



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

FYZIKA PRO IV. ROČNÍK GYMNÁZIA - OPTIKA

2. VLNOVÁ OPTIKA

Mgr. Monika Bouchalová

Gymnázium, Havířov-Město, Komenského 2, p.o.

Tento digitální učební materiál (DUM) vznikl na základě řešení projektu OPVK, registrační číslo CZ.1.07/1.5.00/34.0794 s názvem „Výuka na gymnáziu podporovaná ICT“.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

2. 1. INTERFERENCE SVĚTLA

Interference = skládání vlnění.

U mechanického vlnění
se skládají okamžité výchylky.

U elektromagnetického vlnění se sčítají

okamžité hodnoty elektrické složky

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

a okamžité hodnoty magnetické složky

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$$

elektromagnetických vlnění.

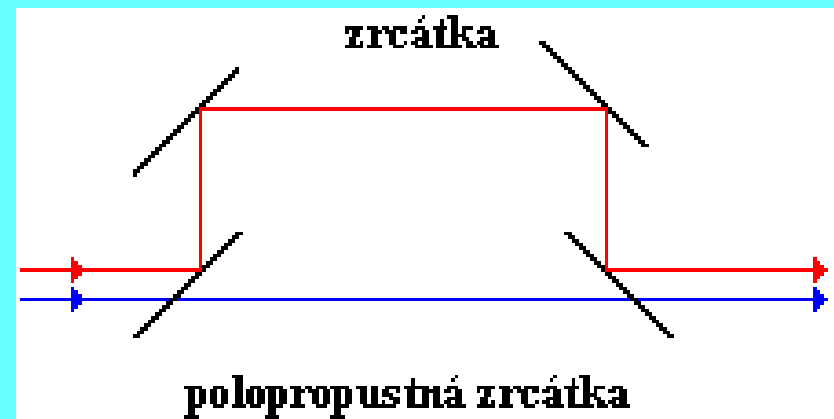
2. 1. INTERFERENCE SVĚTLA

Koherentní vlnění

jsou světelná vlnění stejné frekvence, jejichž vzájemný fázový rozdíl v uvažovaném bodě prostoru se s časem nemění.

K trvalému pozorování interference je nutné, aby vlnění byla koherentní.

V praxi dosáhneme koherence tak, že světelný paprsek rozdělíme na dva paprsky, které se po proběhnutí různých dráhy setkají s dráhovým rozdílem Δl .



2. 1. INTERFERENCE SVĚTLA

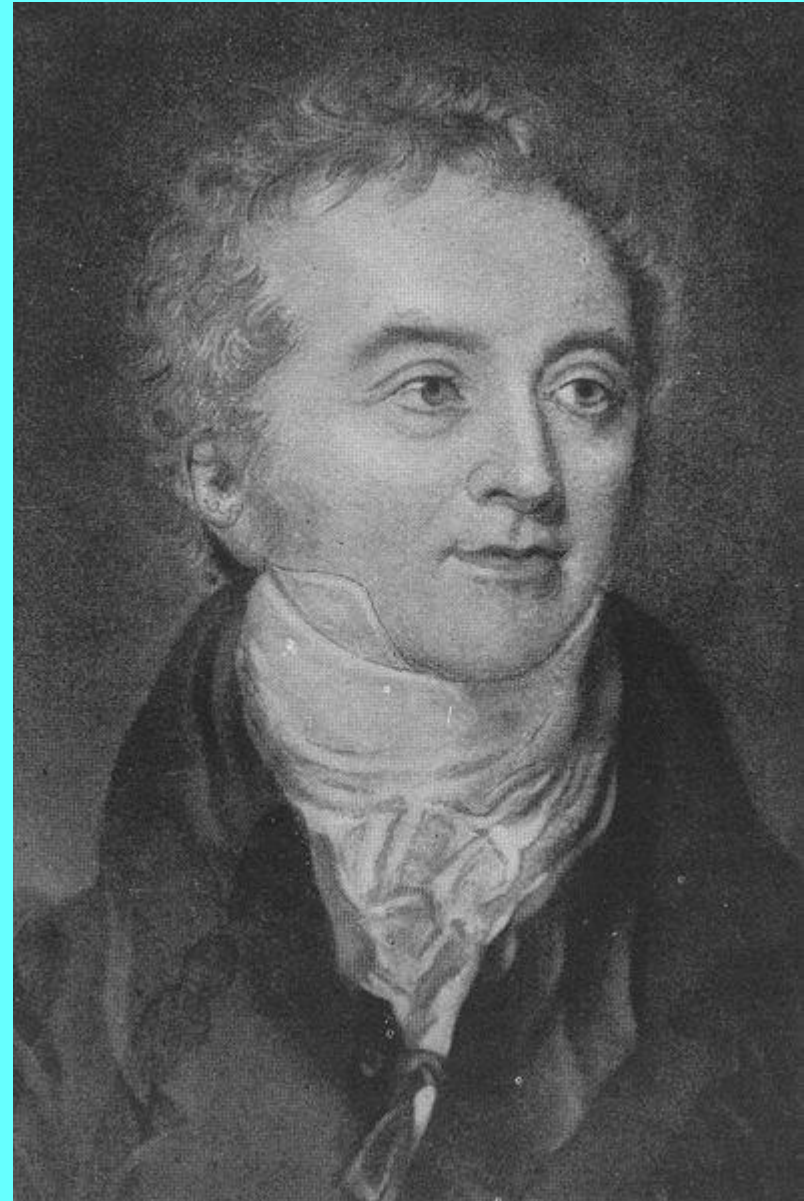
Youngův pokus – 1801
prokázal vlnovou povahu světla

Thomas Young – 1773-1829

- lékař
- definoval modul pružnosti
- účastnil se interpretace textů Rosettské desky

[YOUNGŮV POKUS](#)

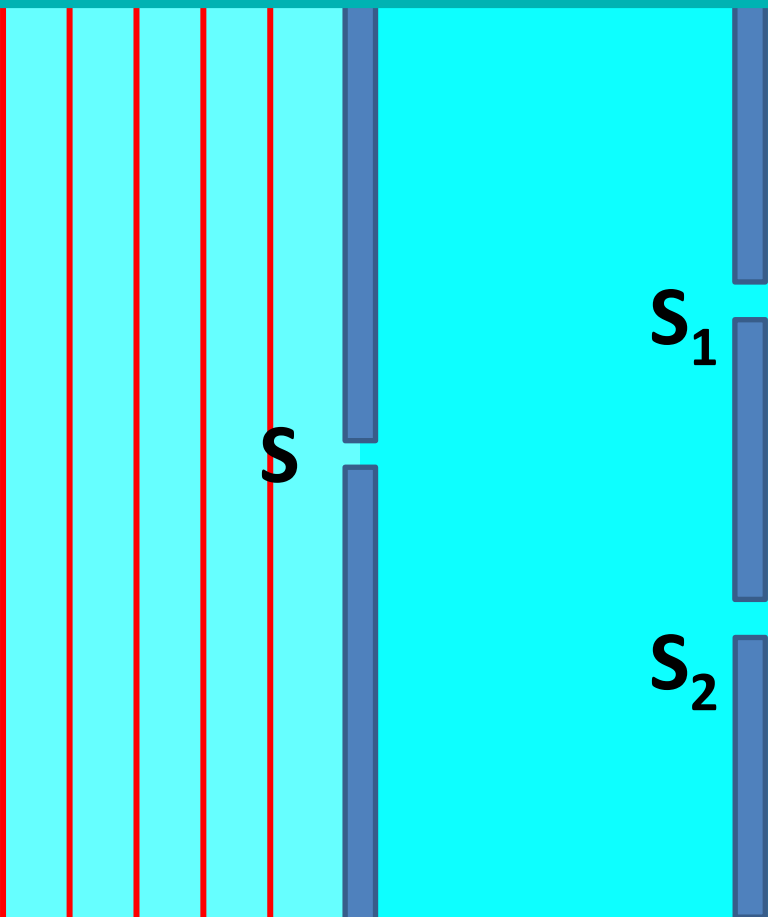
Obr.:1



2. 1. INTERFERENCE SVĚTLA

Youngův pokus – 1801

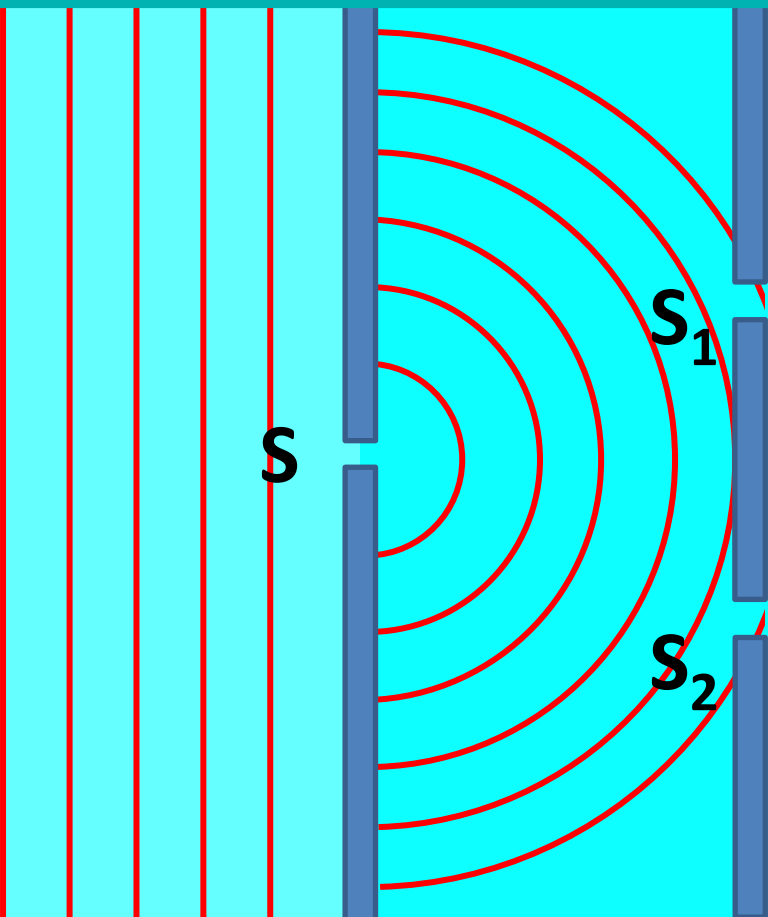
- Zdrojem koherentního světla je otvor S , který má vlastnost bodového zdroje.



2. 1. INTERFERENCE SVĚTLA

Youngův pokus – 1801

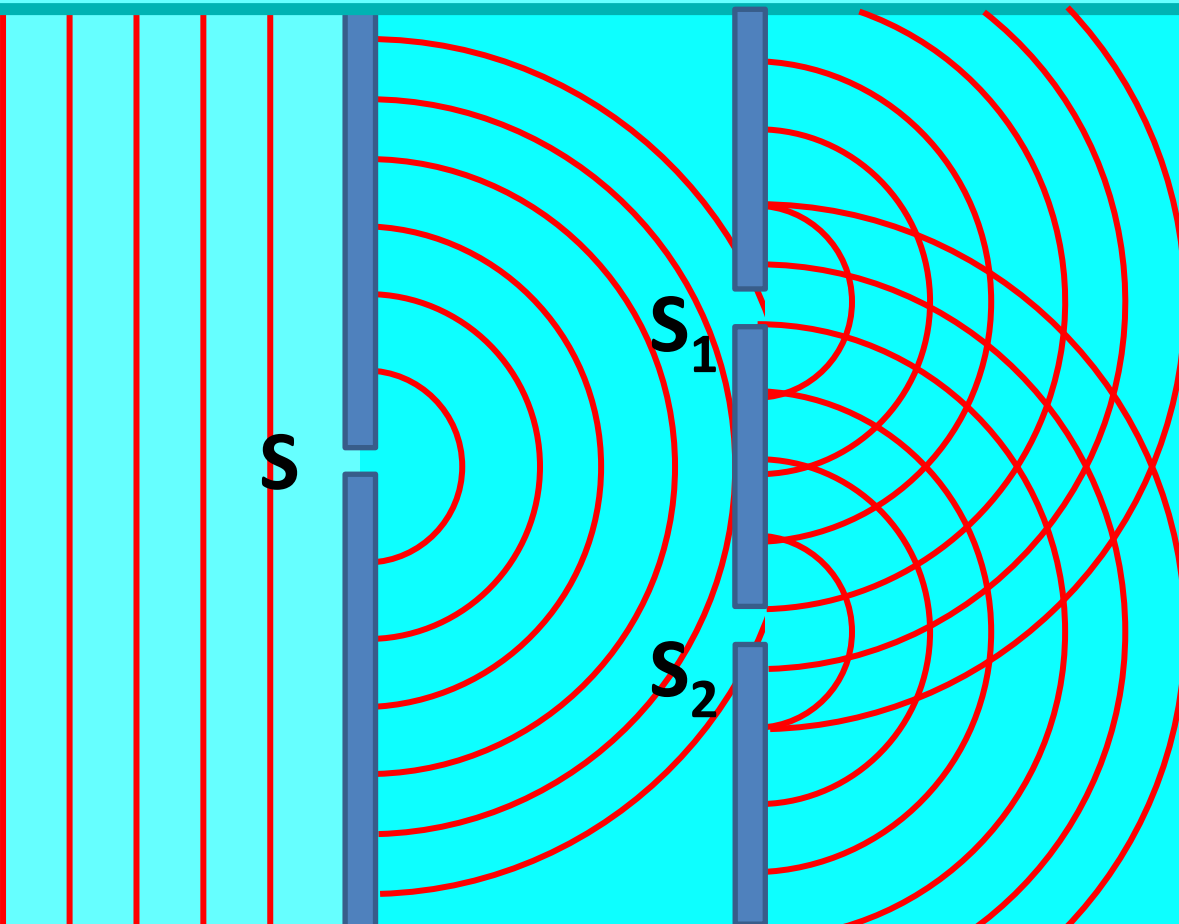
- Světlo se z něho šíří všemi směry a dopadá na dvojici štěrbin S_1 a S_2 .



2. 1. INTERFERENCE SVĚTLA

Youngův pokus – 1801

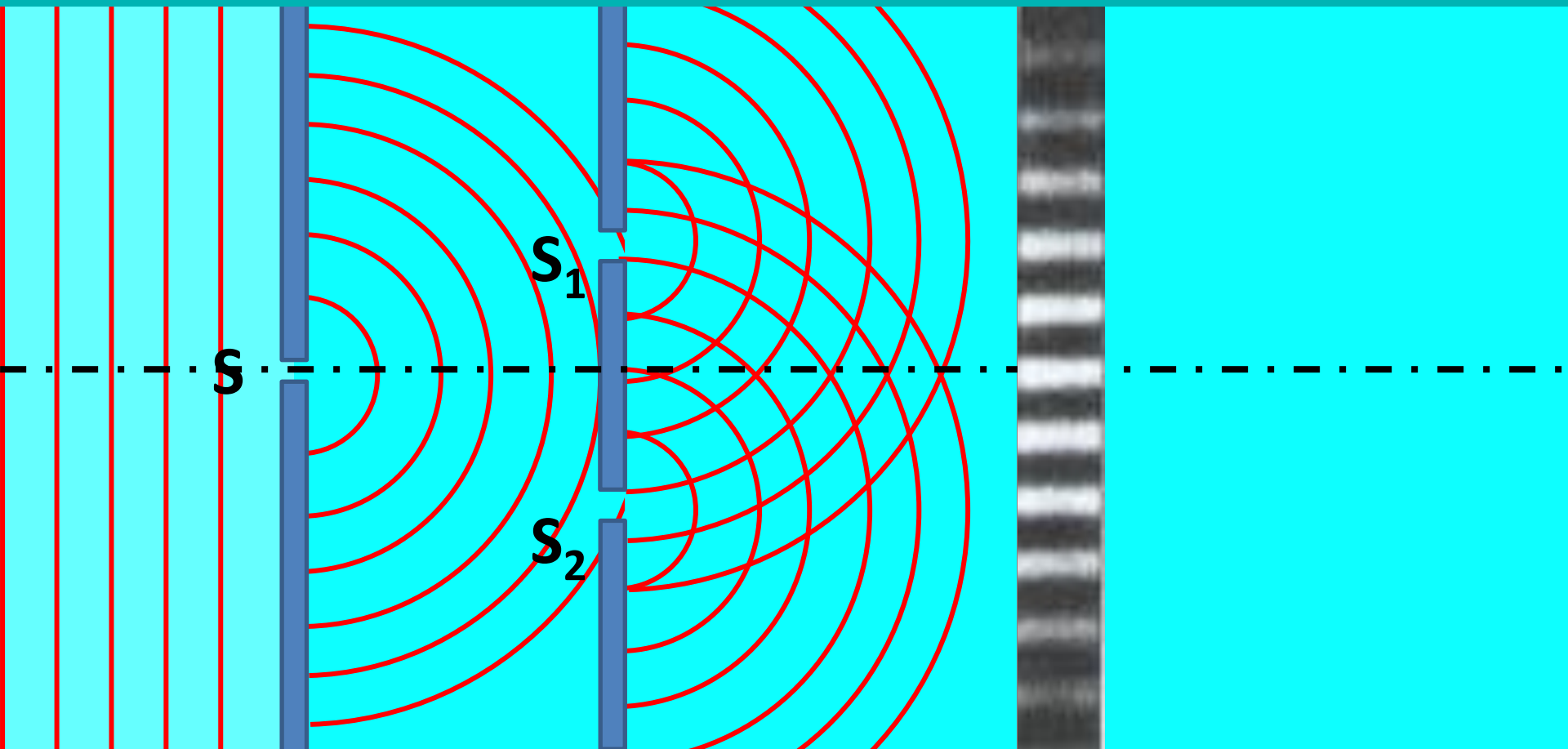
- Vlnění za štěrbinami je koherentní.
(Vzdálenost štěrbin je malá).



2. 1. INTERFERENCE SVĚTLA

Youngův pokus – 1801

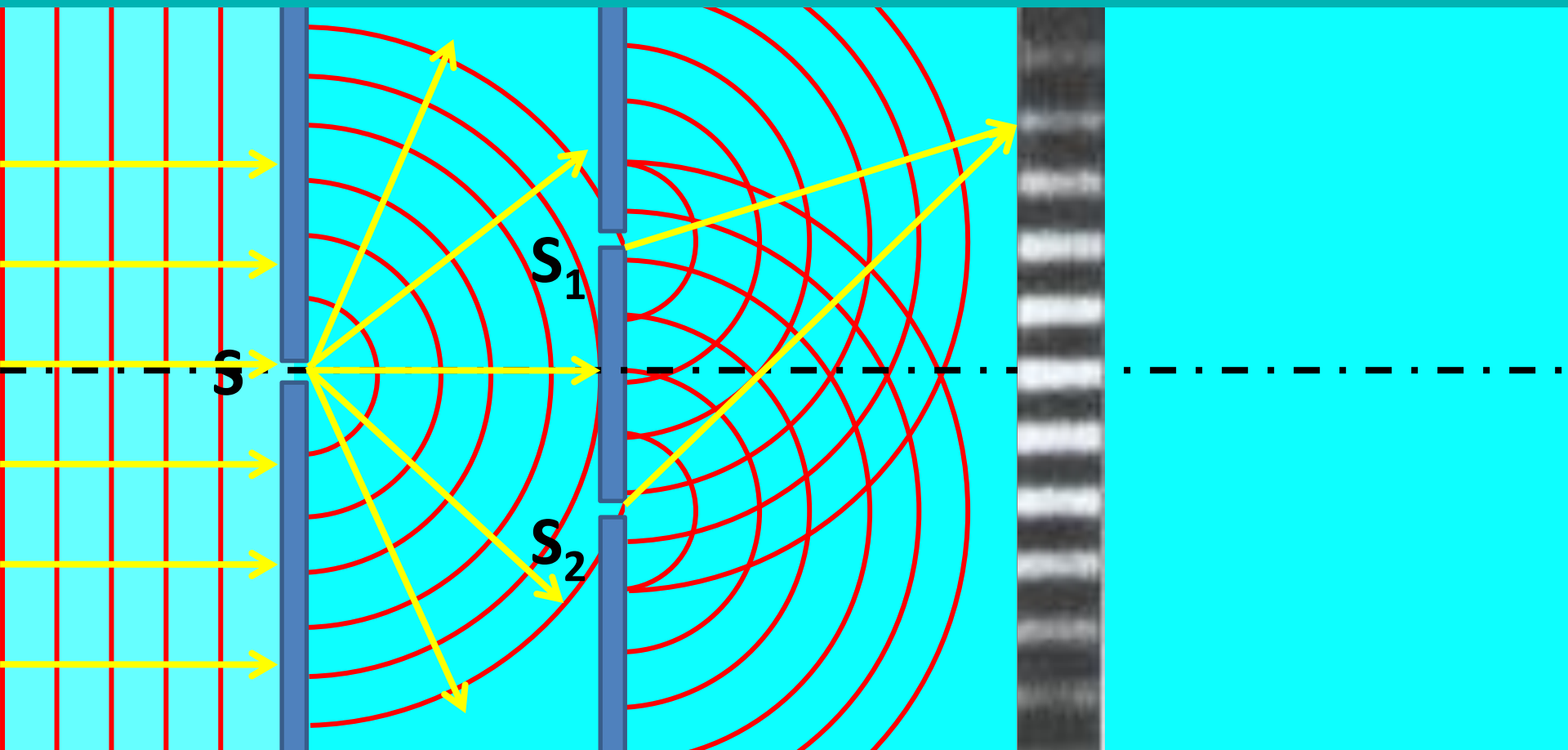
- Na stínítku pozorujeme interferenci:
interferenční obrazec – světlé a tmavé proužky.



