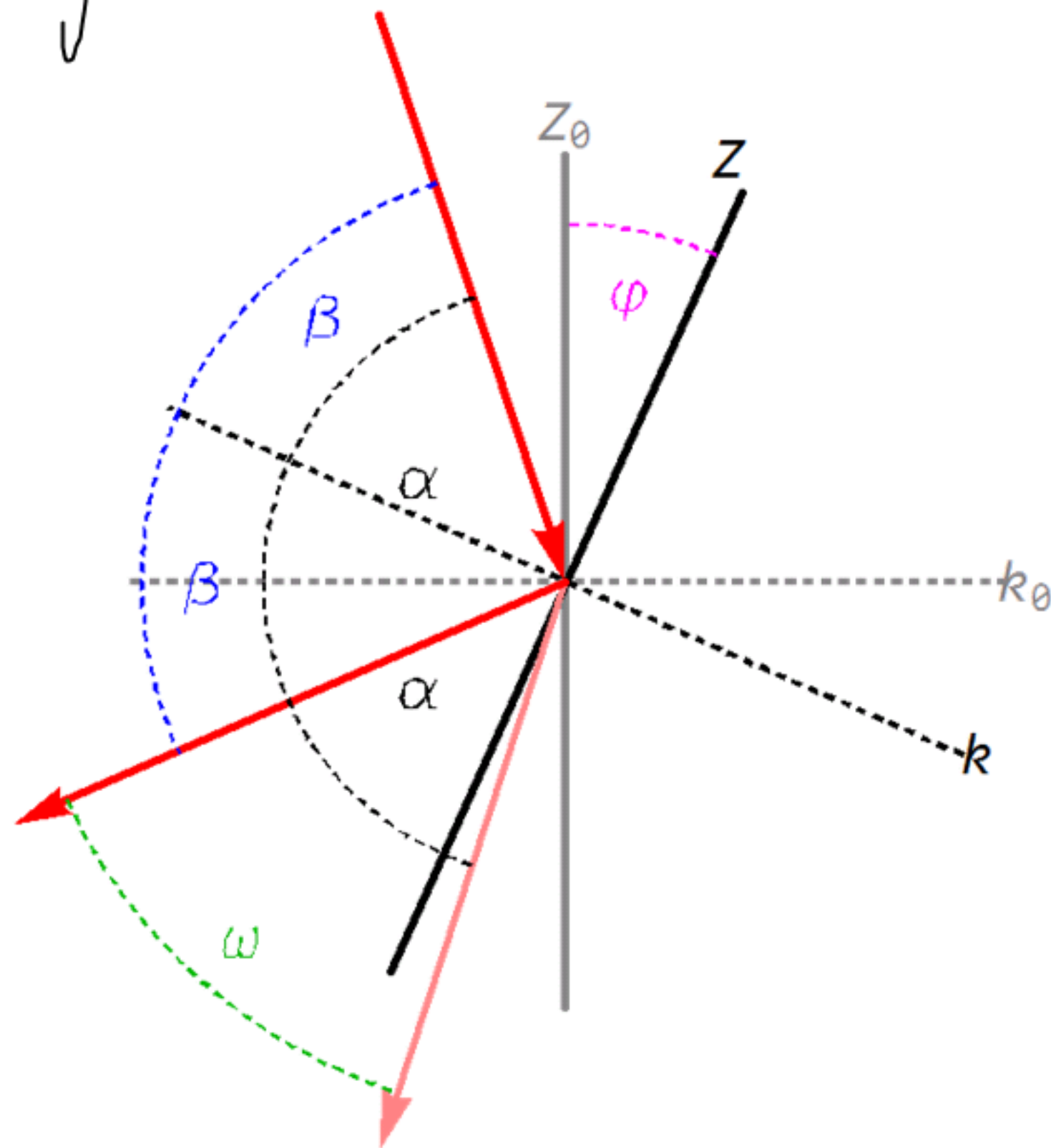
a)



b)



b) je vhodnější, protože je účinnější na vyšší
 amplitudu sílu odrazu je při amplitudě sílu
 dopadu dvojnásobná



$$2\alpha = 2\beta + \omega$$

$$\omega = 2(\alpha - \beta)$$

mezi kolmice-
mi

$$\underline{\underline{\omega = 2\varphi}}$$

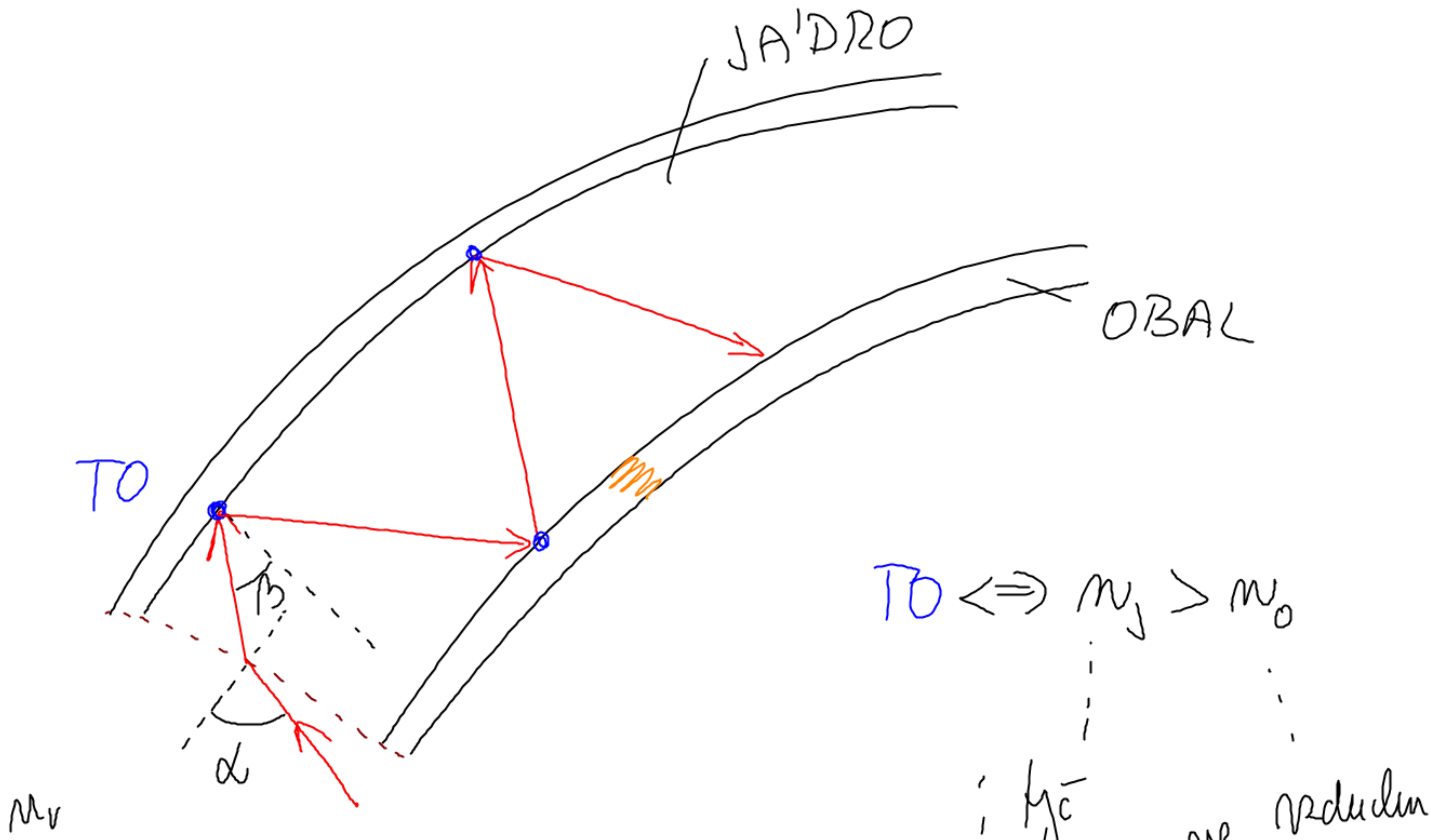
2) Optická mláčna

motivace: hračky s obrazem monit

praxe: endoskopie

telekomunikace

řalova



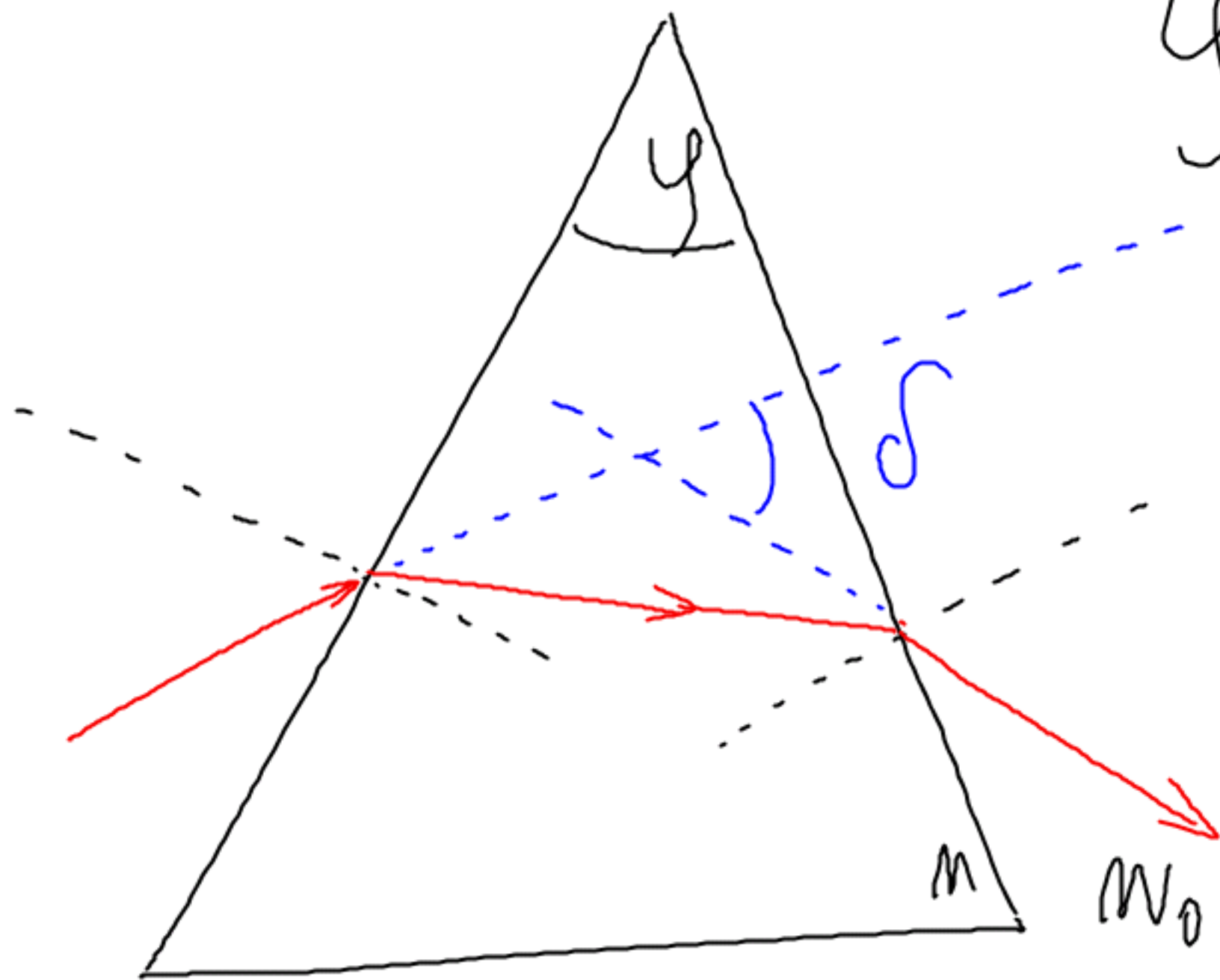
$TO \Leftrightarrow m_1 > m_0$

- H_c^-
 - silikon
 - voda
- ne vcludim

m porucha obalu \Rightarrow TO nestavame
 \Rightarrow cast energie mika!

