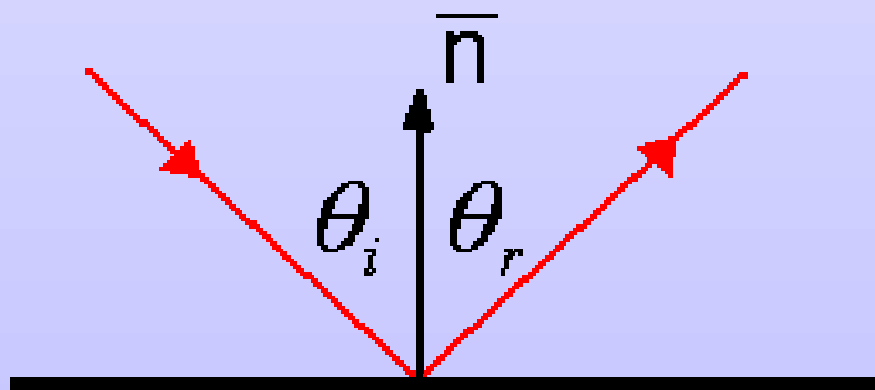


Geometrická optika

Základné hypotézy geometrickej optiky

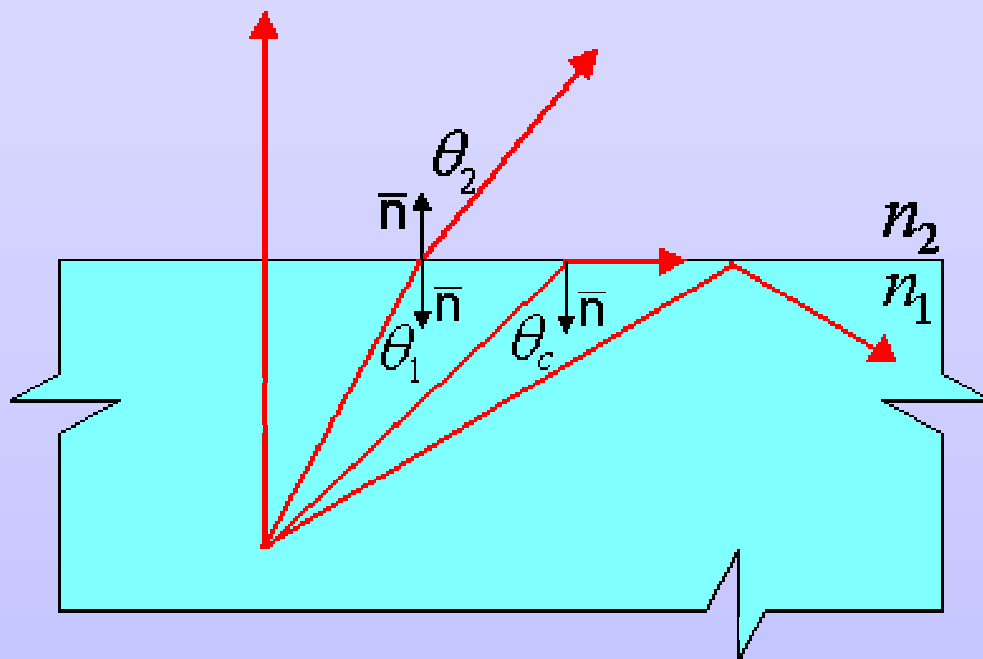
- V homogénnom prostredí sa svetlo šíri **priamočiarno**
- Daným bodom priestoru môže súčasne prechádzať **ľubovoľné množstvo** svetelných lúčov bez toho, aby sa vzájomne ovplyvňovali
- Ak sa smer šírenia svetla zmení na opačný, svetlo sa vracia späť **tou istou** cestou, ktorou postupovalo pôvodne

Zákon odrazu svetla



$$q_r = q_i$$

Snellov zákon lomu svetla



$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin q_2}{\sin q_1}$$

Brewsterov uhol:

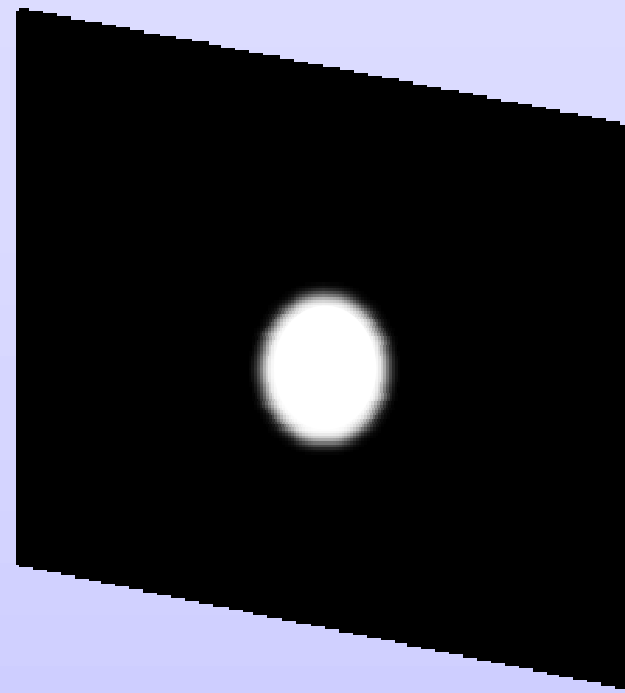
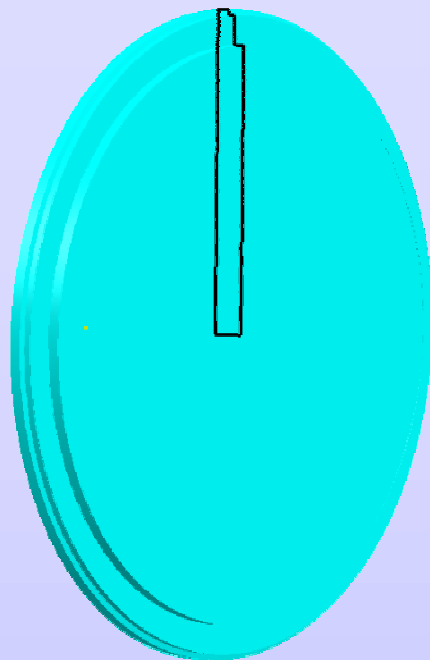
$$q_c = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$