2. 1. INTERFERENCE SVĚTLA

Youngův pokus – 1801

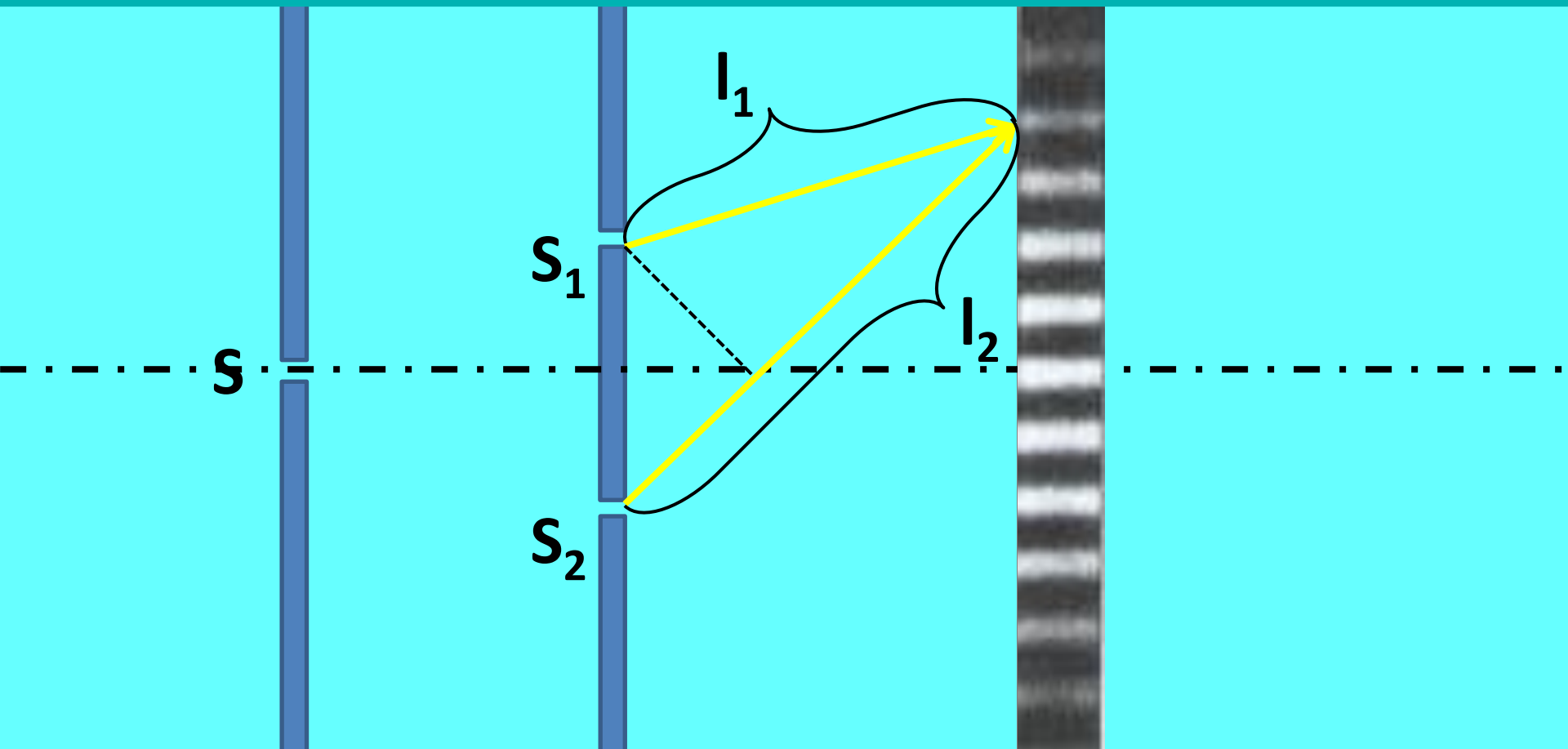
- Na stínítku pozorujeme interferenci:
interferenční obrazec – světlé a tmavé proužky.



2. 1. INTERFERENCE SVĚTLA

Youngův pokus – 1801

- Na stínítku pozorujeme interferenci:
interferenční obrazec – světlé a tmavé proužky.



2. 1. INTERFERENCE SVĚTLA

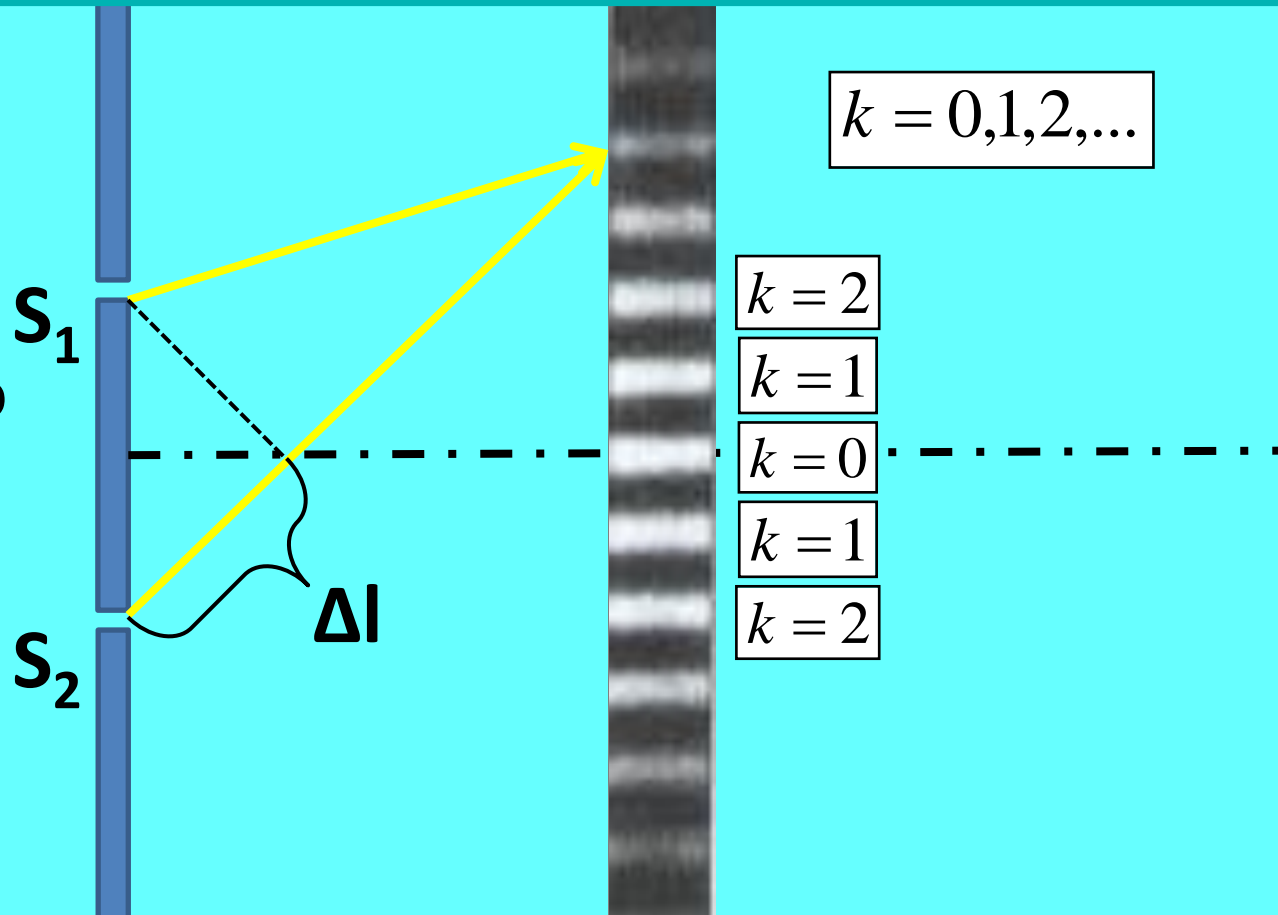
Interferenční maximum

je zesílení světla v místech, kde se vlnění setkávají se stejnou fází, (na stínítku světlá místa).

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

k – řád
interferenčního
maxima

(dráhový rozdíl
= sudému
počtu půlvln)



2. 1. INTERFERENCE SVĚTLA

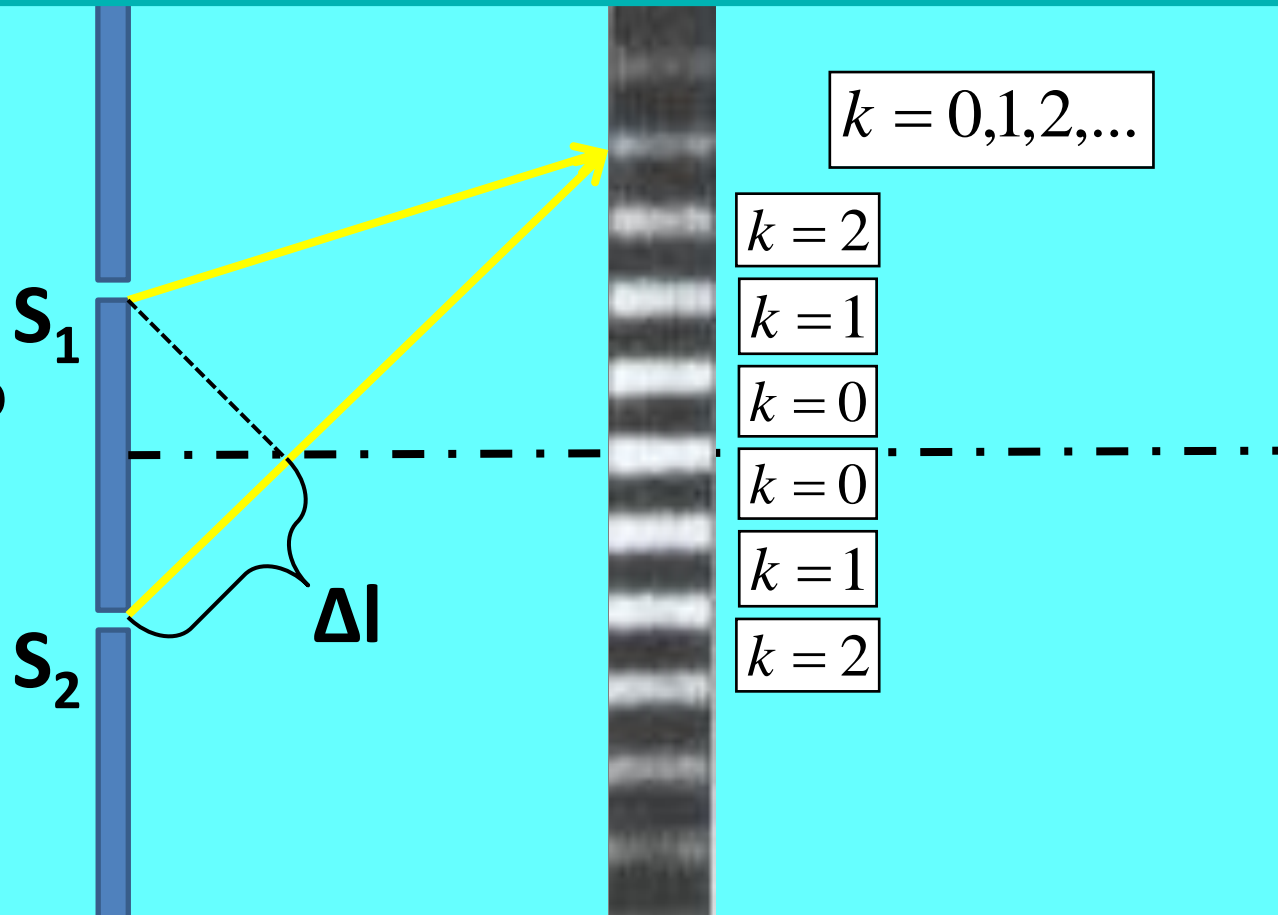
Interferenční minimum

je zeslabení světla v místech, kde se vlnění setkávají s opačnou fází, (na stínítku tmavá místa).

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

k – řád
interferenčního
minima

(dráhový rozdíl
= lichému
počtu půlvln)



2. 1. INTERFERENCE SVĚTLA

Příklady:

- duhové barvy
- na mýdlových bublinách
- na tenkých vrstvách oleje na vodě

Šířka proužků je závislá

- přímo úměrně
 - na vlnové délce
 - vzdálenosti od stínítka
- nepřímo úměrně na vzdálenosti štěrbin

2. 1. INTERFERENCE SVĚTLA

Do určitého bodu na stínítku dopadají dva paprsky s dráhovým rozdílem $3 \mu\text{m}$. Rozhodněte, zda nastane interferenční maximum nebo minimum, je-li světlo:
a) červené ($\lambda_1 = 750 \text{ nm}$); b) fialové ($\lambda_2 = 400 \text{ nm}$).

$$\begin{aligned}\Delta l &= 3 \mu\text{m} \\ \lambda_1 &= 750 \text{ nm} \\ \lambda_2 &= 400 \text{ nm} \\ N_{1,2} &= ?\end{aligned}$$

Řešení:

Při řešení budeme vycházet z podmínky pro interferenční maximum.

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

N - počet půlvln

$$\Delta l = N \cdot \frac{\lambda}{2}$$

Počet půlvln vyjádříme obecně:

Bude-li N

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

- sudé, nastává interferenční maximum,
- liché, nastane interferenční minimum,
- číslo desetinné, nenastává ani maximum ani minimum.

2. 1. INTERFERENCE SVĚTLA

Do určitého bodu na stínítku dopadají dva paprsky s dráhovým rozdílem $3 \mu\text{m}$. Rozhodněte, zda nastane interferenční maximum nebo minimum, je-li světlo:
a) červené ($\lambda_1 = 750 \text{ nm}$); b) fialové ($\lambda_2 = 400 \text{ nm}$).

$$\begin{aligned}\Delta l &= 3 \mu\text{m} \\ \lambda_1 &= 750 \text{ nm} \\ \lambda_2 &= 400 \text{ nm} \\ N_{1,2} &= ?\end{aligned}$$

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

Po dosazení číselných hodnot:

$$N_1 = \frac{2.3 \cdot 10^{-6}}{750 \cdot 10^{-9}} = 8$$

$$N_2 = \frac{2.3 \cdot 10^{-6}}{400 \cdot 10^{-9}} = 15$$

Při použití červeného světla je násobek poloviny vlnové délky sudý, proto nastává interferenční maximum.

Při použití fialového světla je násobek lichý, a proto nastává interferenční minimum.

2. 1. INTERFERENCE SVĚTLA

Do určitého bodu na stínítku dopadají dva paprsky s dráhovým rozdílem $3 \mu\text{m}$. Rozhodněte, zda nastane interferenční maximum nebo minimum, je-li světlo:
a) červené ($\lambda_1 = 750 \text{ nm}$); b) fialové ($\lambda_2 = 400 \text{ nm}$).

$$\Delta l = 3 \mu\text{m}$$

$$\lambda_1 = 750 \text{ nm}$$

$$\lambda_2 = 400 \text{ nm}$$

$$N_{1,2} = ?$$

U tohoto typu příkladu nestačí pouze vypočítat velikost násobku poloviny vlnové délky.

Je třeba ještě říct, který z dějů v daném případě nastává.

2. 1. INTERFERENCE SVĚTLA



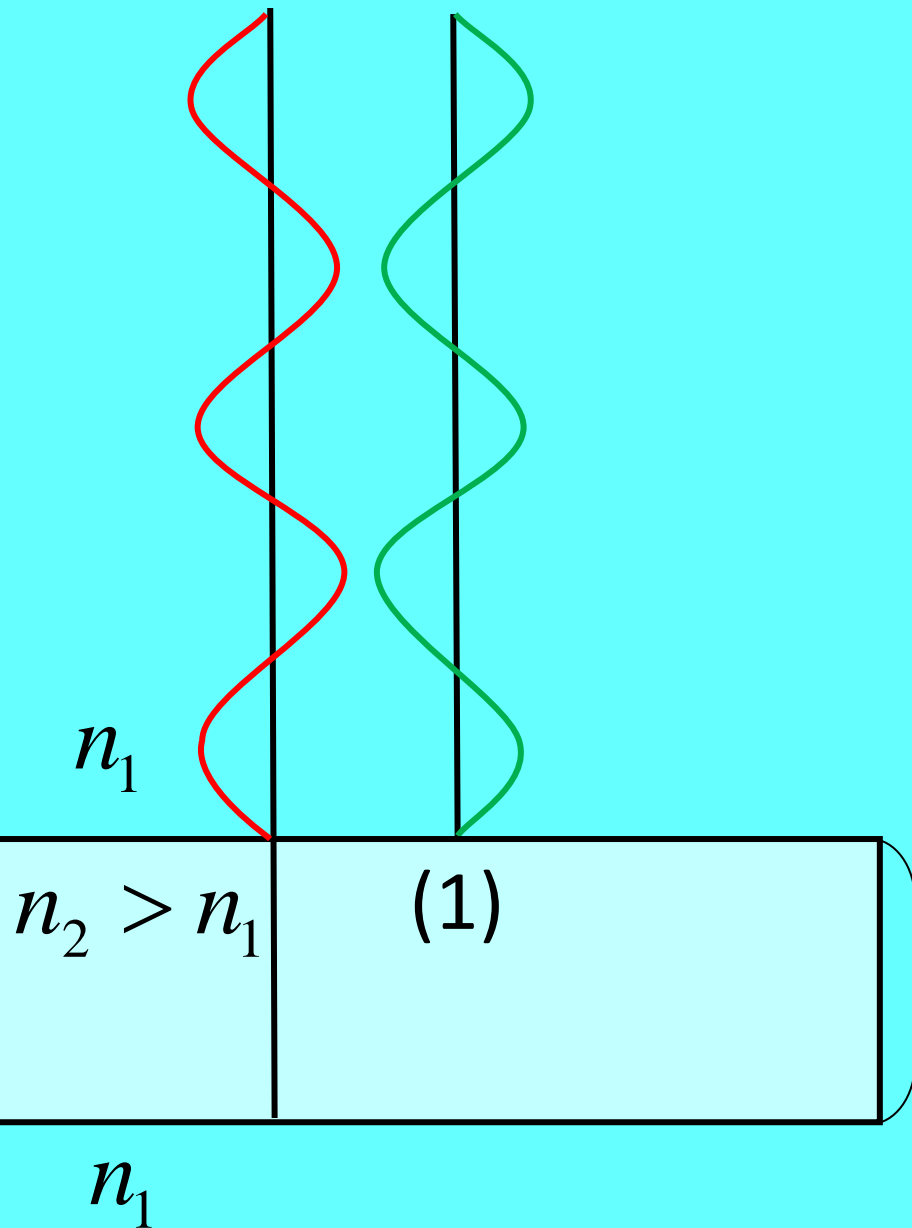
2. 2. INTERFERENCE SVĚTLA NA TENKÉ VRSTVĚ



Obr.: 1

Ke skládání vlnění dochází při odrazu na tenké vrstvě, například na mýdlové bublině.

