

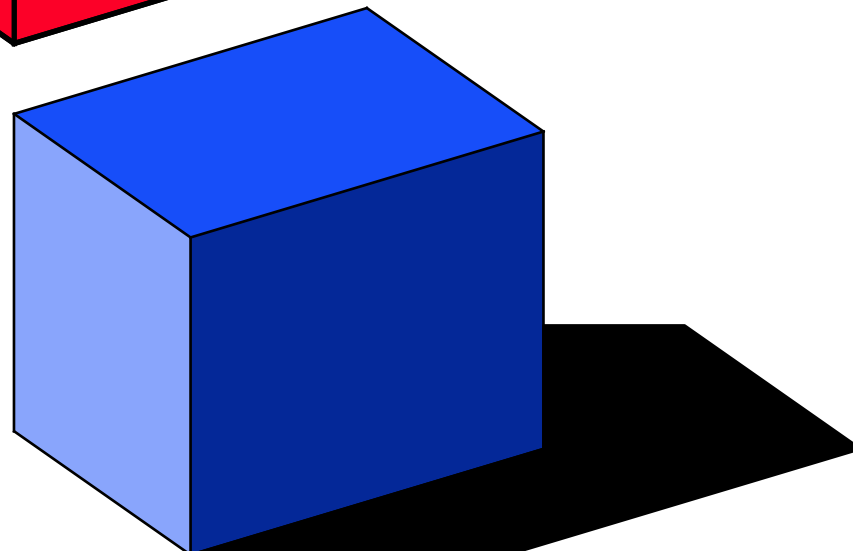
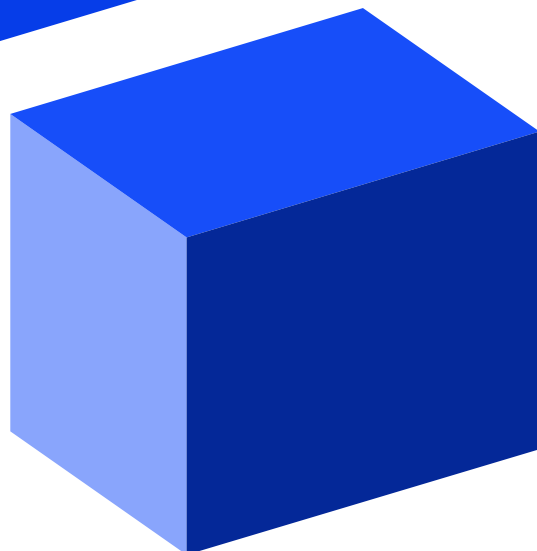
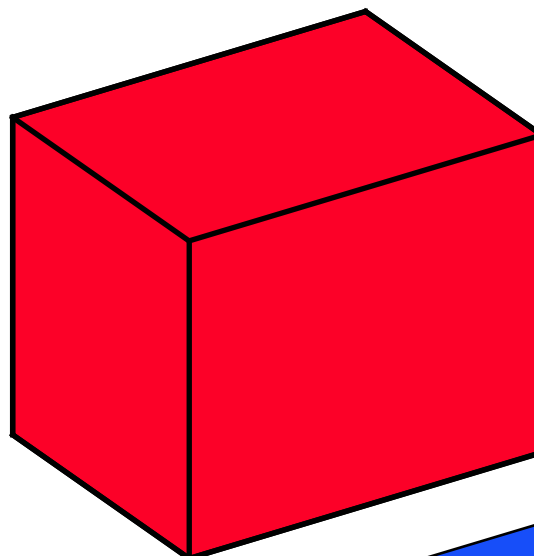
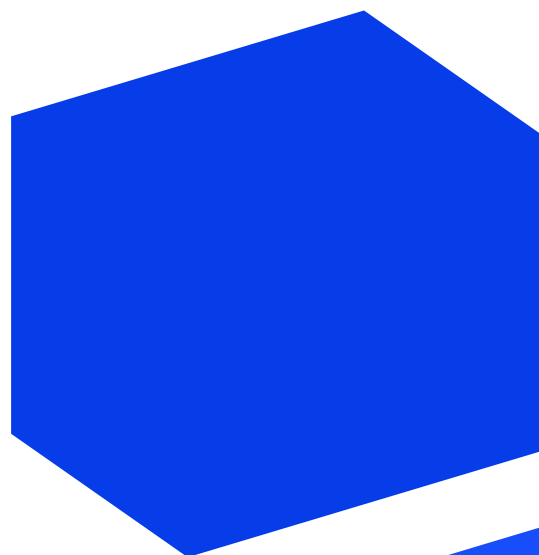
Phongův světelný model