Rozptyľové filtre

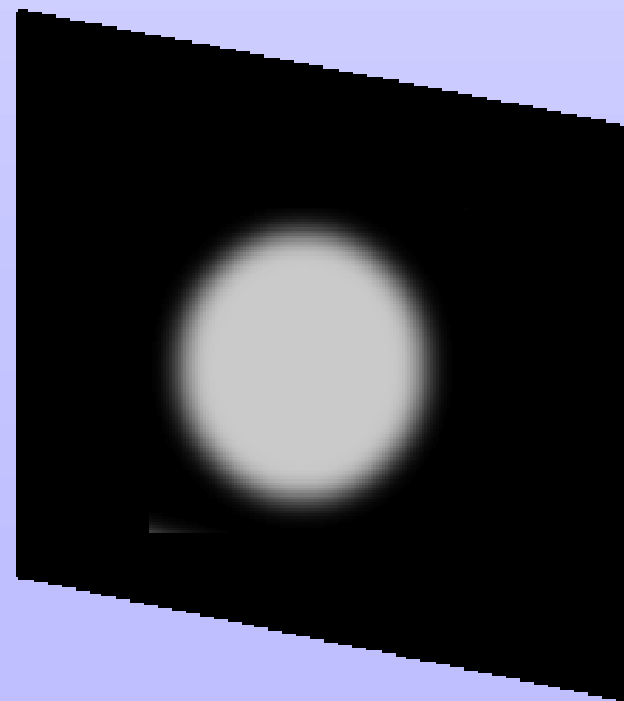
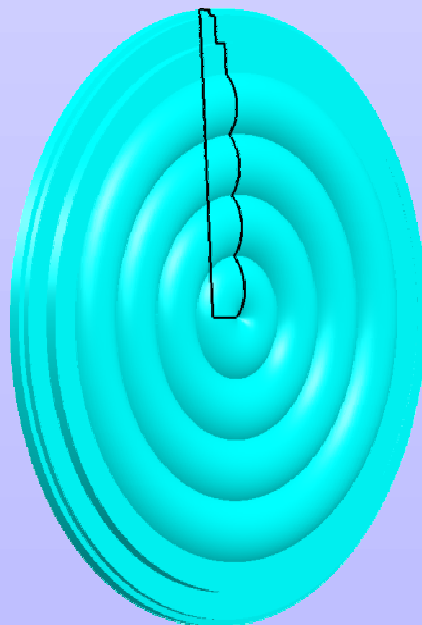


Rotácia

Číry bez rozptylu

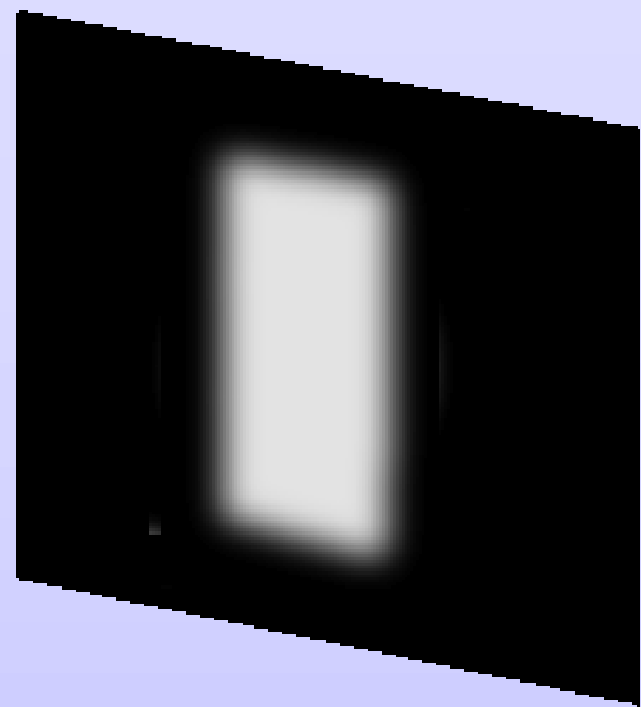
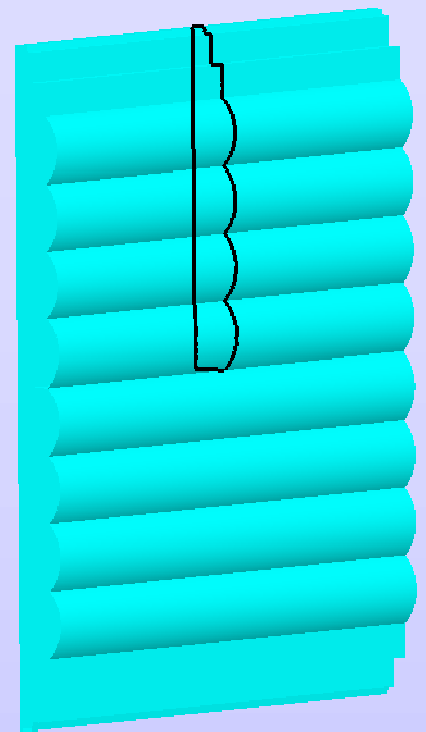


Symetrický rozptyl

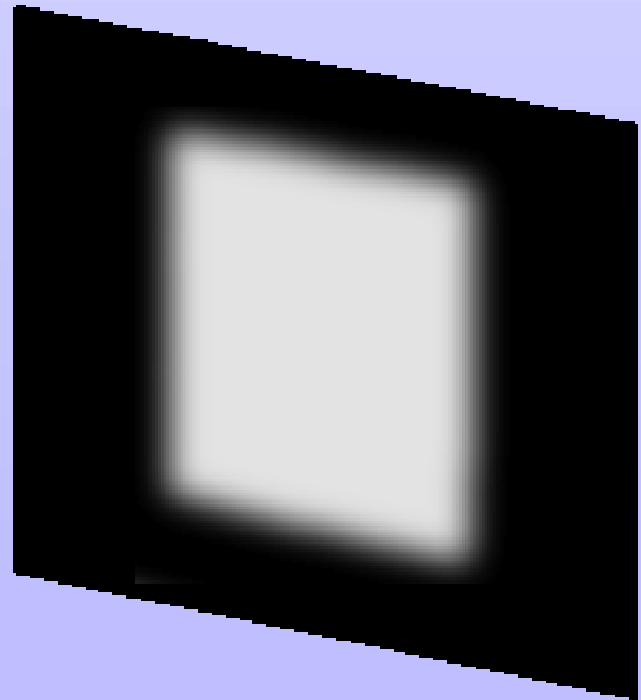
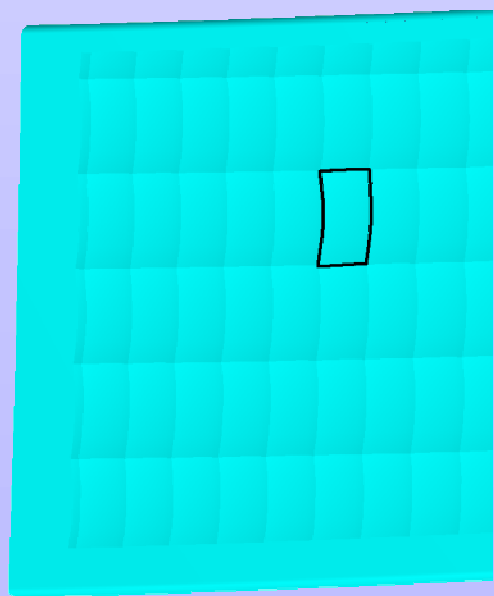