2. 2. INTERFERENCE SVĚTLA NA TENKÉ VRSTVĚ



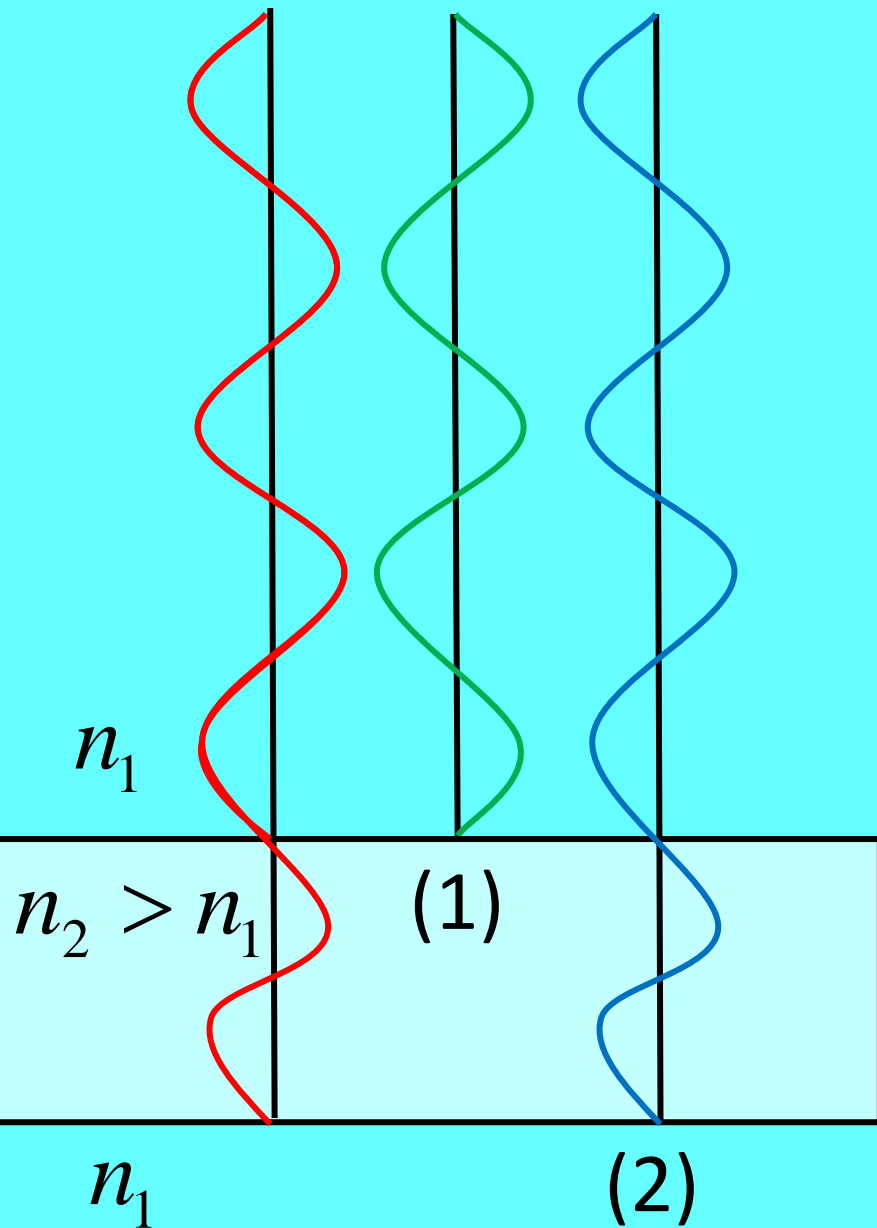
Skládají se paprsky

(1) odražené od horního rozhraní

- při odrazu na hustším prostředí, se fáze světelného vlnění mění na opačnou

d - tloušťka vrstvy

2. 2. INTERFERENCE SVĚTLA NA TENKÉ VRSTVĚ



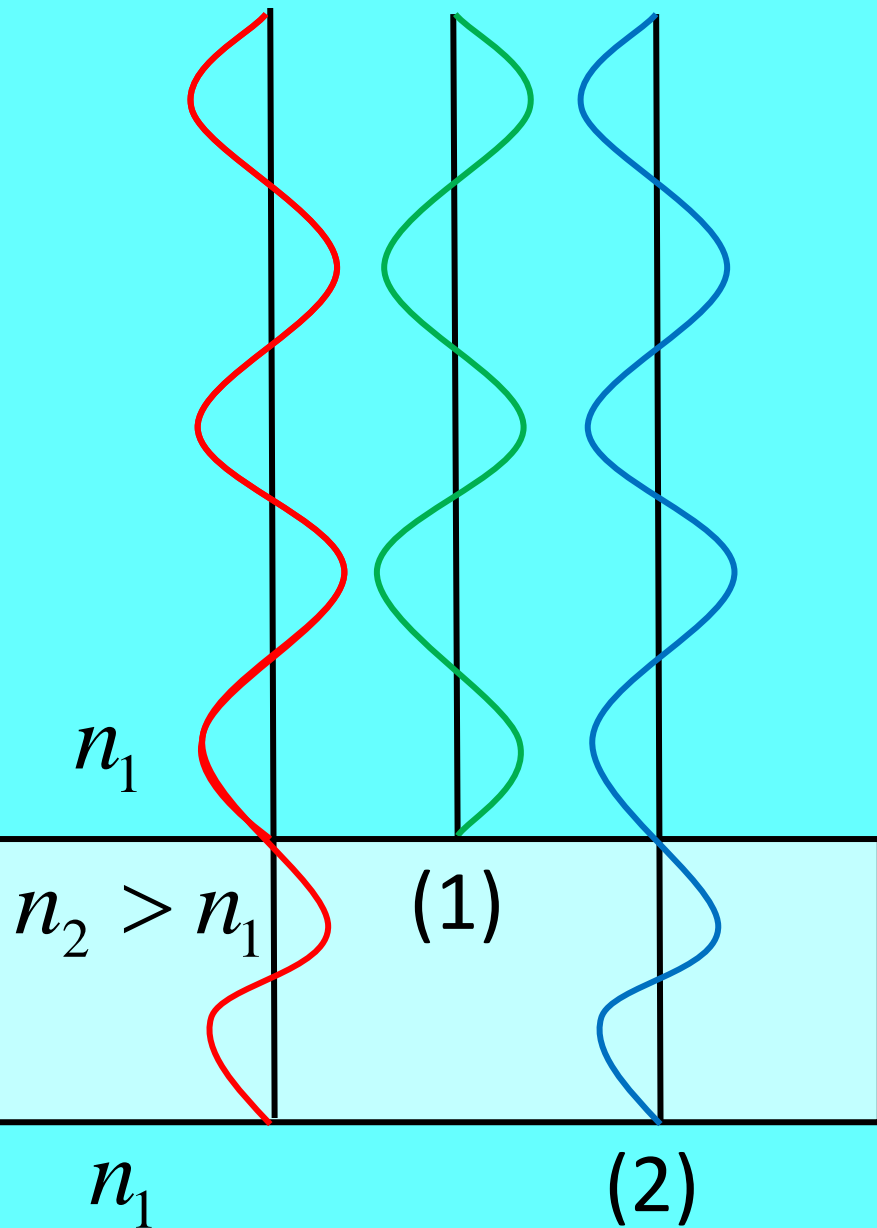
Skládají se paprsky

(1) odražené od horního rozhraní

(2) s odraženými od dolního rozhraní tenké vrstvy

- při odrazu na řidším prostředí se fáze nemění

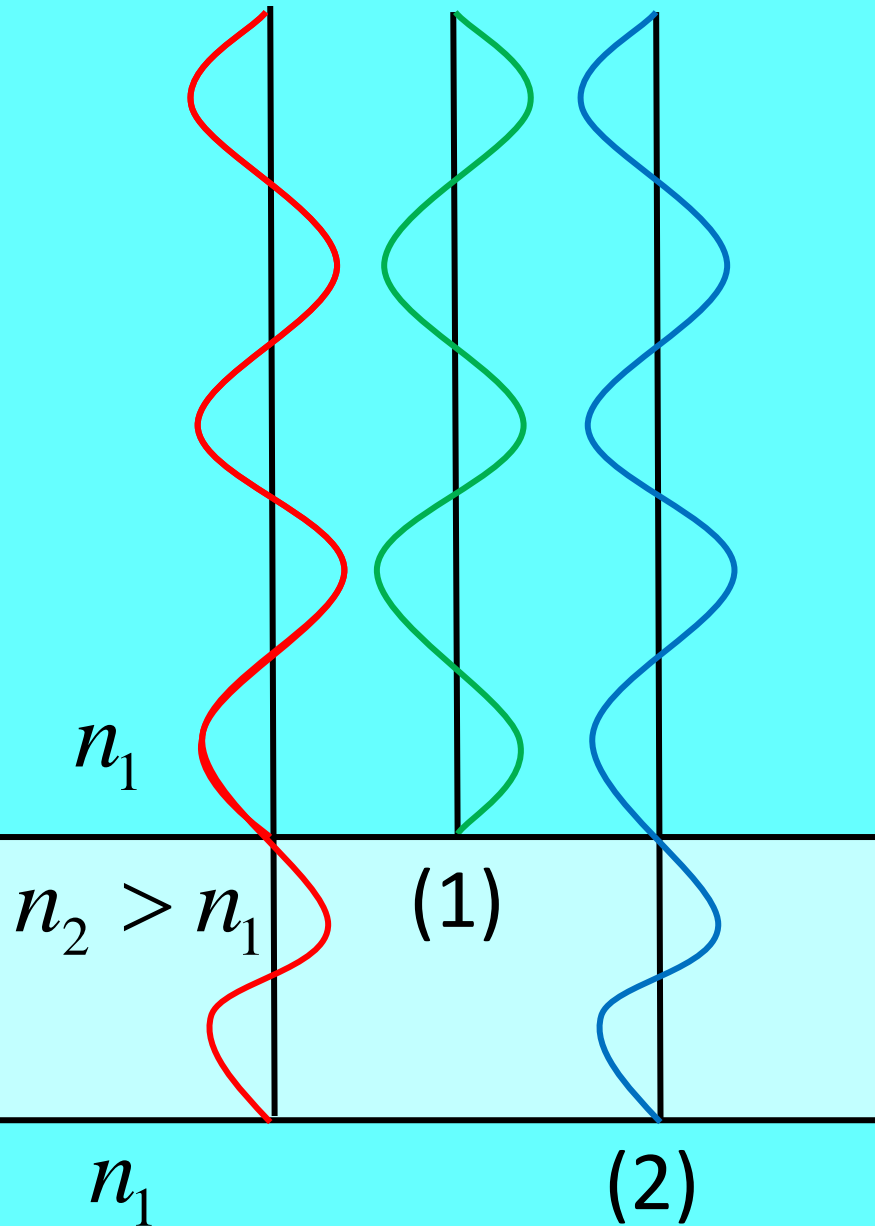
2. 2. INTERFERENCE SVĚTLA NA TENKÉ VRSTVĚ



Mezi těmito paprsky
je dráhový rozdíl Δl .

Při výpočtu dráhového
rozdílu neuvažujeme
geometrickou,
ale optickou dráhu.

2. 2. INTERFERENCE SVĚTLA NA TENKÉ VRSTVĚ



l – optická dráha ve vakuu

$$l = ct$$

s – skutečná dráha

v prostředí o $n > 1$

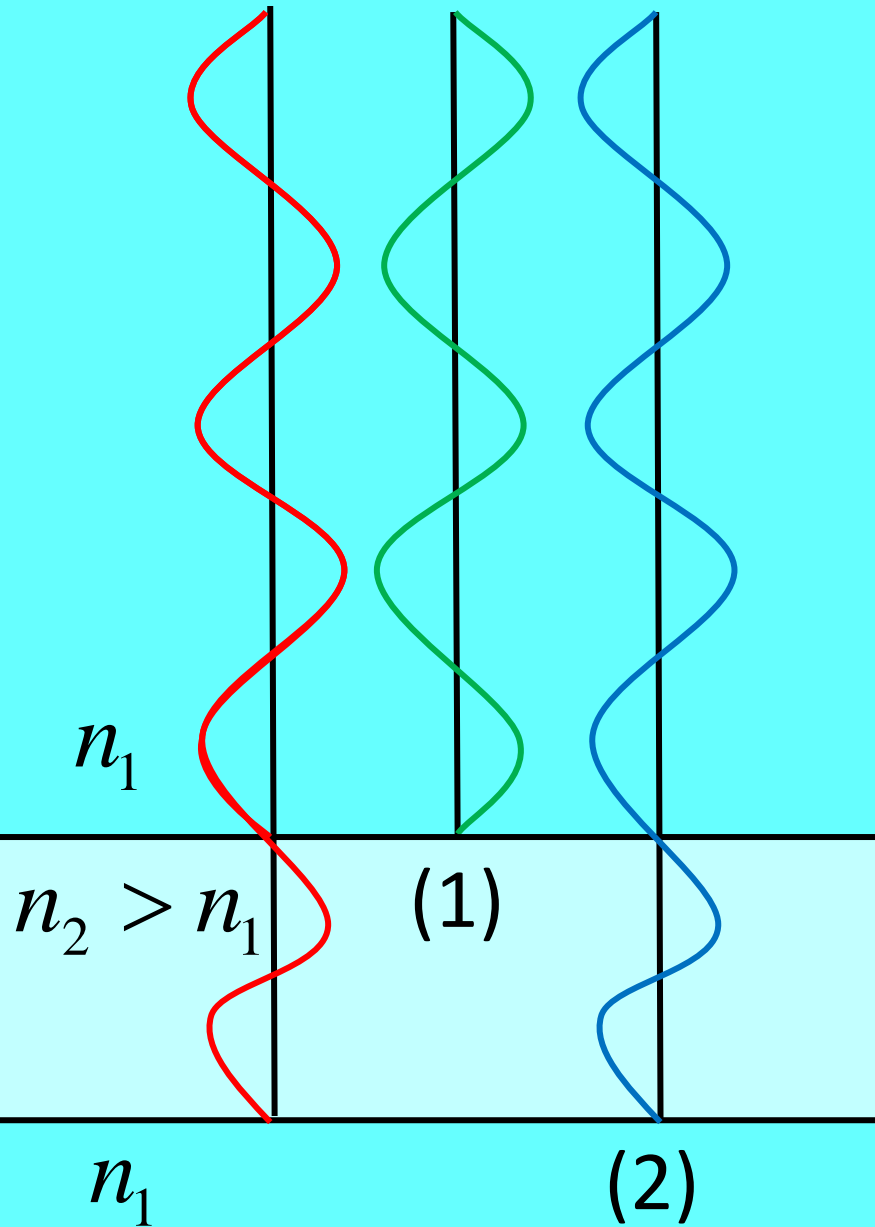
$$s = vt$$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{l}{s} \Rightarrow l = n \cdot s$$

$$s = 2d$$

$$\Delta l = 2nd$$

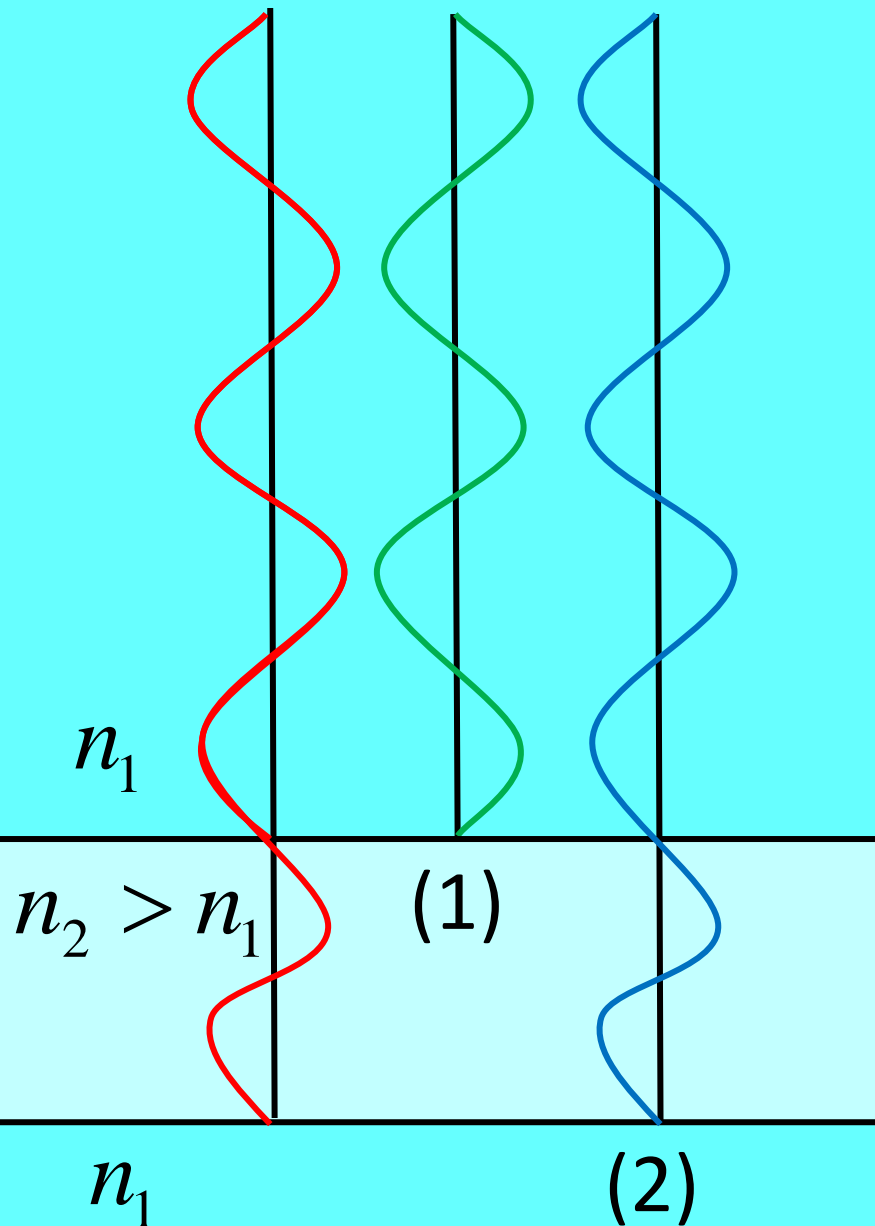
2. 2. INTERFERENCE SVĚTLA NA TENKÉ VRSTVĚ



Změnou fáze
se fázový
rozdíl změní
ještě o...

$$\frac{\lambda}{2}$$

2. 2. INTERFERENCE SVĚTL A NA TENKÉ VRSTVĚ



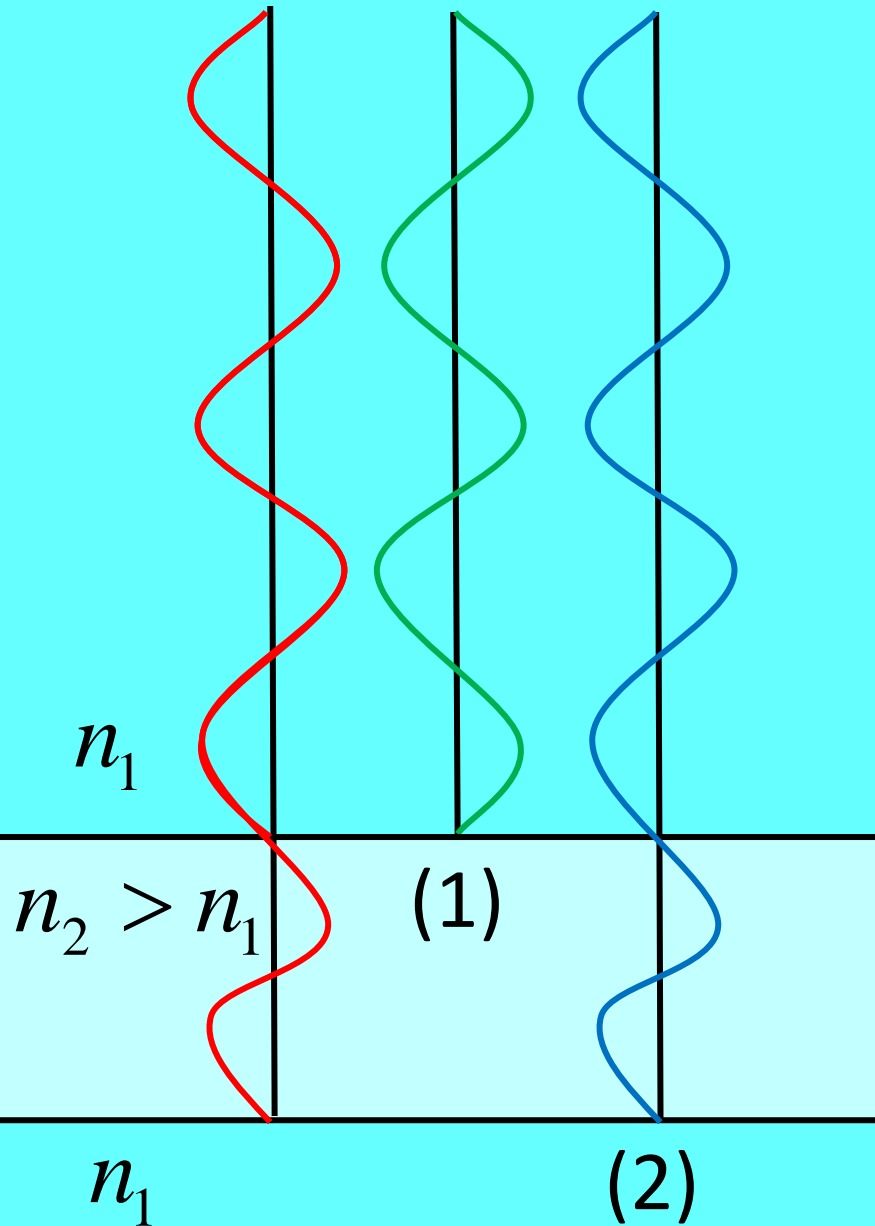
$$\Delta l + \frac{\lambda}{2} = 2k \cdot \frac{\lambda}{2} = k \cdot \lambda$$

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

Interferenční maximum
vznikne, je-li dráhový rozdíl roven lichému počtu půlvln vzhledem k tomu, že paprsek (1) má opačnou fázi

$k = 1, 2, \dots$ řád maxima

2. 2. INTERFERENCE SVĚTLA NA TENKÉ VRSTVĚ



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

$$\Delta l = 2k \cdot \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}$$

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

Interferenční minimum
nastává, je-li dráhový rozdíl roven sudému počtu půlvln

$k = 1, 2, \dots$ řád minima

2. 2. INTERFERENCE SVĚTLA NA TENKÉ VRSTVĚ

Je-li vrstva tvořena rovnoběžnými,
dokonale rovnými plochami,
jeví se v závislosti na tloušťce světlá nebo tmavá.

