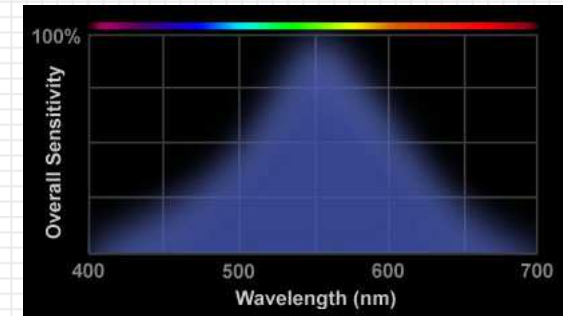
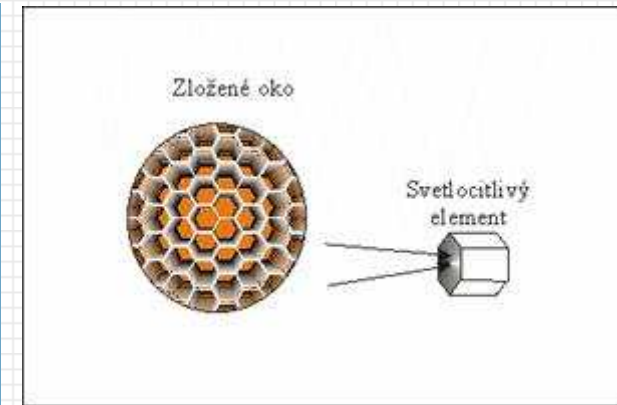
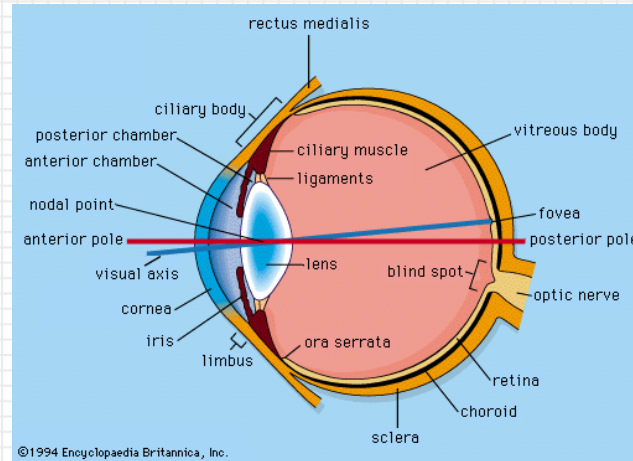


*Fyzikálna podstata svetla. Svetlo ako elektromagnetické vlnenie.
Základné zákony geometrickej optiky.
Index lomu. Fermatov princíp. Snellov zákon.
Ohyb svetla na jednoduchej štrbine a na mriežke.*



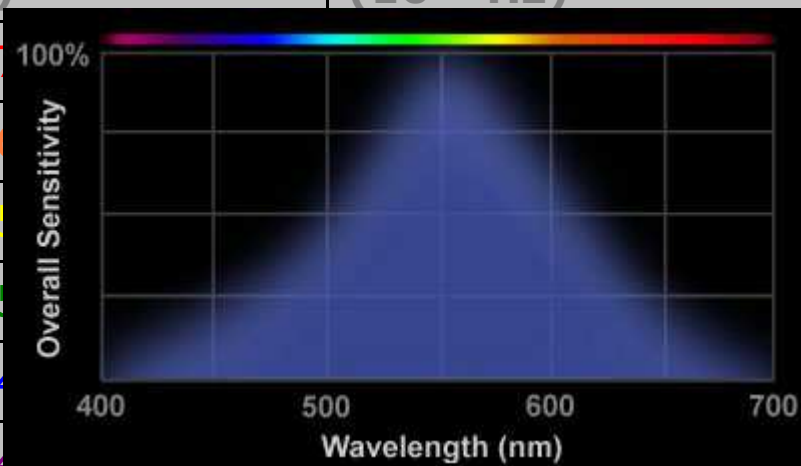
Viditeľné spektrum elektromagnetického žiarenia



Komorové oko človeka
(vysoká rozlišovacia schopnosť, malý uhol)

Zložené oko hmyzu
(malá rozlišovacia schopnosť, dobrý uhol)

Colour	Spektrálna citlivosť oka (nm)	Frequency (THz) (10^{12} Hz)
Red		
Orange		
Yellow		
Green		
Blue		
Violet		