Posuv

**Vertikálny
(alebo horizontálny)
rozptyl**



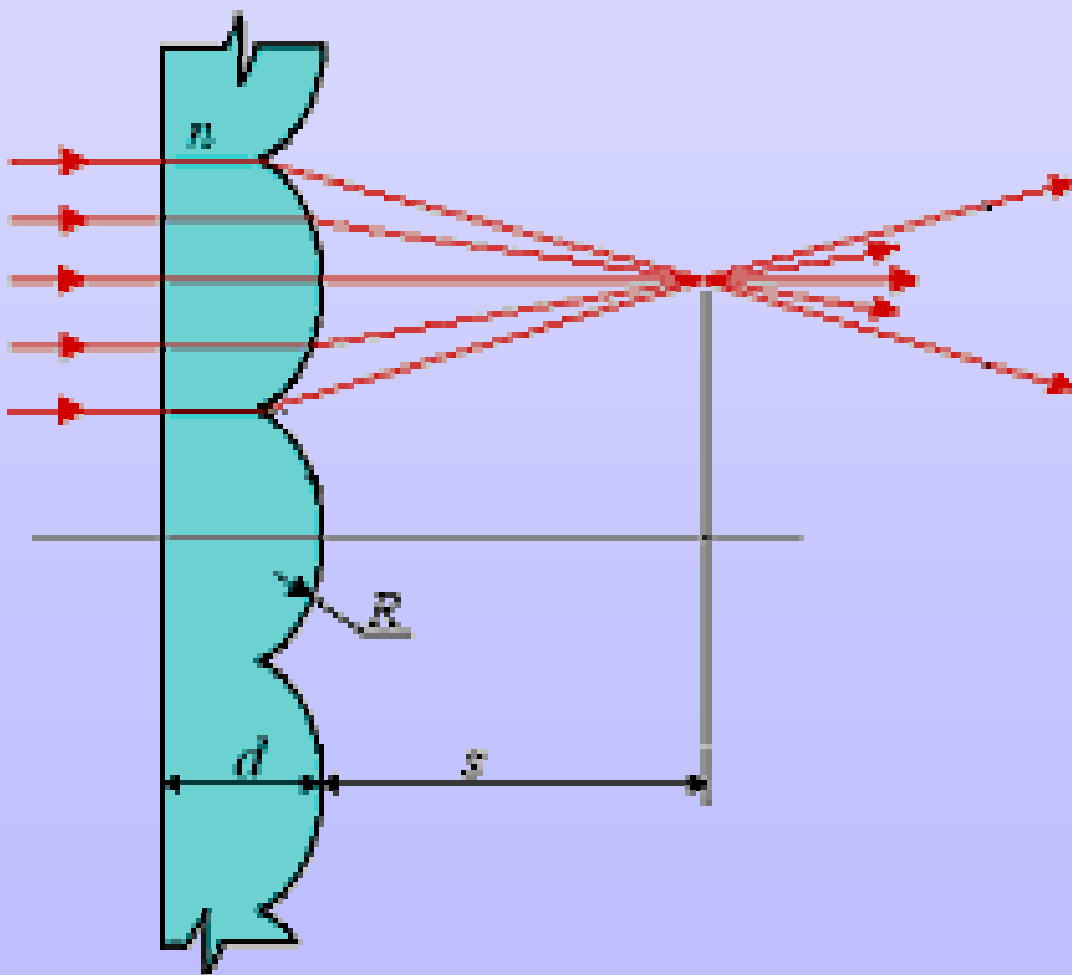
**Obojsmerne
definovaný rozptyl**



Návrh rozptylového filtra

(Konštrukcia tvoriacej krivky)

Základná rovnica šošovky (elementu):