α - vstupni' apertura vlakna;
eye omeru' dane' M_v , M_s , M_o

3, Odrazne' hranol

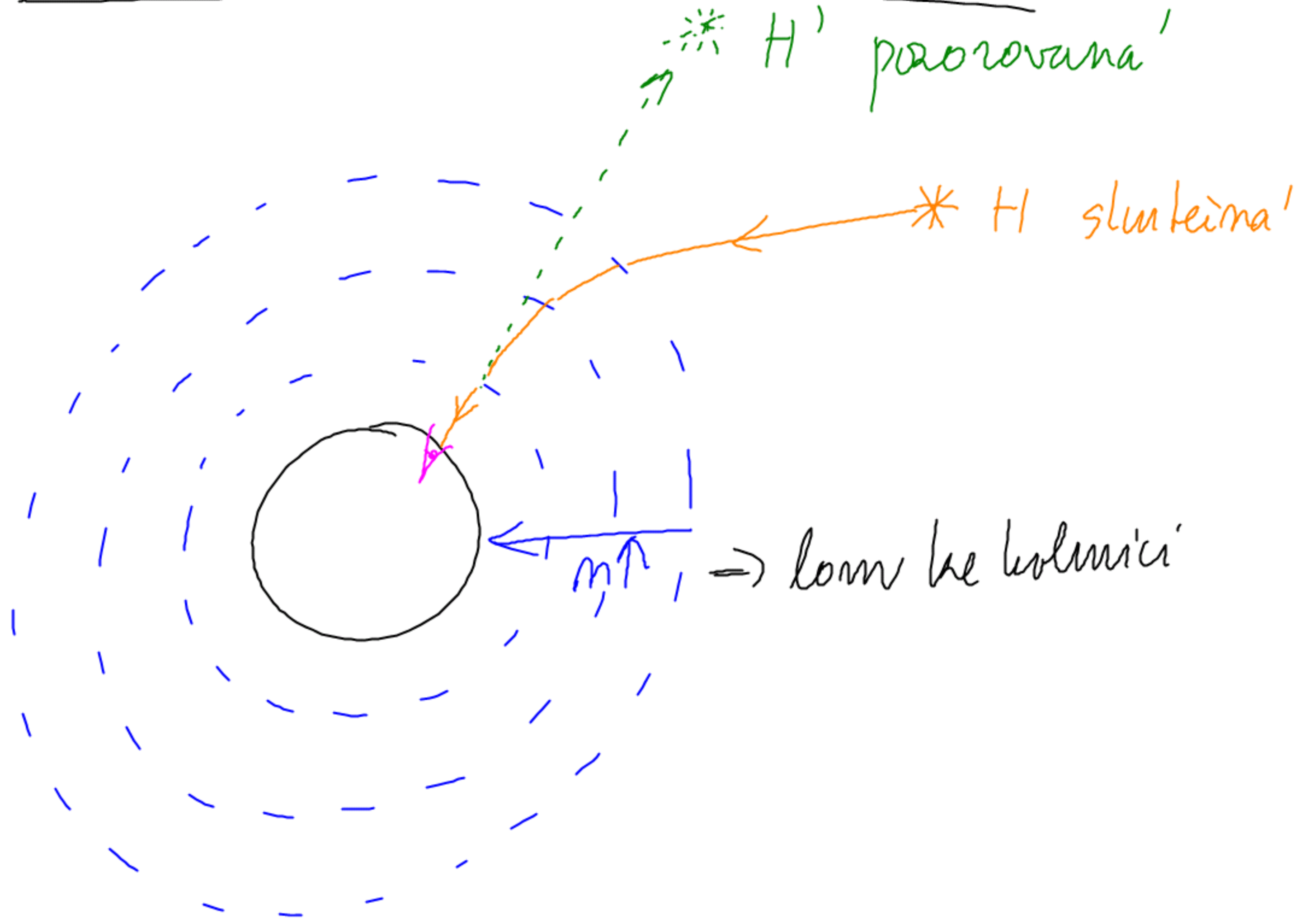


γ - lámny' úhel

σ - deviac

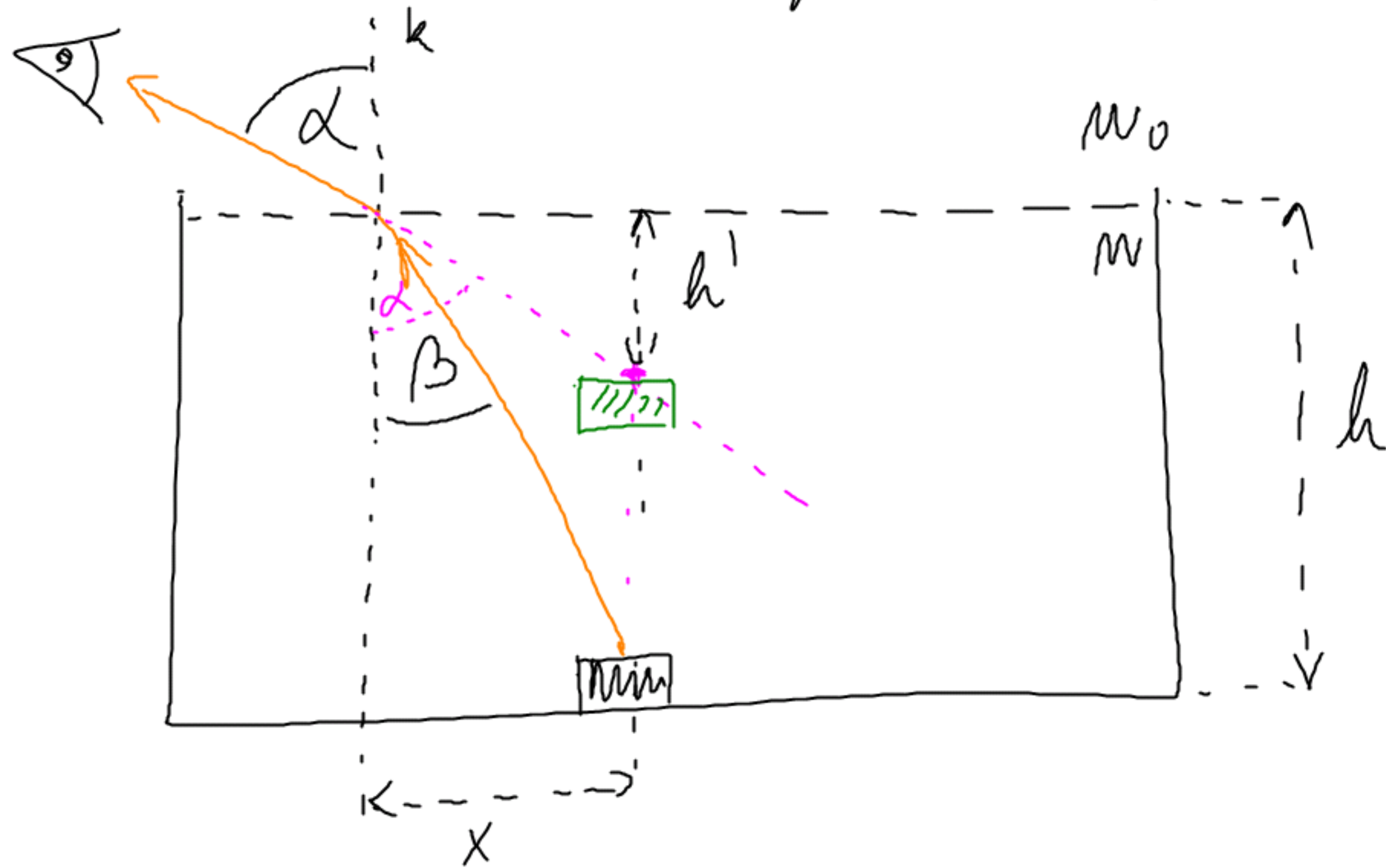
praxe: fotoaparát } aměna směru chodu paprsku
kamery

4) Astronomická refrakce



5) Zda'mli'va' klombka

obra'zok londe nahreslen pro 1 oko



lze odvodiť $h' = f(h, \alpha, w, w_0)$

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= \frac{x}{h'} \\ \operatorname{tg} \beta &= \frac{x}{h} \end{aligned} \right\} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{\frac{x}{h'}}{\frac{x}{h}} = \frac{h}{h'}$$

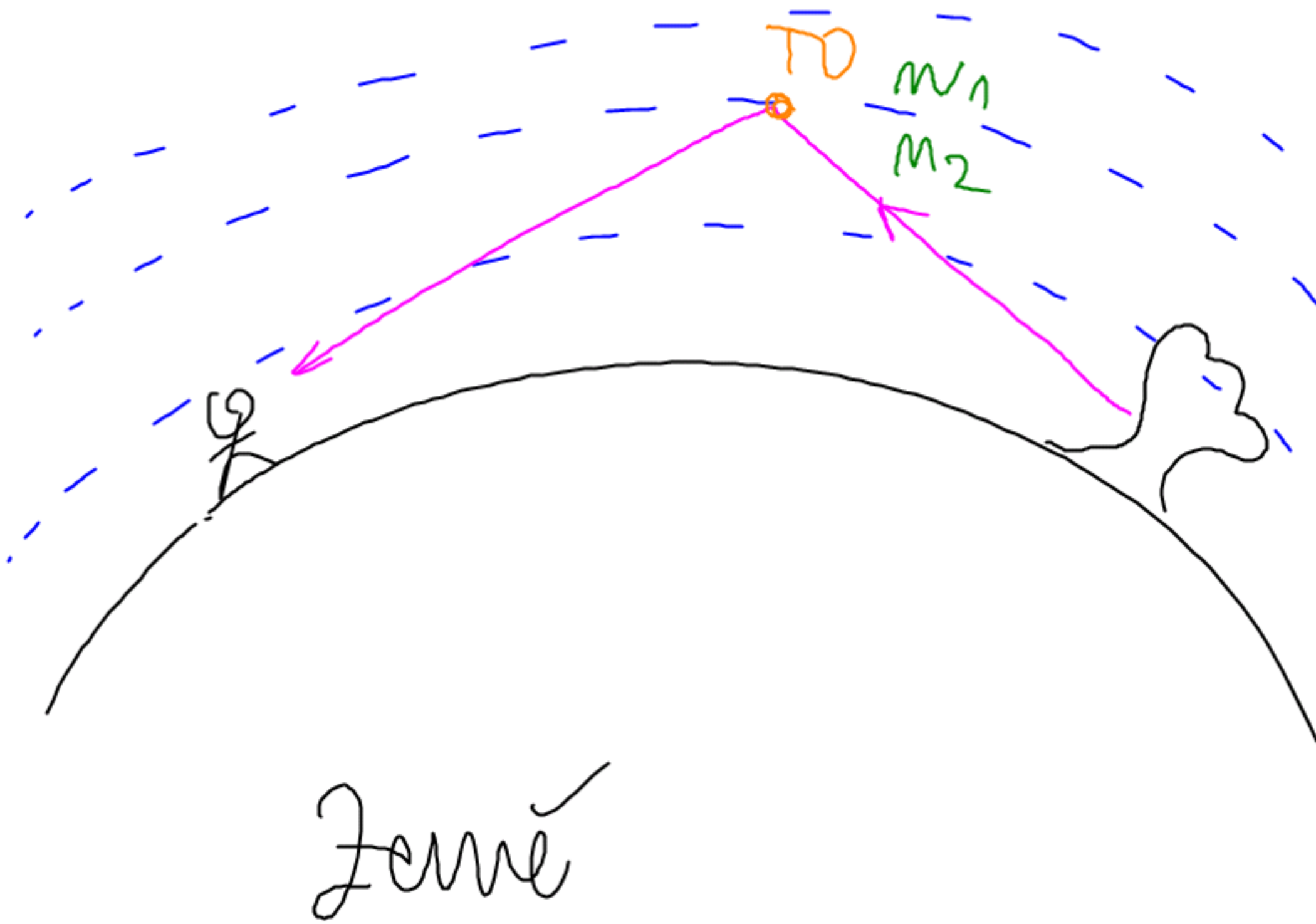
$$\underline{h'} = h \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha} = h \frac{\frac{\sin \beta}{\cos \beta}}{\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}} = h \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = h \frac{m_0}{m} \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} =$$

$$\text{Snell: } \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{m}{m_0}$$

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

6, Fata morgana (efekt mokre' silnice)

a) fata morgana

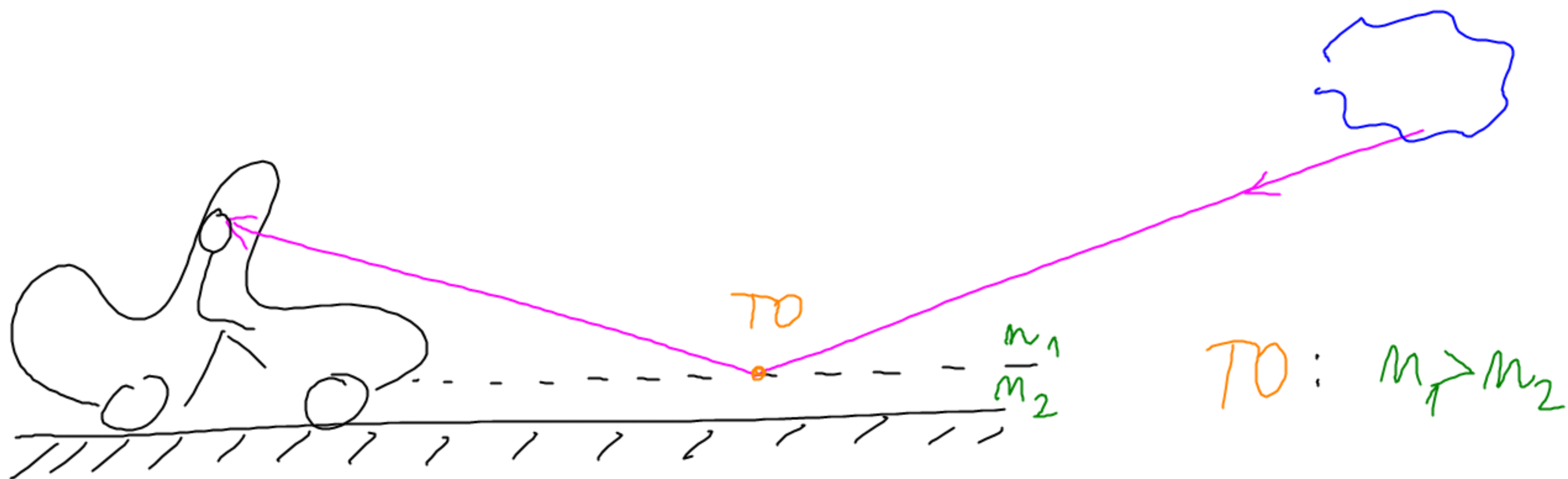


mohou nastat
podle poměru
k TO: $n_1 < n_2$

~ duke' arcadio

- nizky typ obrazu
(velikost, prava'ceni)

b) efekt molar' & l'nice



VLNOVA' OPTIKA

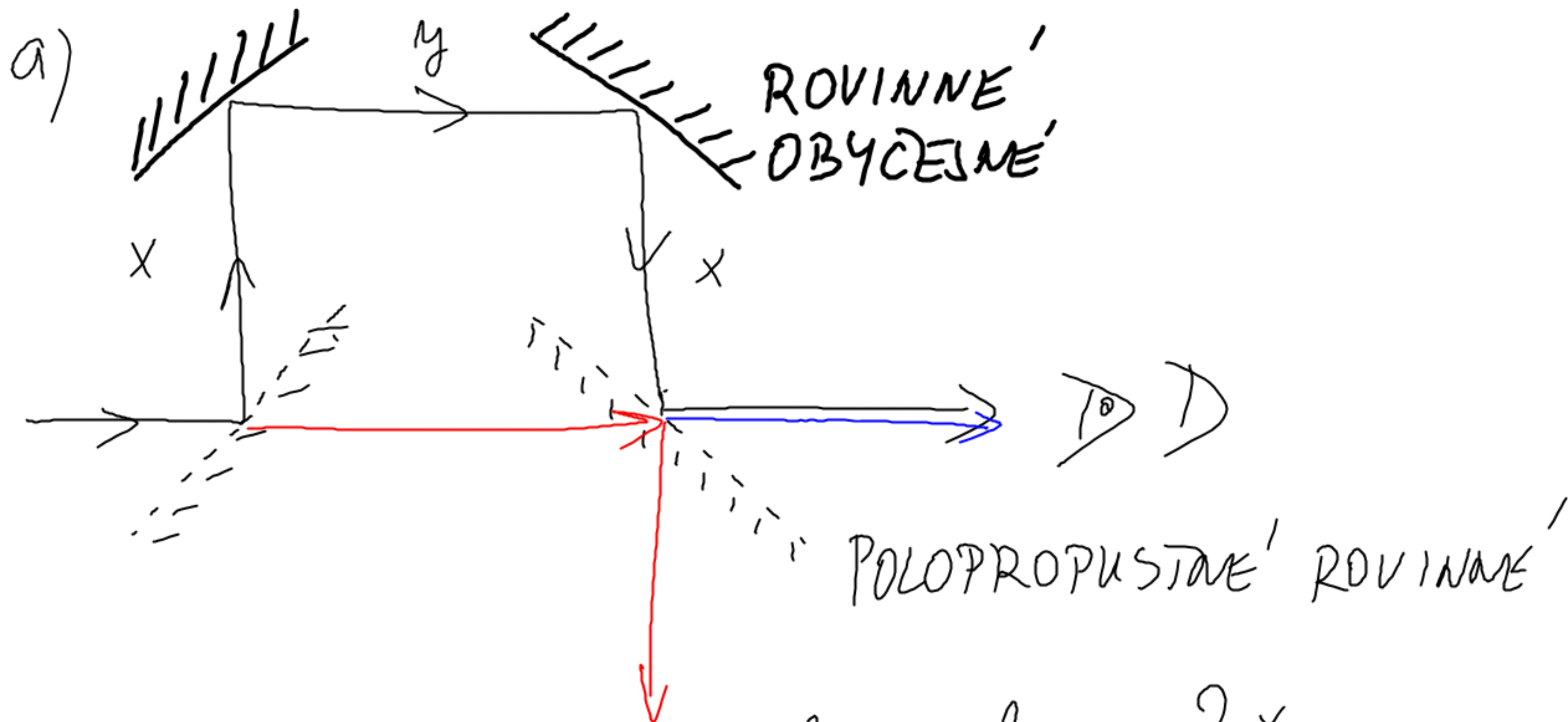
Interferencia svetla

1, Fyzikalni' podstata

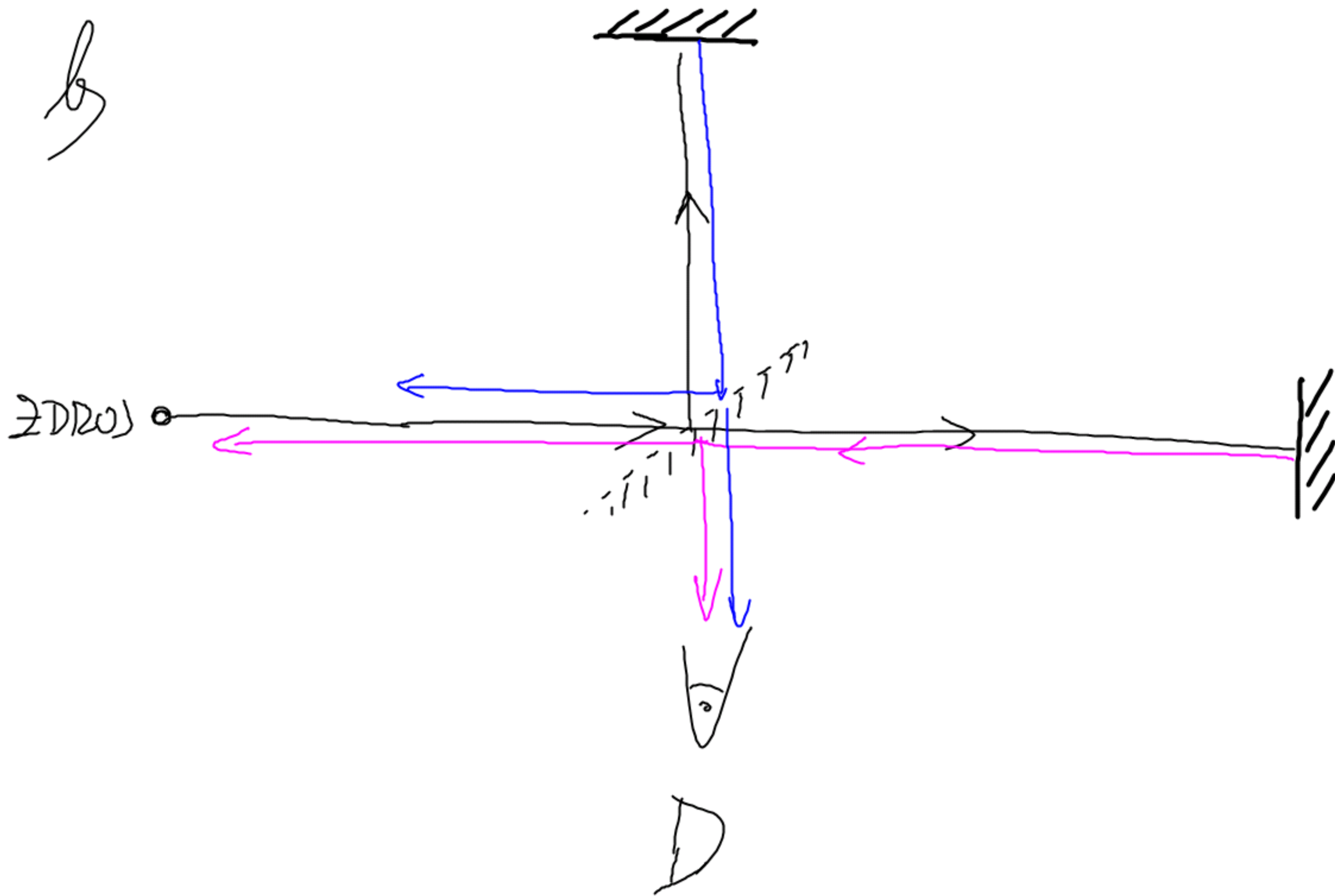
shla'dam' vlnam' - musno splnit podminky:

- 1, 2 a m'ice vln
- 2, stejna' λ shla'dam'ych vln (POUZE ZSEDO-
DU SEM')
- 3, dra'kny (resp. fa'zoy) rozdi'l vln
- 4, koherencni' vlnam'

ad 3)

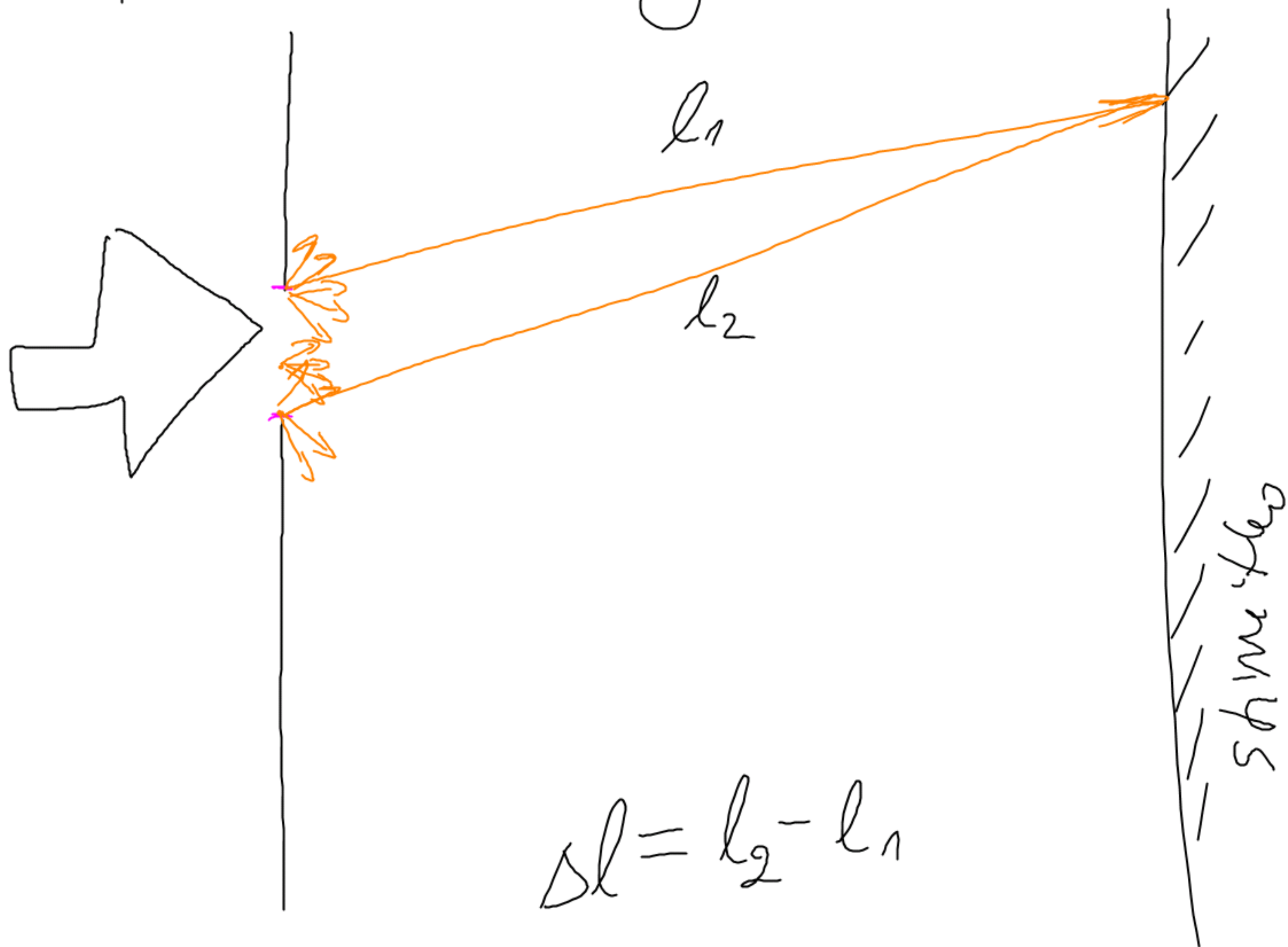


dražkový rozdíl: $\Delta l = l_{\uparrow} - l_{\downarrow} = 2x$



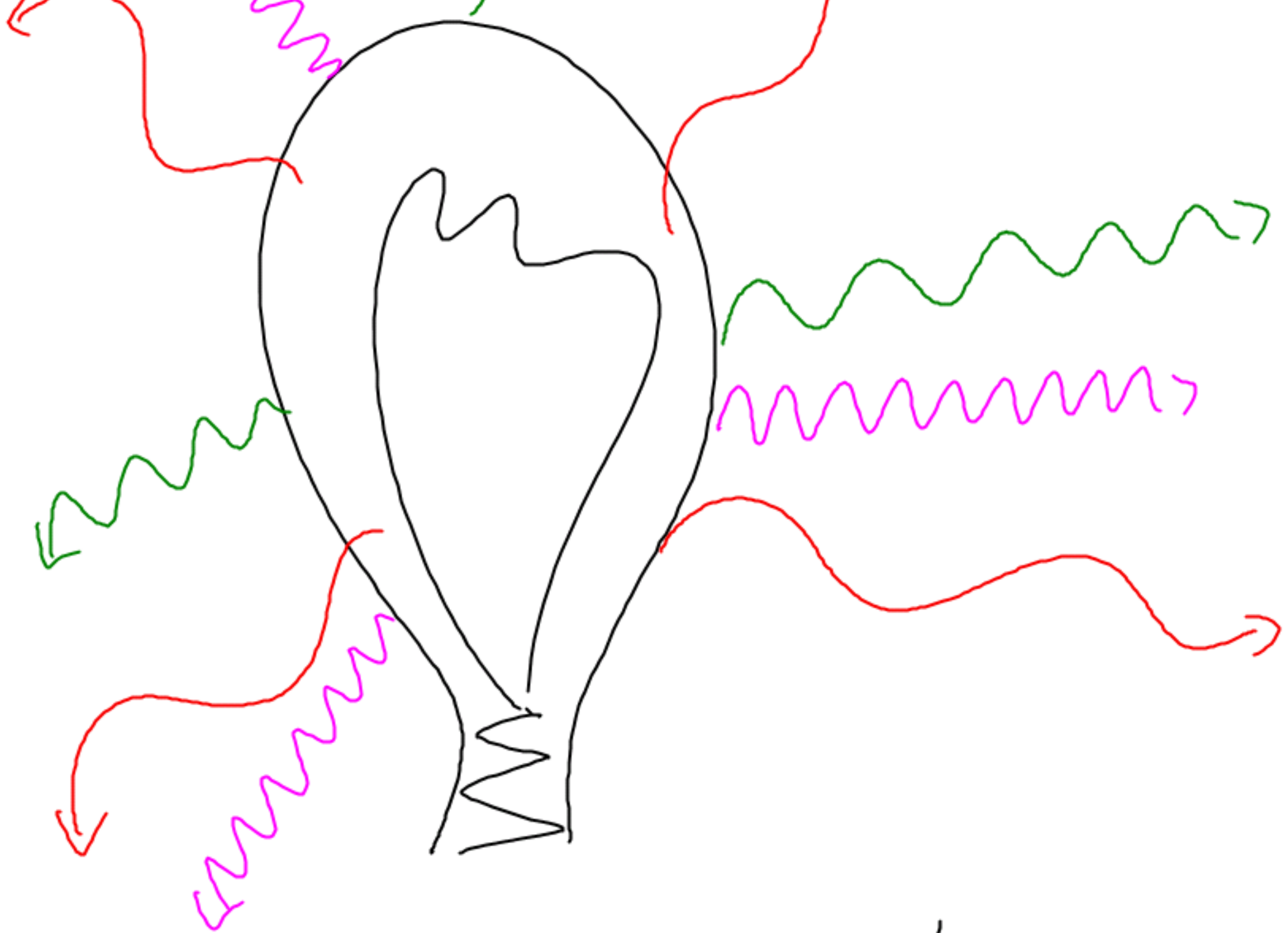
- 1880 - MICHELSON
- 2015 - objevy z. vln

c) потом сферичну



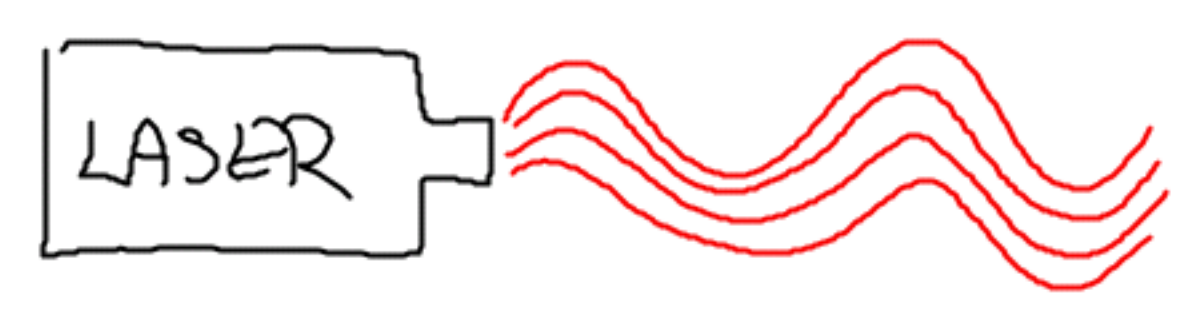
ad 4)

a) ~~elektrický zdroj~~ zdroj světla



NEKOHERENTNÍ

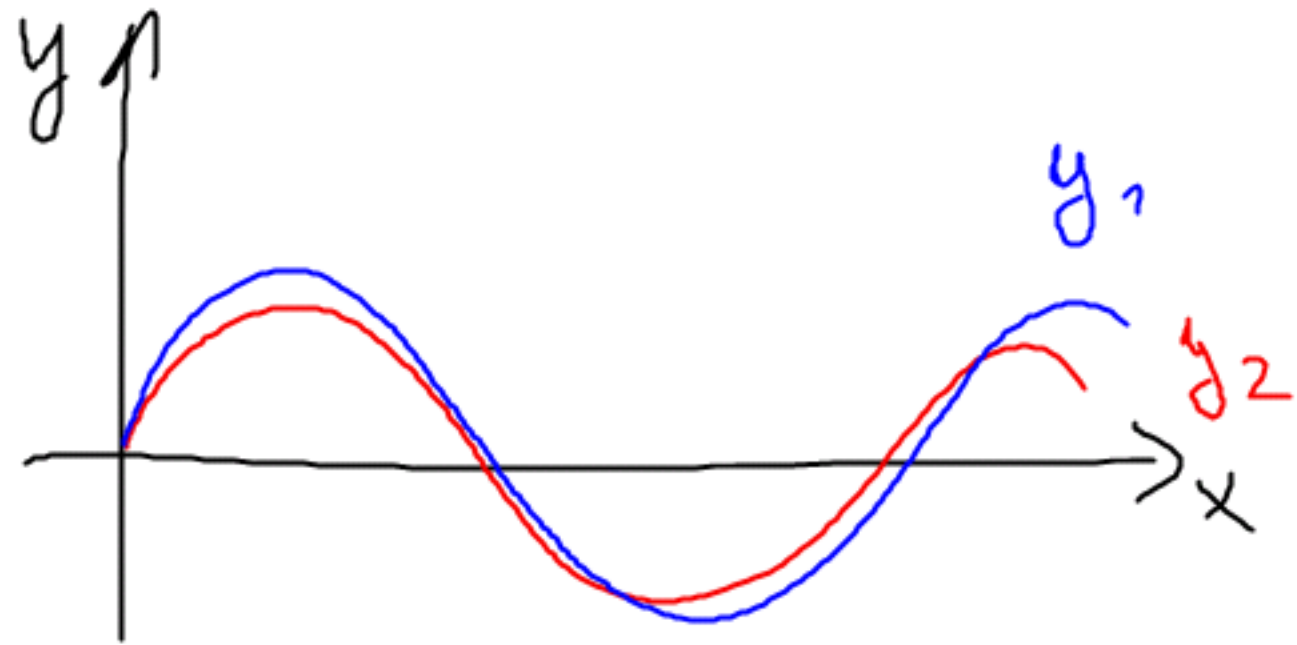
b) LASER



KOHERENTNÍ

podmínky vzniku maxima a minima:

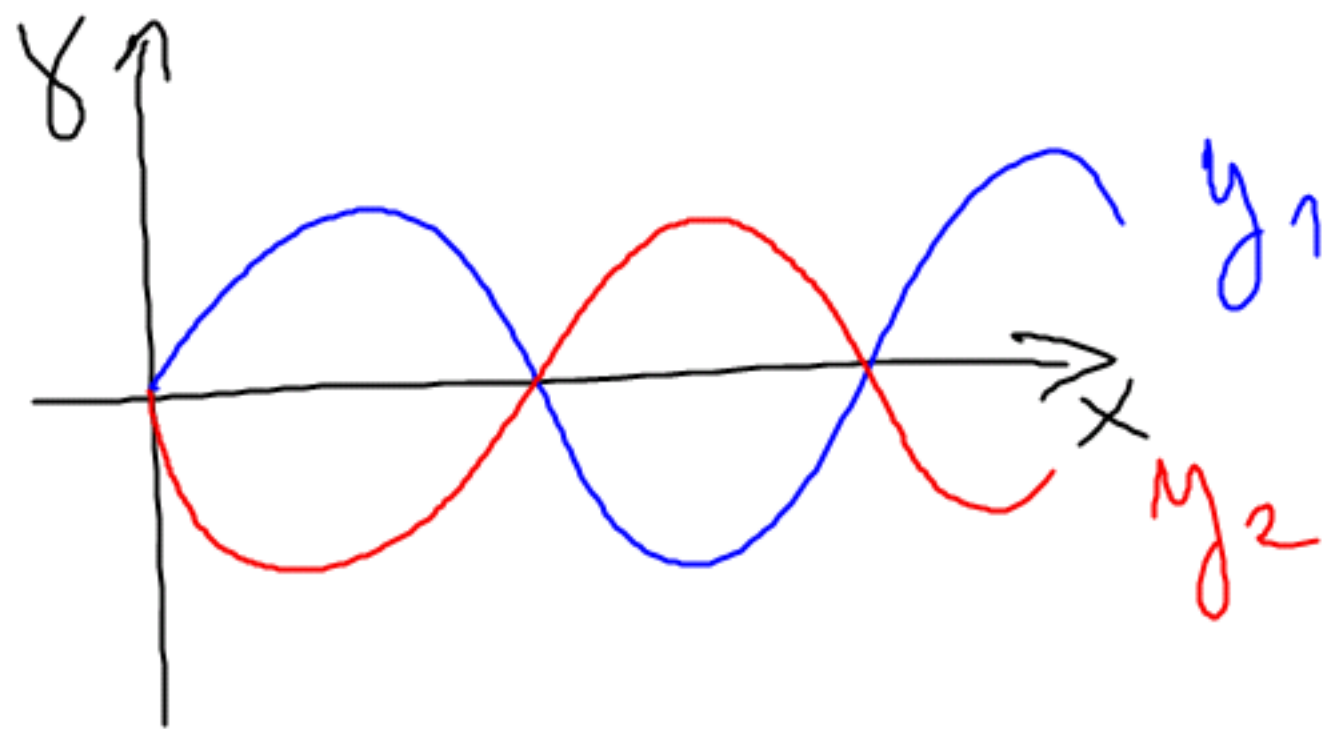
- maximum (KONSTRUKTIVNÍ interference)



$$\Delta l = k\lambda; \quad k \in \mathbb{N}_0$$

dle sítnace

- minimum (DESTRUKTIVNÍ interference)



$$\Delta l = (2k+1)\frac{\lambda}{2}; \quad k \in \mathbb{N}_0$$



2, Interferencia na tenke' mstve

□ - my'dliva' blama, olej' na vode,
mstva na čocce lyži' či objektiva, ...