© 1996-2019 Josef Pelikán
CGG MFF UK Praha

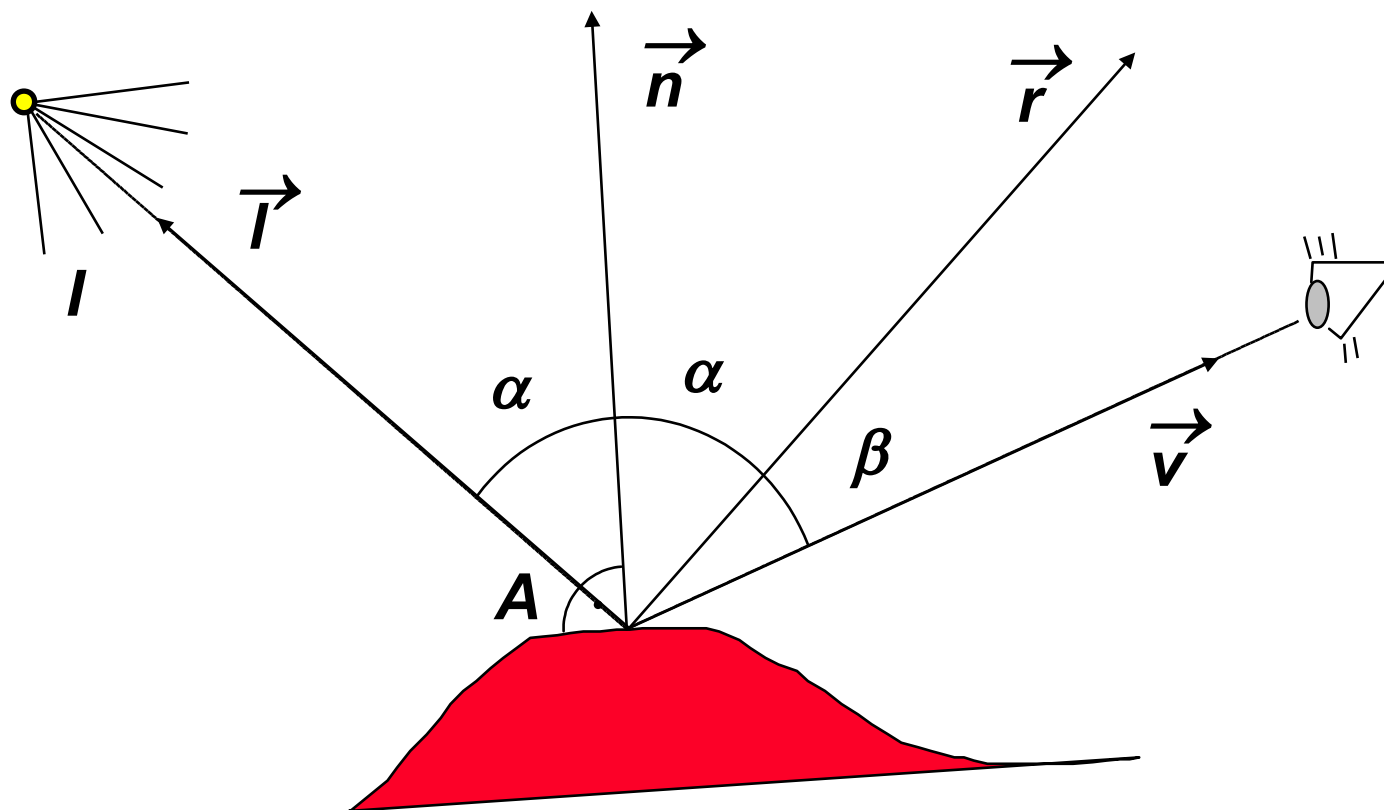
pepca@cgg.mff.cuni.cz
<http://cgg.mff.cuni.cz/~pepca/>



Stínování a vržené stíny



Světelný model





Difusní složka E_D

- ♦ odpovídá **ideálně matnému tělesu**

$$E_D = I_i \cdot C_D \cdot k_D \cdot \cos \alpha$$

- I_i ... intenzita světelného zdroje
- C_D ... barva difusní složky (RGB)
- k_D ... koeficient difusního světla (0 .. 1)
- $\cos \alpha = \mathbf{l} \cdot \mathbf{n}$... skalární součin normovaných vektorů