$$s = \frac{R}{n-1} - \frac{d}{n}$$

s – ohnisková vzdialenosť
šošovky

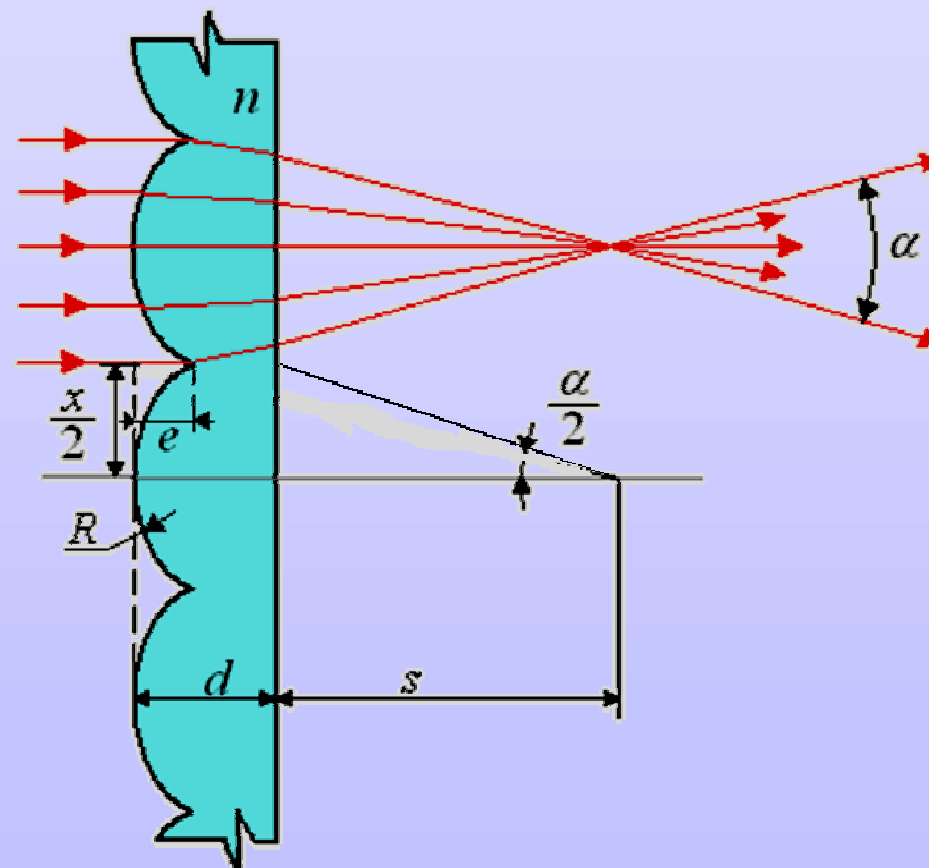
R – polomer šošovky

d – hrúbka šošovky

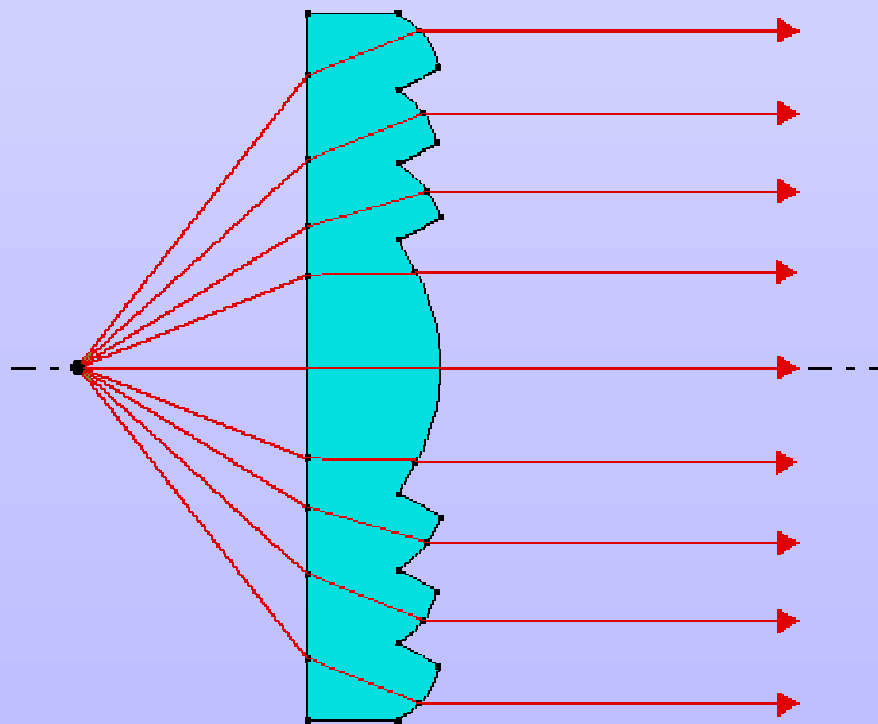
n – index lomu materiálu

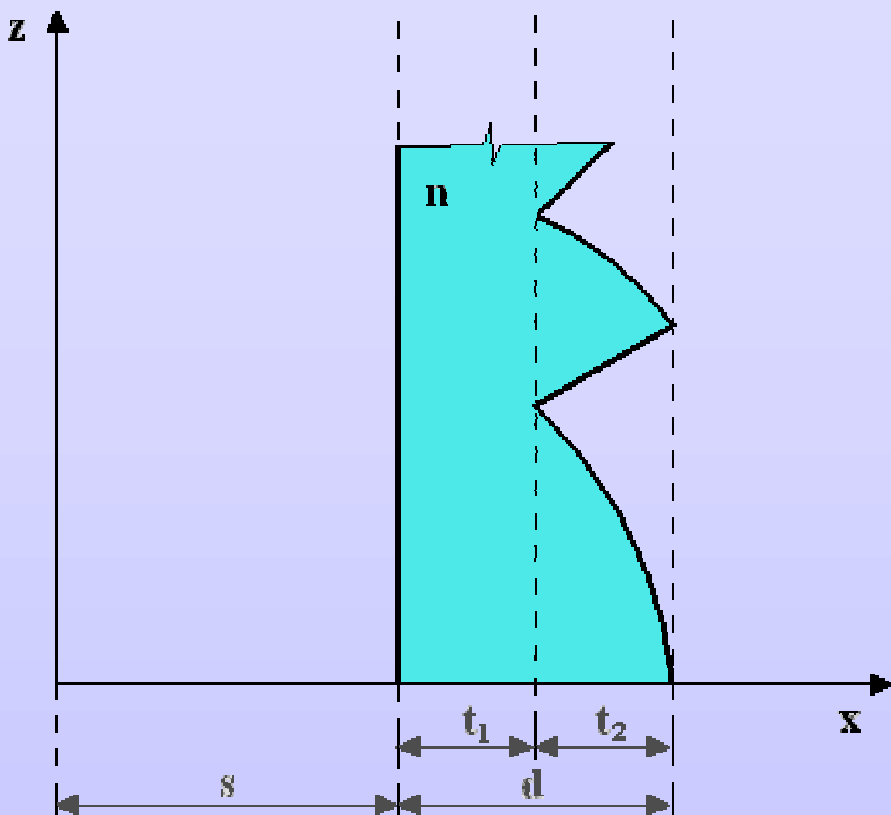
b) *elementy na vnútornej strane:*

$$R = sn + d - s - \frac{d}{n}$$



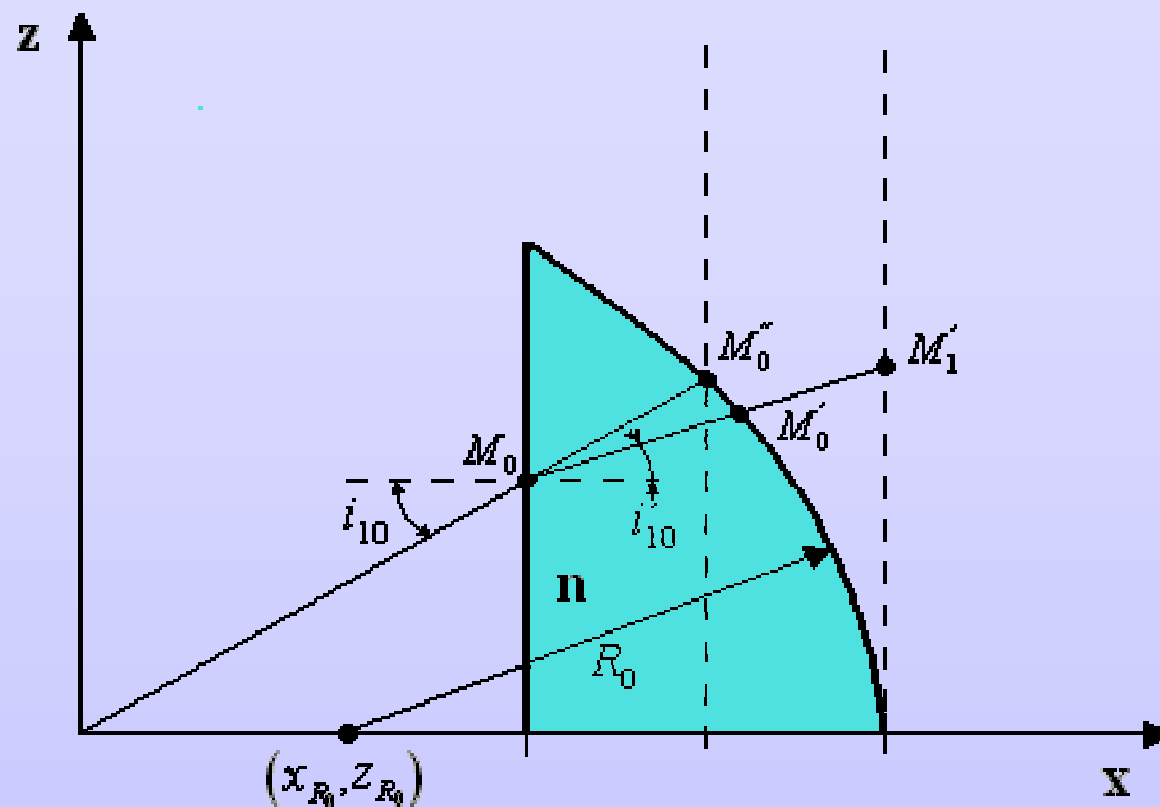
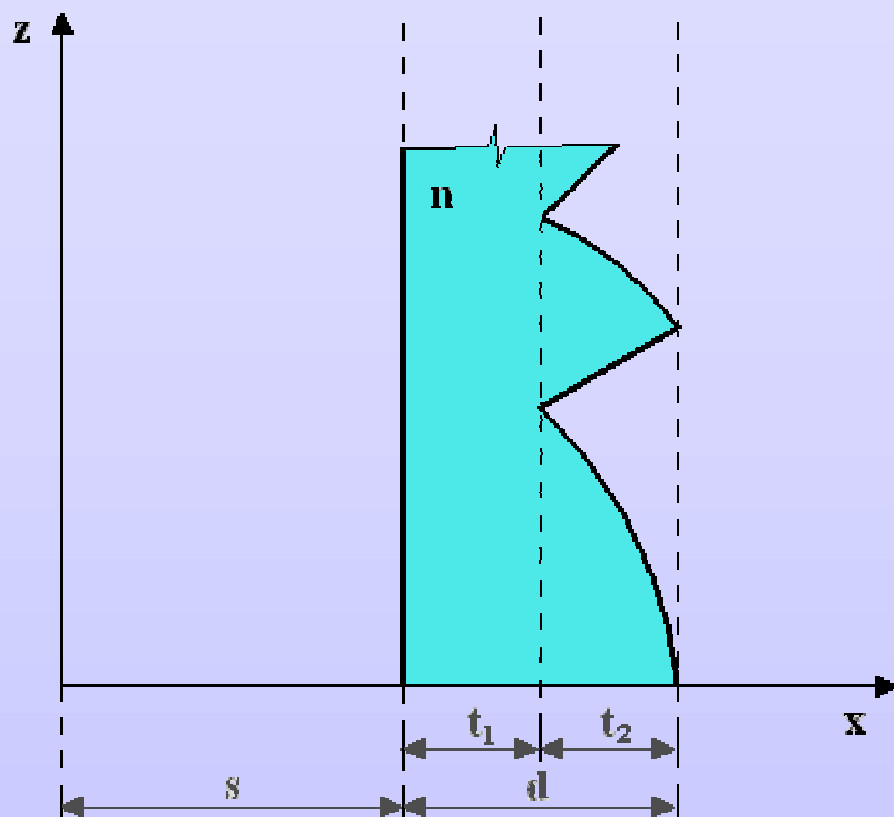
Fresnelova šošovka