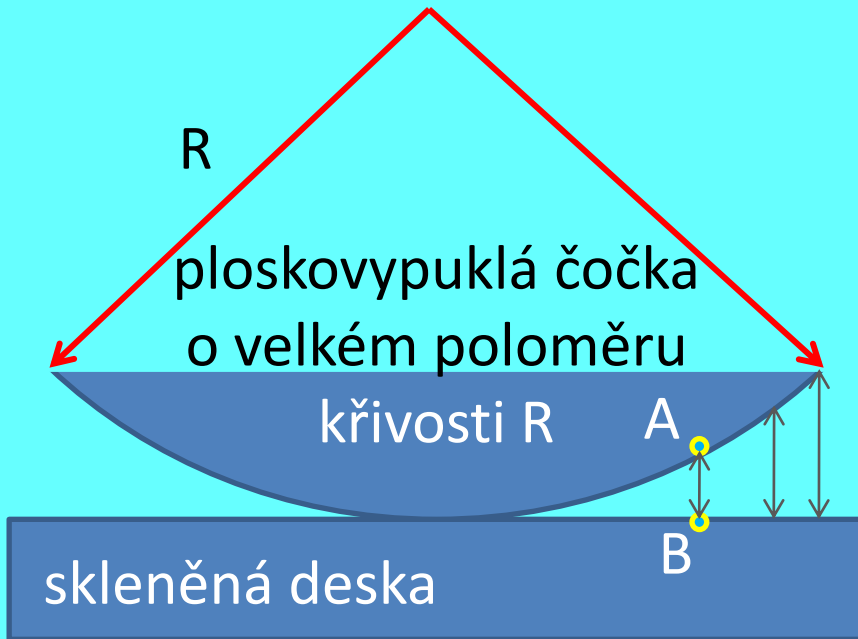
Při dopadu bílého světla bude plocha
v závislosti na tloušťce vrstvy zabarvená

Př.:

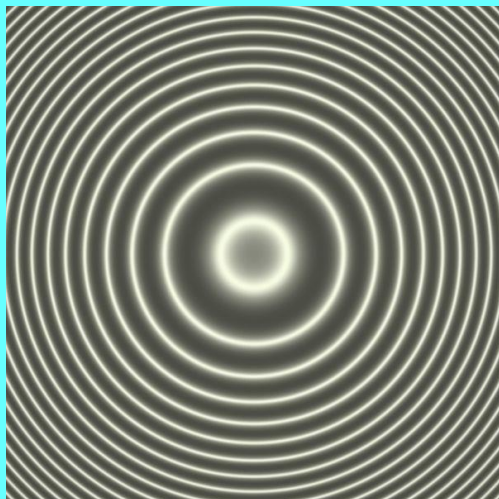
- duhové zabarvení mýdlových bublin
- olejových skvrn na kaluži vody...

2. 2. INTERFERENCE SVĚTLA NA TENKÉ VRSTVĚ

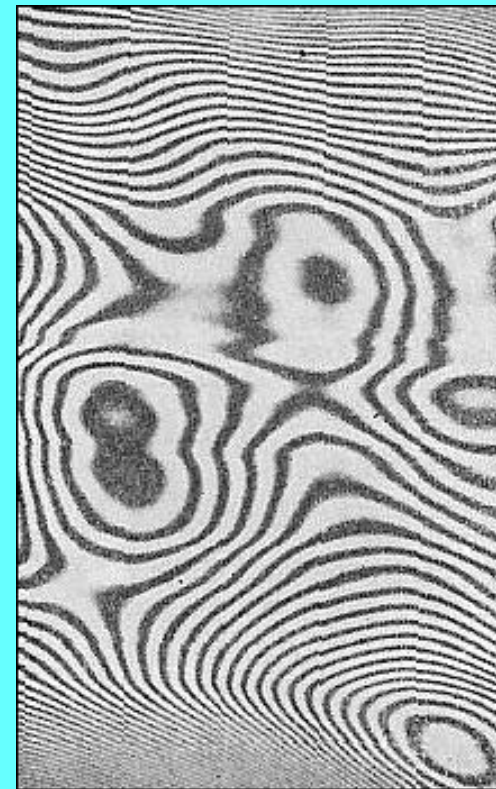
Měření vlnové délky světla pomocí Newtonových skel:



Známe-li R ,
změříme poloměr kroužku
a pak vypočteme λ .

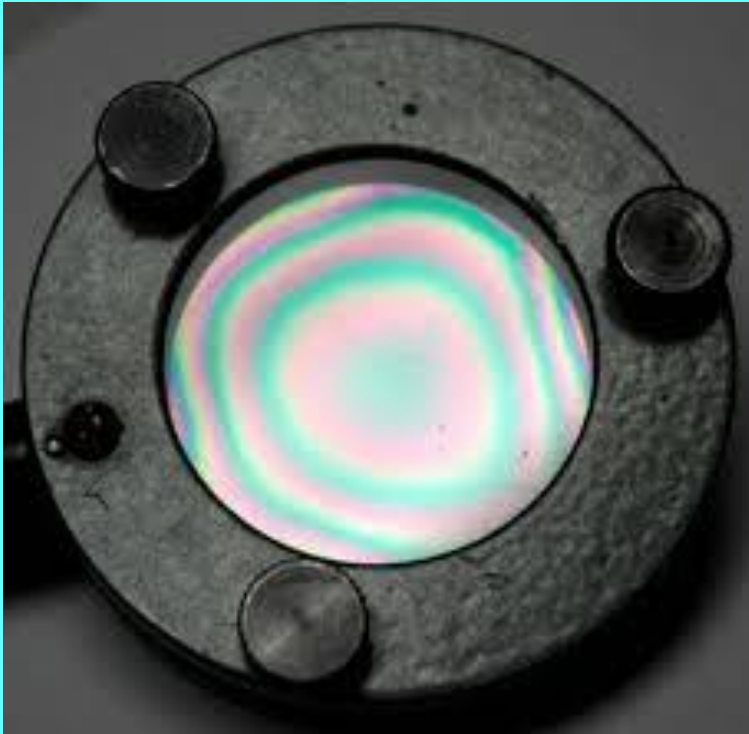


Obr.: 2



2. 2. INTERFERENCE SVĚTLA NA TENKÉ VRSTVĚ

Měření vlnové délky světla pomocí Newtonových skel:



Při dopadu bílého světla
jsou kroužky
duhově zbarvené.

2. 3. OHYB SVĚTLA (DIFRAKCE)

je jev, při kterém se vlnění dostává i do oblasti geometrického stínu (za překážku), kam by na základě přímočarého pohybu nemělo proniknout.

Je to jev podmíněný vlnovými vlastnostmi světla.

Ohyb nastává, jsou-li rozměry překážky srovnatelné s vlnovou délkou světla.

- vlas
- úzká štěrbin
- optická mřížka
- hrot jehly

[OHYB NA ŠTĚRBINĚ](#)

[OHYB NA DVOJŠTĚRBINĚ](#)

2. 3. OHYB SVĚTLA (DIFRAKCE)

ROZDĚLENÍ OHYBOVÝCH JEVŮ

Fresnelovy (F)

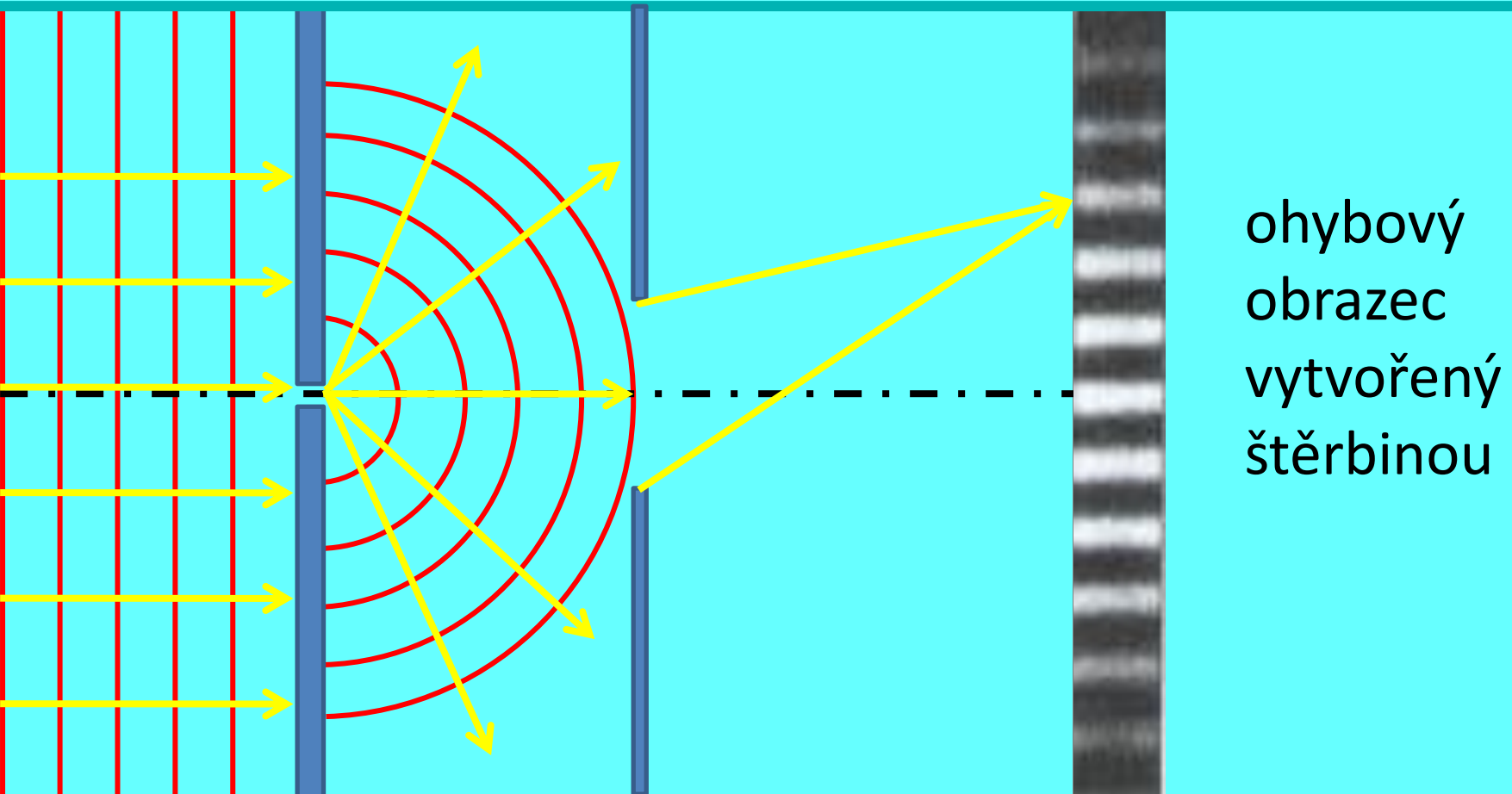
- zdroj → překážka → stínítko
- vzniká z blízkého zdroje – z kulových vlnoploch
- zobecnil Huygensův princip pro jakékoli vlnění
- **Huygens-Fresnelův** princip

Fraunhoferovy (N)

- zdroj → překážka → // paprsky → čočka → stínítko
- vzniká ze vzdáleného zdroje – z rovinných vlnoploch
- vytvoří se obraz zdroje světla
- Díky Fraunhoferově difrakci na dvou obdélníkových otvorech byla poprvé změřena vlnová délka.

OHYB SVĚTLA NA ŠTĚRBINĚ

- štěrbinový monochromatický zdroj
- štěrbina
- stínítko



OHYB SVĚTLA NA ŠTĚRBINĚ

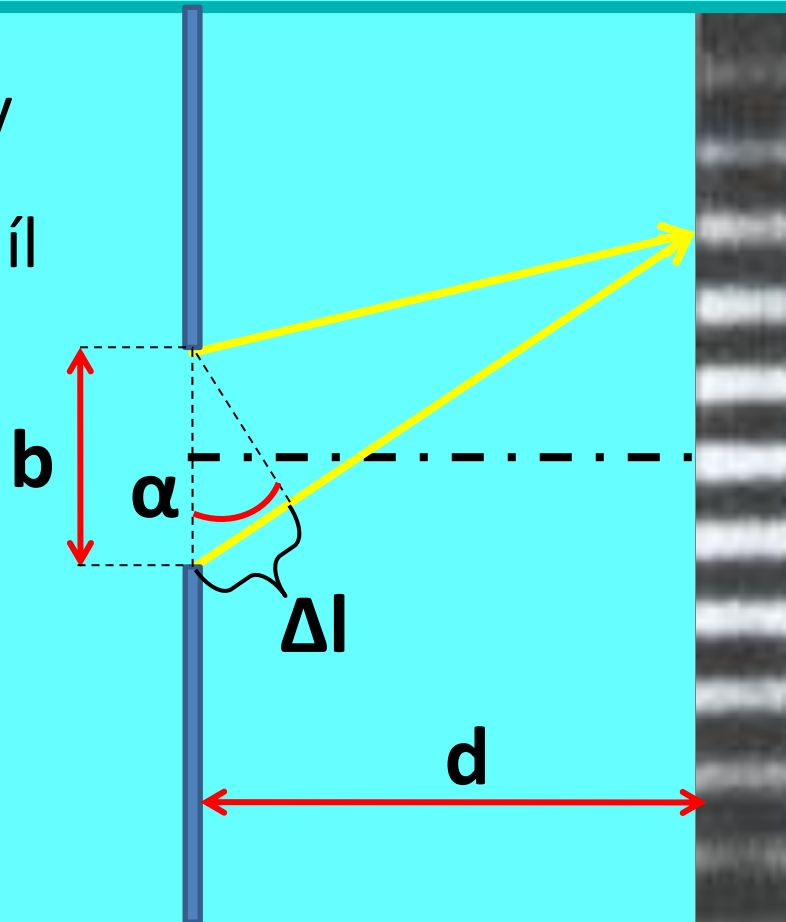
- štěrbinový monochromatický zdroj
- štěrbina
- stínítko

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

b šířka štěrbiny

Δl dráhový rozdíl

d vzdálenost
stínítka



OHYB SVĚTLA NA ŠTĚRBINĚ

- maximum

$$k = 0, 1, 2, \dots$$

- minimum

$$\Delta l = b \cdot \sin \alpha = 2k \cdot \frac{\lambda}{2} = k \cdot \lambda$$

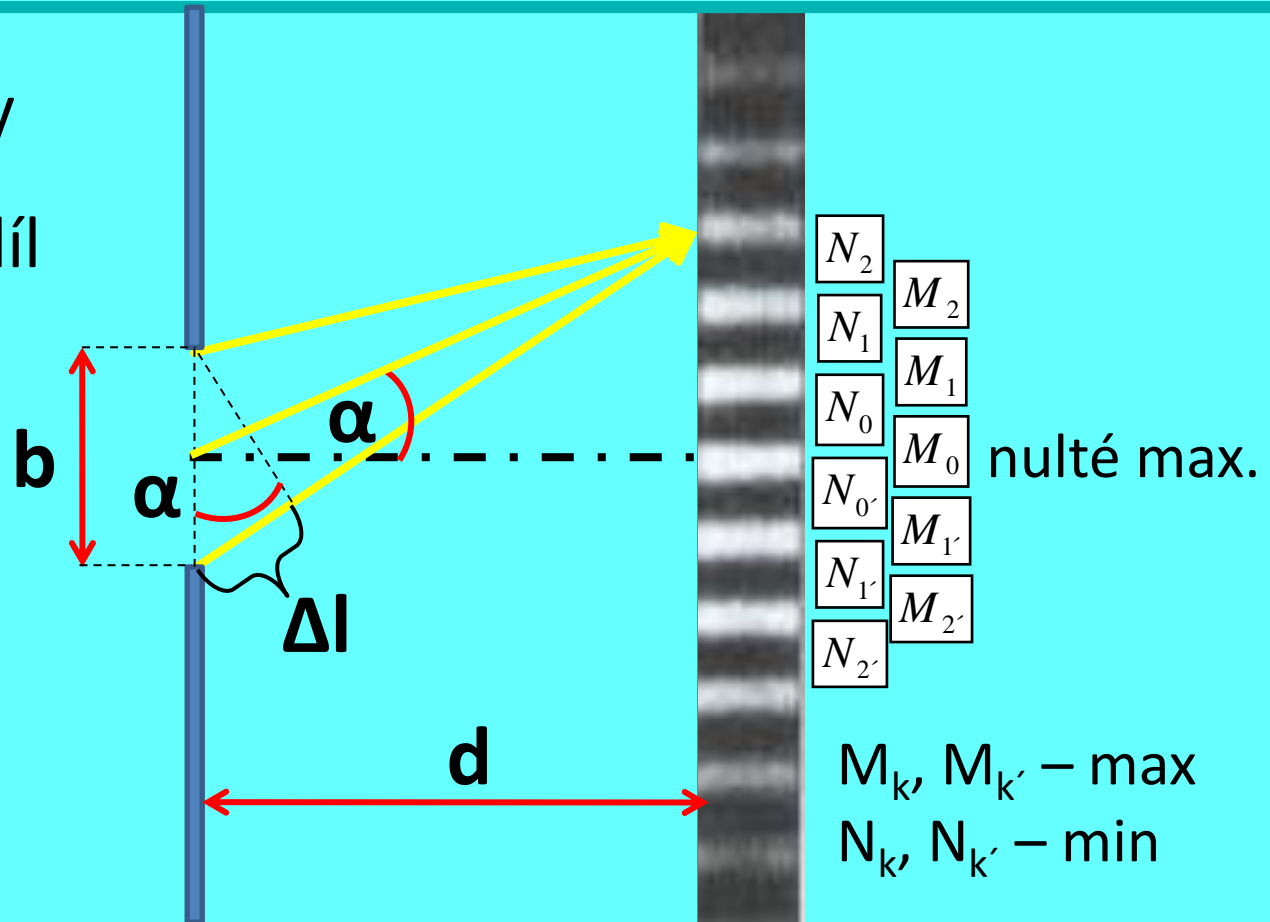
$$\Delta l = b \cdot \sin \alpha = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

b šířka štěrbiny

Δl dráhový rozdíl

d vzdálenost

stínítka



$M_k, M_{k'}$ – max

$N_k, N_{k'}$ – min

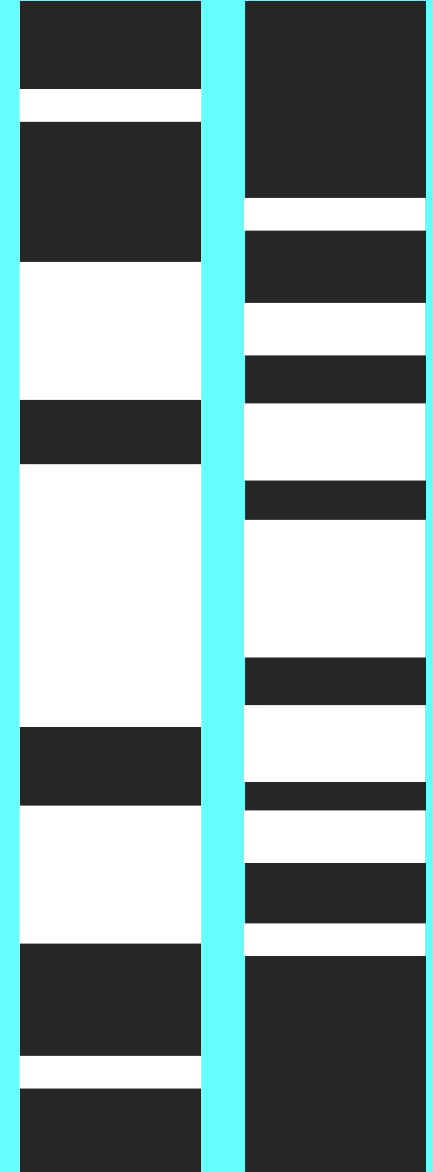
OHYB SVĚTLA NA ŠTĚRBINĚ

Rozložení maxim a minim závisí

- na šířce štěrbině nepřímo úměrně
- na vlnové délce světla přímo úměrně.

