

Straussův model osvětlení

© 1996-2016 Josef Pelikán
CGG MFF UK Praha

pepca@cgg.mff.cuni.cz
<http://cgg.mff.cuni.cz/~pepca/>



Světelný model P. Strausse

- ♦ **Phongův model** obsahuje řadu závislých číselných parametrů
 - pro nezkušeného uživatele může být těžké zadat konzistentní údaje
- ♦ **Straussův model** používá intuitivní parametry
 - hladkost povrchu, kovový charakter, ..
- ➔ **Straussův model** je fyzikálně věrnější
 - aproximace Fresnelova vztahu pro odraz světla



Parametry materiálu

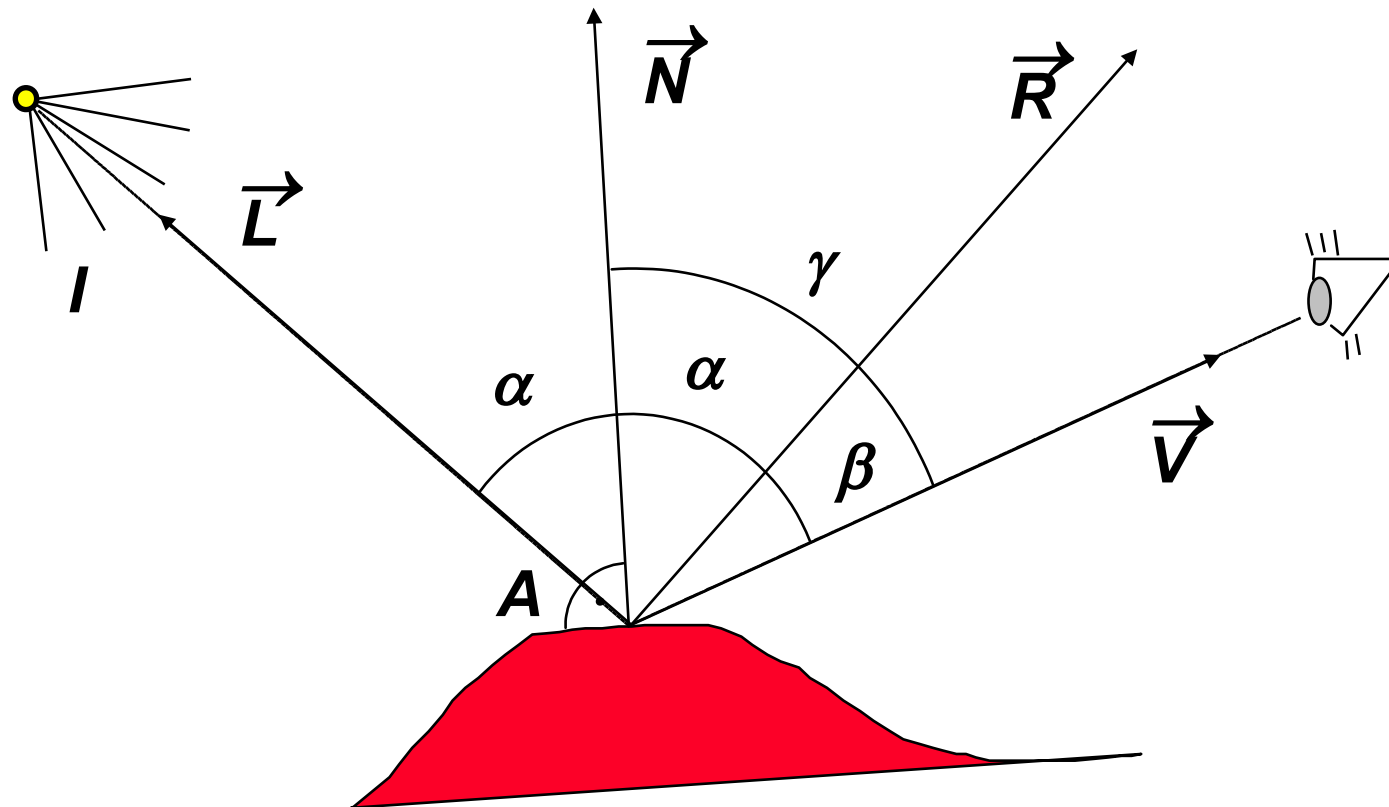
- ♦ **barva C** („color”) **[R,G,B]**
 - základní barva povrchu
- ♦ **hladkost s** („smoothness”) **[0-1]**
 - 0 .. ideálně matný povrch, 1 .. ideální zrcadlo
- ♦ **kovovost m** („metalness”) **[0-1]**
 - 0 .. nekov, 1 .. kov
 - má vliv na barvu a intenzitu lesklého odrazu