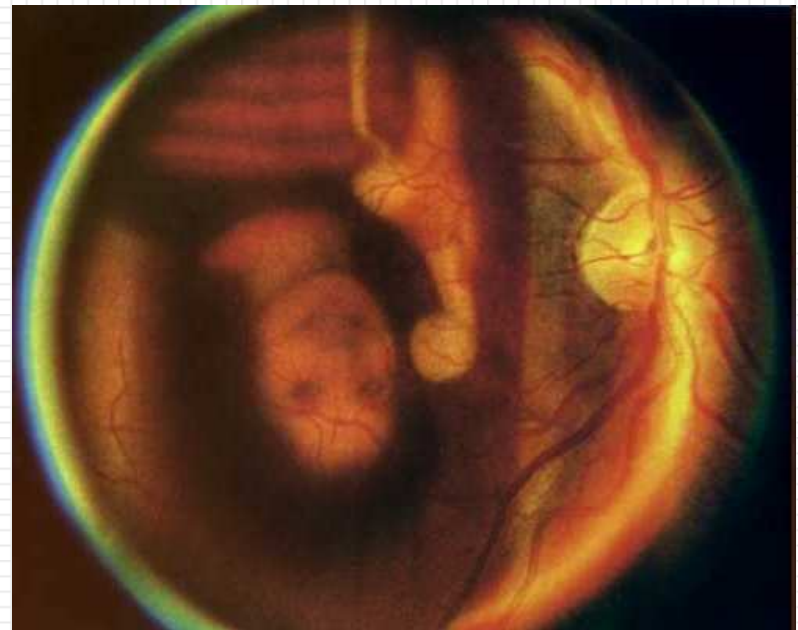
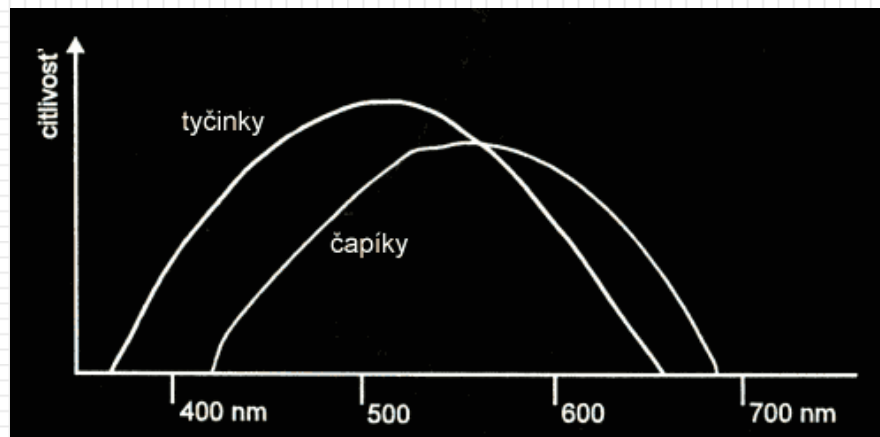


Oko – farebné videnie

- sietnica**
- **tyčinky** - vysoká citlivosť na svetlo, nerozoznávajú farby
 - **čapíky** - menšia citlivosť na svetlo, rozoznávajú farby (5-7 mil.)
 - 3 druhy citlivé na rôzne farby (**modrofialová**, **zelená**, **žlto-červená**)

Tyčinky a čapíky sú rozptýlené po sietnici vo vzdialenosti 0,0025mm, čo limituje rozlišovaciu schopnosť oka. Najväčšia hustota čapíkov je v okolí tzv. žltej škvrny, ktorá je zhruba v optickej osi oka.

Adaptácia oka svetlo-tma – 3-10min. a tma svetlo 1-2min.

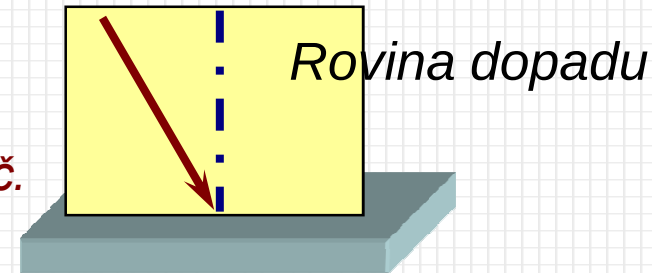


Základné zákony geometrickej optiky

Geometrická optika = náuka o optickom zobrazovaní

Čiara, pozdĺž ktorej sa šíri energia svetla je svetelný lúč.

Z bodové zdroja vychádzajú rozbiehavé - divergentné lúče.