Zde je nutné' odli'šit':

• GEOMETRICKOU DRAHU - "měřeno proužkem"

• OPTICKOU DRAHU - "měřeno světlem"

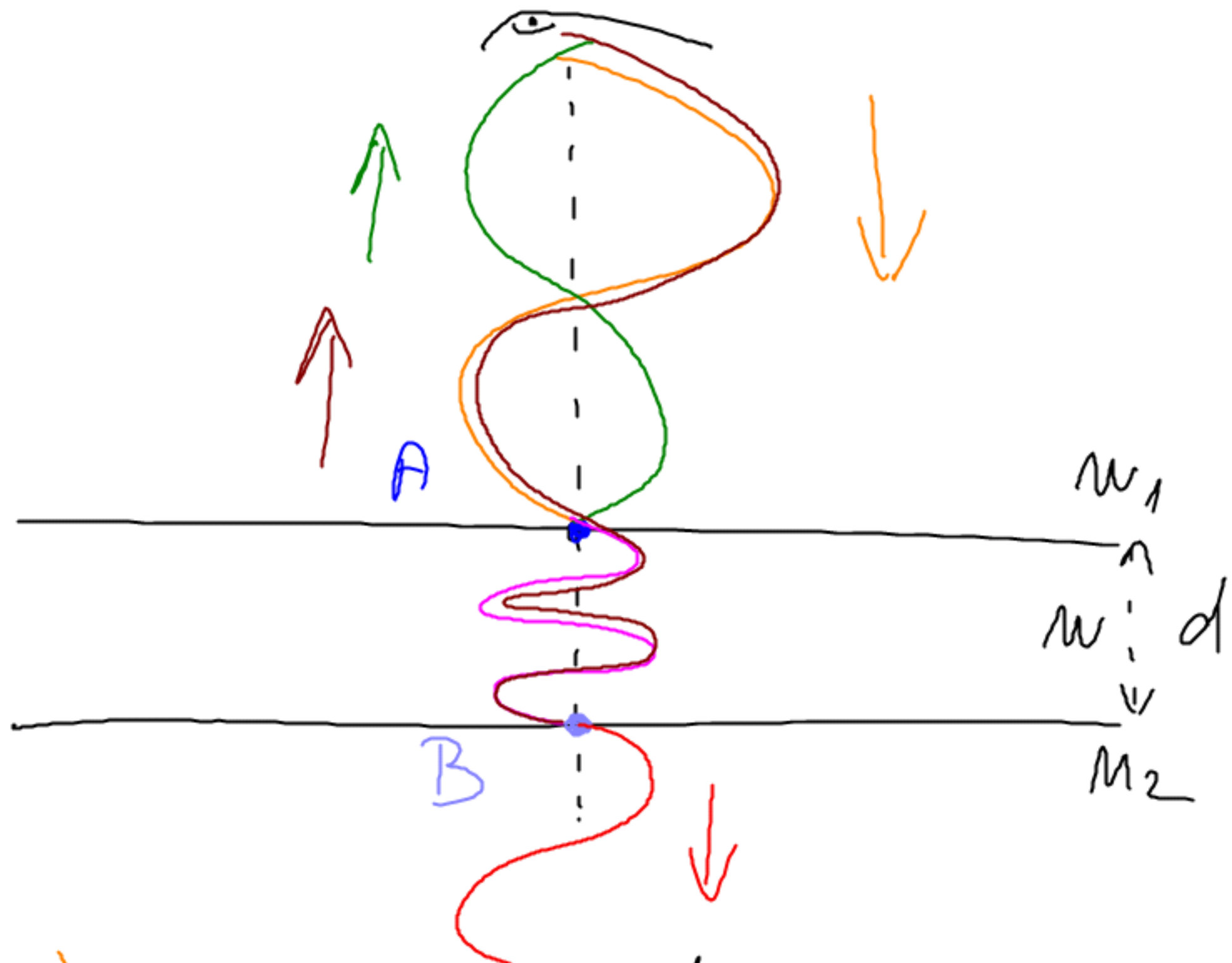
Při přechodu světla mezi 2 prostředími
 se zachovávala frekvence

λ_0 ... vakuum

λ ... prostředí ... $n = \frac{c}{v}$

$$\left. \begin{aligned} \lambda_0 &= \frac{c}{f} \\ \lambda &= \frac{v}{f} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{\lambda}{\lambda_0} = \frac{v}{c} = \frac{1}{n}$$

$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$




predpoklad:
 $m_1 < m_2 \wedge m_2 < m$

světlo dopadáající na rozhraní vodorovně a vstoupí

- A - část světla:
- se odráží s opačnou fází (~ PEVNÝ KONEC)
 - projde se amplitudově vln. delkou (KRATKÍ)

B - čist svetla ž:

- odrazi' SE SREDNOU FA'ZI' (\sim VOLNÍ KONE)
- čist projde se **ZVĚTSĚNOU VN-DĚLKOU**

pozorvatel  není interferenci? a S \Rightarrow
 \Rightarrow mrdno anať drathovj' rozdíl těchto vln

$$\Delta l = \underline{2md} + \frac{\lambda}{2}$$

prepočet délky d na maximum

N ODRAŽENÉM SVETLE :

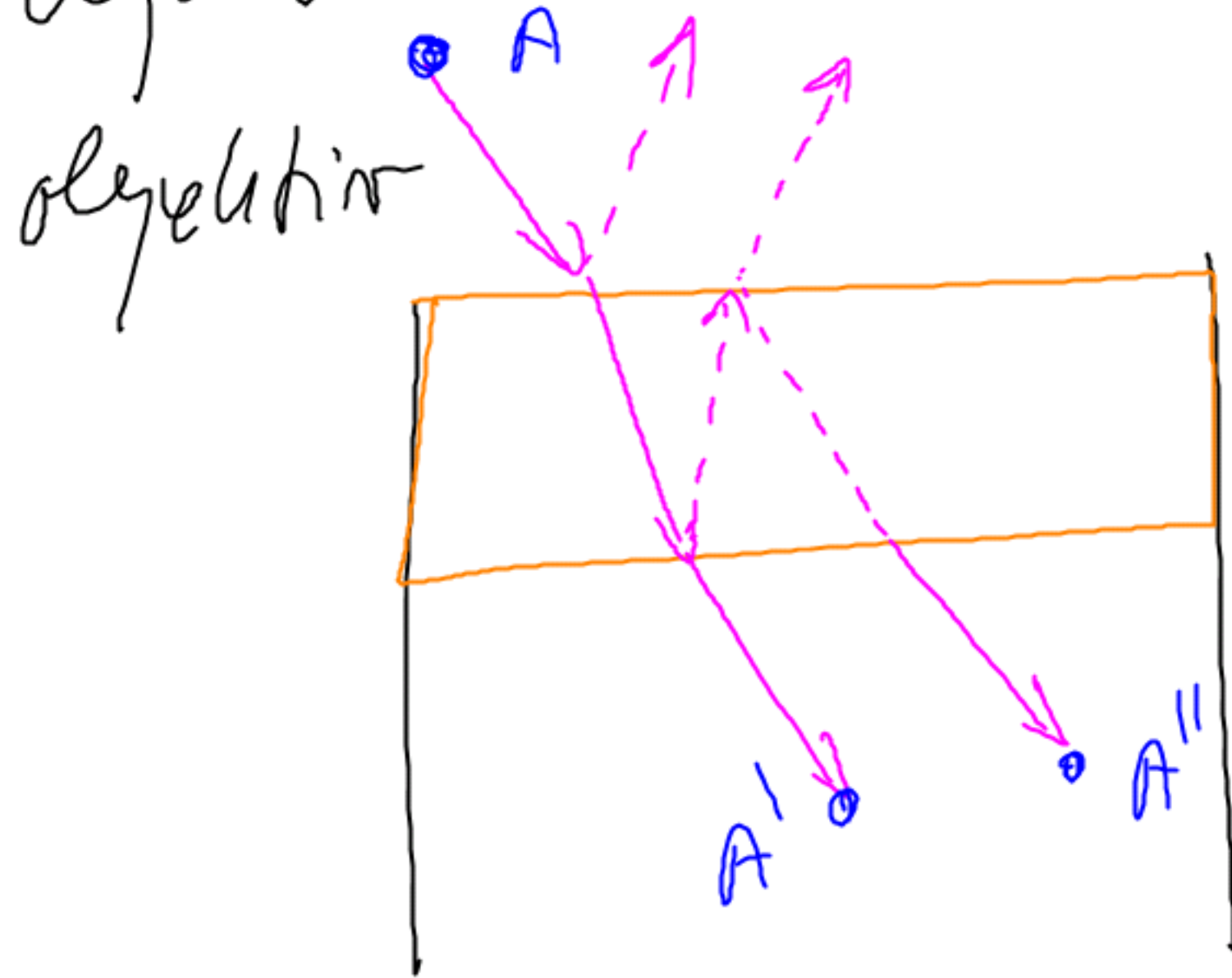
• $2nd + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$; $k \in \mathbb{N}_0$
MAXIMUM ("vidíme světlo λ ")

• $2nd + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$; $k \in \mathbb{N}_0$
MINIMUM ("světlo λ NEJÍ")

N PROŠZEM SVETLE - INVERZMÍ OBRAZEC
(co jsou v odrazení, je v průhledu a naopak)