Vstupné údaje:

- vzdialenosť svetelného zdroja od šošovky – s
- maximálna hrúbka šošovky – d
- podkladová vrstva šošovky – t_1
- výška refrakčných hranolov – t_2
- index lomu materiálu šošovky – n
- na ktorej strane budú refrakčné hranoly



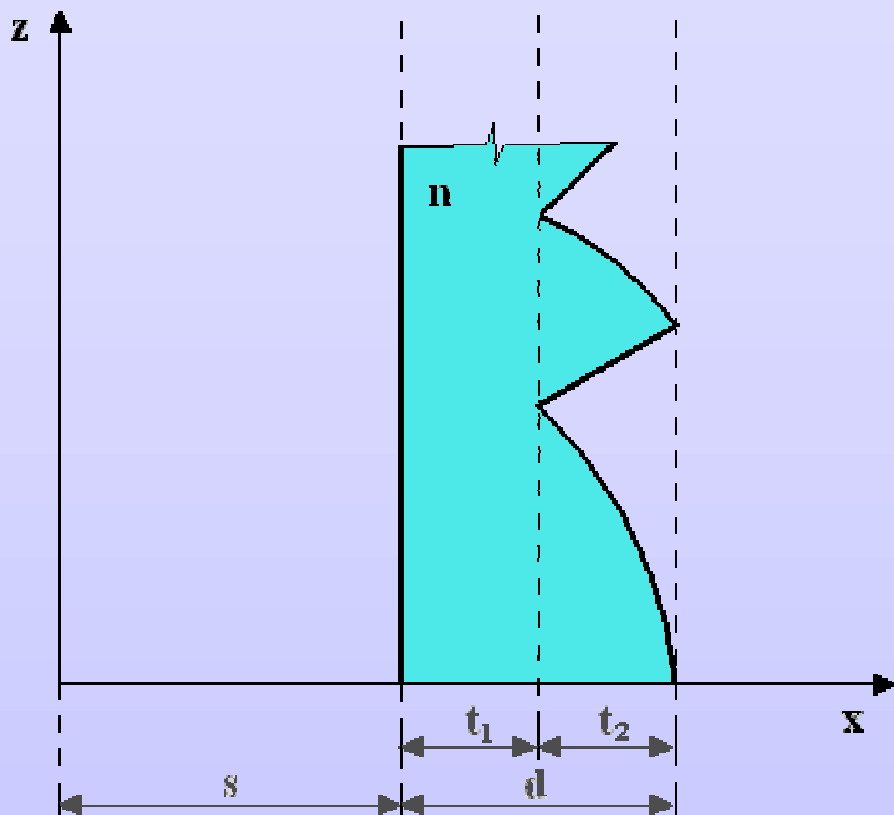
Polomer spojky:

$$R_0 = \left(s + \frac{d}{n}\right)(n - 1)$$

Stred kružnice:

$$x_{R_0} = \left(s + t_1 + t_2\right) - R_0$$

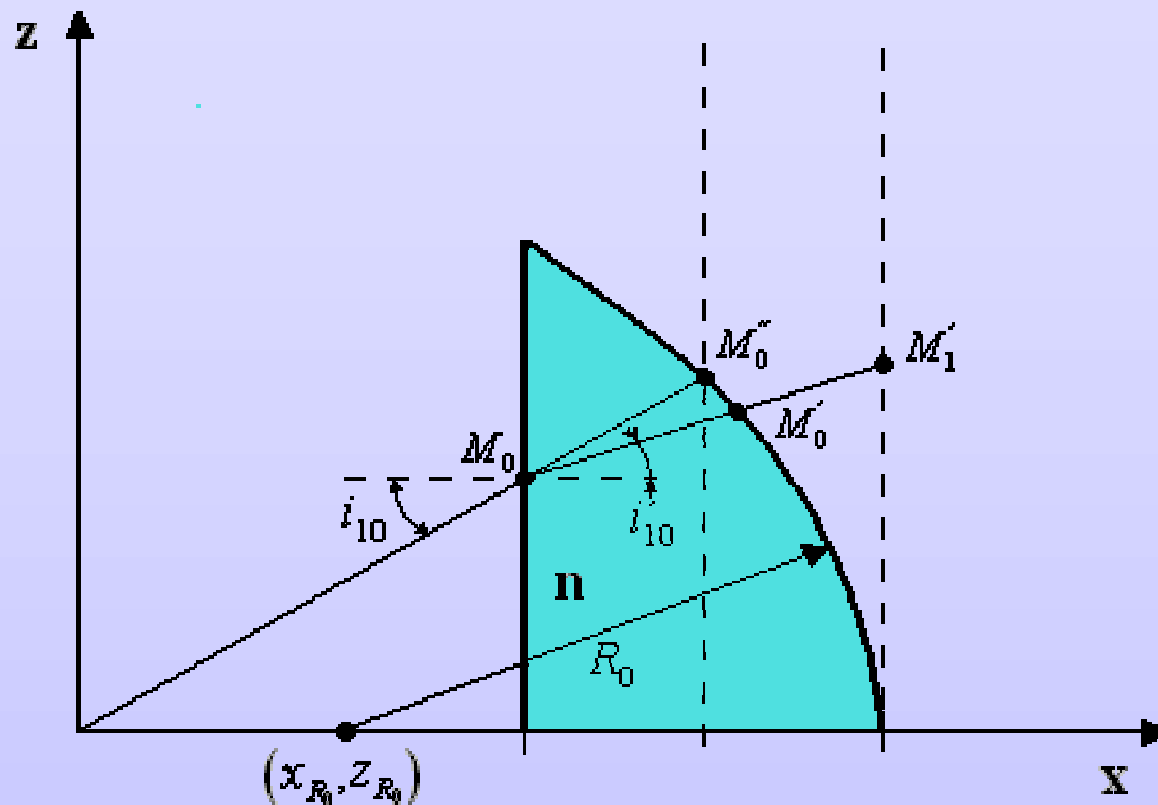
$$z_{R_0} = 0$$



Súradnice limitného bodu M_0''