***Zákon priamočiareho šírenia sa svetla:** Vo vákuu a v homogénnom prostredí sú svetelné lúče priamky.*

***Zákon nezávislosti svetelných lúčov:** Tým istým bodom môže prechádzať viac lúčov, ktoré sa navzájom neovplyvňujú.*

***Zákon odrazu svetla:** Pri odraze zostáva lúč v rovine dopadu a zvierá s kolmicou uhol odrazu α_2 rovný uhlu dopadu α_1 .*

***Zákon lomu svetla:** Pri lome zostáva lúč v rovine dopadu a zvierá sa kolmicou uhol lomu α_3 . Medzi uhlom dopadu a lomu platí Snellov zákon.*

Fermatov princíp, Snellov zákon

Svetelný lúč prechádzajúci z miesta A do miesta B sa šíri tak, aby čas prechodu bol minimálny.

čas potrebný na prechod z A do B

$$t = \frac{\sqrt{x^2 + y_1^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{(d-x)^2 + y_2^2}}{v_2}$$

$$\frac{dt}{dx} = \frac{n_1}{c} \frac{1}{2} \frac{2x}{\sqrt{x^2 + y_1^2}} + \frac{n_2}{c} \frac{1}{2} \frac{2(d-x)(-1)}{\sqrt{(d-x)^2 + y_2^2}} = 0$$

$$\frac{n_1 x}{\sqrt{x^2 + y_1^2}} = \frac{n_2 (d-x)}{\sqrt{(d-x)^2 + y_2^2}}$$

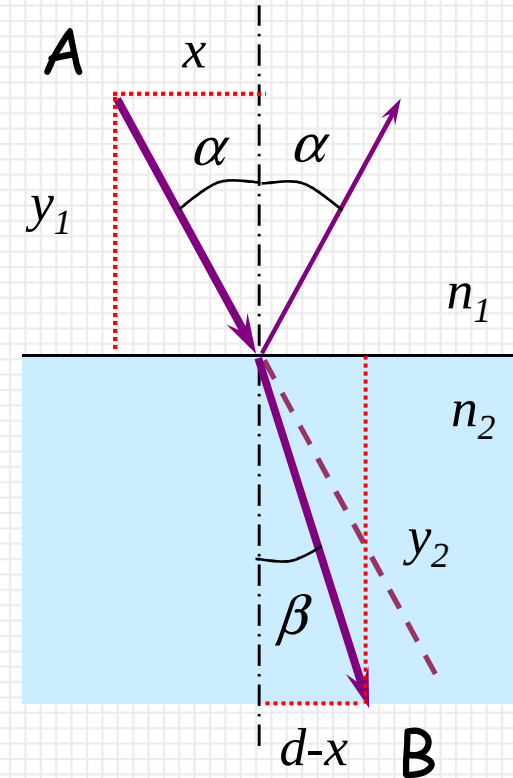
$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

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

Snellov zákon

$$\sin \alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y_1^2}}$$

$$\sin \beta = \frac{d-x}{\sqrt{(d-x)^2 + y_2^2}}$$



Index lomu

V reálnom prostredí je rýchlosť svetla menšia ako vo vákuu

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} < c$$

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

$$n = f(\lambda)$$

$$n_{\text{červená}} < n_{\text{modrá}}$$

*Index lomu niektorých látok pre vlnovú dĺžku
 $\lambda=589 \text{ nm}$*

Vodík	1.000132
Voda	1.333
Diamant	2.417

*Závislosť indexu lomu od vlnovej dĺžky je **disperzia***

Kritický uhol, totálny odraz

Pri prechode lúča z opticky hustejšieho do opticky redšieho prostredia sa lúč láme od kolmice.

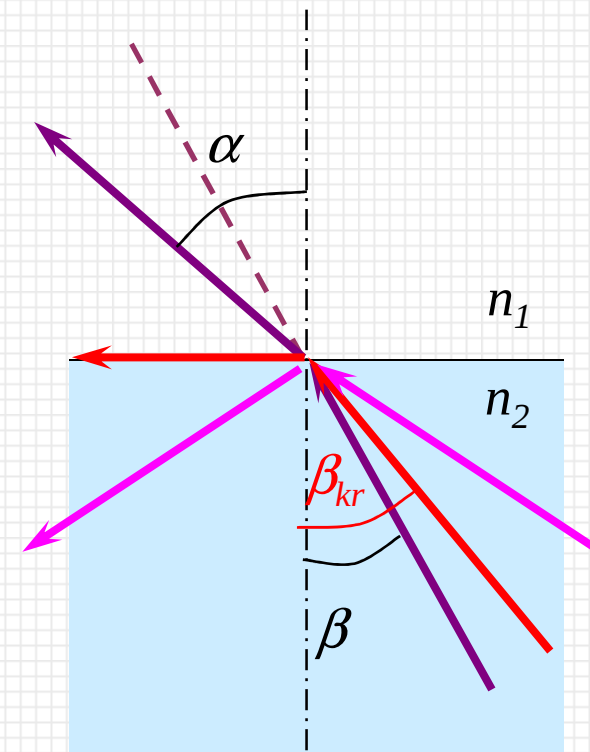
Platí **Snellov zákon**:
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$$