Čím užší štěrbině, tím větší vzdálenost mezi minimy stejného řádu a širší maxima.

Užší štěrbině způsobuje větší ohyb světla.



OHYB SVĚTLA NA 2 ŠTĚRBINÁCH

Mřížková konstanta (perioda) mřížky

b – vzdálenost štěrbin.

Na obou štěrbinách dochází k ohybu.

Ohybové obrazce se překrývají a dochází tak i k interferenci.

Ohybový obrazec – vícesvazková interference

- střídající se širší maxima a minima

(výsledek ohybu na štěrbině)

- v každém maximu lze sledovat další úzké světlé a tmavé proužky

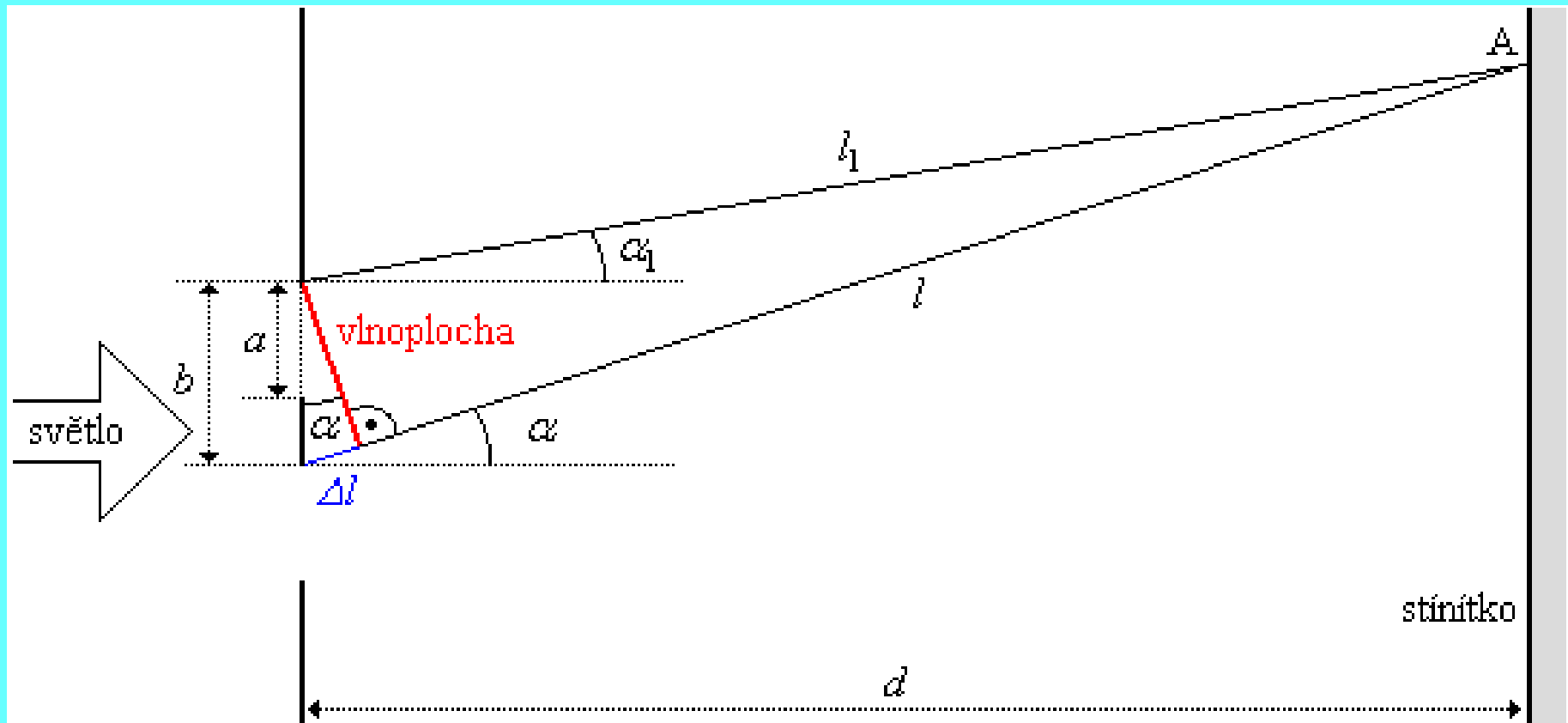
(výsledek interference světla ze dvou štěrbin)

OHYB SVĚTLA NA 2 ŠTĚRBINÁCH

a – šířka štěrbiny

b – mřížková konstanta

α – vychýlení, směr, ve kterém vzniká interferenční maximum, (minimum)



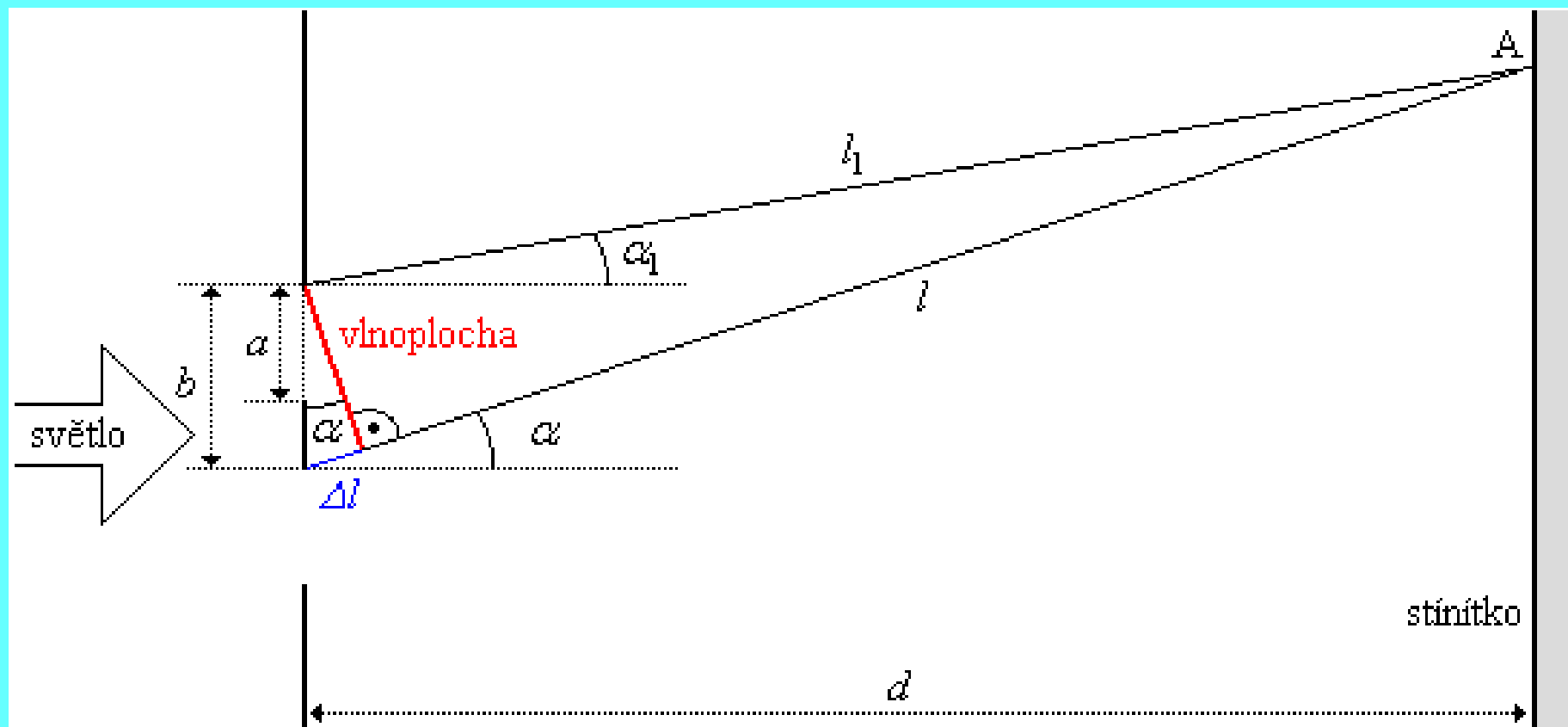
OHYB SVĚTLA NA 2 ŠTĚRBINÁCH

Interferenční maximum vznikne při dráhovém rozdílu Δl ,

je-li splněna podmínka:

$k = 0, 1, 2, \dots$ řád difrakce

$$\Delta l = b \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda$$



OHYB SVĚTLA NA 2 ŠTĚRBINÁCH

V důsledku difrakce jsou rozlišovací schopnosti optických mikroskopů omezeny.

Blízké bodové objekty obrazu vidíme v mikroskopu obklopené tmavými a světlými kroužky a nelze je dobře rozlišit.

Rozlišovací schopnost je tím větší,

- čím větší je průměr objektivu a
- menší vlnová délka světla.

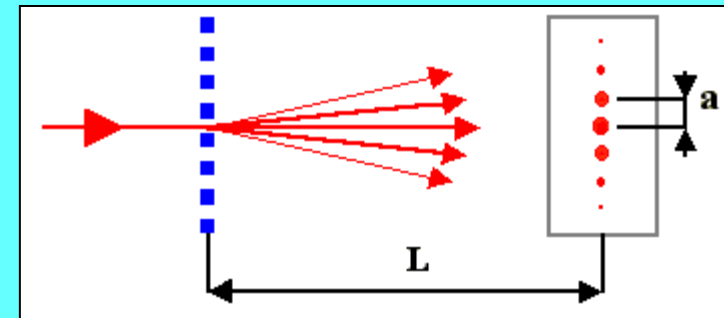
OHYB SVĚTLA NA OPTICKÉ MŘÍŽCE

Difrakční mřížka je tvořena velkým počtem stejně širokých štěrbin umístěných vedle sebe (100 – 1000 na 1 mm).

Ohybový obrazec

má úzká interferenční maxima,
která jsou od sebe vzdálena tím víc,

- čím menší je perioda mřížky a
- čím je b menší.



pro maxima

$$b \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda$$

(platí stejná podmínka jako u dvou štěrbin)

$k = 0, 1, 2, \dots$ řád maxima, minima

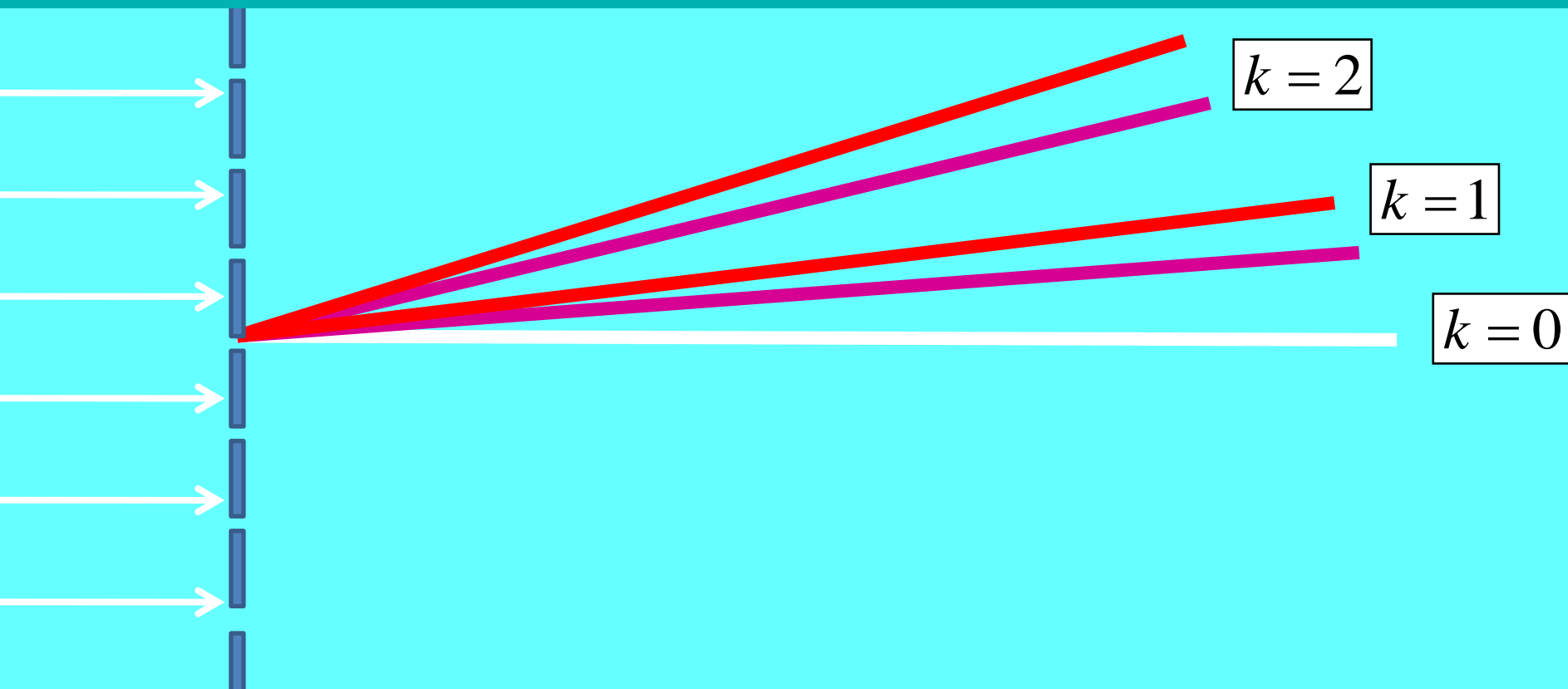
pro minima

$$b \cdot \sin \alpha = \frac{\lambda}{2} + k \cdot \lambda$$

OHYB SVĚTLA NA OPTICKÉ MŘÍŽCE

Dopadá-li na mřížku bílé světlo:

- nulté maximum je bílé
- v dalších maximech pozorujeme rozklad světla:
 - blíže nultému maximu je fialová část spektra
 - dále červená část spektra

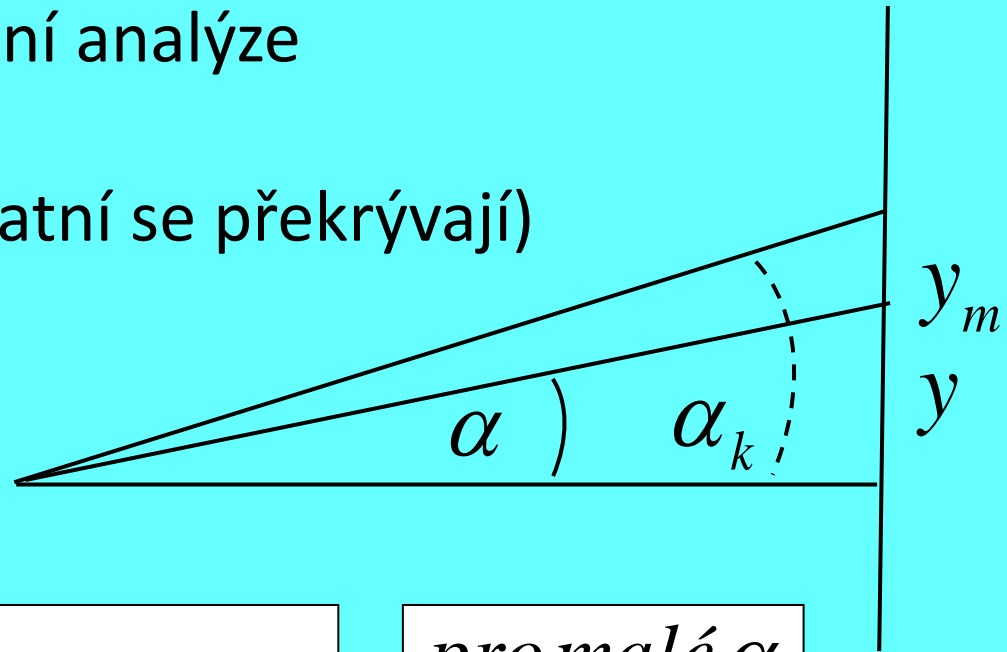


OHYB SVĚTLA NA OPTICKÉ MŘÍŽCE

Mřížkový spektroskop

se používá k určení vlnových délek spektrálních čar ve spektrální analýze

(využívá se 0. a 1. max., ostatní se překrývají)



$$\Delta l = b \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda$$

$$\sin \alpha = \frac{k \cdot \lambda}{b}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y_k}{l}$$

pro malé α

$$\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha$$

$$\frac{y_k}{l} = \frac{k \cdot \lambda}{b}$$



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

FYZIKA PRO IV. ROČNÍK GYMNÁZIA - OPTIKA

POLARIZACE SVĚTLA

Mgr. Monika Bouchalová

Gymnázium, Havířov-Město, Komenského 2, p.o.

III/2-2-1-07

Tento digitální učební materiál (DUM) vznikl na základě řešení projektu OPVK, registrační číslo CZ.1.07/1.5.00/34.0794 s názvem „Výuka na gymnáziu podporovaná ICT“.

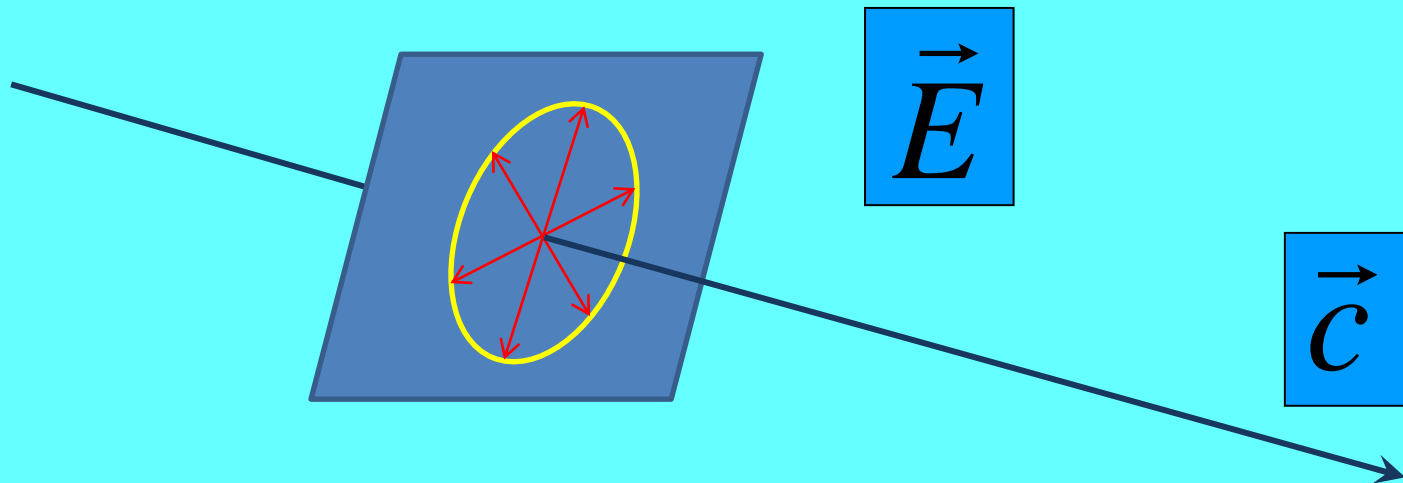
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

2. 6. POLARIZACE SVĚTLA

Světlo je příčné elektromagnetické vlnění.