Okolní světlo E_A

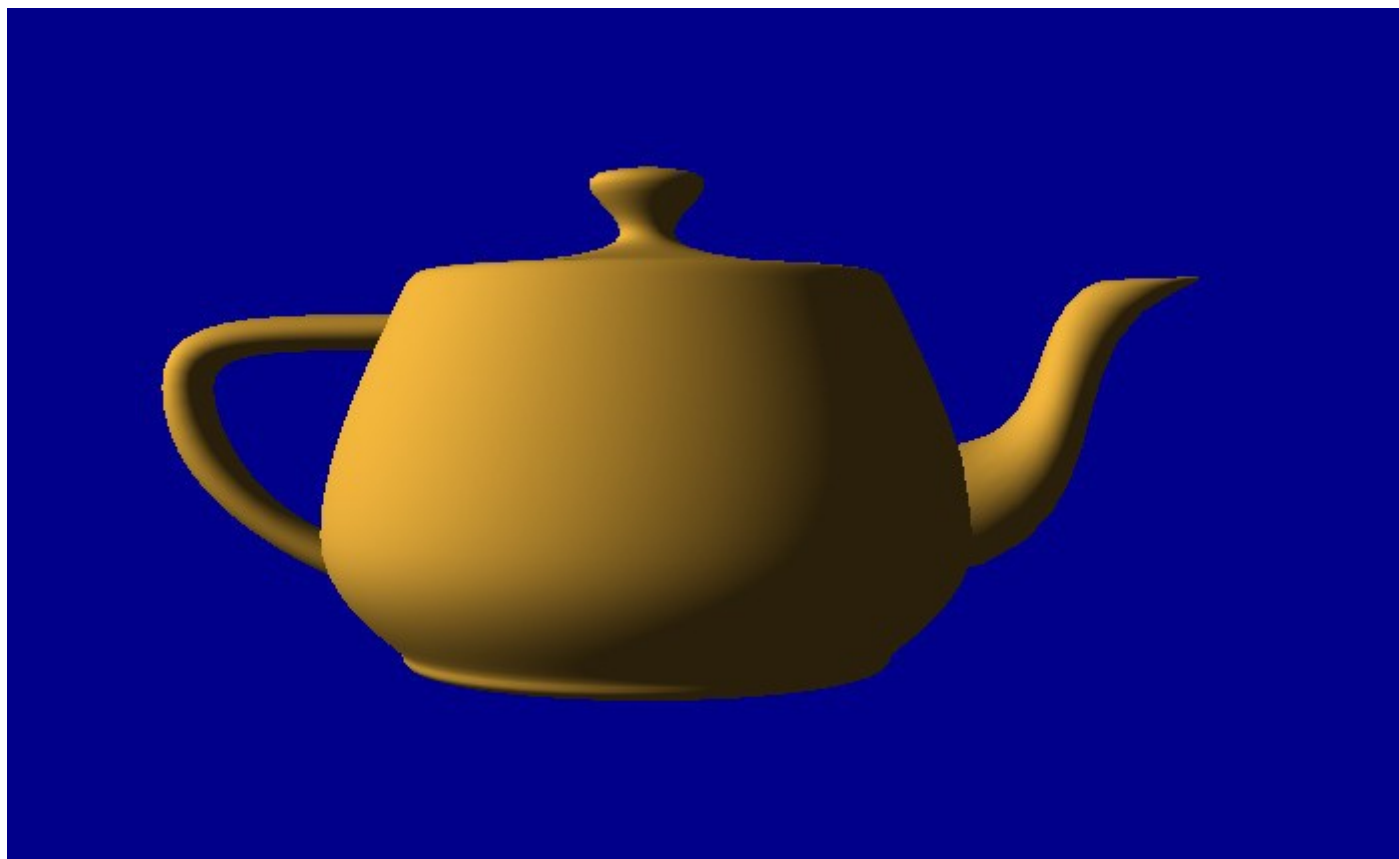
- ◆ všesměrové konstantní osvětlení
- ◆ napodobuje **sekundární odražené světlo**

$$E_A = C_D \cdot k_A$$

- C_D ... barva stejná jako u difusní složky (RGB)
- k_A ... koeficient okolního světla (0 .. 1)