Zväčšovaním uhla dopadu narastá aj uhol lomu. Pri istej hodnote uhla dopadu, ktorý sa nazýva **kritický uhol**, lúč neprejde rozhraním.

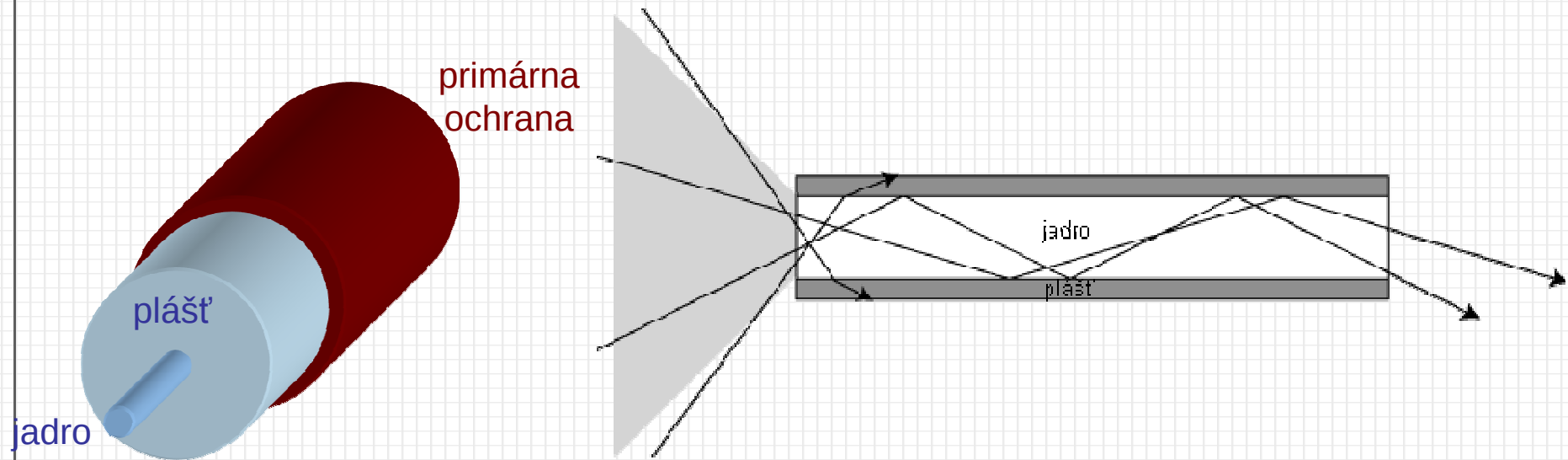
$$\alpha = 90^\circ; \sin \alpha = 1$$

$$\beta_{kr} = \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2}\right)$$

Pre uhly väčšie ako je kritický uhol dochádza k tzv. **totálnemu odrazu** (reflexii)



Vedenie svetla v optických vláknach



Rez optickým vláknom pre telekomunikačné aplikácie. Priemer plášťa je $\sim 100 - 150 \mu\text{m}$ a priemer jadra $\sim 10 \mu\text{m}$. Rozdiel indexu lomu medzi plášťom a jadrom asi 5 tisícín.

Šírenie sa svetla optickým vláknom na princípe úplného odrazu na rozhraní dvoch prostredí s rozdielnym indexom lomu.

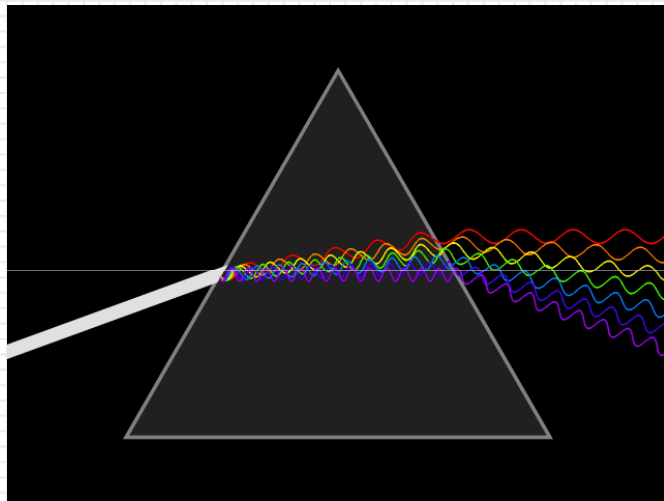
Dôsledky Fermatovho princípu - disperzia svetla