Vektor intenzity elektrického pole E
je vždy kolmý na směr šíření světla,

- v případě přirozeného světla (**nepolarizovaného**)
mění nahodile směr v dané rovině



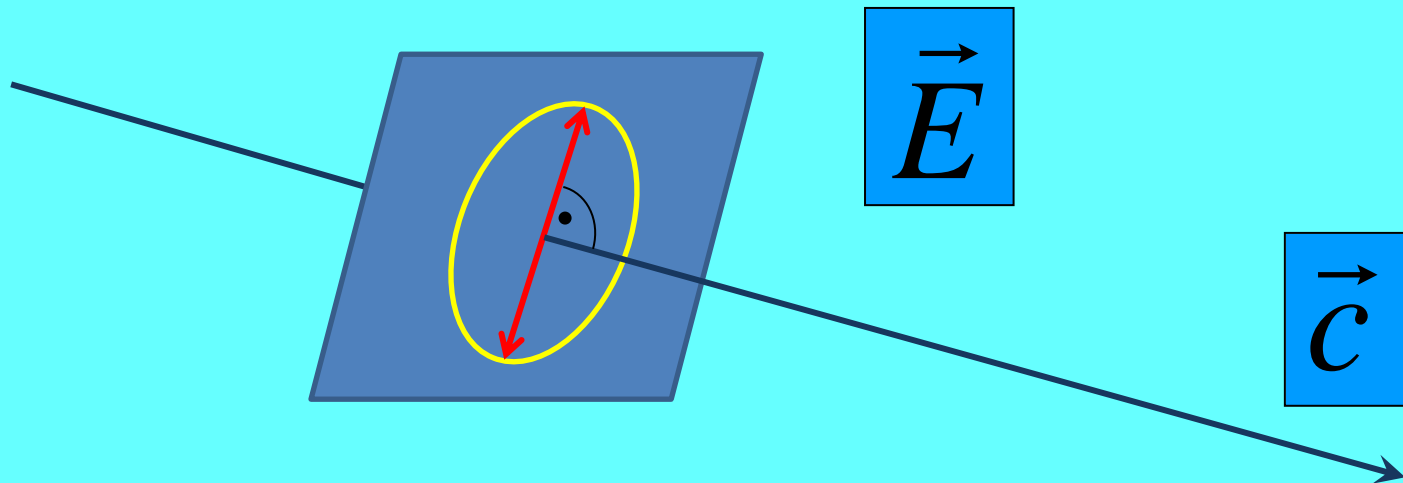
<http://micro.magnet.fsu.edu/optics/lightandcolor/polarization.html>

2. 6. POLARIZACE SVĚTLA

Světlo je příčné elektromagnetické vlnění.

Vektor intenzity elektrického pole E je vždy kolmý na směr šíření světla,

- v případě **lineárně polarizovaného** světla kmitá vektor E neustále v jedné přímce – **rovině kmitů**



Pro oko se polarizované světlo od nepolarizovaného neliší.

MOŽNOSTI POLARIZACE SVĚTLA

1) POLARIZACE SVĚTLA ODRAZEM A LOMEM

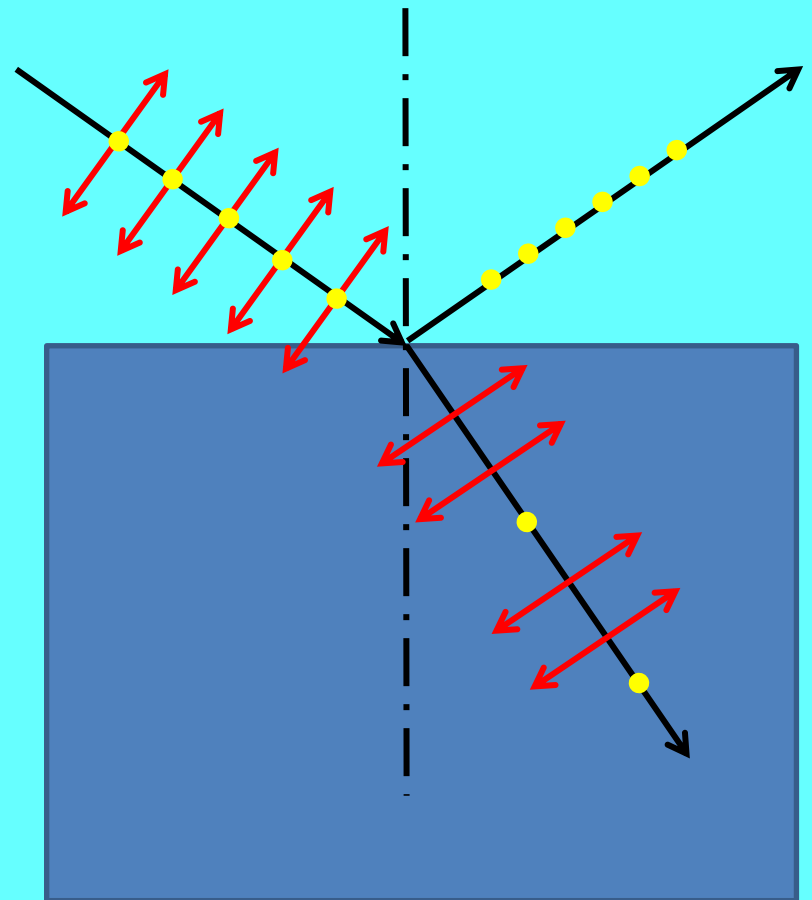
Světlo se polarizuje odrazem a částečně i lomem.

Při polarizačním tzv. Brewsterově úhlu je odražené světlo zcela polarizováno.

V odraženém světle E kmitá kolmo k rovině dopadu.

V lomeném světle kmitá převážně rovnoběžně s rovinou dopadu.

[Brewsterův úhel](#)



MOŽNOSTI POLARIZACE SVĚTLA

1) POLARIZACE SVĚTLA ODRAZEM A LOMEM

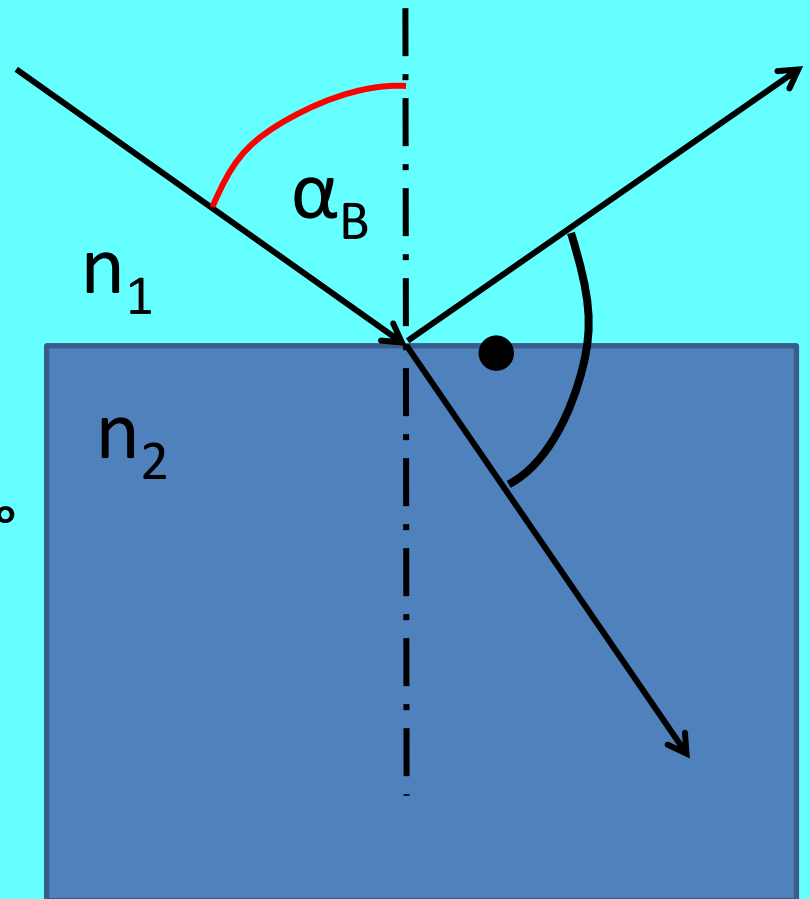
Světlo se polarizuje odrazem a částečně i lomem.

Při polarizačním tzv. Brewsterově úhlu je odražené světlo zcela polarizováno.

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

Při odrazu na skle
o indexu lomu = 1,5 je $\alpha_B = 57^\circ$

Odražené a lomené
polarizované paprsky
svírají 90° .



MOŽNOSTI POLARIZACE SVĚTLA

2) POLARIZACE SVĚTLA DVOJLOMEM

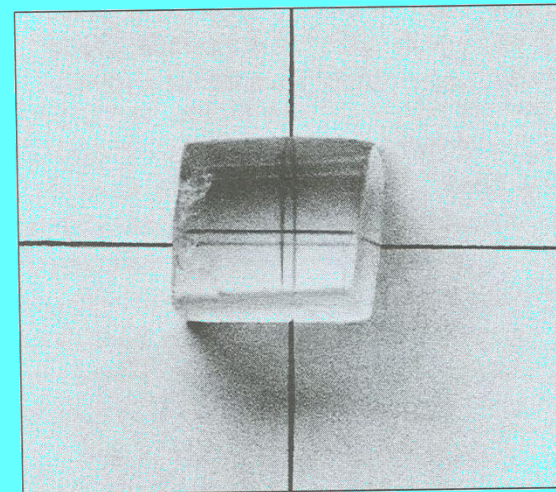
Světelný paprsek se při průchodu opticky anizotropním krystalem rozdělí na dva lineárně polarizované paprsky, nastává **dvojlom**.

1. **paprsek řádný** - splňuje zákon odrazu a lomu
2. **paprsek mimořádný** - vzniká v důsledku anizotropie krystalu.

Vektory intenzity **E** kmitají v navzájem kolmých směrech.

Př. islandský vápenec.

[DVOJLOM](#)



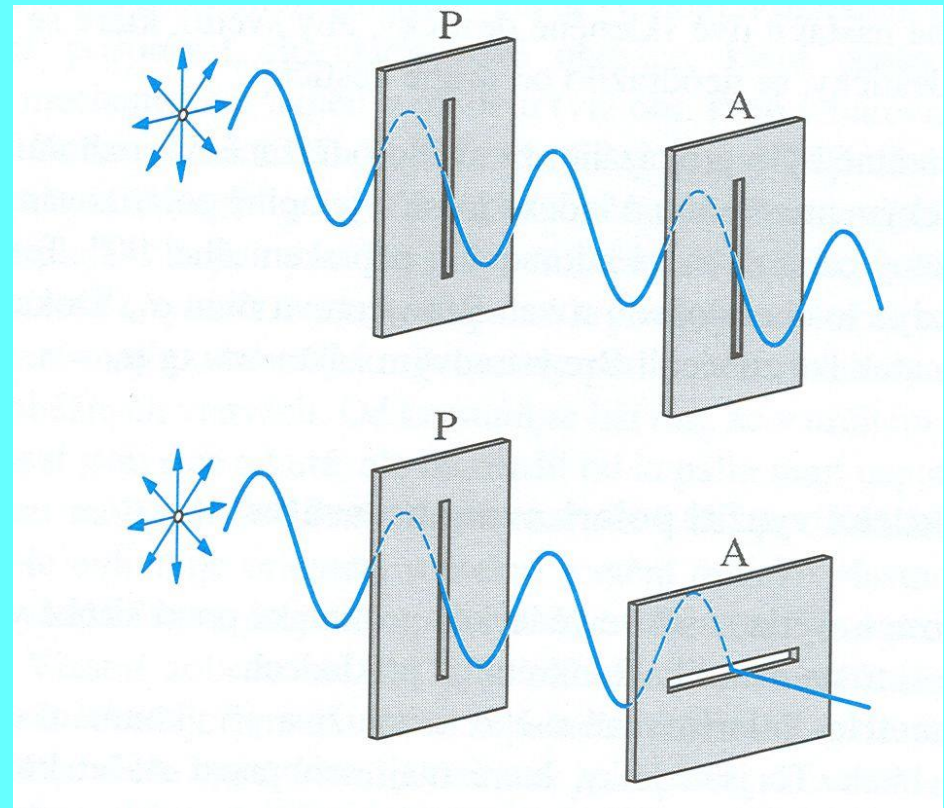
MOŽNOSTI POLARIZACE SVĚTLA

3) POLARIZACE SVĚTLA ABSORPCÍ

Polarizátor – přirozené světlo změní na polarizované.

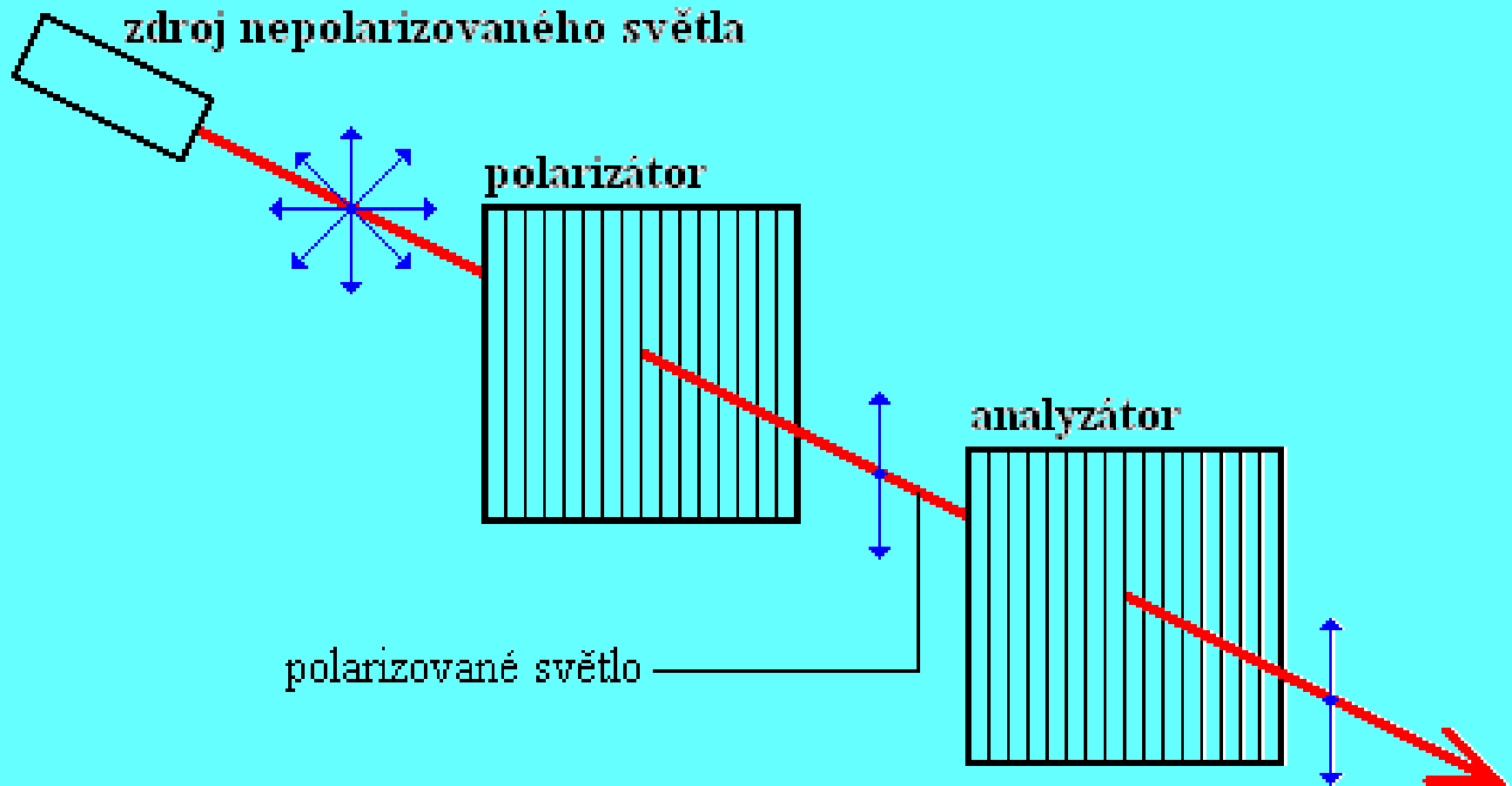
Analyzátor – odliší polarizované světlo od nepolarizovaného.

(Z analyzátoru projde polarizované světlo jen v případě, že je orientováno stejně jako polarizátor).



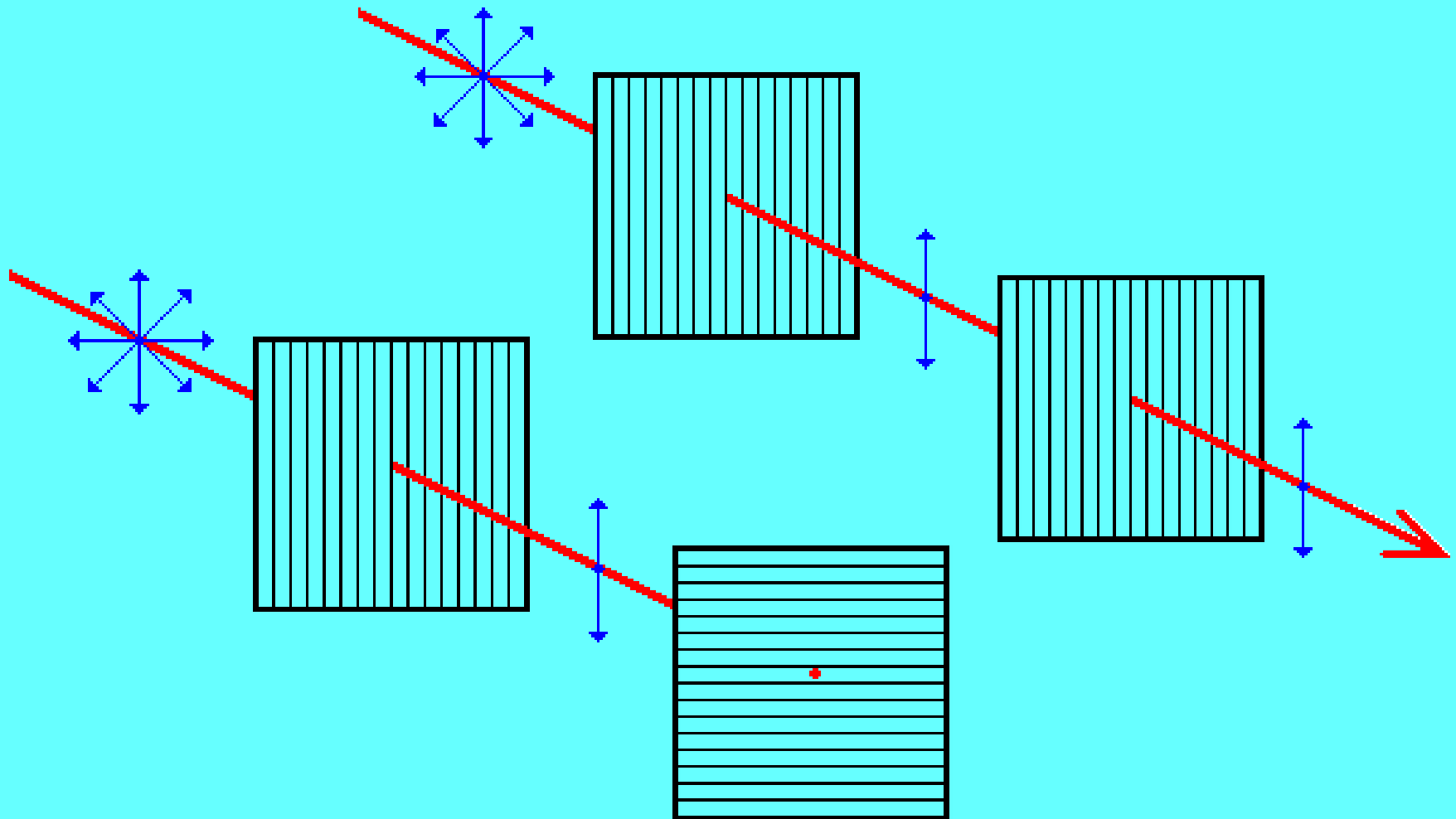
MOŽNOSTI POLARIZACE SVĚTLA

3) POLARIZACE SVĚTLA ABSORPCÍ



MOŽNOSTI POLARIZACE SVĚTLA

3) POLARIZACE SVĚTLA ABSORPCÍ



MOŽNOSTI POLARIZACE SVĚTLA

3) POLARIZACE SVĚTLA ABSORPCÍ

Polaroid

polarizační filtr využívaný v technické praxi k polarizaci. Je vyroben z uměle vyrobené látky **herapatitu**, která vykazuje dvojlom.