$$x_{M_0''} = s + t_1$$

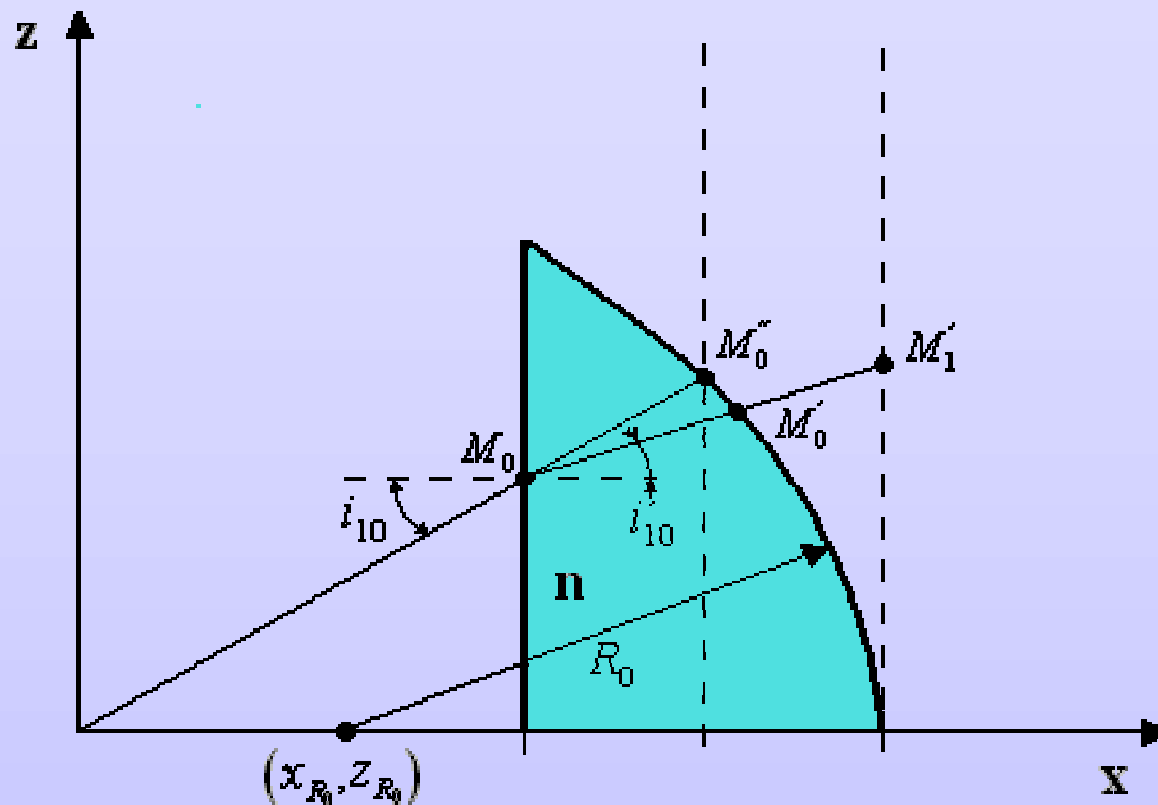
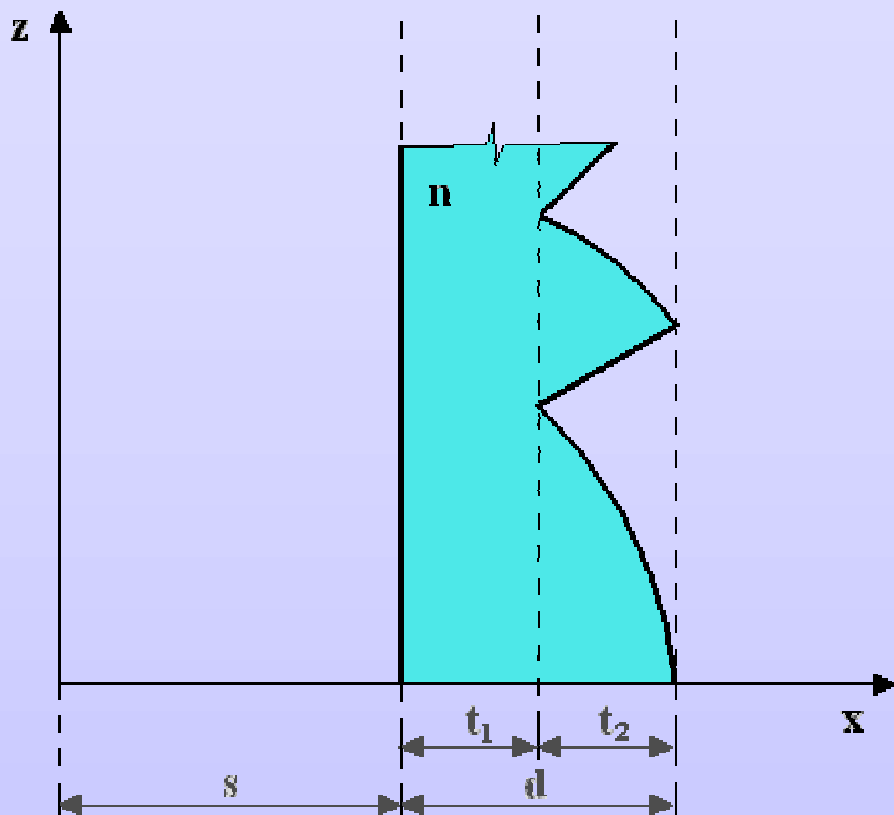
$$z_{M_0''} = \sqrt{R_0^2 - (R_0 - t_2)^2}$$