3) Praxe

- bubliny
- anidreflexní vrstva na čočce byt' nebo olynchiron^o olynchiron



čočka

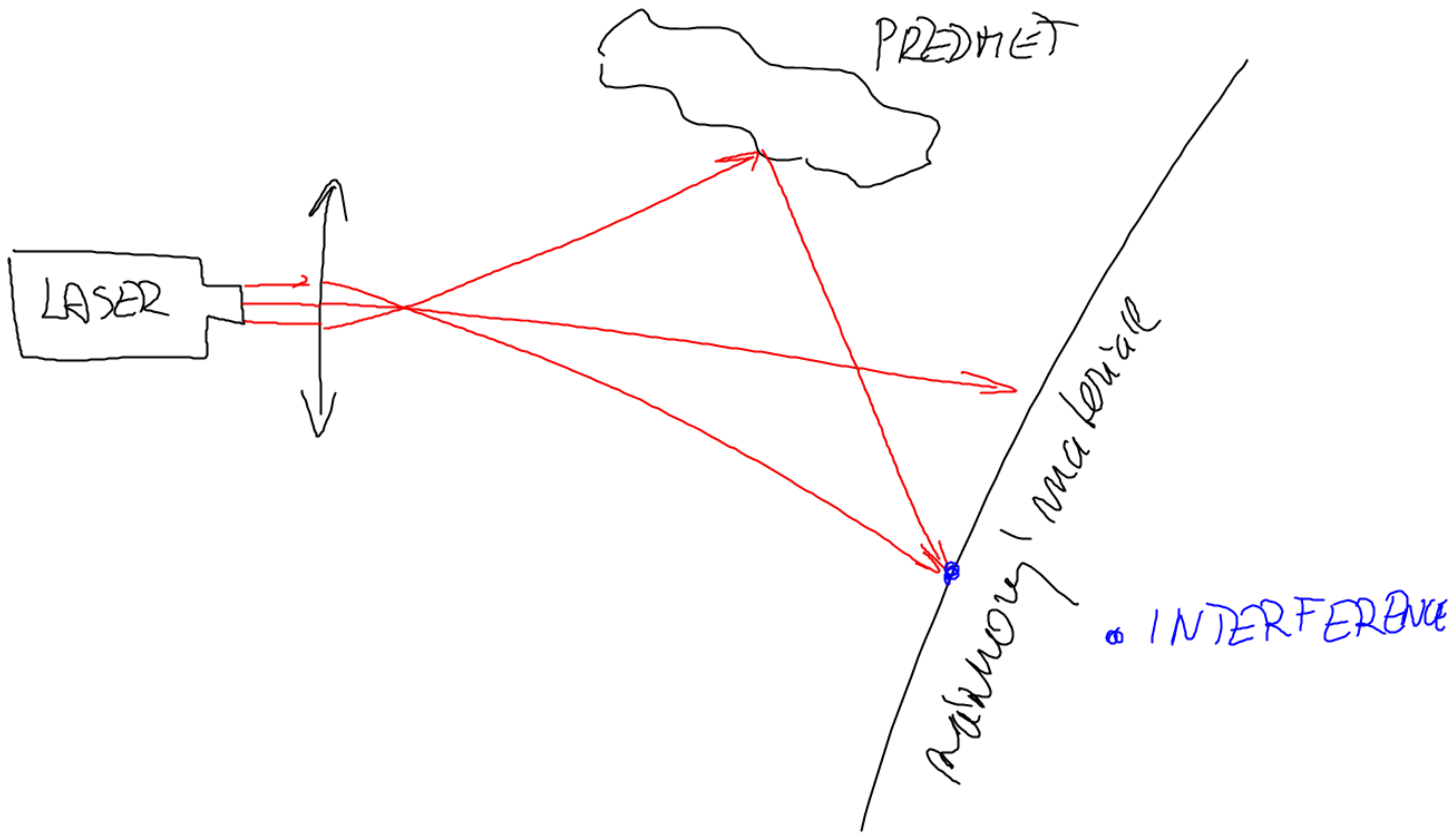
BEZ
VRSTVY

o hologram

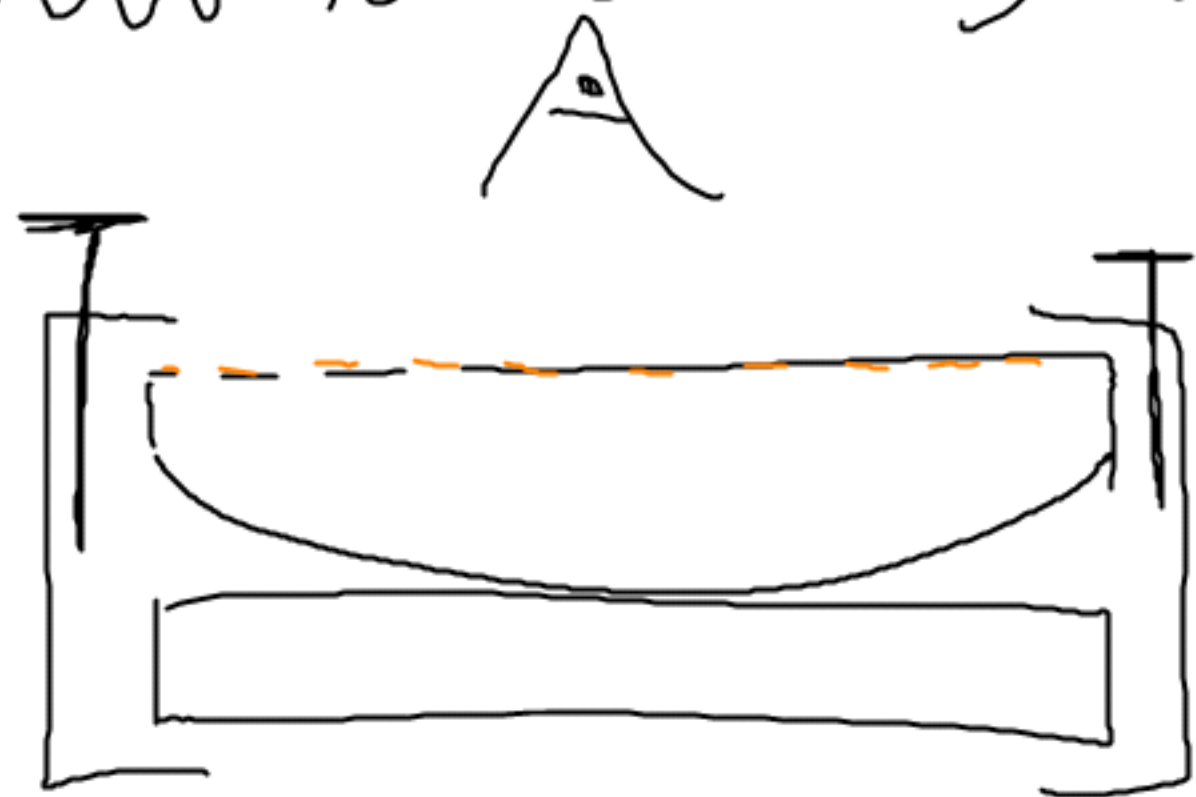
- ochranná funkcie pred podĽatunim
(přidenty, doklady, bankovky, ...)
- Ra'barva

princíp:

- fotografic - Ra'anam INTENZITY SVETLA
- hologram - Ra'anam i FA'ZOVEHO POSUNU \Rightarrow
 \Rightarrow 3D efekt

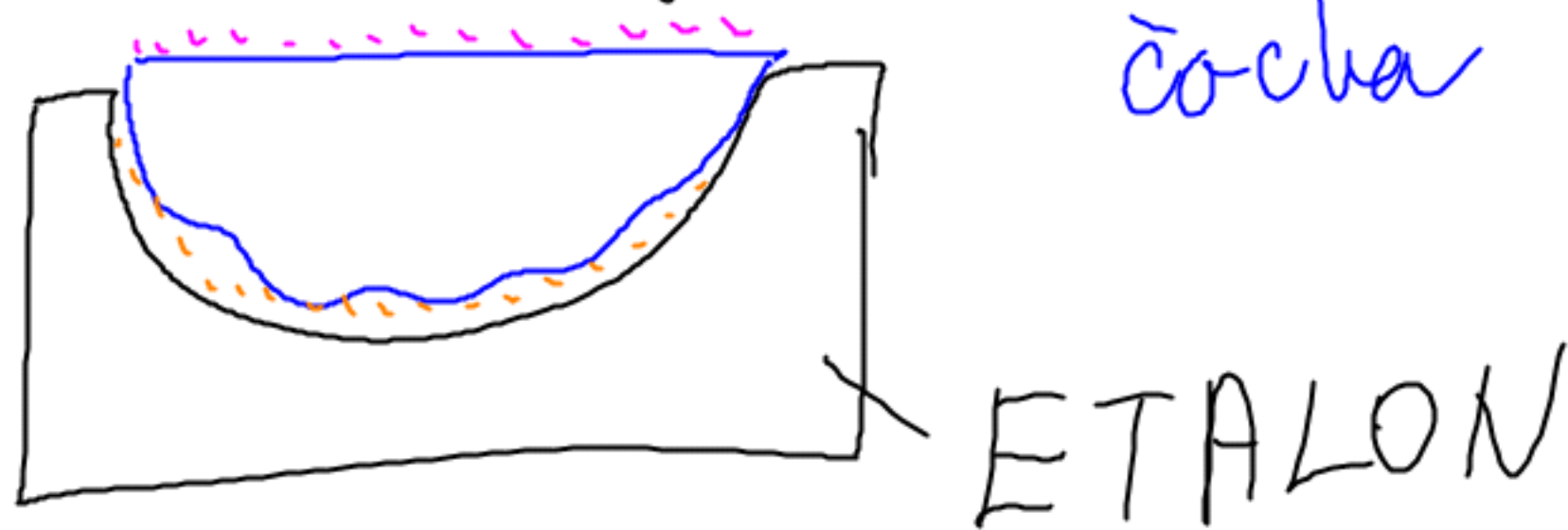


• Newtonova skla



pomocí zvonků
se mění vzdálenost
skel \Rightarrow změna
obrazce

• kontrola kvality vybranou čočkou



dle tloušťky
měřeny vlnitě
obrazce \Rightarrow výpočet
tloušťky měřeny \Rightarrow kvalitou

Ohyb světla

nastává na přecházcích s různými směry
rychlými s různou délkou světla

L : stěrna

opt. prostředí

hrana - drátek, vlas, ...

dále bude probírat ohyb na mřížce

Situace pro $\lambda \gg b \Rightarrow //$
 $1\text{ m} \sim \lambda \sim 10^{-7}\text{ m}$

dráhou 2 *záblesných* vln je Δl

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

$$\Delta l = b \sin \alpha$$

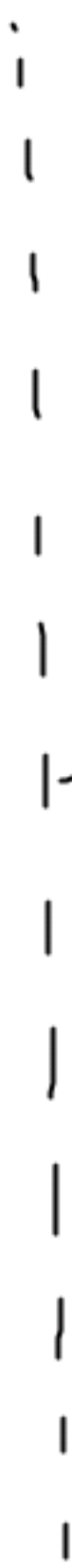
interferenční maximum:

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

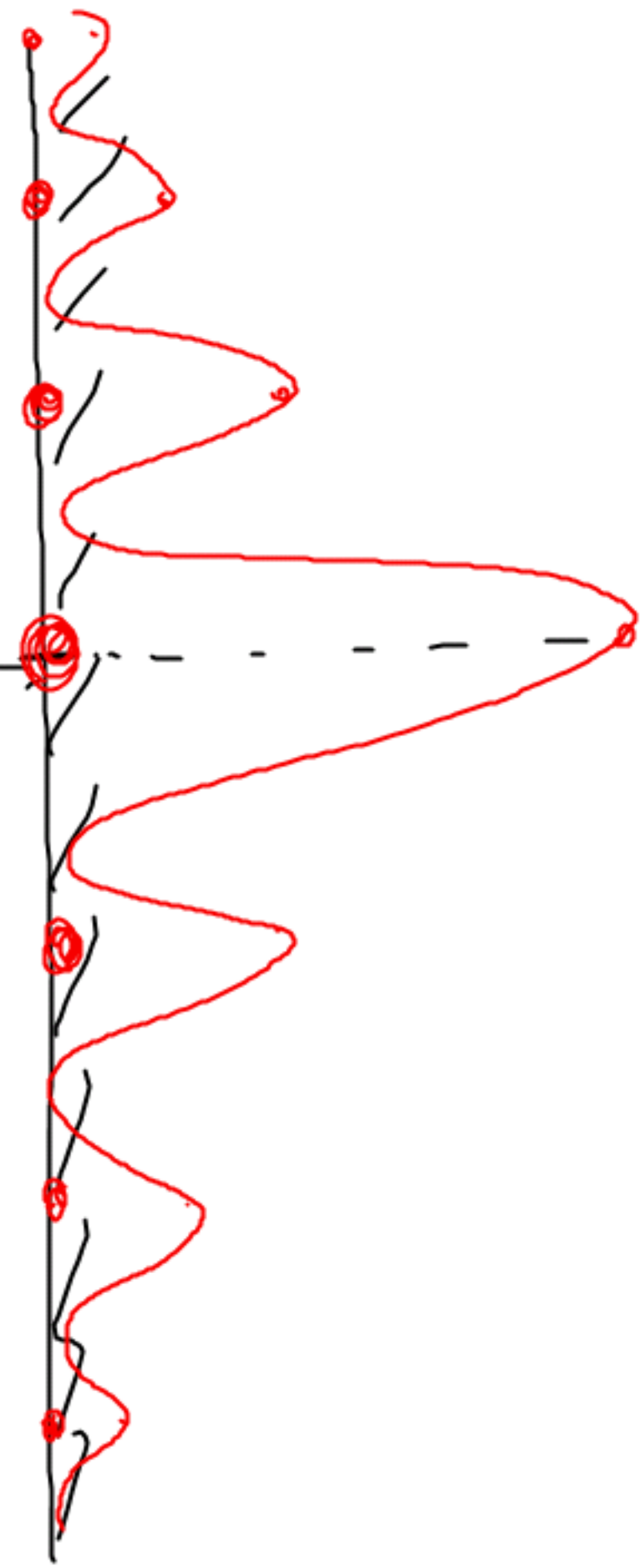
b - vzdálenost šěrbin

N - počet šěrbin (rozpra) na jednotku délky; $N = \frac{1}{b}$

mitte



blau
(mitte)
Maximum

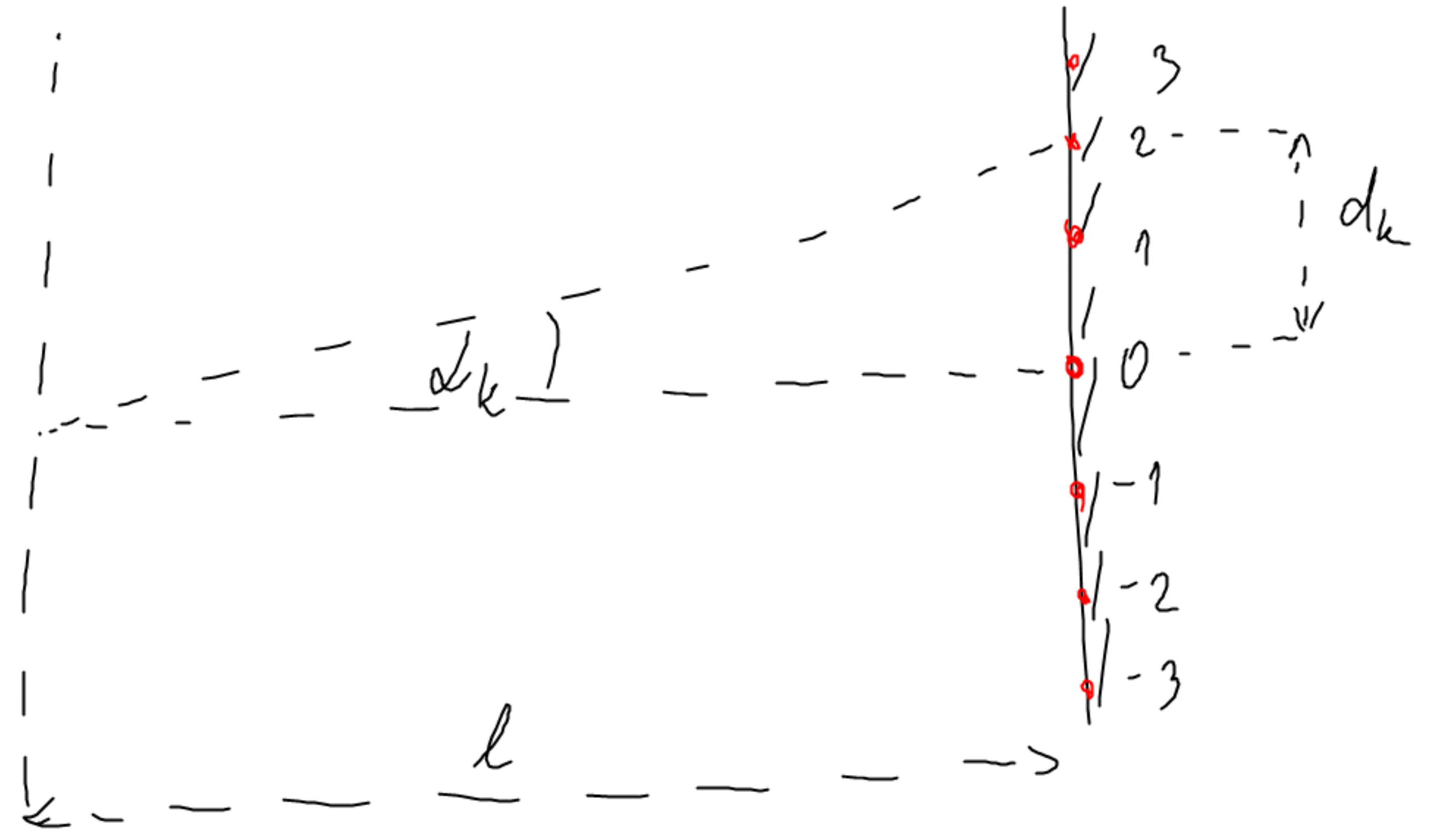


INTENSITAET

LP: Vlnová délka světla

Načte vlnovou délku světla laseru.

Postup: pomocí objektivní mikroskopie



mod'zha: $N = 100 \text{ cm}^{-1}$

$l = 350 \text{ cm}$

$\bar{C}.H.$	k	$\frac{d_k}{\text{cm}}$	$\frac{\alpha}{^\circ}$	$\frac{\lambda}{\text{mm}}$	$\frac{\Delta\lambda}{\text{mm}}$
1.	1	2,5		714	
2.	2	4,7		671	
3.	3	7,0		667	
4.	4	9,2		657	
5.	-1	2,5		714	
6.	-2	4,7		671	
7.	-3	7,0		667	
8.	-4	9,3		664	
	-5	11,2		640	

Ogib v praxi

analýza svetla:

- astronomie

- chemie

- zdroje svetla

- ...

významě lepší detaily než 2 disperse

Polarizace světla

světlo - přičemž elmg. vlněním popisáno

vektory \vec{E} a \vec{B} :