Príklady: Prechod svetla hranolom (posunutie dráhy lúča)

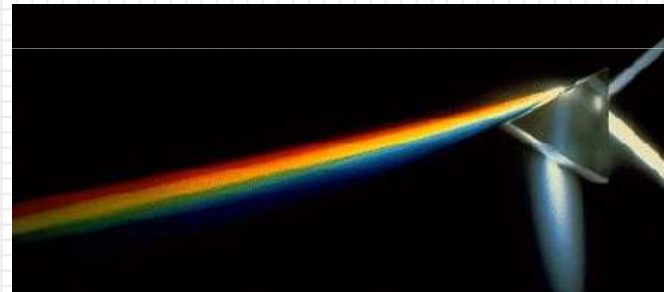
Zdanlivý obraz svetla za horizontom

Fatamorgána

Disperzia svetla



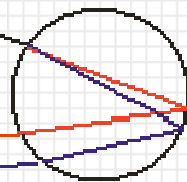
V dôsledku disperzie sa rozkladá svetlo na optickom hranole



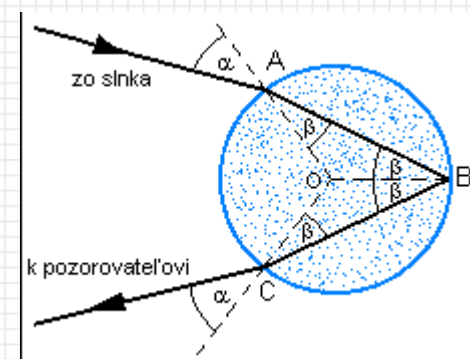
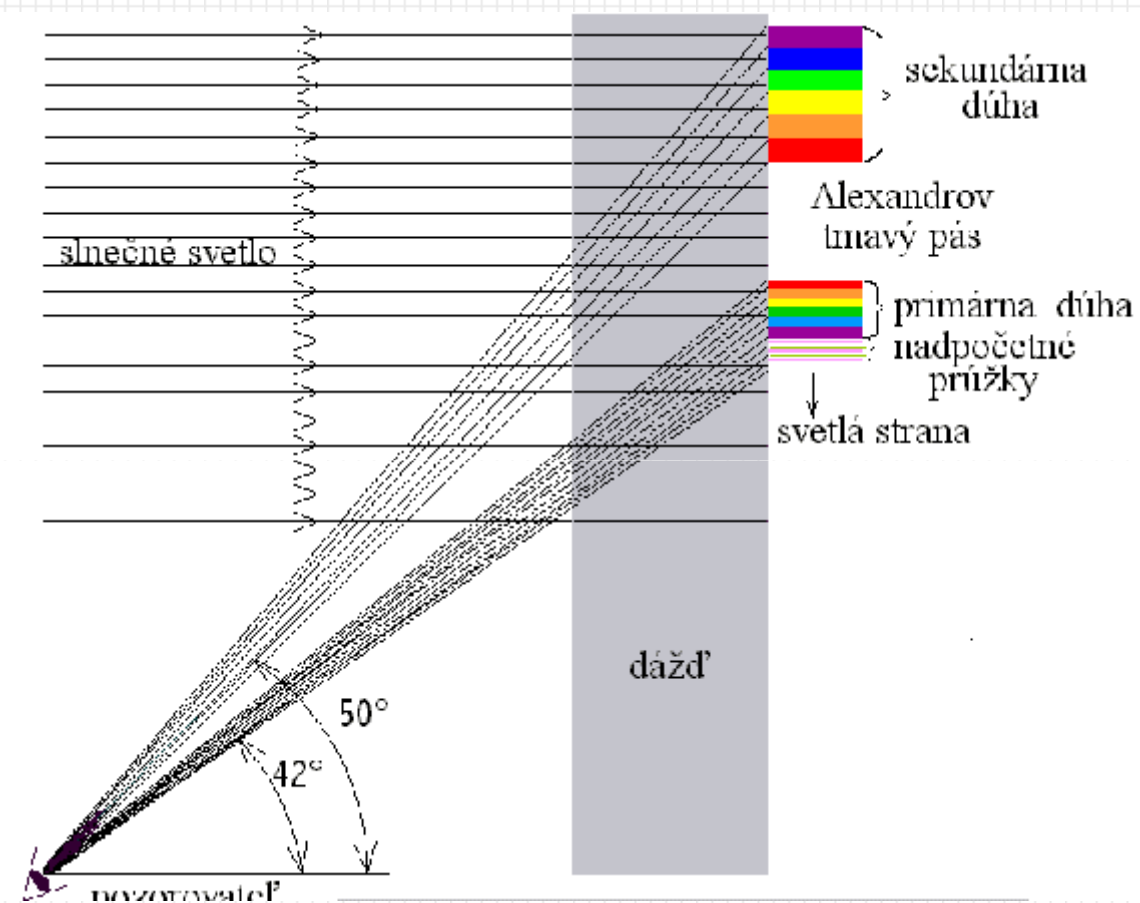
Biele svetlo