Parametry materiálu

- ♦ **průhlednost t** („transparency”) **[0-1]**
 - 0 .. totálně neprůhledný materiál
 - 1 .. úplně průhledný materiál
- ♦ **index lomu n** **≥ 1**
 - fyzikální konstanta: poměr rychlosti šíření světla ve vakuu a v daném materiálu

Situace





Směrový / bodový zdroj světla

- ♦ příspěvek intenzity směrového zdroje:

$$I_{Di} = I_i \cdot (Q_d + Q_s)$$

- I_i ... intenzita světelného zdroje (skalár)
- Q_d ... rozptýlený (difusní) odraz
- Q_s ... lesklý odraz („specular“)



Difusní složka

$$Q_d = (1 - m \cdot s) \cdot r_d \cdot C \cdot \cos \alpha ,$$

$$\text{kde } r_d = (1 - s^3) \cdot (1 - t)$$

$$\cos \alpha = (N \cdot L_i)$$



Zrcadlová složka

$$Q_s = \mathbf{r}_s \cdot \mathbf{C}_s$$

→ \mathbf{C}_s ... barva lesklého odrazu

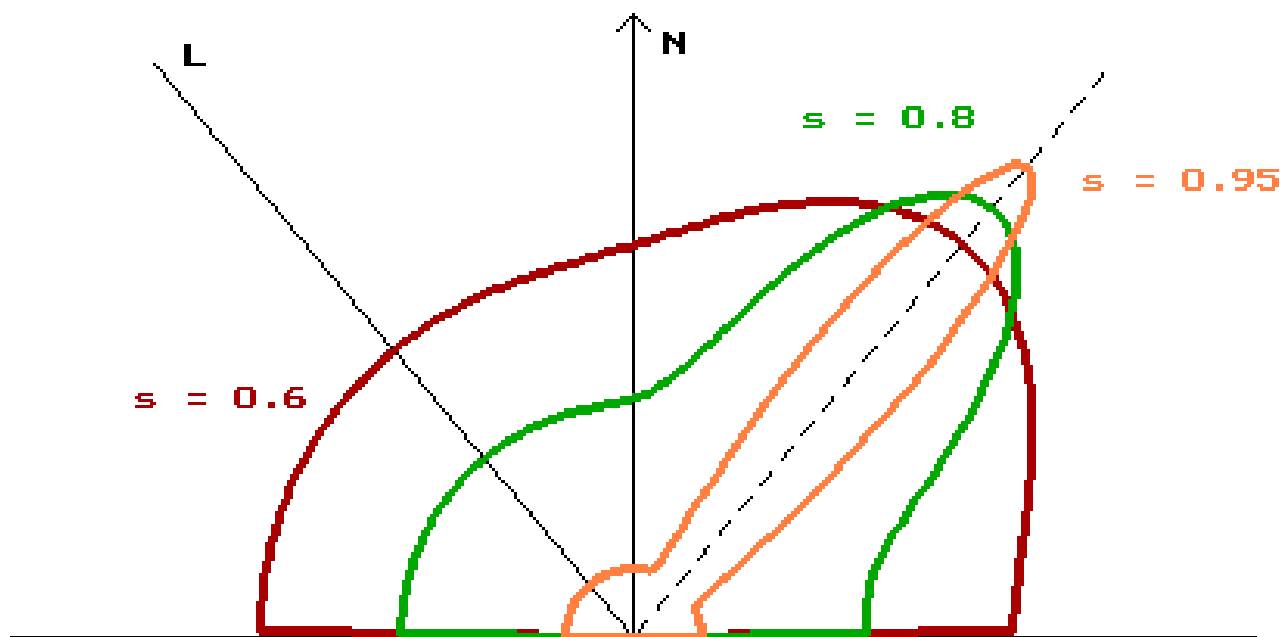
$$\mathbf{r}_s = \mathbf{r}_j \cdot \cos^h \beta, \text{ kde } h = 3 / (1-s)$$

$$\mathbf{r}_j = \min\{1, \mathbf{r}_n + \mathbf{j} \cdot (\mathbf{r}_n + \mathbf{k}_j)\}$$

$$\mathbf{r}_n = 1 - \mathbf{t} - \mathbf{r}_d, \text{ a např. } \mathbf{k}_j = 0.1$$