• $\vec{E} \perp \vec{B}$

• $\vec{E} \perp \vec{B} \perp$ směr šíření vlny

běžné světlo (žárovka, slunce, ...): NEPOLARIZOVANÉ

ale možná i polarizované a nepolarizované světlo

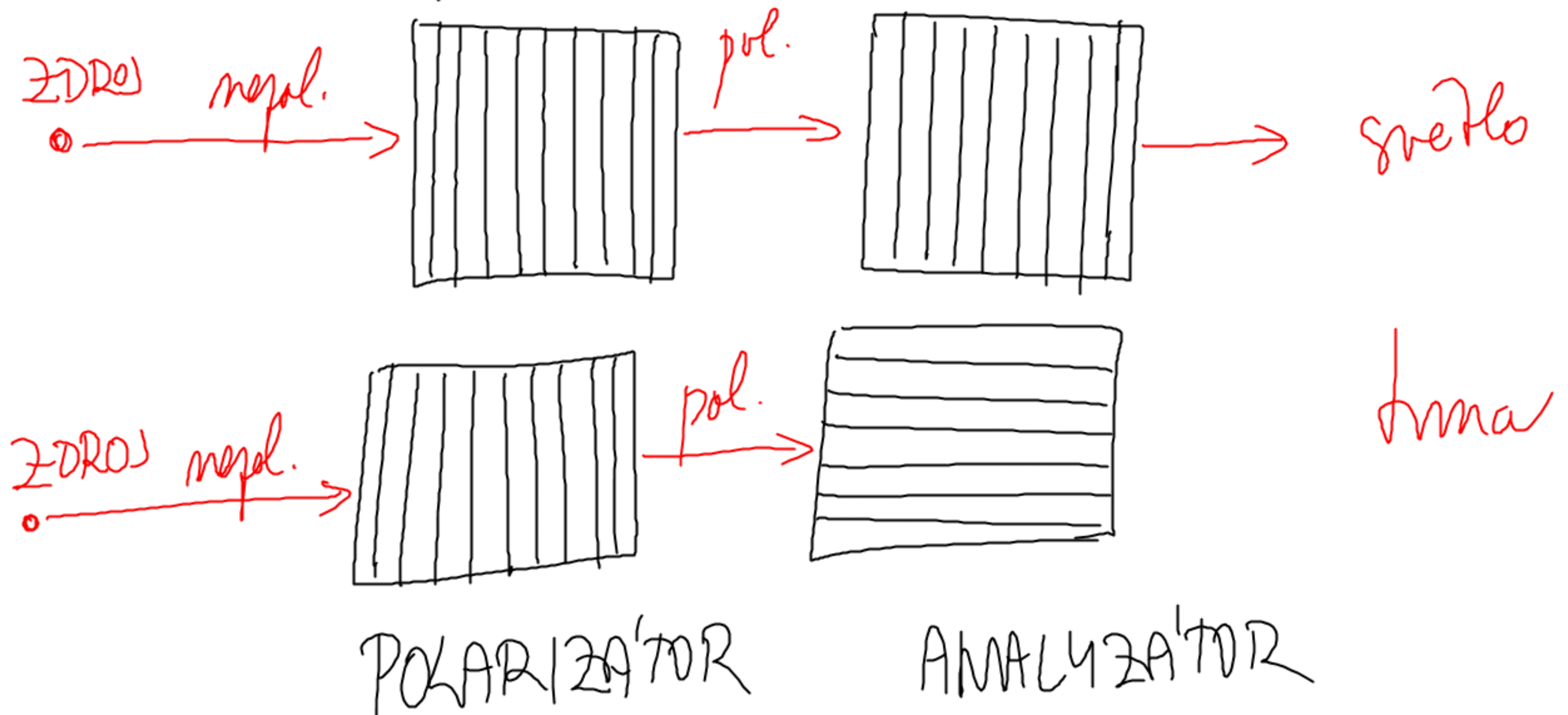
polarizovat světlo = vybrat

- 1 směr kmitání vektoru \underline{E}
LINEÁRNĚ POL. SVĚTLO
- 1 rychlost kmitání vektoru \underline{E}
KRUHOVĚ POL. SVĚTLO

Metody polarizace světla

a) pomocí polaroidů

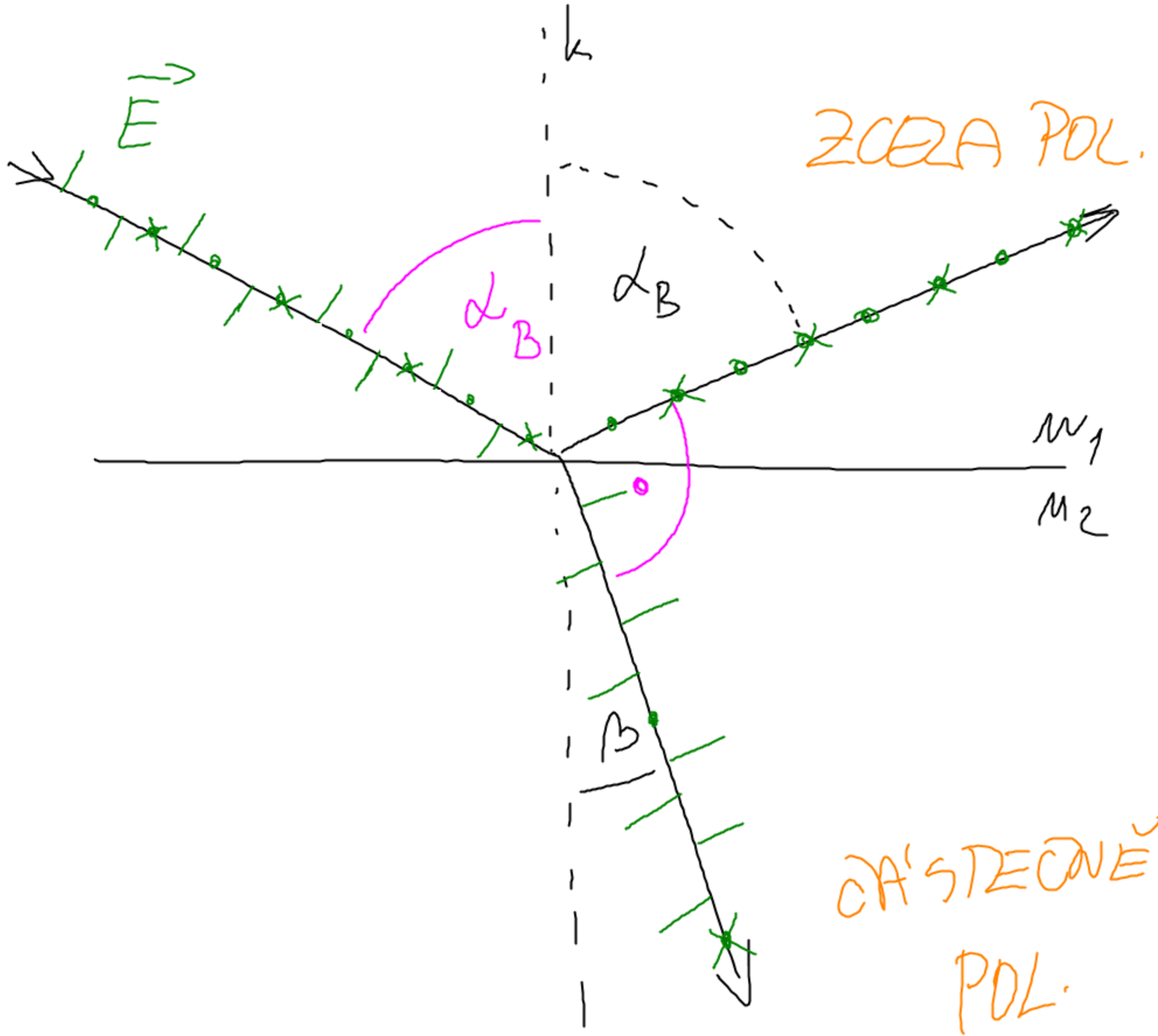
= speciální filmy z opt. aktivních látek, které
stačejí rovnou polarizace světla



b) pomocí odrazu a lomu

dopada-li světlo na rozhraní 2 optických prostředí, je odrazená vlna a lomená vlna ČÁSTEČNĚ POLARIZOVANÁ (lineárně)

Stí-li se tyto vlny v navzájem kolmých směrech, pak je ODRAZENÁ POLARIZOVANÁ ŽELVA a LOMENÁ je POLARIZOVANÁ ČÁSTEČNĚ, ale převažuje polarizace ve směru kolmém na polarizaci odrazené vlny; toto má stáhnout při dopadu pod 45° .
BREWSTEROVĚH ÚHLEM α_B



Snell : $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \quad \wedge \quad \alpha + \beta + 90^\circ = 180^\circ$

$$\beta = 90^\circ - \alpha$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin (90^\circ - \alpha)} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\boxed{\tan \alpha = \frac{n_2}{n_1}}$$

c) pomoc' dvojnou

jeo by p'icy' mo ANIZOTROPN' LA'TKY -

- islandsk' va'penee

pi dvojnou se svetlo rozdeli' na 2 c'asti:

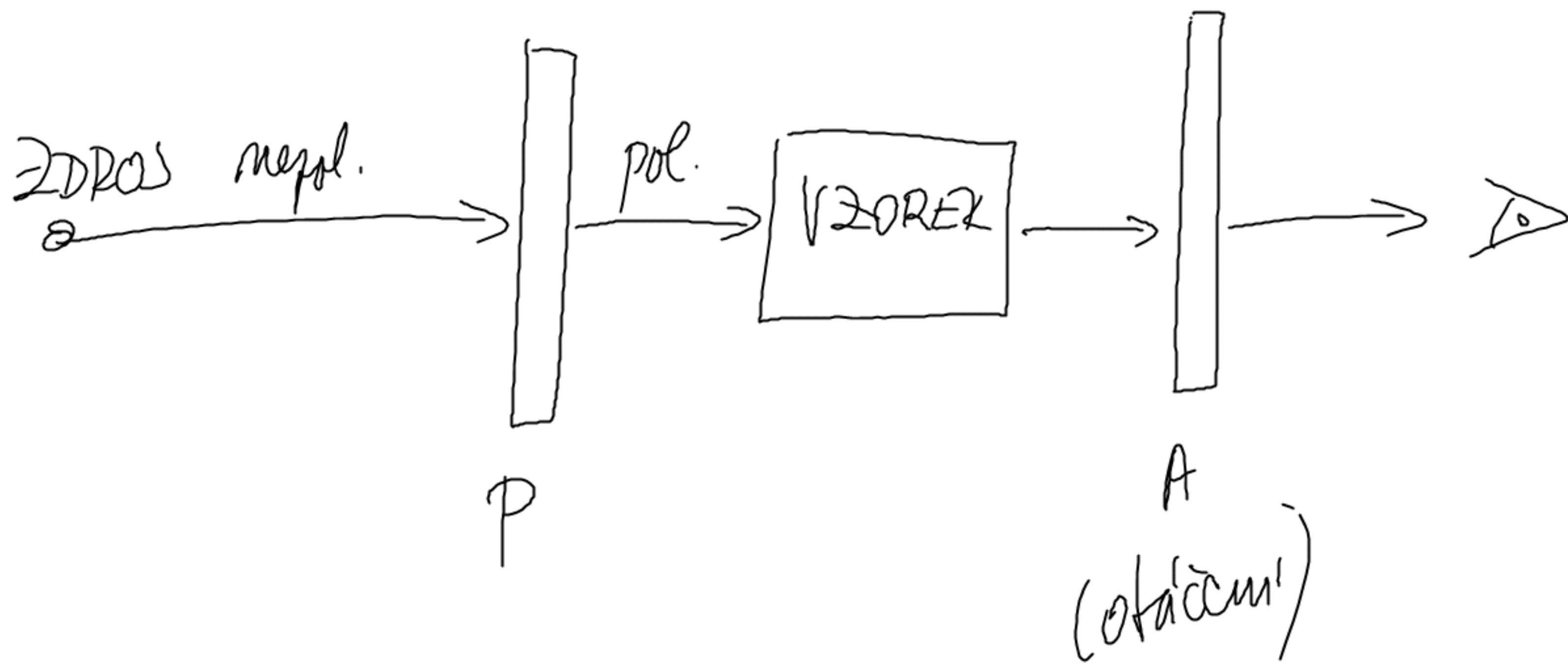
- RA'DAS' PAPPSEK - lame de Smellora sa'kora;
polarizovan

- MIMORA'DAS' - polarizovan KOZMO na ka'dny'

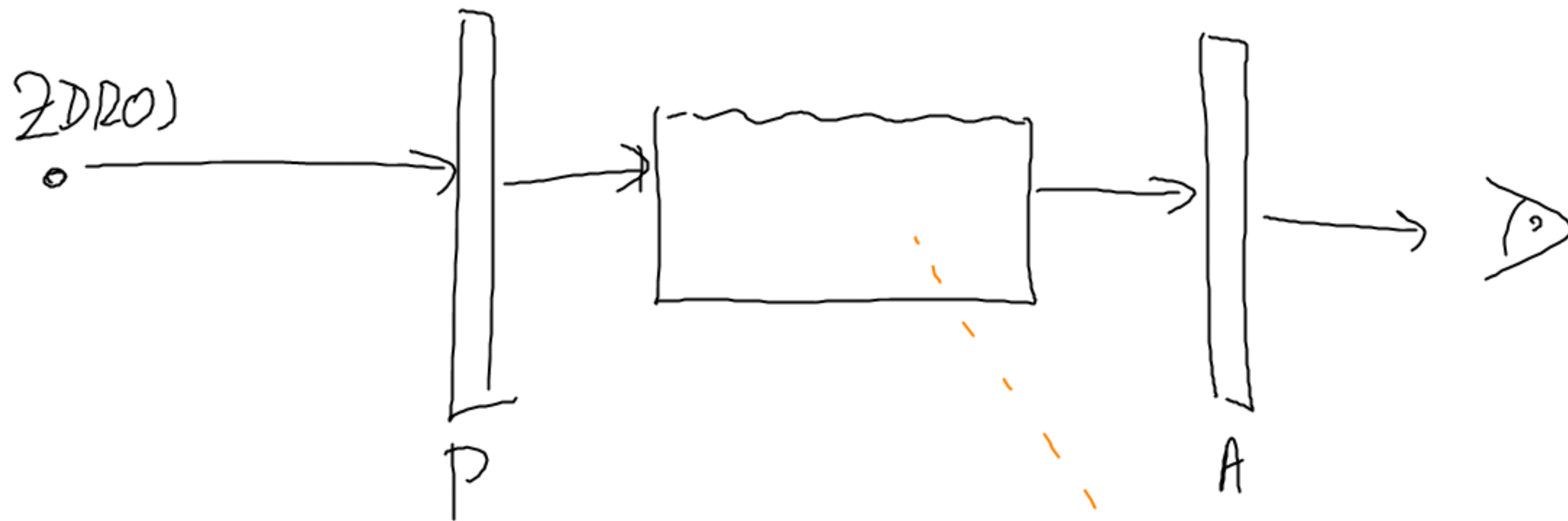
Polarizace v praxi

1, Fotoelastická metrie

aplikovatelní slouží k měření napětí v materiálu pomocí světla (polarizace světla)