Červená zložka

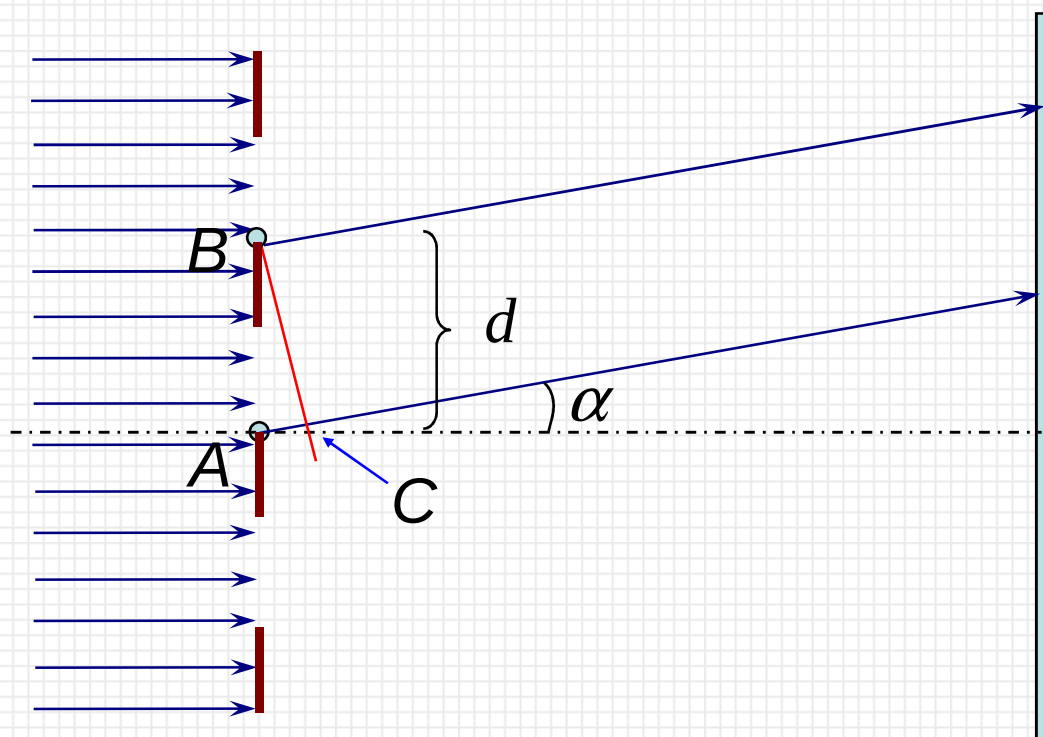
Fialová zložka



Vznik dúhy na vodných kvapkách



d ... mriežková konštanta $N = \frac{1}{d}$ N ... počet vrypov na dĺžkovú jednotku