Zrcadlový odlesk kvantitativně



Odlesk pro různé hodnoty s (smoothness)



Zrcadlová složka (člen j)

$$\mathbf{j} = \mathbf{F}(2\alpha/\pi) \cdot \mathbf{G}(2\alpha/\pi) \cdot \mathbf{G}(2\gamma/\pi)$$

→ funkce **F** a **G** aproximují Fresnelovy vztahy:

$$\mathbf{F}(\mathbf{x}) = \frac{(\mathbf{x} - \mathbf{k}_f)^{-2} - \mathbf{k}_f^{-2}}{(1 - \mathbf{k}_f)^{-2} - \mathbf{k}_f^{-2}}, \quad \mathbf{G}(\mathbf{x}) = \frac{(\mathbf{x} - \mathbf{k}_g)^{-2} - \mathbf{k}_g^{-2}}{(1 - \mathbf{k}_g)^{-2} - \mathbf{k}_g^{-2}}$$

→ vhodné hodnoty konstant: $\mathbf{k}_f = 1.12$, $\mathbf{k}_g = 1.01$



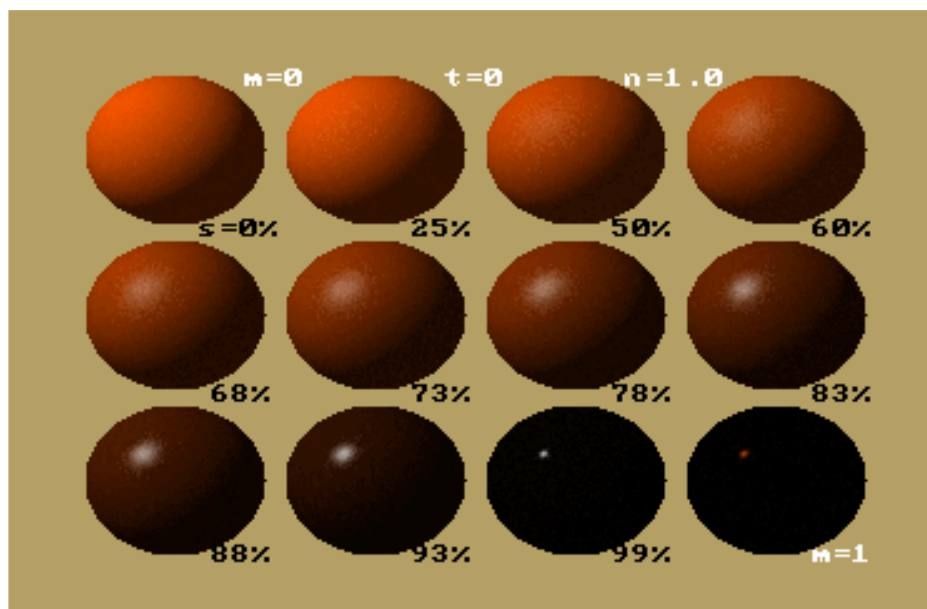
Barva zrcadlové složky

$$C_s = C_L + m \cdot (1 - F(2\alpha/\pi)) \cdot (C - C_L)$$

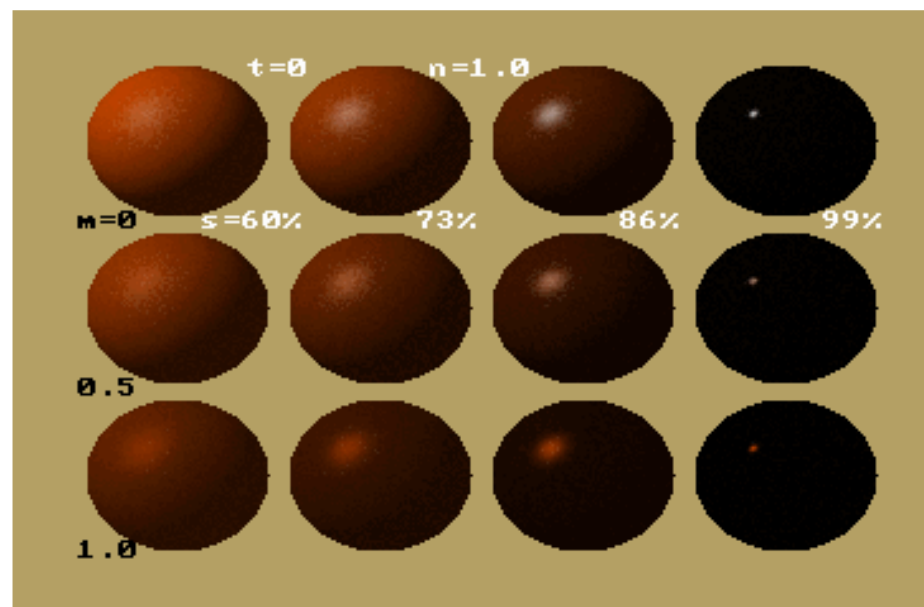
- C_L ... barva světelného zdroje