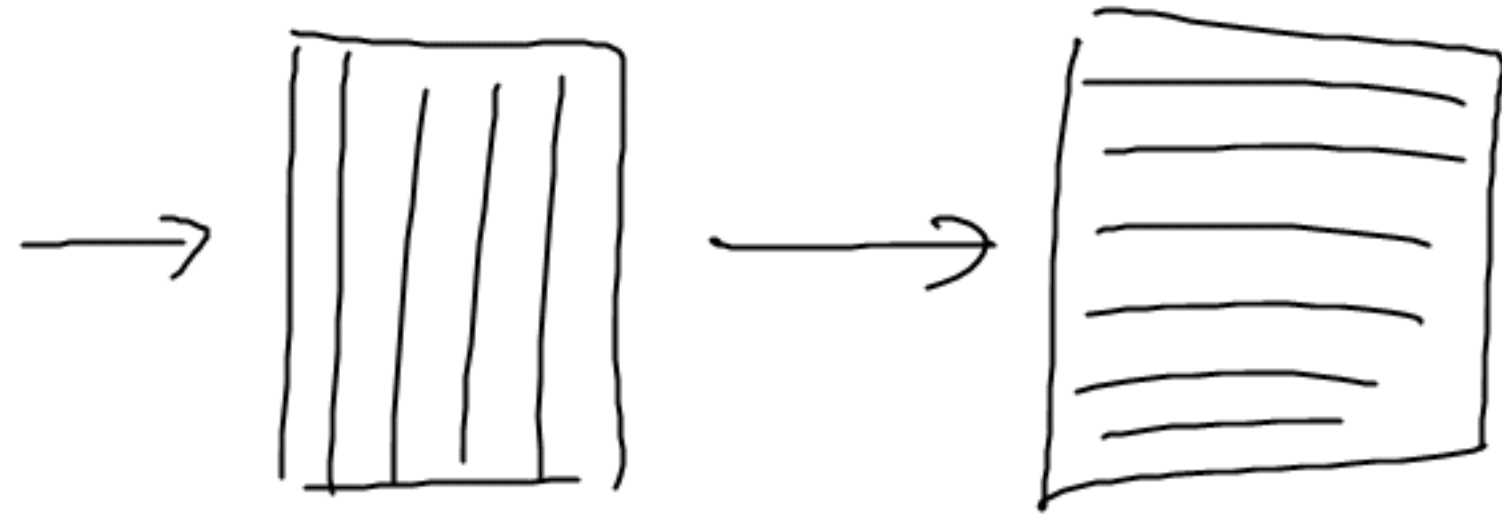
2) Analiza chem. roztołu



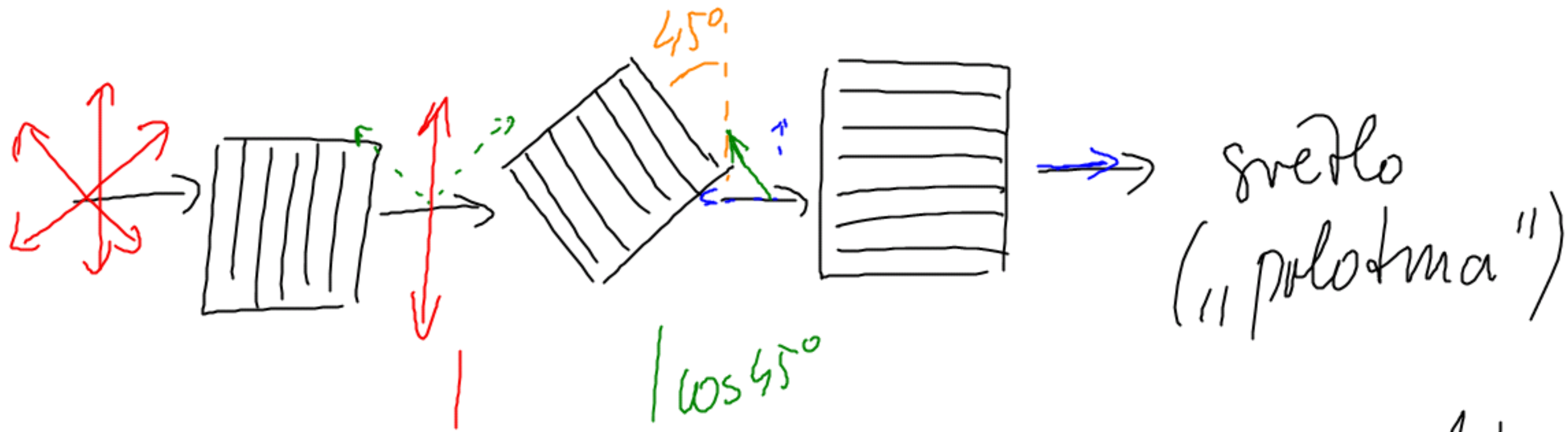
$P_{\tilde{n}}$. culer ve roztě

opt. aktivní látka

VISUÁLKA :



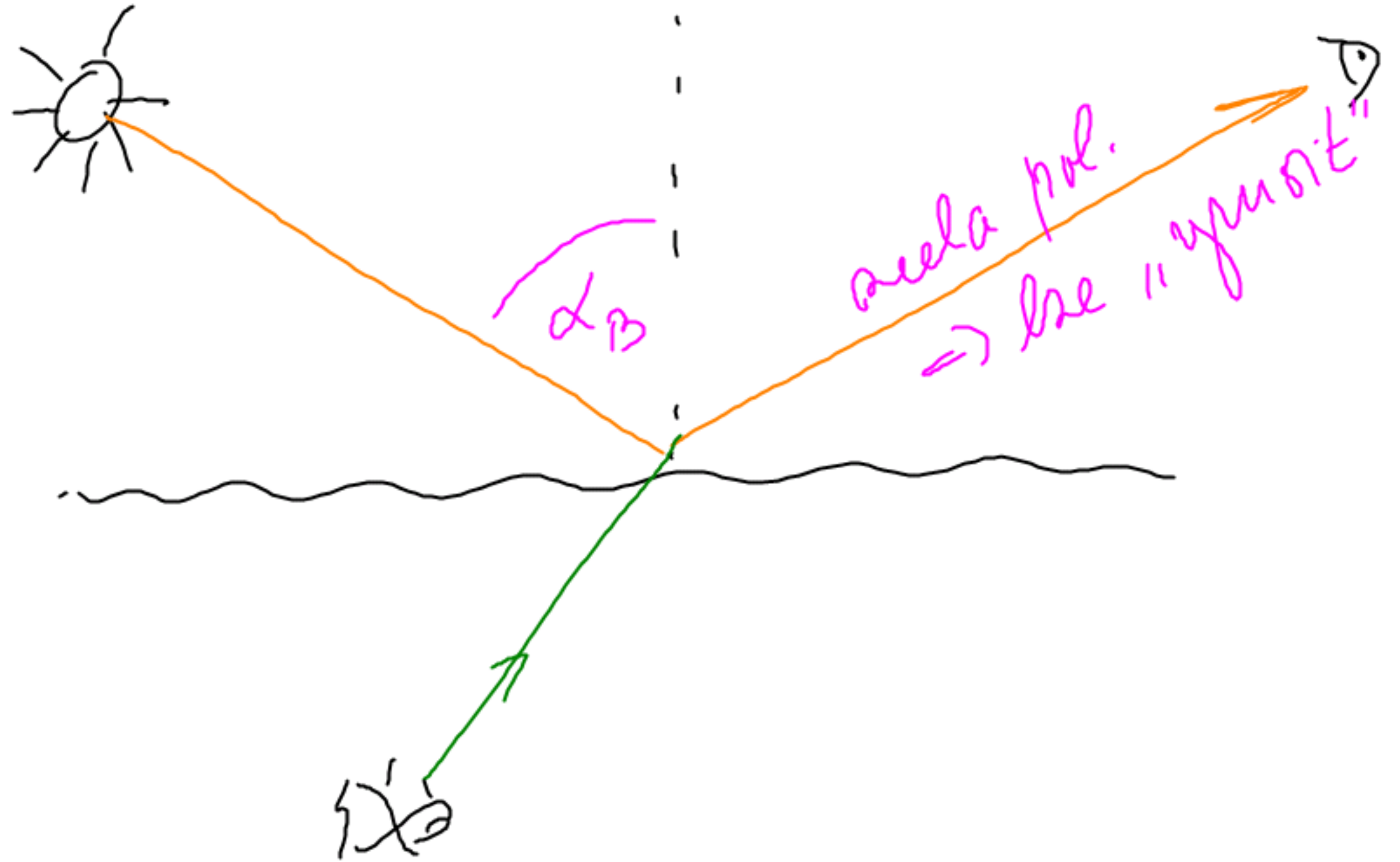
TMA



$$I \cos 45^\circ \cdot \cos 45^\circ = \frac{1}{2} I$$

prejde tedy $\frac{1}{4}$ pôvodnej intenzity

3, Brýle pro rybaře



4) Poklačením odložením pri fotografovaní

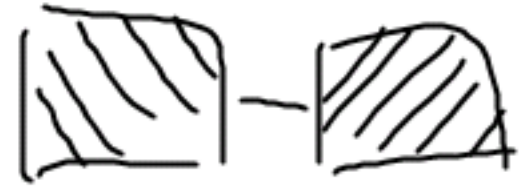
nie 3,

5) Zadmi'va'mi obrasom filmom (stare' filmy)

2 polarizačn' filtry p'ies seba a jedn'om
otáčat

6, 3D kina

• "klasická" - 3D brýle s filtry



• moderní - 3D brýle elektronické

7, LCD

displeje a kapalny'ch krystalu'

GEOMETRICKA' OPTIKA

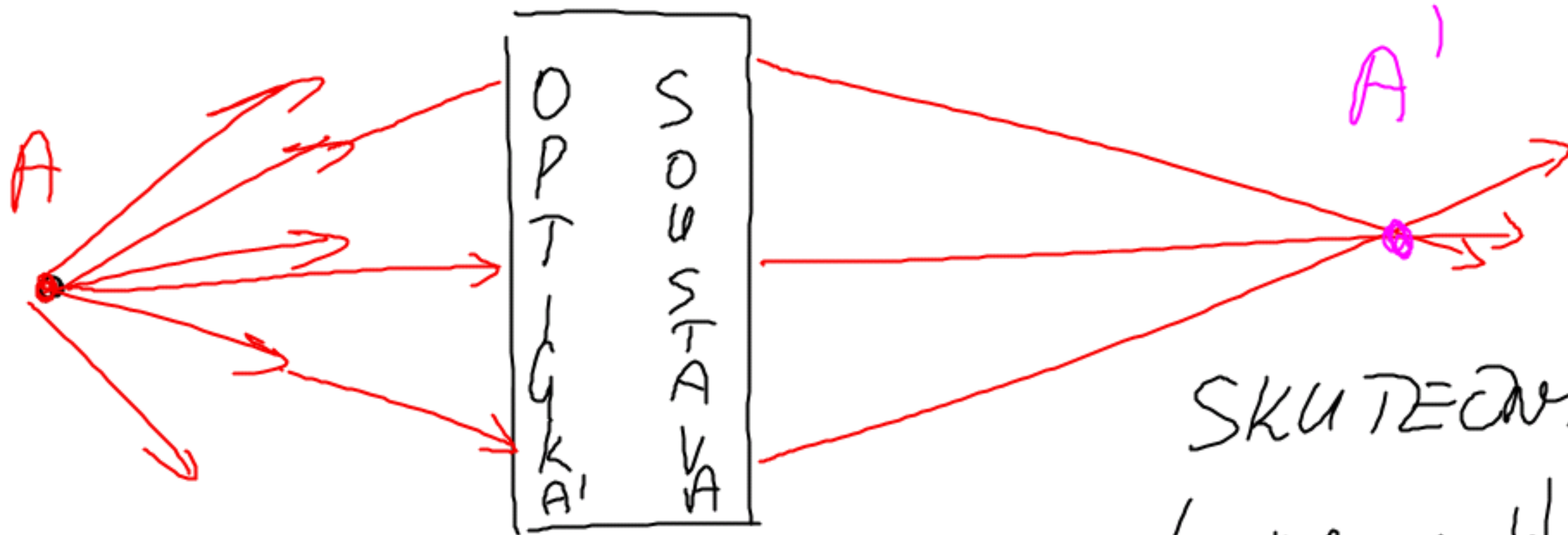
Základní pojmy

principy zobrazení:

- přímé částečné světlo ("světlo = paprsek")
- zákon odrazu (zrcadlo)
- zákon lomu (čočka)
- princip nezávislosti chodu paprsků

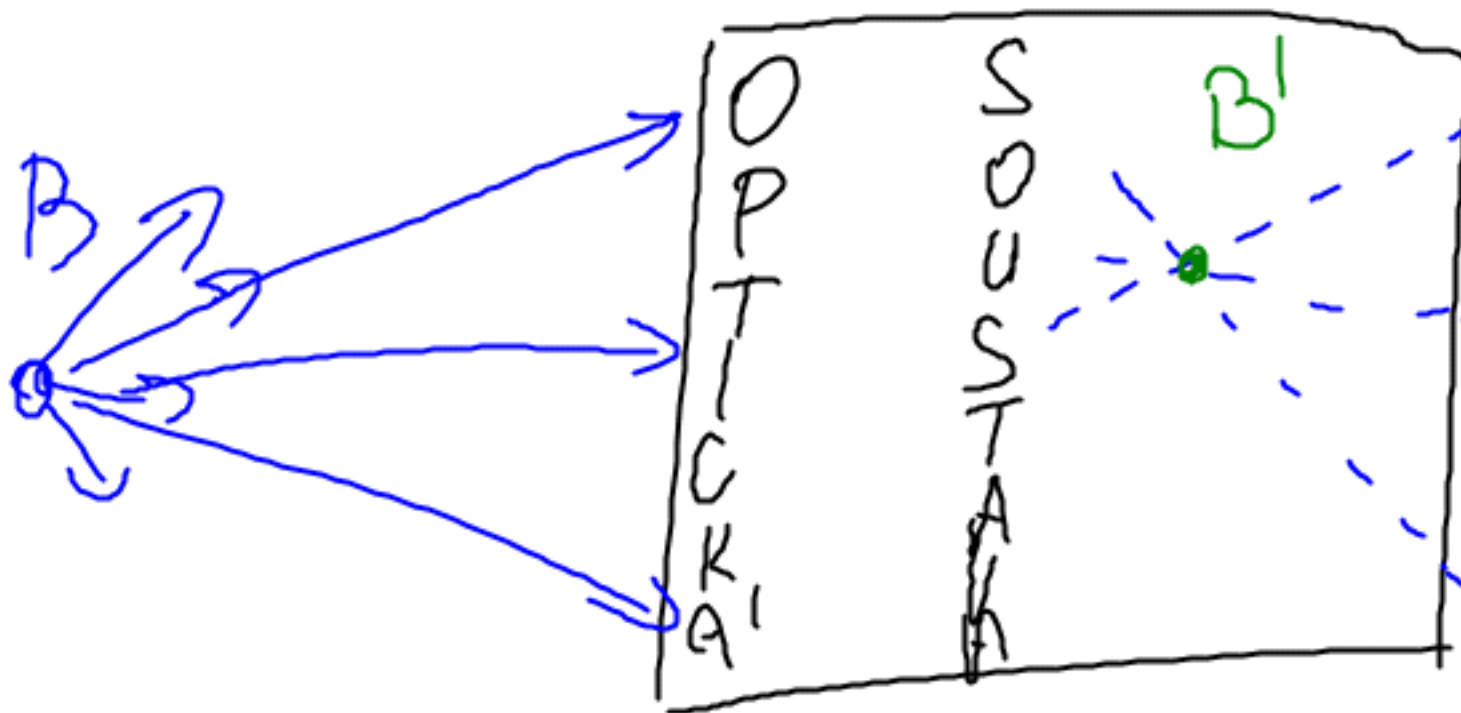
2 pohládnu' sílnace vmiřen obrazu:

a)



SKUTEČNÝ, REÁLNÝ
("promiřněn' kely'")

b)



NESKUTEČNÝ
NEREÁLNÝ
ZDA'NLIVÝ

("nepromiřněn' kely'")

předmět vidíme (ale ho zobrazení),
jestliže světlo:

- VZÁRŮSE
- ODRAŽÍ

optické zobrazení je postup, kterým získáme
obraz předmětu pomocí OPTICKÝCH SYSTÉMŮ
(systém optických prostředí, kterými světlo
směr chodu paprsků)

Zrcadlo

• ROVINNA'

– doma'ci' (bežna')

– profesionální' (kameny, fotoaparát, ...)