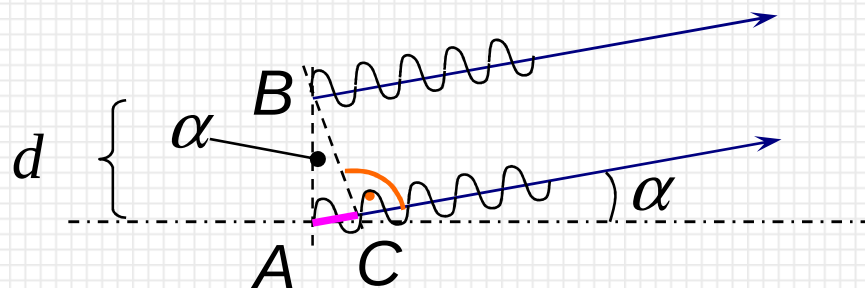


$$AC = d \sin \alpha$$

$$n\lambda = d \sin \alpha$$

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

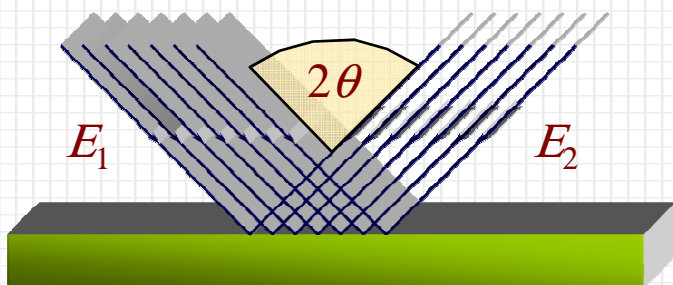
n ... rád maxima



V prípade bieleho svetla je v priamom smere maximum nultého rádu. Fialová časť spektra je najbližšie k nultému rádu.

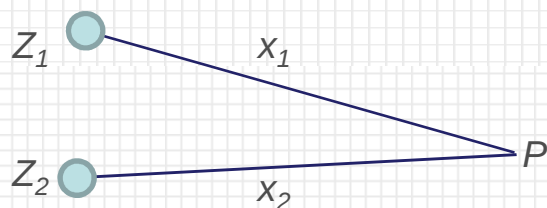
Interferencia svetla (1)

12



Interferencia elektromagnetického vlnenia vzniká za rovnakých podmienok ako mechanického vlnenia.

Zdroje vlnenia musia byť **koherentné** (rovnaká frekvencia)



$$E(x, y, z, t) = a \cos(\omega t - kx) \quad \text{rovinná vlna}$$

$$E(r, t) = a \cos(\omega t - kr) \quad \text{guľová vlna od bodového zdroja}$$

$$E(x, y, z, t) = \text{Re}\{a \exp(-i\phi) \exp(i\omega t)\}$$

$$E(x, y, z, t) = \text{Re}\{A \exp(i\omega t)\}$$

kde A je komplexná amplitúda

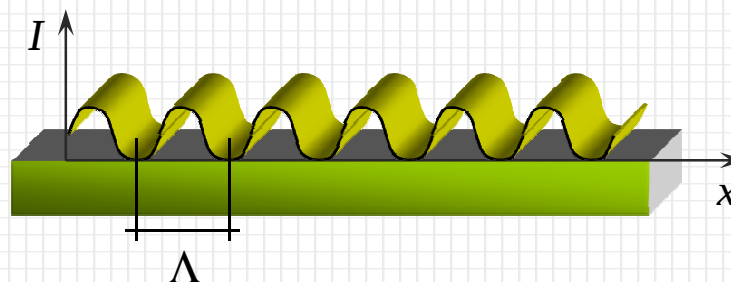
$$A = a \exp(-i\phi) \quad A_1 = a_1 \exp(-i\phi_1)$$

$$A = A_1 + A_2 \quad A_2 = a_2 \exp(-i\phi_2)$$

$$I = |A|^2 = (A_1 + A_2)(A_1^* + A_2^*)$$

$$I = |A|^2 = (A_1 + A_2)(A_1^* + A_2^*)$$

$$I = |A_1|^2 + |A_2|^2 + A_1^* A_2 + A_1 A_2^*$$



$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\phi_2 - \phi_1)$$

$$I_{\max} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}$$

$$I_{\min} = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2}$$

$$I_{\max} = I_1 + I_1 + 2\sqrt{I_1 I_1} = 4I_1$$

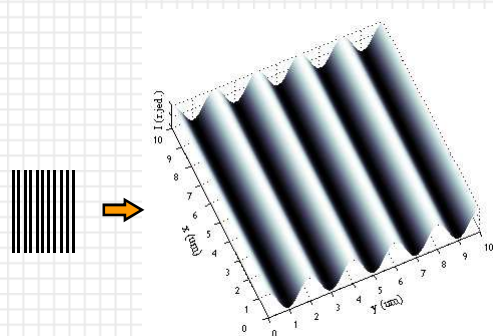
$$I_{\min} = I_1 + I_1 - 2\sqrt{I_1 I_1} = 0$$

V prípade rovnakej fázy dostávame **konštruktívnu** interferenciu, resp. v prípade opačnej **deštruktívnu**.