Súradnice bodu M_0

$$x_{M_0} = s$$

$$z_{M_0} = \frac{s}{x_{M_0''}} z_{M_0''}$$



Posledný lúč základného segmentu

$$i'_{10} = \arccos \frac{x_{M''_0}}{\sqrt{x_{M''_0}^2 + z_{M''_0}^2}}$$

$$i'_{10} = \arcsin \frac{\sin i_{10}}{n}$$

Súradnice bodu M'_1

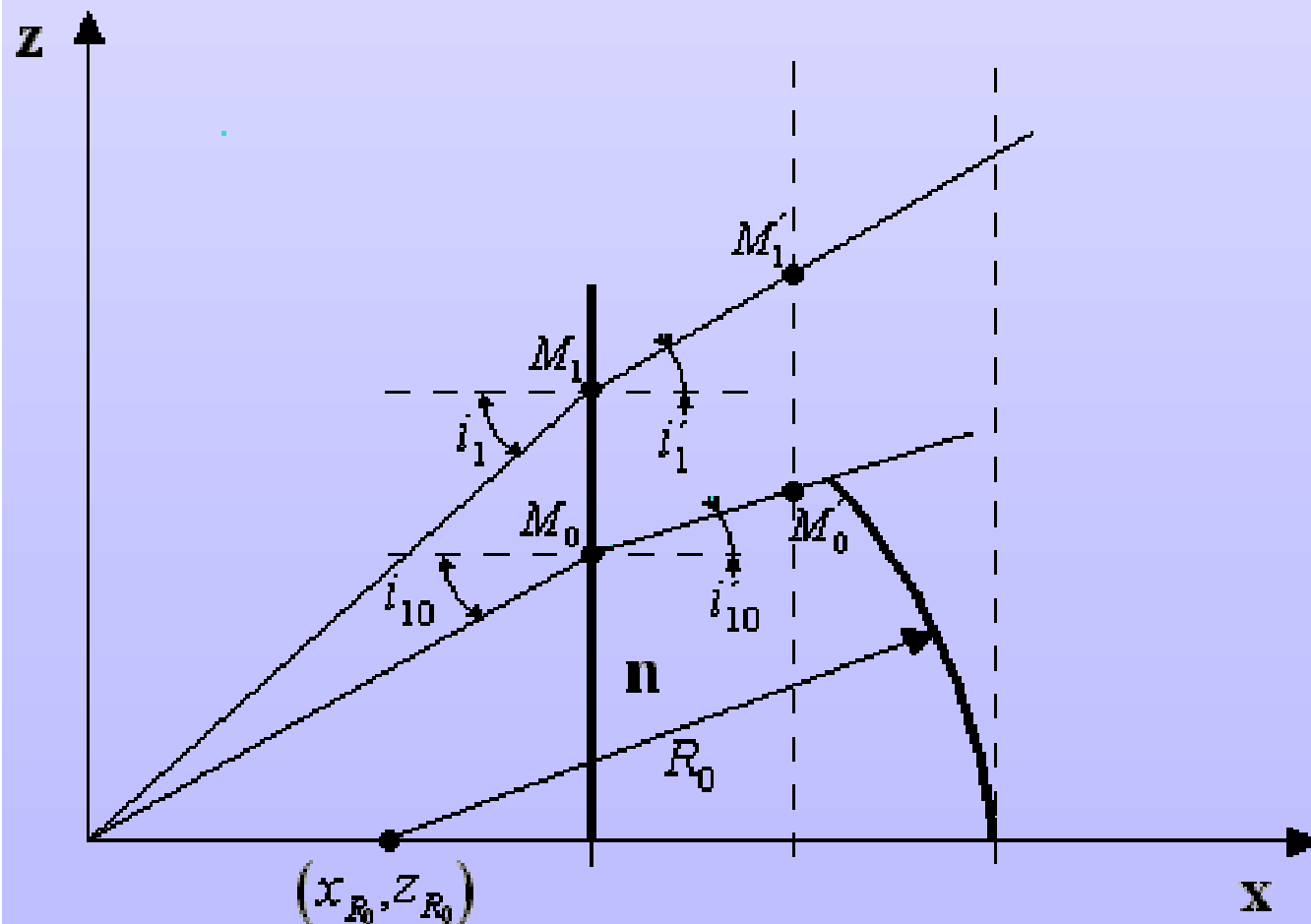
$$x_{M'_1} = s + t_1 + t_2$$

$$z_{M'_1} = z_{M_0} + (t_1 + t_2) \operatorname{tg} i'_{10}$$

Konštrukcia refrakčných hranolov

Metóda: konštantný krok uhla dopadajúceho lúča
(Alternatíva: konšt. vzdialenosť krajných bodov)