Z polaroidu vychází pouze mimořádný lineárně polarizovaný paprsek, řádný je pohlcen.

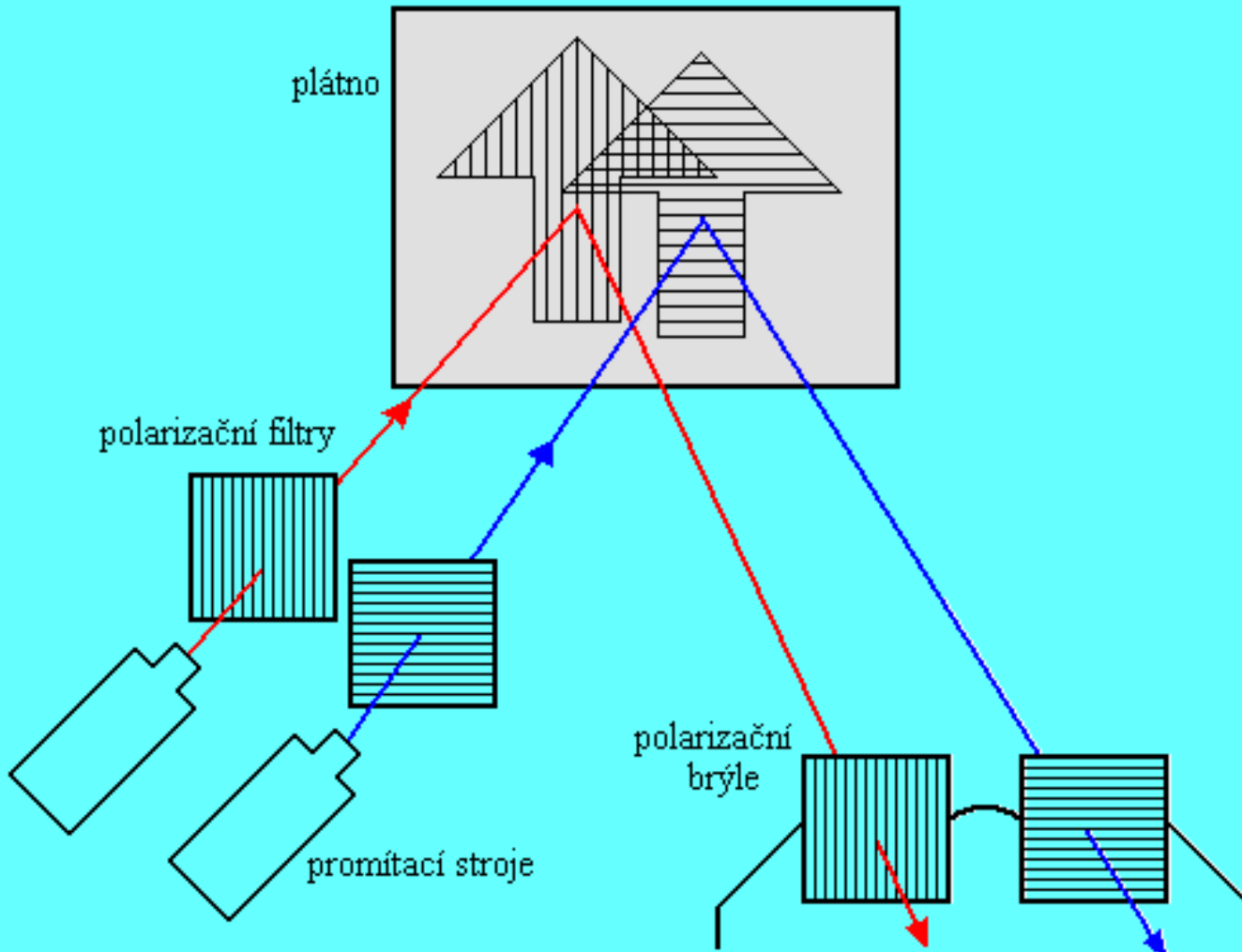
Plastický materiál z dlouhých molekul rovnoběžně srovnaných...

Polarizátor zeslabuje světlo... (dochází k absorpci)
(Např. krycí fólie nad displejem kalkulačky.)

VYUŽITÍ POLARIZACE SVĚTLA

- **Brýle**

- v 3D kině – mají různě polarizována skla.



VYUŽITÍ POLARIZACE SVĚTLA

- **Brýle**

- v 3D kině – mají různě polarizována skla.
- pro rybáře – eliminují odlesky, polarizovány stejně (vidí pod vodu).

- **Polarizační filtry** k fotoaparátům eliminují odlesky ve skle.

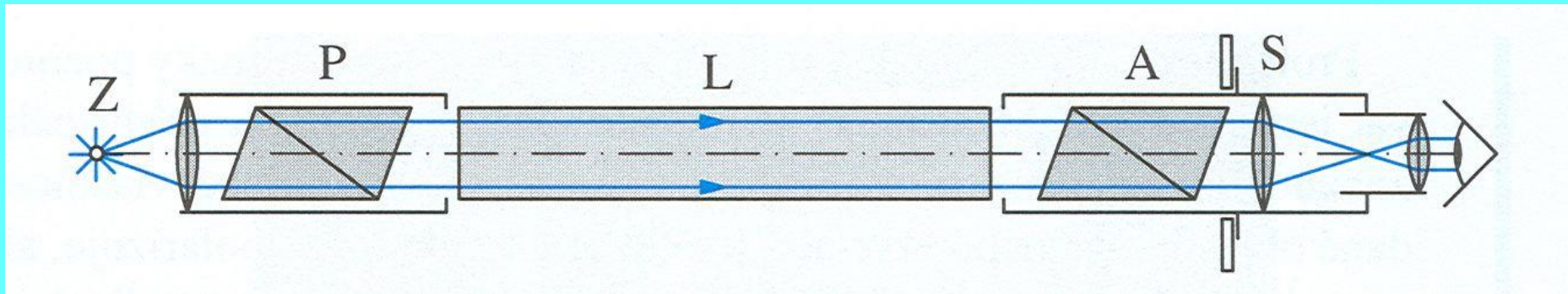
- **Fotoelasticimetrie**

zkoumání rozložení mechanického napětí pomocí fotopružnosti.

VYUŽITÍ POLARIZACE SVĚTLA

- **Polarimetrie** – zjišťování koncentrace roztoků

(podle koncentrace se stáčí kmitová rovina polarizovaného světla).



Zdroj světla

Polarizátor

L - opticky aktivní látka (např. cukr, bílkoviny)

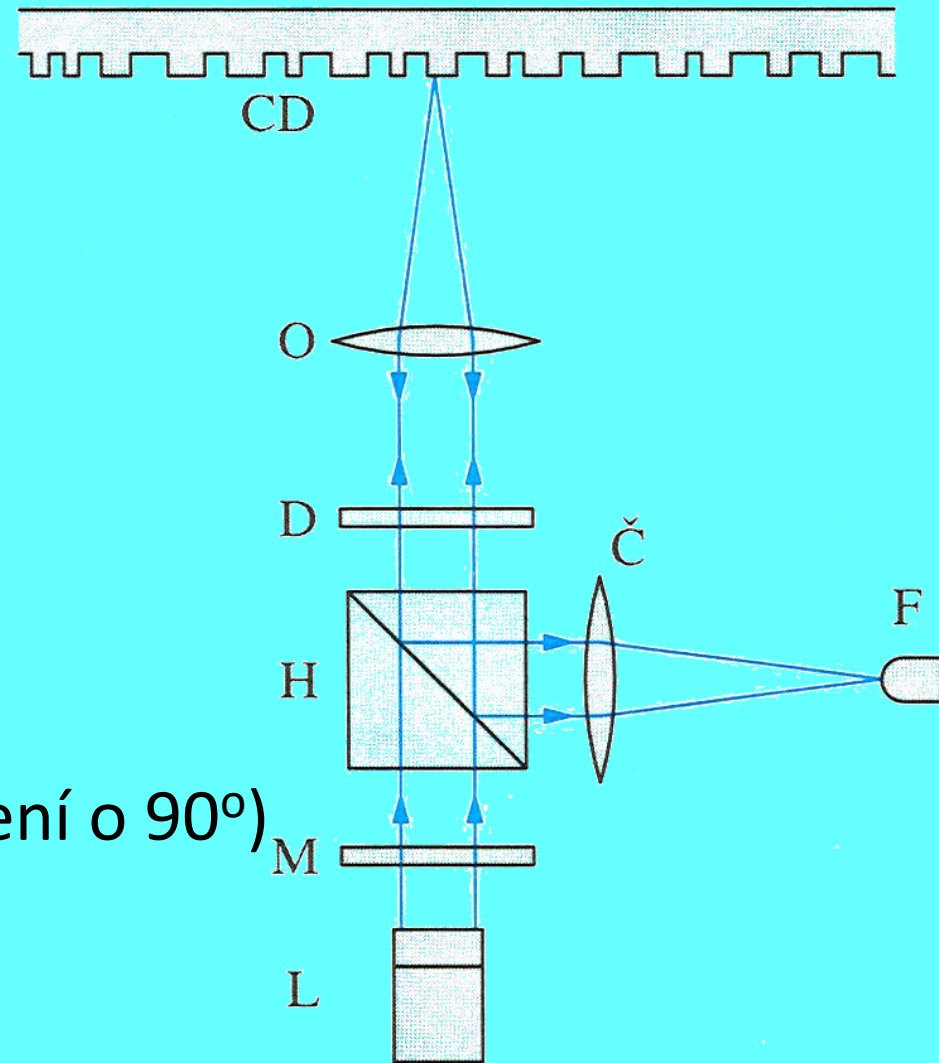
Analyzátor

Stupnice

VYUŽITÍ POLARIZACE SVĚTLA

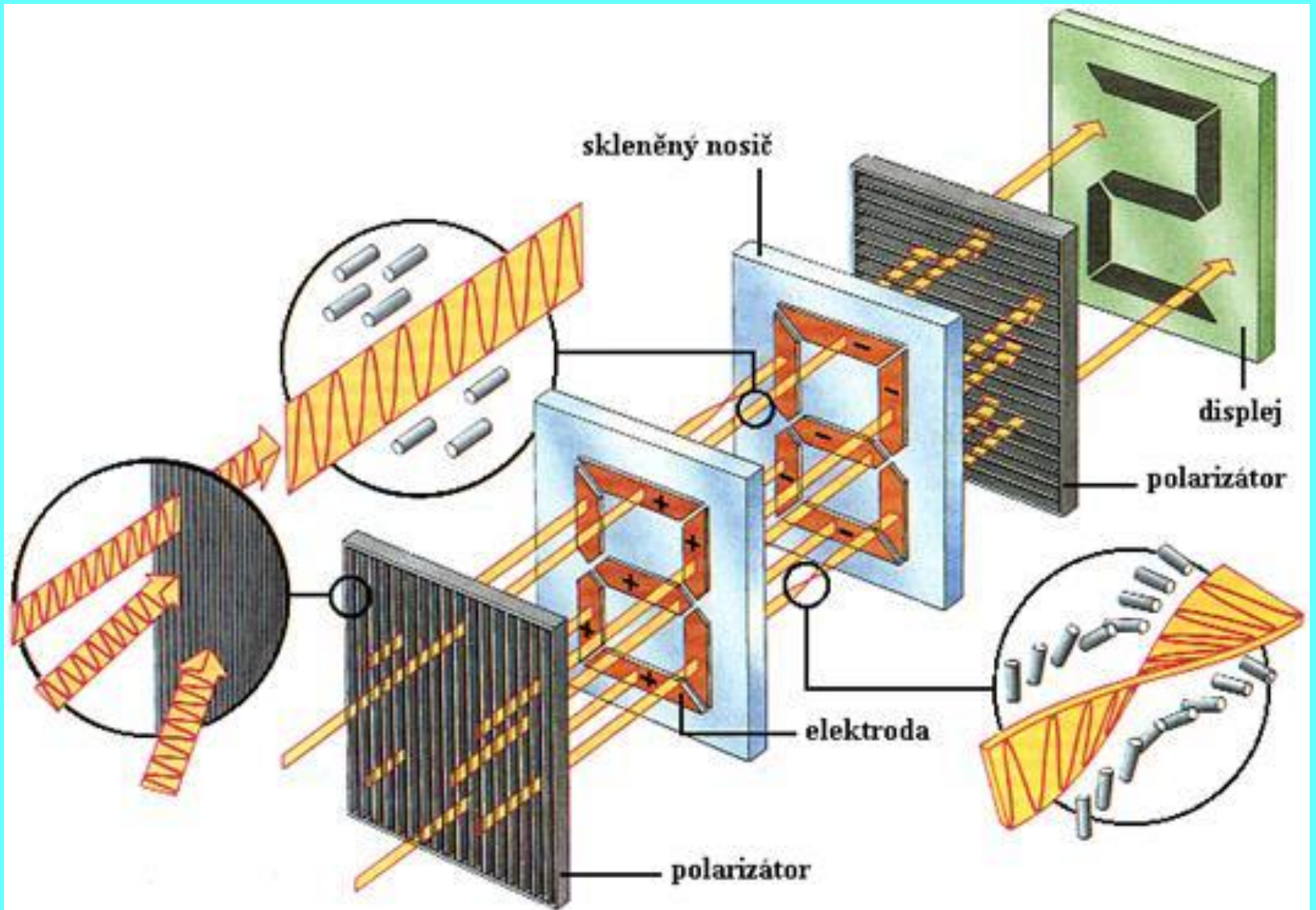
Snímač optického záznamu CD

- Laserová polovodičová dioda
- holografická optická Mřížka
- 0. max - snímání,
- 1. max pro zaostření
- H odrazný dělicí hranol propouští / odráží
- D $\frac{1}{4}$ vlnová destička mění směr polarizační roviny (dvojnásobný průchod – otočení o 90°)
- Objektiv
- CD
- Čočka
- Fotodioda – optický signál se mění na elektrický



VYUŽITÍ POLARIZACE SVĚTLA

LCD monitory



VYUŽITÍ POLARIZACE SVĚTLA

LCD monitory

Každý pixel LCD displeje se skládá z molekul tekutých krystalů uložených mezi dvěma průhlednými elektrodami a mezi dvěma polarizačními filtry, přičemž osy polarizace jsou na sebe kolmé.

Bez krystalů mezi filtry by bylo světlo procházející jedním filtrem blokováno filtrem druhým.

Molekuly tekutých krystalů jsou bez elektrického proudu v chaotickém stavu.

Elektrický proud způsobí, že se molekuly srovnají s mikroskopickými drážkami na elektrodách...

VYUŽITÍ POLARIZACE SVĚTLA

Mnoho živočichů je schopno pozorovat polarizaci slunečního světla, což obvykle využívají pro navigaci.

Polarizované světlo vnímají

- hmyz (včely)
- africký chrobák *Scarabeus* – polarizované světlo Měsíce
- chobotnice, sépie – užívají měnící se výrazné obrazce na pokožce ke komunikaci

2. 4. HOLOGRAFIE

hologram - záznam zobrazovaného předmětu v citlivé vrstvě fotografického filmu nebo plastové fólie

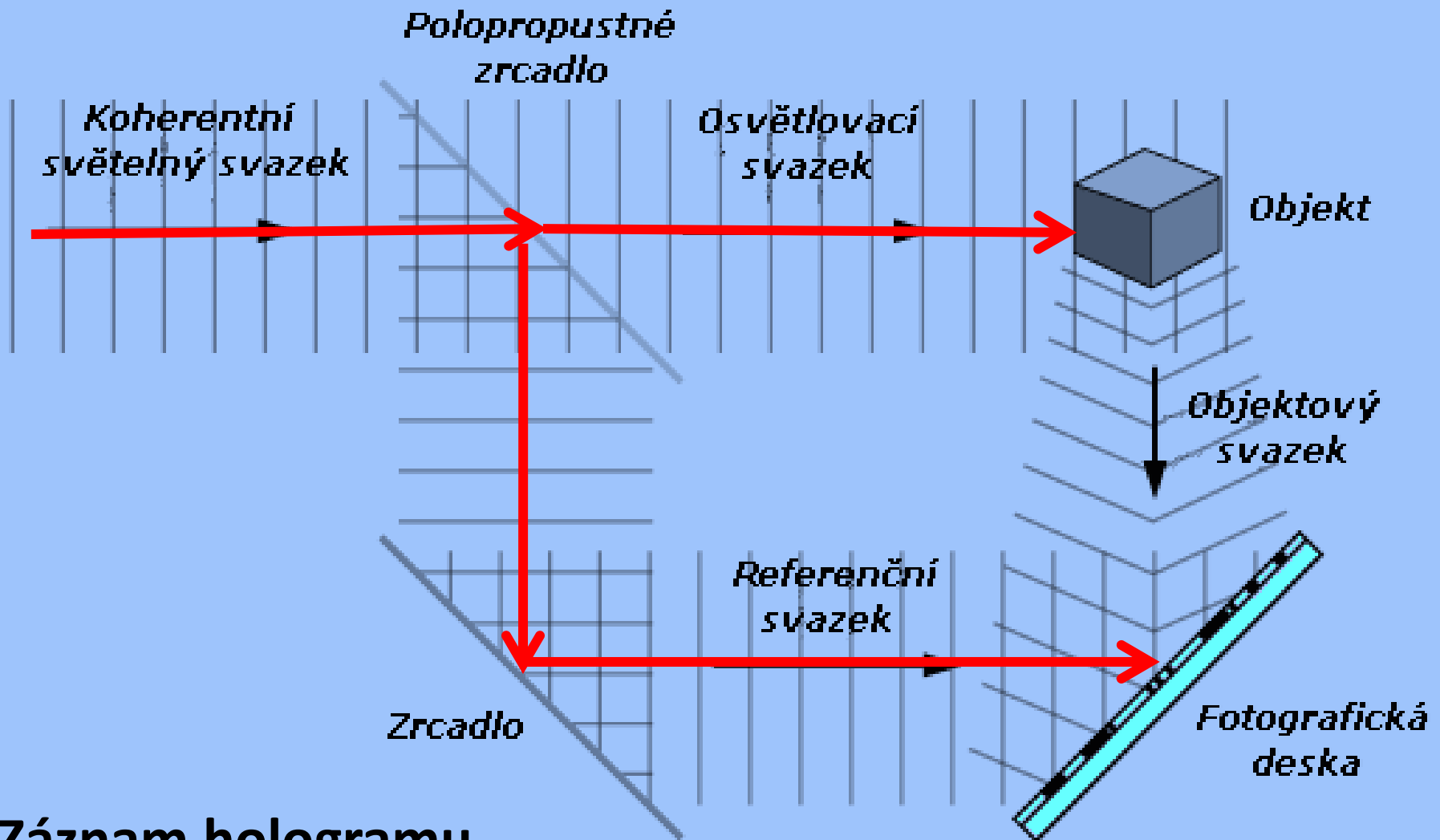
Slovo hologram je složeno ze slov řeckého původu **holos** (znamenající celkový) a **gramma** (zpráva).

1947 DENNIS GABOR vynálezce hologramu
(Nobelova cena 1971)

1961 Michiganská univerzita – použit laser

- fotoaparát 2D - zachytí jen světlo a stín
- 3D světelné vlny se odrážejí od celého povrchu předmětu překrývají se a dávají tak **světlo, stín a hloubku**
- holografie zachytí i hloubku, protože „měří“ vzdálenost, kterou světlo urazilo na cestě od předmětu
- Duhové hologramy
kopie ztrácí optické vlastnosti – zabezpečovací prvek.