• NEROVINNA

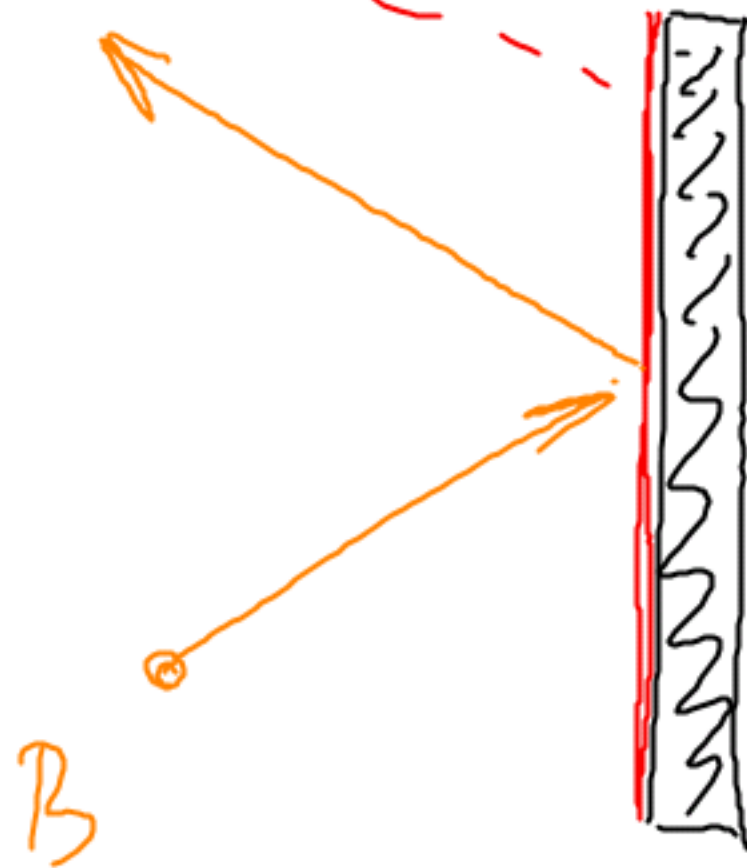
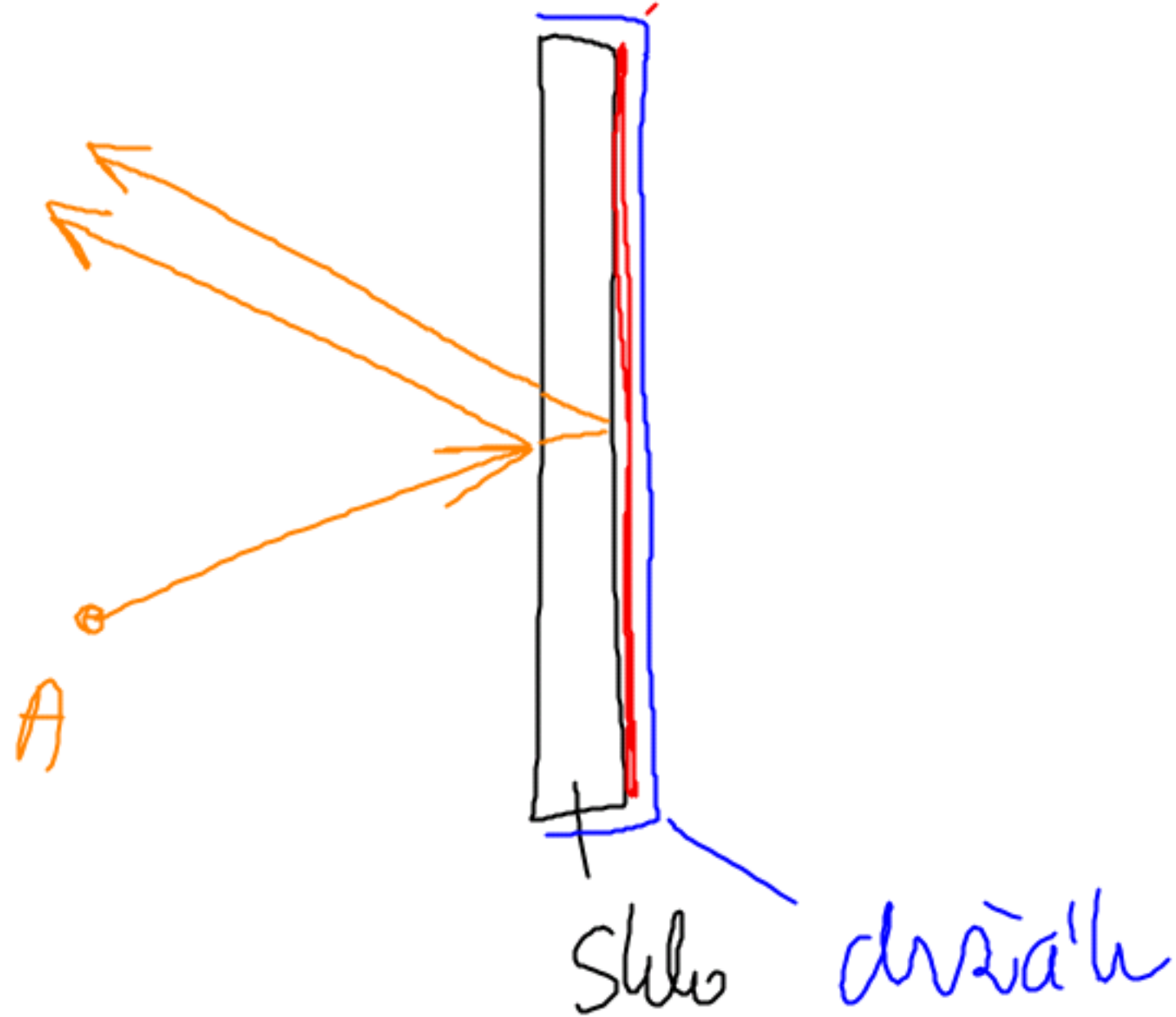
– klenova'

– parabolická'

- doma'ca'

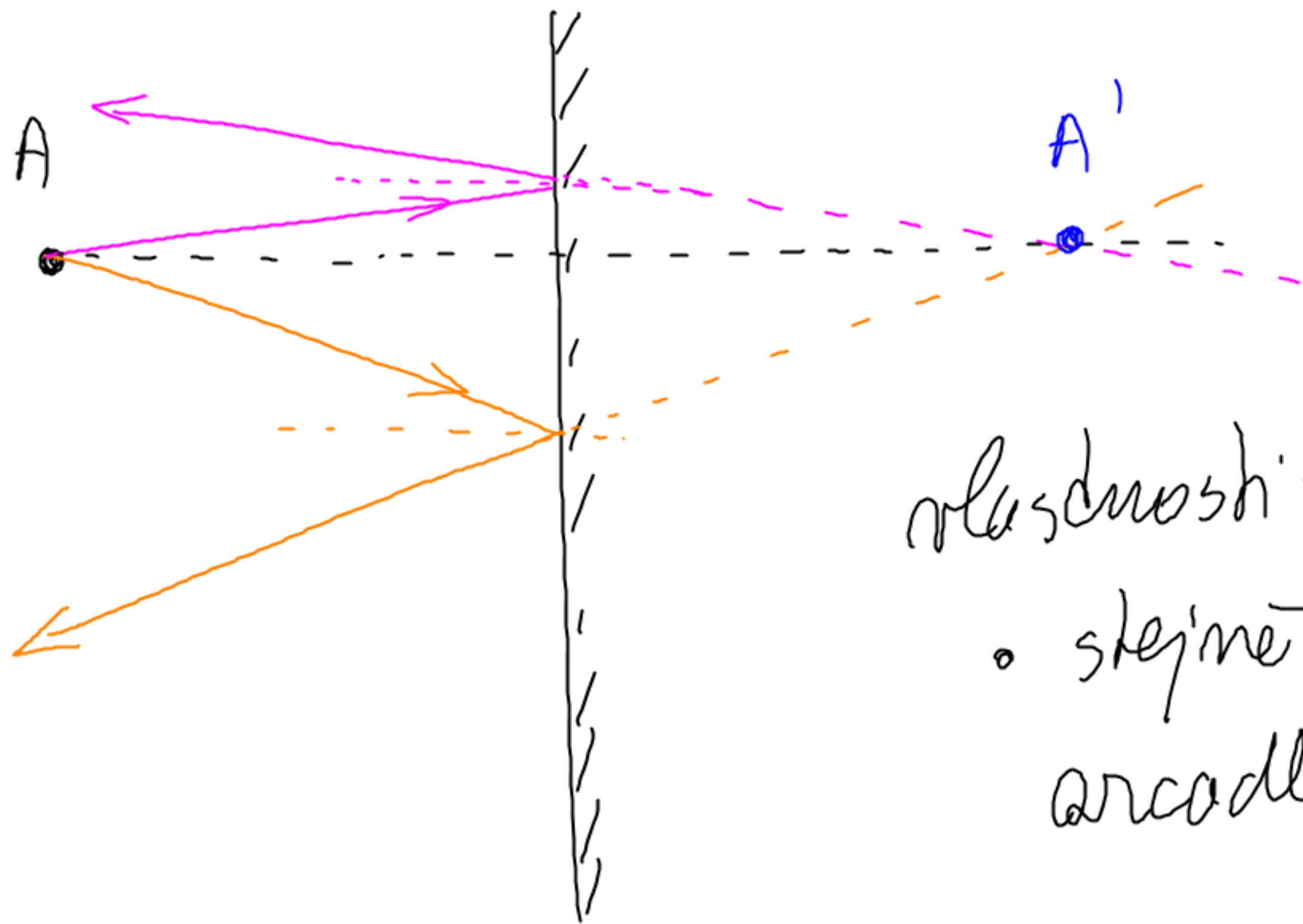
odrasna' msta

- profesionalni'



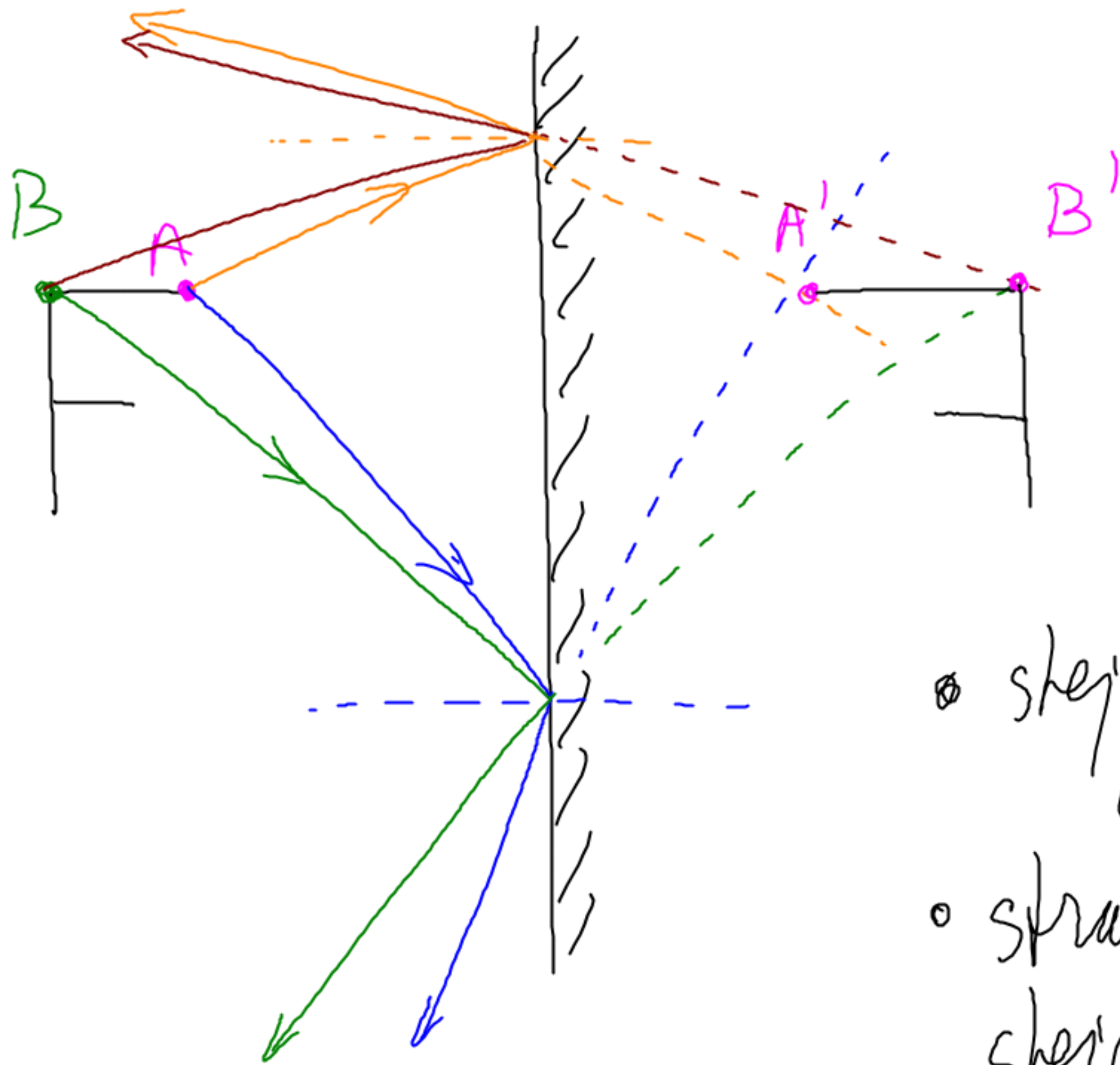
v opt. mi'stroj'ich
bez ROZOSTAEM'
OBRAZU

Zobrazení rovinným zrcadlem

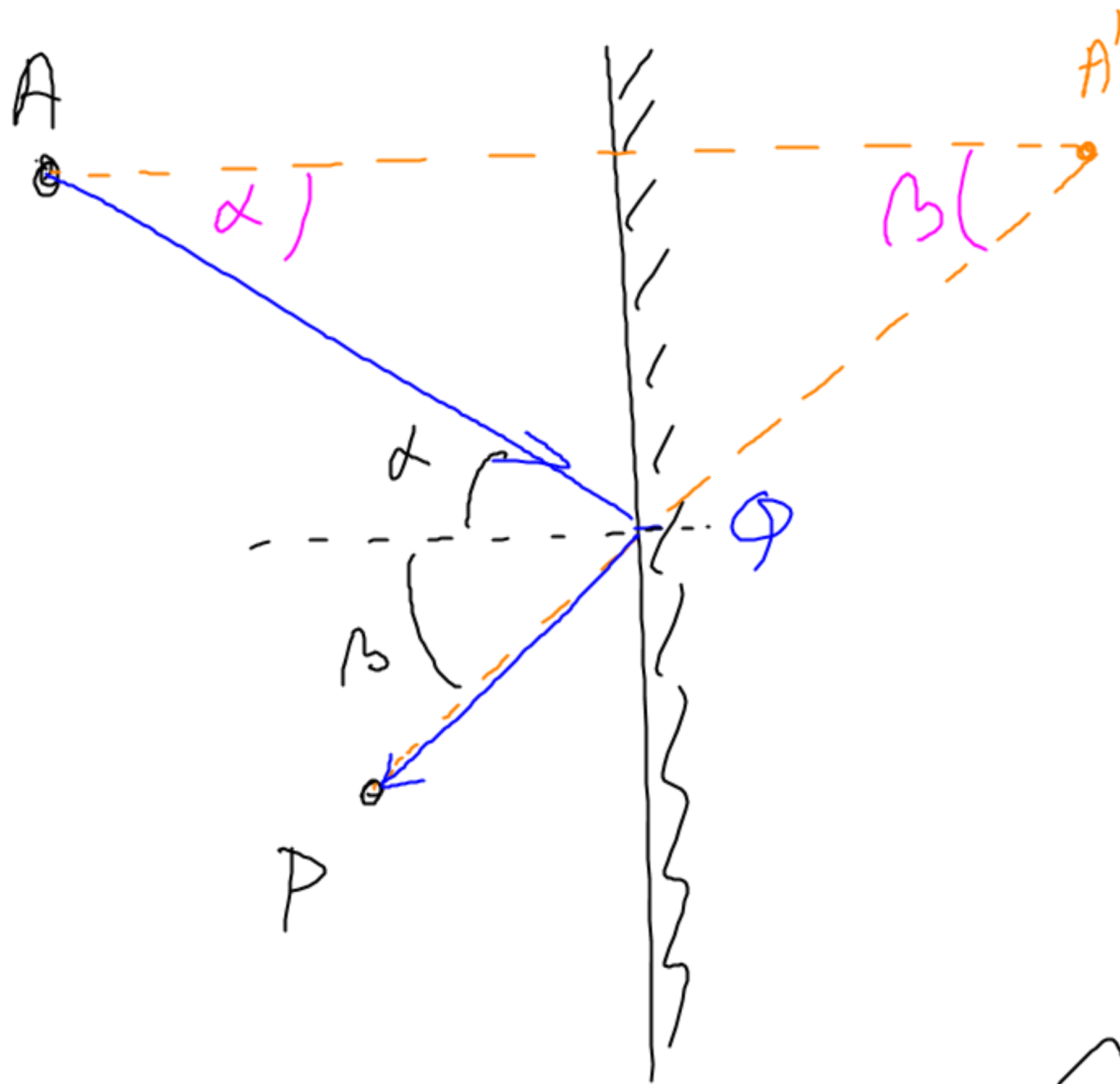


vládnost:

- stejné vzdáleny' od zrcadla jako v'ev



- stejné daleko jako
vzr (viz minule)
- srovnané převrácený
- stejné vysoký jako vzr
- přímý
- adalší



Цілі: сконструйіт
 пяршы, абы P
 мідэт A

$$\alpha = \beta$$

α, β — скі'данне'к α ,
 β

~ $\triangle AA'Q$ гe нoрмe-
 мeнны' $\Rightarrow \alpha = \beta$