1) Určenie krajných bodov



$$i_1 = i_{10} + \Delta i$$

$$\Delta i \approx t_2$$

$$\Delta i \leq t_2$$

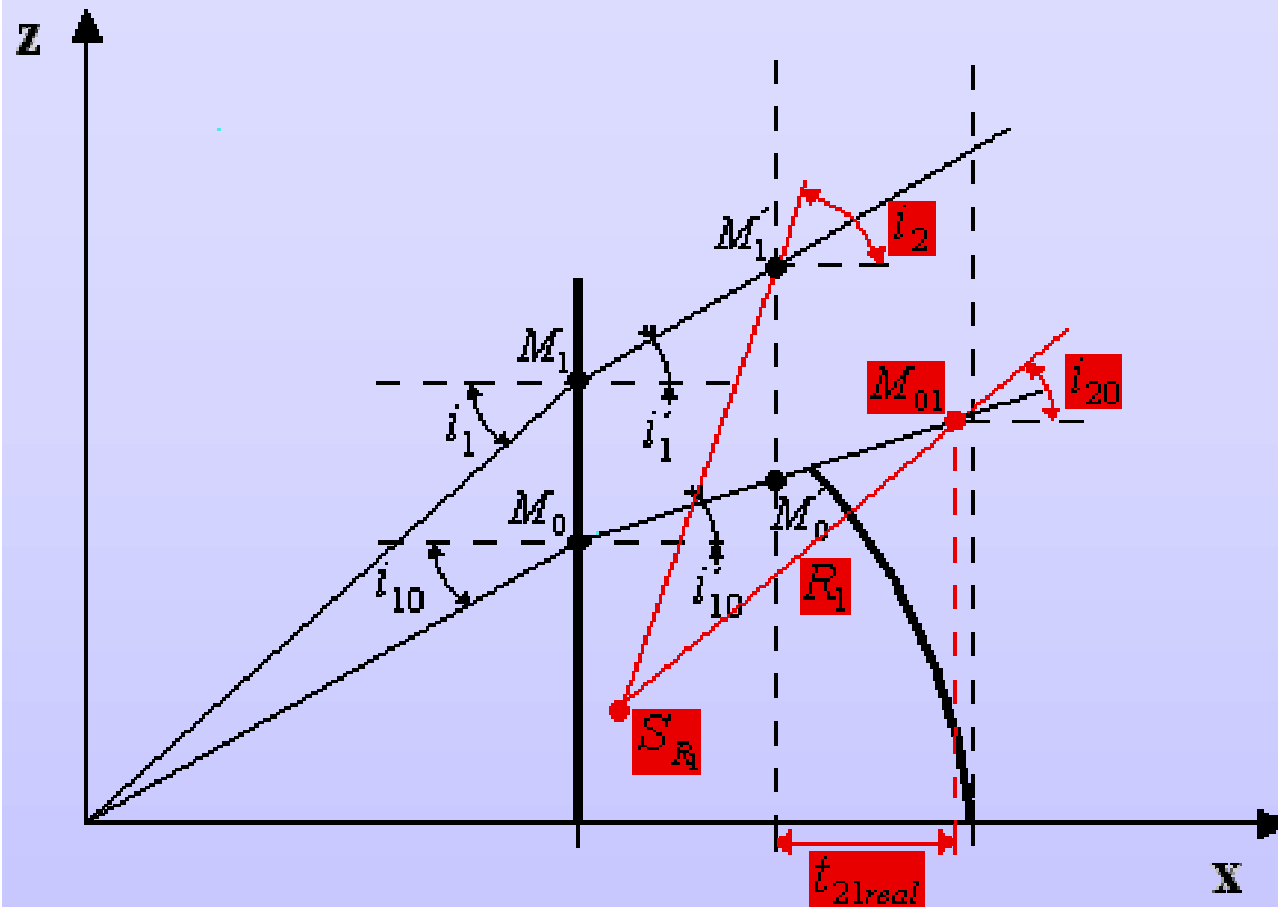
Súradnice limitného bodu M_1

$$x_M = s$$

$$z_M = s \tan i_1$$

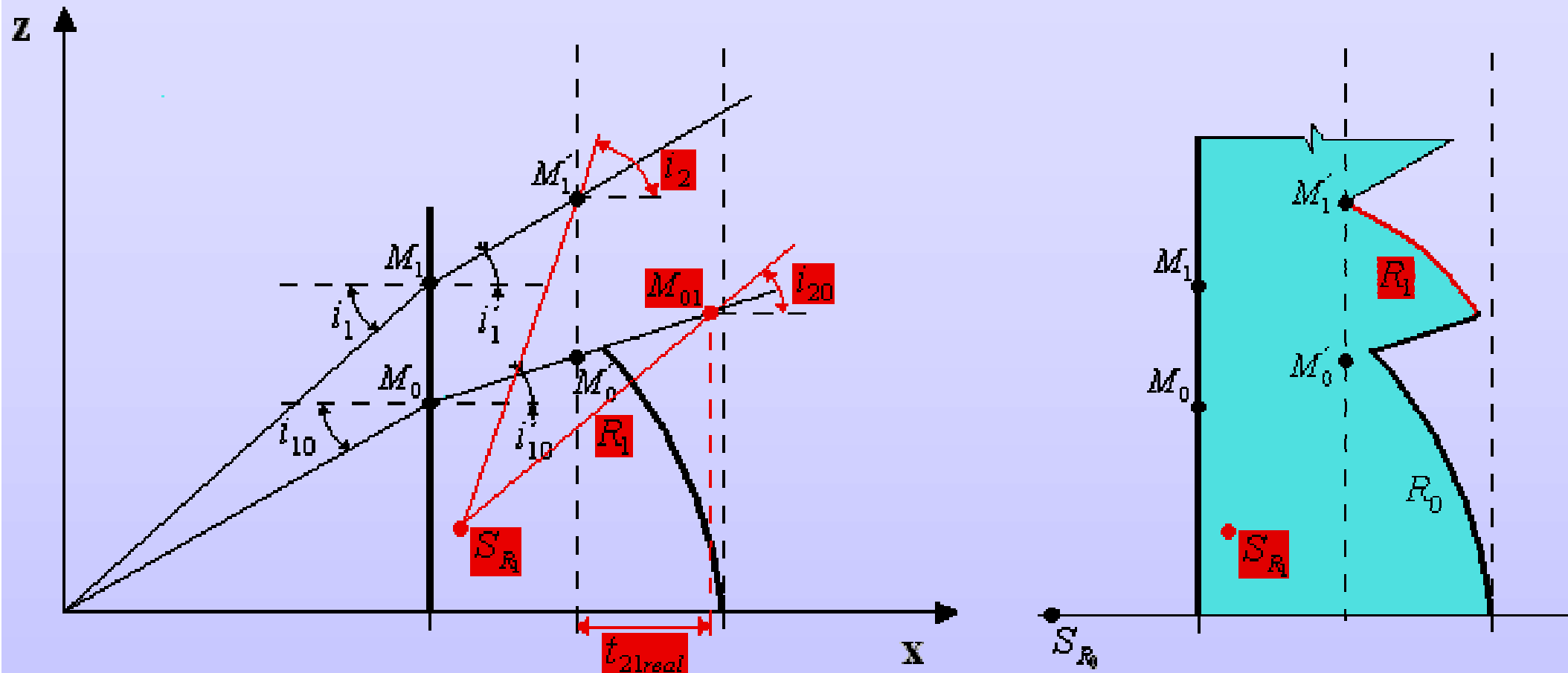
Lúč cez M_1

$$i_1' = \arcsin \frac{\sin i_1}{n}$$



$$i_2 = \arctg \frac{\sin i_1}{(n \cos i_1') - 1}$$

$$i_{20} = \arctg \frac{\sin i_{10}}{(n \cos i_{10}') - 1}$$



Polomer krivosti

$$R_1 = \frac{t_{21real}}{\cos i_{20} - \cos i_2}$$

Stred kružnice S_{R_1}

$$x_{R_1} = s + t - \cos i_2 R_1$$

$$z_{R_1} = z_{M_1} + h_{M_1'} - \sin i_2 R_1$$

História a súčasnosť analýzy optických sústav

- 18. až 19. storočie: tienidlá a clonky olejových lúčok
= primitívne optické systémy
- 1885 (Daimler): signalizačné osv. a dopravné prostriedky:
jednoduchý optický systém
- koniec 19. storočia: elektrické zdroje svetla:
= potreba zložitejšieho optického systému
- rýchly vývoj kvality svetelných zdrojov, odrazných materiálov
...potreba podrobnej analýzy optických systémov
- grafické nákresy šírenia svetla
- začiatok 20. stor: diferenciálna rovnica odrazu
ruská škola: N.G. Boldyrev, V.D. Komissarov.,
u nás: V.V. Trembač, P. Horňák
- presný výpočet chodu lúčov
- hľadanie spôsobov analýzy a syntézy reflektorovej plochy

Analýza optických sústav v histórii

- uvažovanie neizotropného svetel. zdroja (J.S.Schubert)
(indikatrixy rozptylu, ...)
- zohľadnenie reálnych rozmerov zdroja:
metóda elementárnych zobrazení (u nás: P.Horňák, J.Veselovský)
- pokusy využitia **vyšších kriviek**
- koniec 20. stor: výrazný nárast výkonu výpočtovej techniky = simulačné nástroje pre optické systémy (rôzne úrovne a postupy)
- virtuálne **prototypovanie** (CAD softvéry: *I-deas, Catia, SolidEdge*)
- virtuálne **modelovanie** (optické CAD a CAE...)
- súčasnosť: rôznorodé požiadavky na optické sústavy
 - všeobecné osvetľovanie
 - exteriéry, projekcia, komunikácie
 - automobilové svietidlá

...jednoduché prístupy vs. zložitá analýza a optimalizácia

PROCES návrhu svietidla

1. Špecifikácia úlohy (formulácia požiadaviek)
 - optické nároky
 - rozmery, hmotnosť
 - spotreba
 - oteplenie

2. Definovanie optických vlastností
 - voľba konštrukčných materiálov
 - výber odrazných, difúzných, prestupných alebo cloniacich povrchov

3. Koncepčný návrh (technický)
 - prvé rozvrhnutie optického systému
(vychádza zo známych princípov a skúseností, ...)
 - vytvorenie virtuálneho modelu
 - rýchla optická analýza (málo lúčov, približné výpočty)

4. Analýza optického systému a jeho optimalizácia

- podrobná analýza šírenia lúčov (veľa lúčov, dlhé výpočty)
- svetelnotechnické výpočty (svietivosť, tok, účinnosť, farba svetla)
- optimalizácia (zásahy svetelného inžiniera)

5. Výrobná analýza optiky

- mechanická analýza optického systému
- analýza výrobných tolerancií optiky
- teplotná analýza zdroja svetla a optiky
- optimalizácia (zásahy konštrukčného inžiniera)

6. Návrh a analýza celého svietidla

- elektrický návrh + testy
- mechanické a tepelné výpočty konštrukčných častí (tesnenia, vibrácie, tiaž, vietor, teplo a chlad...)

[1] VESELOVSKÝ, J.: Svietidlá – Základy výpočtu a konštruovania. ES SVŠT v Bratislave 1982.

[2] HORŇÁK, P.- TREMBAČ, V.V.- AJZEMBERG, J.B.: Svietidlá a svetelné zdroje. Alfa Bratislava 1983.

[3] GAŠPAROVSKÝ, D.: Diferenciálna rovnica reflektorovej plochy svietidiel. In: Medzinárodná konferencia "Svetlo '97", PKO Bratislava 19.- 20.3. 1997, SSTS Bratislava 1997, s. 90 – 95.

[4] GALANOVÁ, J., PASTUCHOVÁ, E., SMOLA, A.: Využitie neštandardných kriviek pre tvoriace krivky reflektorových plôch. In: Osvetlovacia technika, 2001, č.1, s. 1.