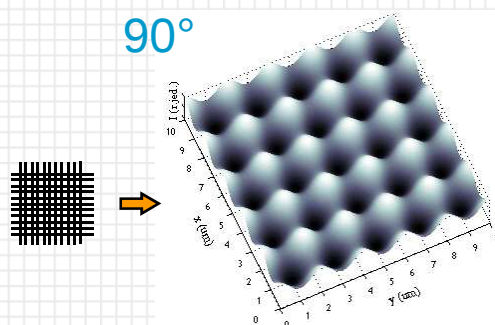
$$\Lambda = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$$

Periódá interferenčného poľa

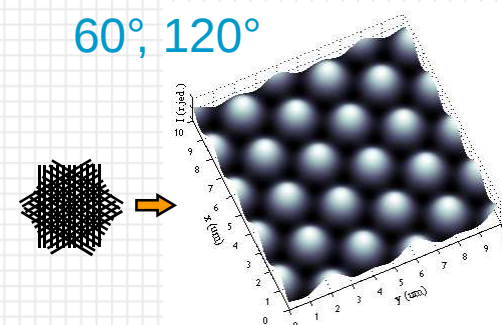
Jednonásobné osvetlenie



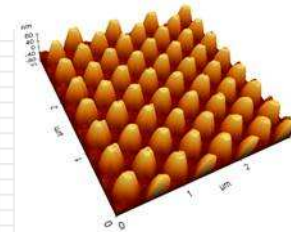
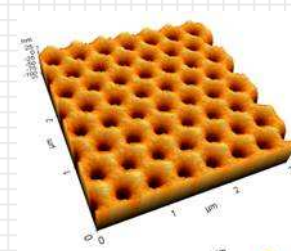
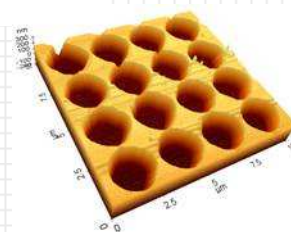
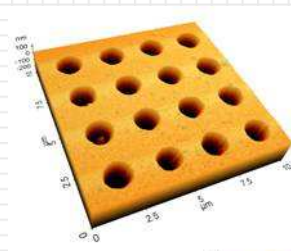
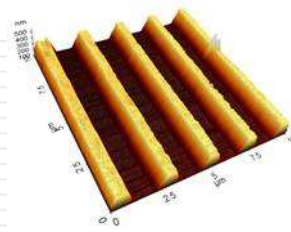
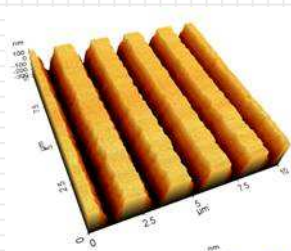
Dvojnásobné osvetlenie



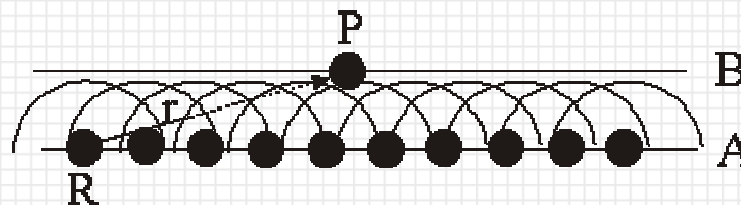
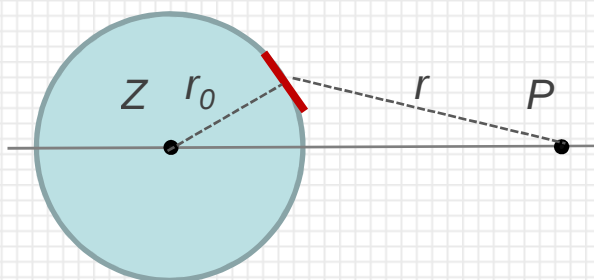
Trojnásobné osvetlenie



Reálne štruktúry pripravené interferenciou



Huygensov princíp - Christian Huygens (1629 – 1695) - princíp skladania svetelnej vlnoplochy pomocou guľových vln. Podľa tohto princípu sa svetelná vlnoplocha A šíri priestorom tak, že **každý bod vlnoplochy sa stáva elementárnym zdrojom žiarenia** – vysiela elementárnu guľovú vlnu. Vhodným poskladaním vzniká nová vlnoplocha B.



Amplitúda vlny vo vzdialenosti r_0 od zdroja

$$A = A_0 \frac{\exp(ikr_0)}{r_0}$$

Príspevok plošného elementu v bode P

$$dI(P) = K \frac{\exp(ikr)}{r} \frac{\exp(ikr)}{r}$$

K ... Koeficient sekundárneho vlnenia závislý od difrakčného uhla