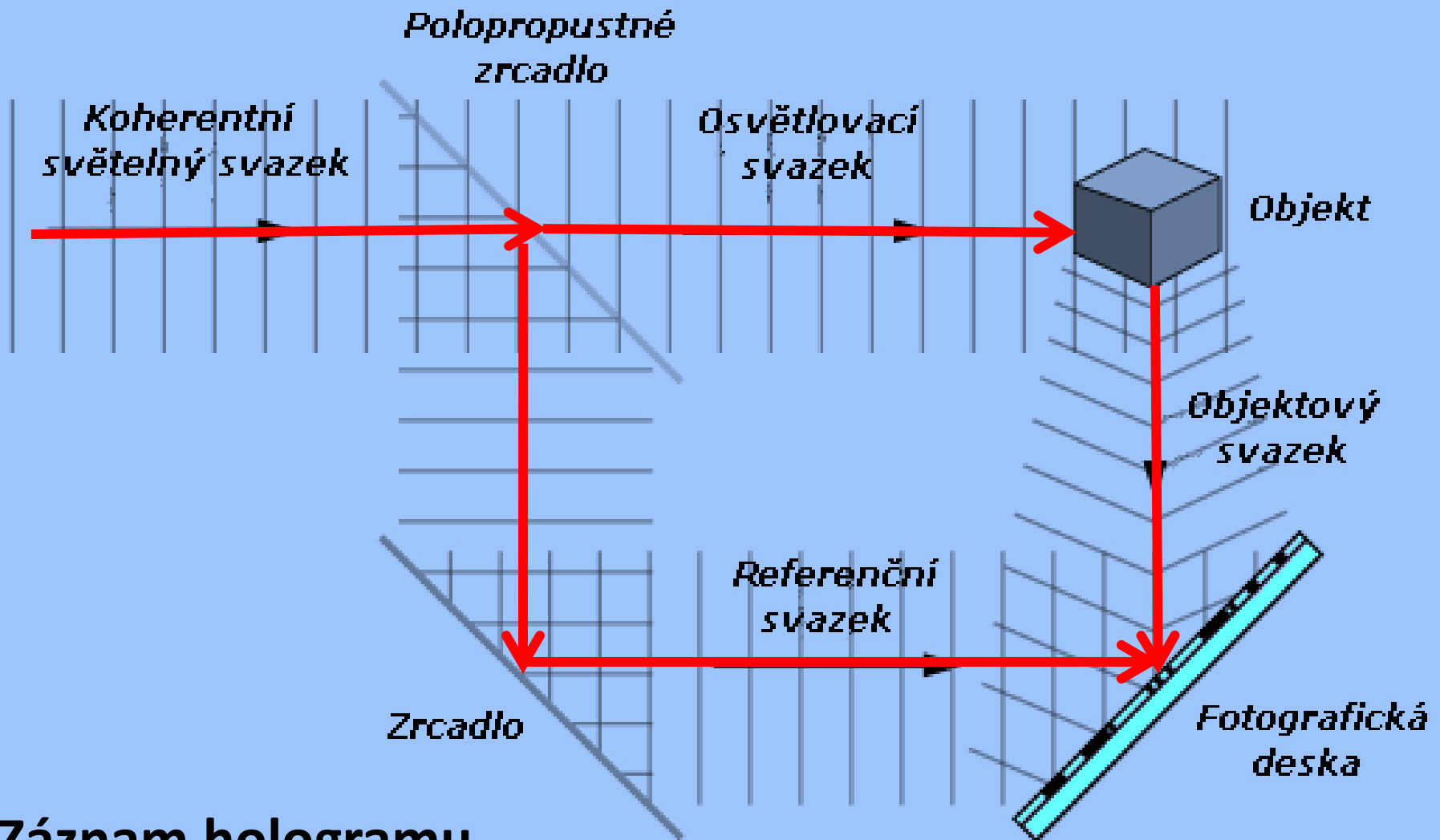
[hologramy](#)



Záznam hologramu

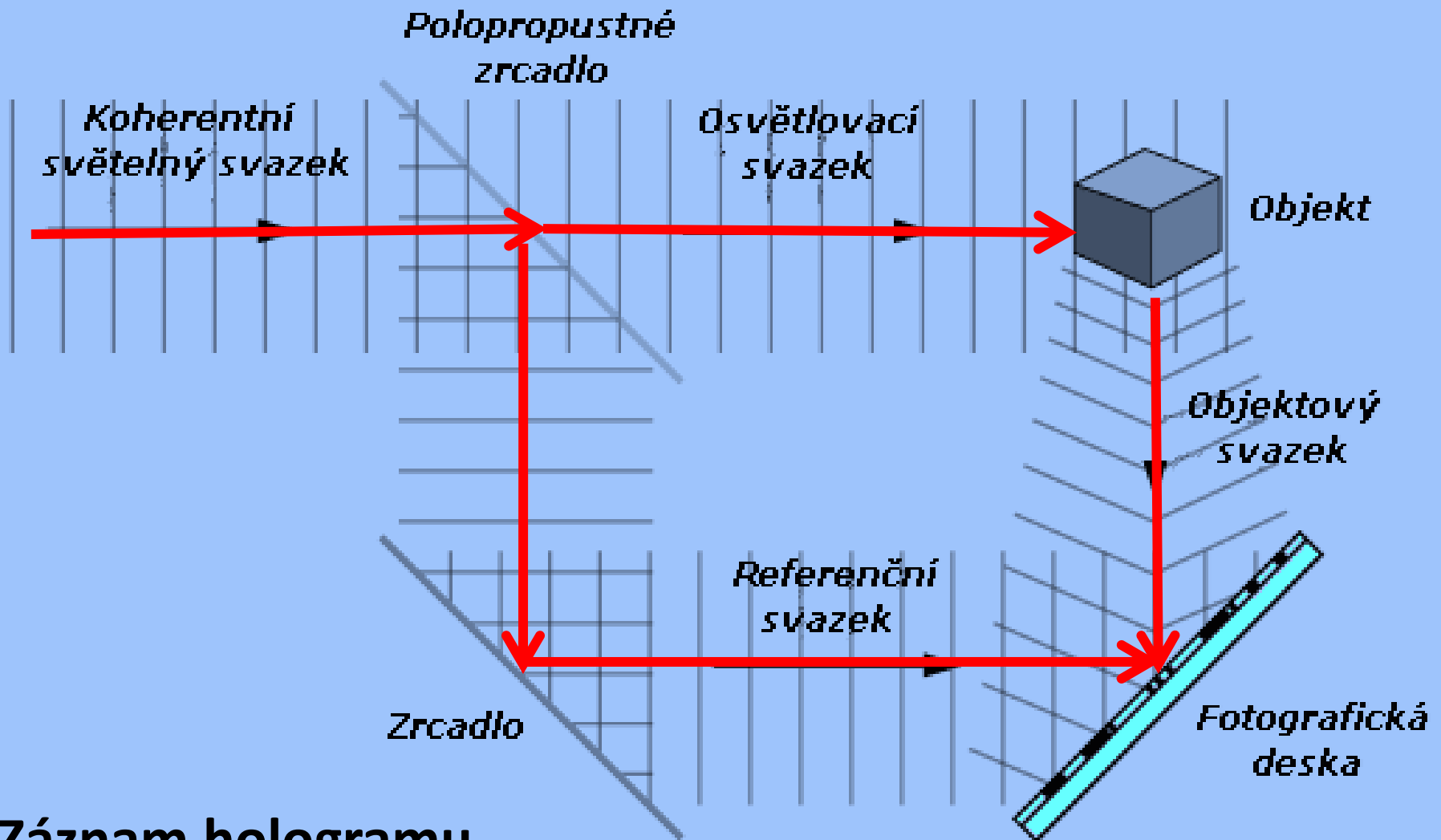
Obr.: 1

- 1) Svazek koherentních světelných paprsků se rozdělí na svazek **osvětlovací** a **referenční**.



Obr.: 1

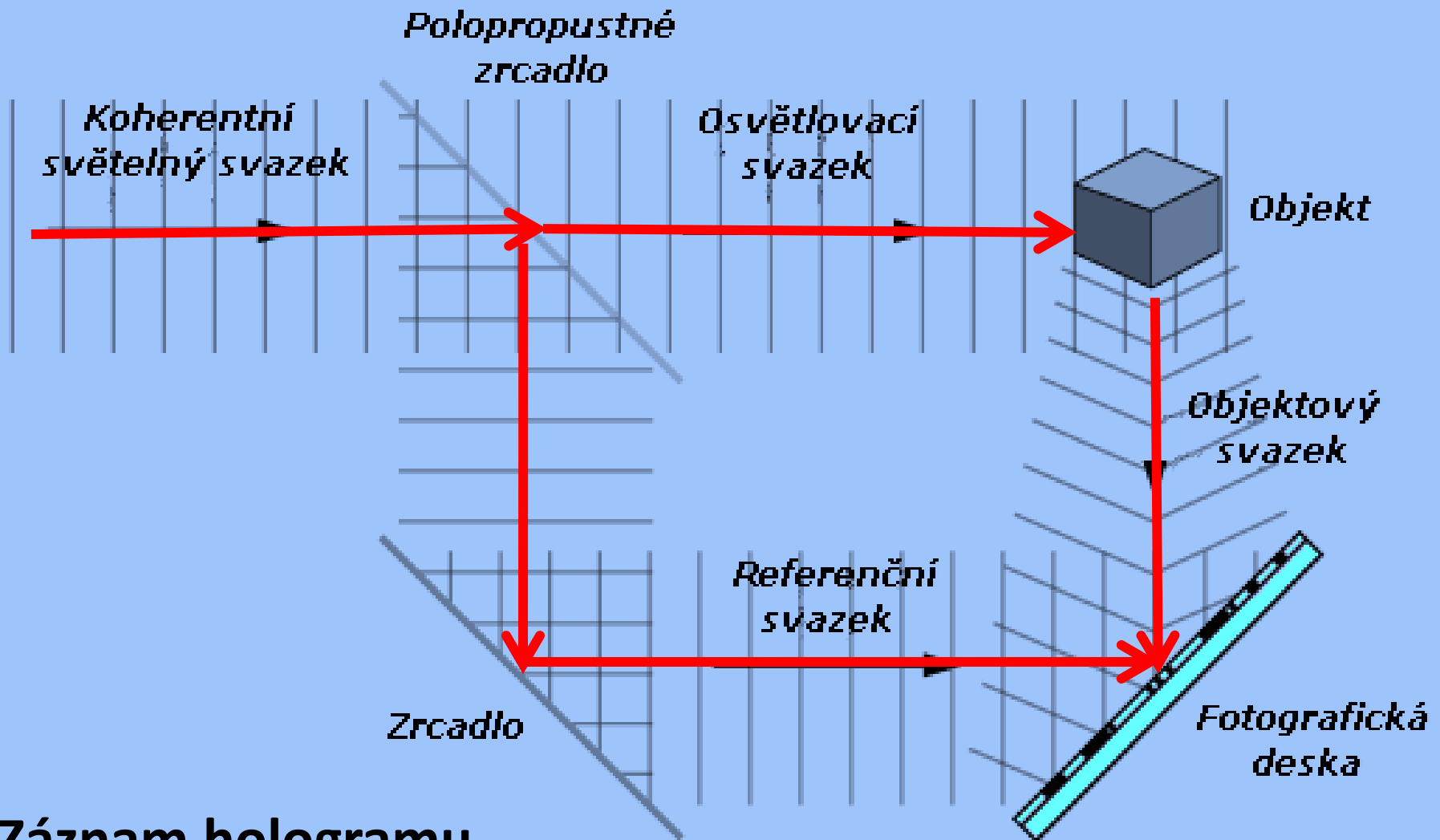
- 2) Po odrazu od objektu vzniká **objektový** svazek, jenž nese informaci o intenzitě světla a jeho fázi.



Záznam hologramu

Obr.: 1

- 3) Objektový a referenční svazek spolu interferuje. Vznikne interferenční obrazec - hologram.

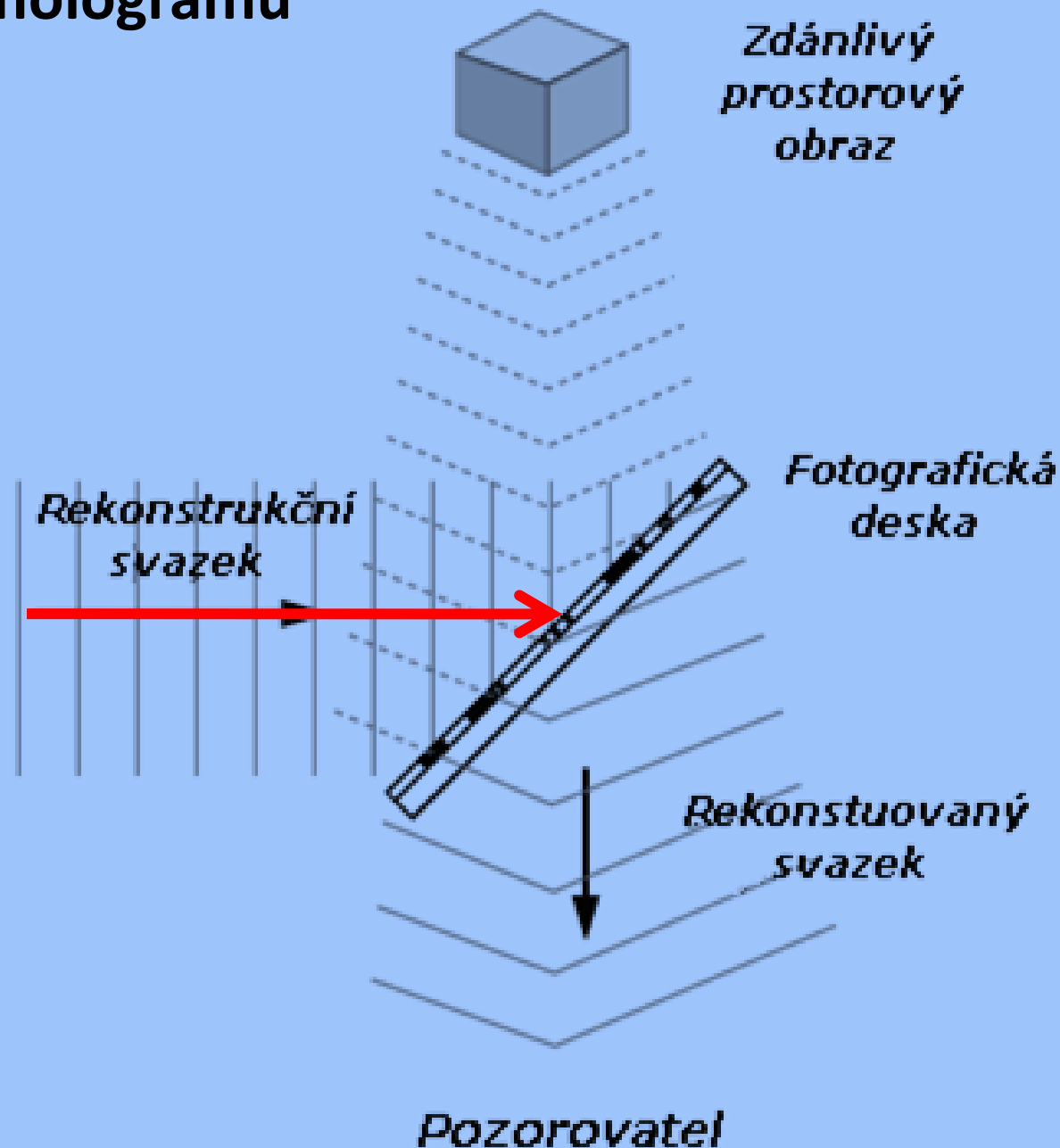


Obr.: 1

- 4) Nepravidelně rozmístěná interferenční maxima a minima se zaznamenají v obrazovém nosiči (např. fotografický film).

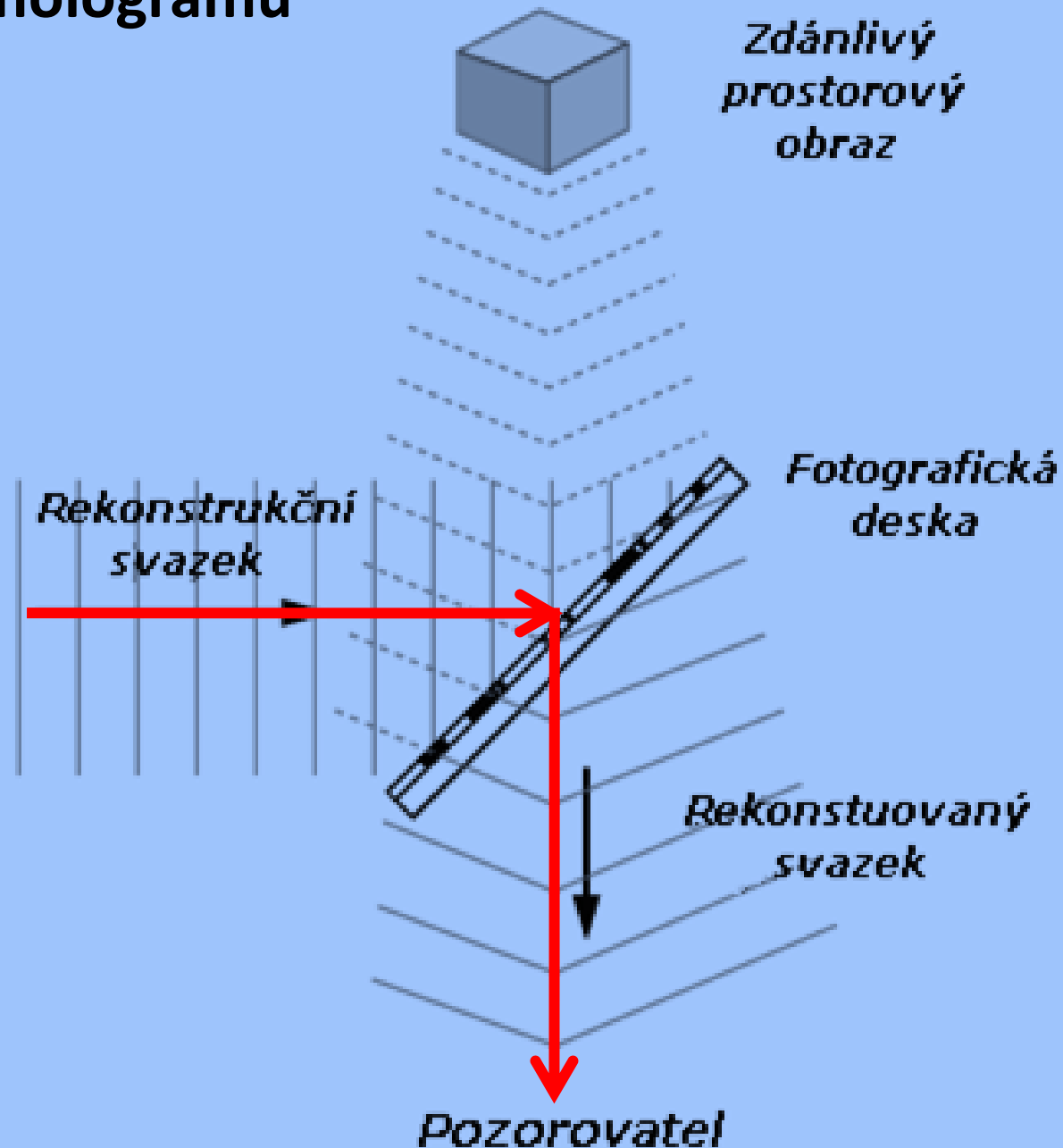
Rekonstrukce hologramu

1. Osvítíme hologram koherentním tzv. **rekonstrukčním** svazkem paprsků vyzařovaným laserem pod stejným úhlem, pod jakým dopadal referenční svazek.



Rekonstrukce hologramu

2. Díky difrakci rekonstrukčního svazku se vytvoří rekonstruovaný svazek odpovídající trojrozměrnému obrazu předmětu, který je v hologramu zaznamenán.



Rekonstrukce hologramu

3. Hologramem projdou jen paprsky odpovídající paprskům odraženým od zaznamenaného předmětu.

4. Výsledkem je zdánlivý prostorový obraz.