(nejčastěji bílá = [1,1,1])



Zrcadlový odlesk a jeho barva



Různé hodnoty s , $m=0$



Různé hodnoty s a m



Zdroj okolního světla

- ♦ intenzita okolního světla („ambient“):

$$\mathbf{I}_A = \mathbf{I}_i \cdot \mathbf{r}_d \cdot \mathbf{C}$$

- \mathbf{I}_i ... intenzita okolního světla (skalár)
- \mathbf{r}_d ... viz difusní složka odrazu



Více světelných zdrojů

$$\mathbf{I} = \mathbf{I}_A + \sum_i \mathbf{I}_{Di}$$

→ výpočet **vektoru odrazu**:

$$\mathbf{R} = 2\mathbf{N} (\mathbf{N} \cdot \mathbf{L}) - \mathbf{L}$$

→ **oprava na vzdálenost** bodového světelného zdroje:

$$1/(\mathbf{c}_0 + \mathbf{c}_1 \mathbf{d}_i + \mathbf{c}_2 \mathbf{d}_i^2)$$



Globální osvětlovací model

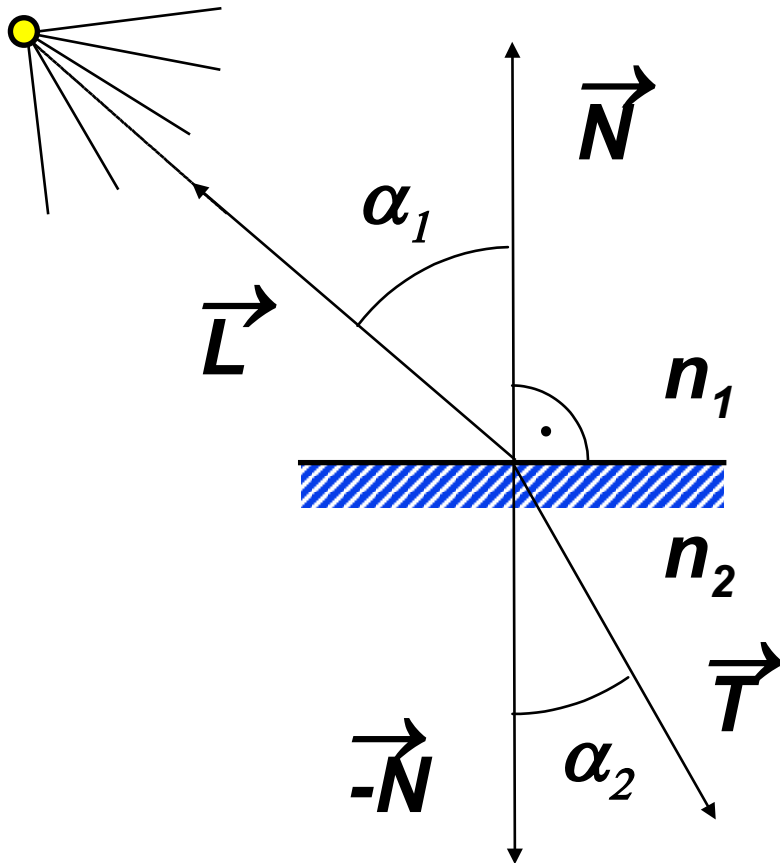
- ♦ např. pro **rekurzivní sledování paprsku**
- ♦ koeficient **procházejícího světla**:

$$z = t \cdot (1 - \mathbf{r}_s) / (1 - \mathbf{r}_n)$$

- $\mathbf{r}_s, \mathbf{r}_n$... viz zrcadlová složka odrazu



Lom světla (Snellův zákon)



$$\frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{n_1}{n_2} = n_{12}$$

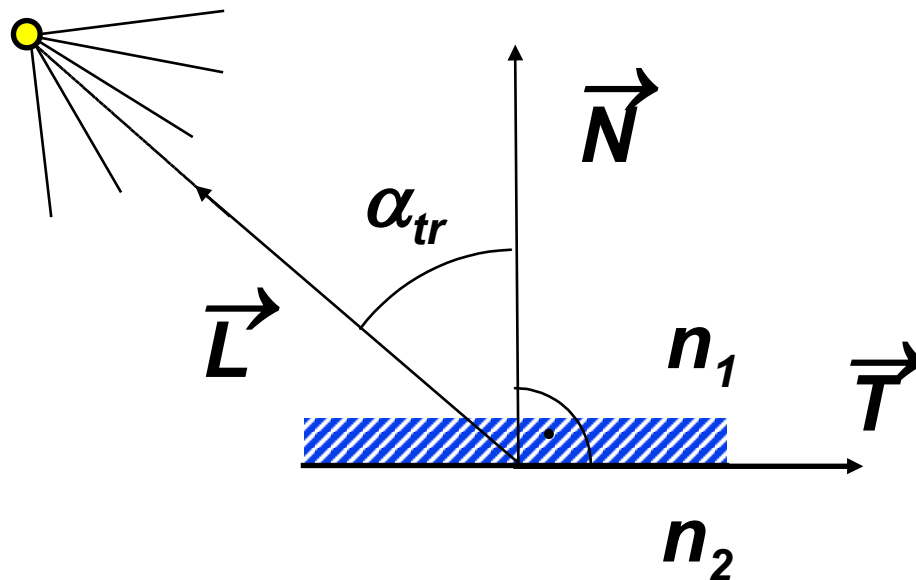
$$\begin{aligned} \cos \alpha_2 &= \sqrt{1 - n_{12}^2 \sin^2 \alpha_1} = \\ &= \sqrt{1 - n_{12}^2 \left(1 - (\mathbf{N} \cdot \mathbf{L})^2 \right)} \end{aligned}$$

$$\mathbf{T} = \left[n_{12} (\mathbf{N} \cdot \mathbf{L}) - \sqrt{1 - n_{12}^2 \left(1 - (\mathbf{N} \cdot \mathbf{L})^2 \right)} \right] \cdot \mathbf{N} - n_{12} \cdot \mathbf{L}$$



Totální odraz

- přechod z prostředí **opticky hustšího** do prostředí **opticky řidšího** ($n_1 > n_2$)
- pro úhly dopadu **větší než mezní úhel** α_{tr} nedochází k lomu světla!



$$\sin \alpha_{tr} = \frac{n_2}{n_1}$$



Implementace

- ♦ hodnoty $\mathbf{F(2x/\pi)}$ a $\mathbf{G(2x/\pi)}$ lze spočítat předem do tabulky ($\mathbf{0 \leq x \leq \pi/2}$)
 - při výpočtu se použije lineární interpolace tabulkových hodnot
- ♦ pro větší urychlení lze tabelovat i term $\mathbf{j(\alpha, \gamma)}$
 - větší spotřeba paměti (dvojrozměrná tabulka)



Literatura

- P. Strauss: *A Realistic Lighting Model for Computer Animators*, IEEE Computer Graphics and Applications, November 1990, str. 56 - 64