

# Geometrická optika

## Zobrazovací funkce geometrické optiky

⊕ **geometrická optika je aproximací vlnové optiky pro případ, kdy vlnová délka  $\lambda \rightarrow 0$  (u světla  $\lambda = 3-7 \cdot 10^{-7}$  m – dobře splňuje uvedené předpoklady)**

**vlnoplocha**

$$\varphi = \omega(t - \tau) = \omega\left(t - \frac{s}{v}\right) = \omega\left(t - \frac{ns}{c}\right) = \omega\left(t - \frac{E}{c}\right) = \text{konst.}$$

$$dE = c dt = nv dt = n \frac{ds}{dt} dt = n ds \quad \leftarrow E(x, y, z) = \text{konst.}$$

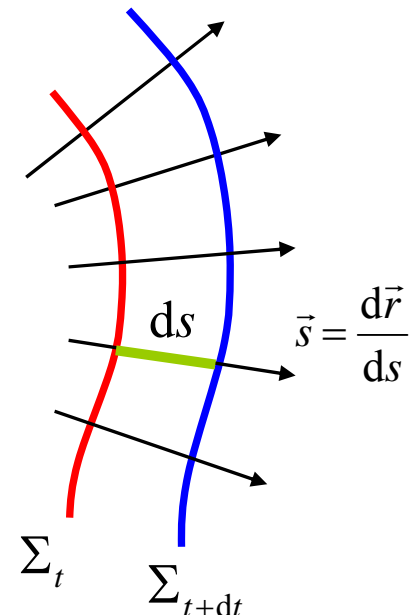
**zobrazovací funkce - eikonál  $E(x, y, z)$**   
 -geometricky má význam optické dráhy podél daného paprsku  
 - paprsky jsou kolmé k vlnoploše

**základní rovnice geometrické optiky**

$$\frac{dE}{ds} = |\text{grad} E| = n$$

$$\text{grad} E(\vec{r}) = n(\vec{r}) \vec{s}$$

$$\left(\frac{\partial E}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial E}{\partial z}\right)^2 = n^2$$

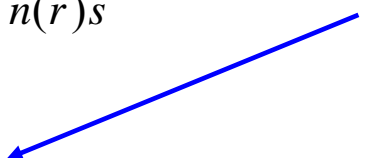




# Geometrická optika


## Rovnice paprsku v nehomogenním izotropním prostředí

⊕ v nehomogenním izotropním prostředí **nejsou paprsky přímky, ale obecně křivky**



$$\nabla E(\vec{r}) = n(\vec{r})\vec{s} \qquad \frac{d}{ds} \nabla E(\vec{r}) = (\vec{s} \cdot \nabla) \nabla E = \frac{1}{n} (\nabla E \cdot \nabla) \nabla E = \nabla n(\vec{r})$$


$$\frac{d}{ds} \nabla E(\vec{r}) = \frac{d}{ds} \left( n(\vec{r}) \frac{d\vec{r}}{ds} \right) = \nabla n(\vec{r})$$


$$\frac{d}{ds} \left( n(\vec{r}) \frac{d\vec{r}}{ds} \right) = \nabla n(\vec{r})$$


$$\frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = n(\vec{r}) \nabla n(\vec{r}) = \frac{1}{2} \nabla n(\vec{r})^2$$

rovnice paprsku


$$ds = n(\vec{r}) dt$$

# Geometrická optika

## Rovnice paprsku v nehomogenním izotropním prostředí

a) homogenní prostředí  $n(\vec{r}) = \text{konst.}$

$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = 0 \quad \longrightarrow \quad \vec{r} = \vec{a}t + \vec{b}$$

v homogenním izotropním prostředí jsou paprsky přímky

b) atmosférická optika

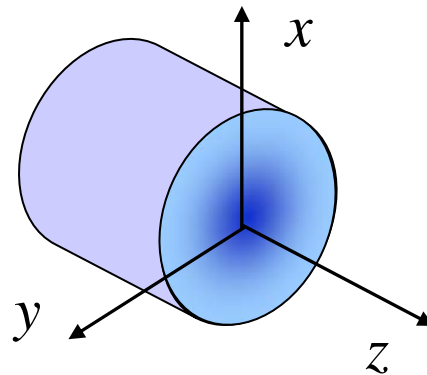
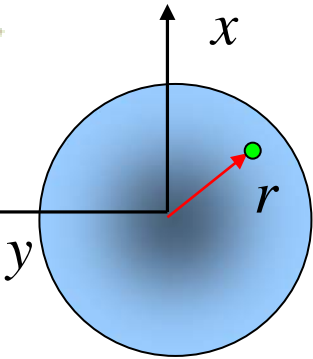
- ✦ vzduch je opticky nehomogenní izotropní prostředí  $n(\vec{r}) \neq \text{konst.}$
- ✦ index lomu vzduchu obecně závisí na mnoha parametrech (tlak, teplota, tlak nasycených vodních par, obsah oxidu uhličitého, apod.)
- ✦ vlivy nehomogenity atmosféry jsou pozorovatelné v případech, kdy optická dráha paprsku v daném prostředí je značně dlouhá (např. astronomická refrakce, fata morgána, měření v inženýrské geodézii,...)
- ✦ paprsky jsou při průchodu vzduchem více či méně odchylovány od přímých drah, což způsobuje např. chyby měření v inženýrské geodézii

# Geometrická optika

## Rovnice paprsku v nehomogenním izotropním prostředí

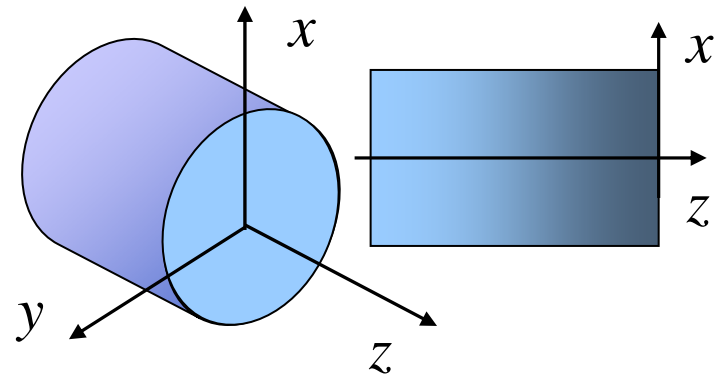
### c) gradientní optické materiály

- ✦ index lomu je definovanou funkcí souřadnic v prostoru
- ✦ takovéto materiály nacházejí široké uplatnění v optických komunikacích (gradientní vlákna), reprografické a zobrazovací technice, měřicí a kontrolní technice, laserové technice, lékařské technice atd.
- ✦ lze dosáhnout toho, že optické soustavy složené z těchto čoček mají velmi dobré zobrazovací vlastnosti při mnohem jednodušší skladbě než u klasických čoček



$$n(x, y, z) = \sum_{k=0}^p A_k r^k$$

**radiální materiály**



$$n(x, y, z) = \sum_{k=0}^s B_k z^k$$

**axiální materiály**

# Geometrická optika

## ⊕ Příklad: (gradientní čočka)

$$n(r) = n_0 \left( 1 - \frac{A}{2} r^2 \right)$$

$$\frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = n(\vec{r}) \nabla n(\vec{r}) = -n_0 A \left[ 1 - \frac{A}{2} (x^2 + y^2) \right] (\vec{i}, \vec{j}, 0)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