Difusní a okolní světlo





Lesklý odraz E_S

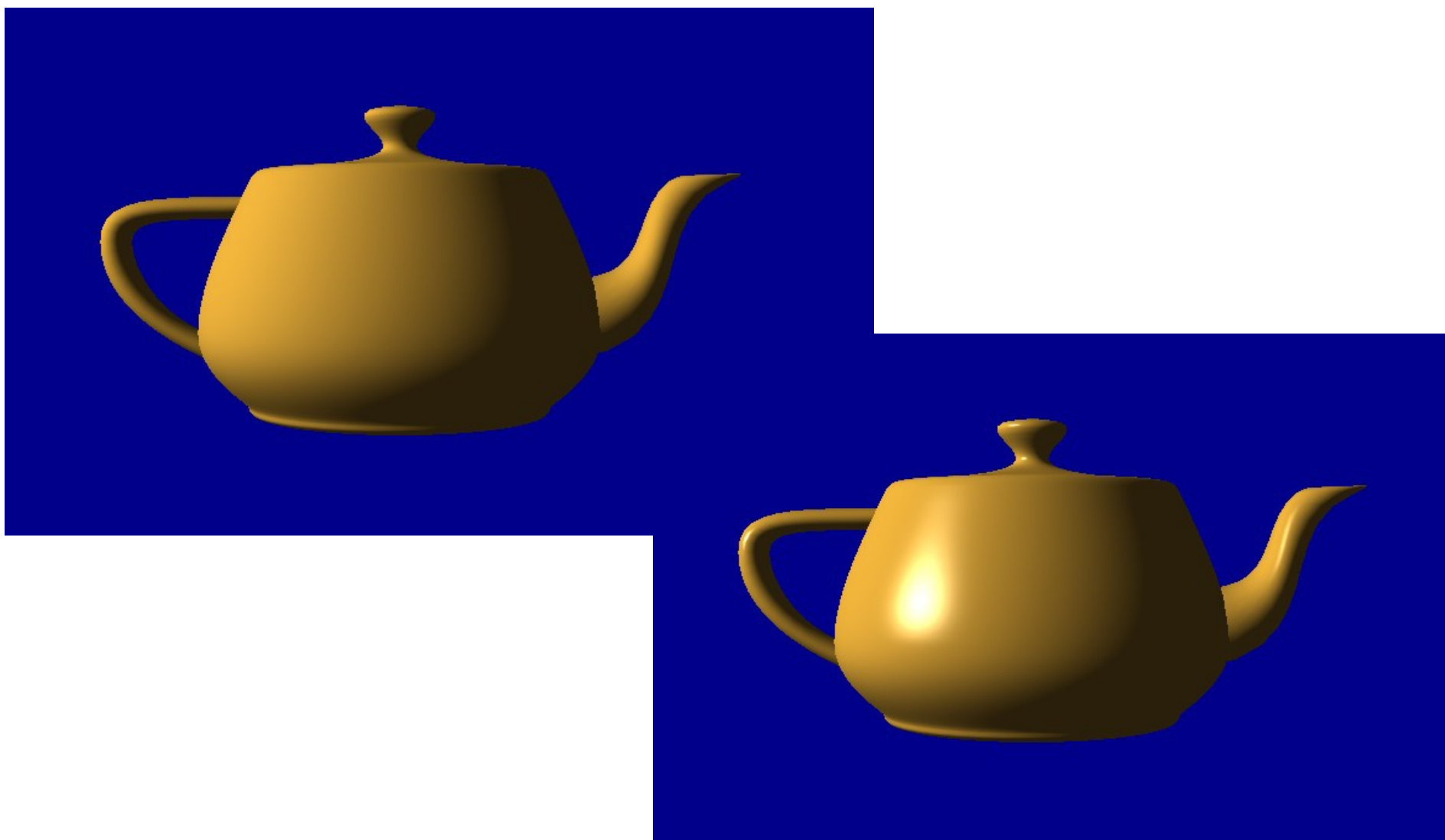
- ♦ simuluje **odlesk** na povrchu lesklých těles

$$\mathbf{E}_S = \mathbf{I}_i \cdot \mathbf{C}_S \cdot \mathbf{k}_S \cdot \cos^h \beta$$

- \mathbf{C}_S ... barva lesklého odrazu (RGB)
- \mathbf{k}_S ... koeficient lesklého odrazu (0 .. 1)
- $\cos \beta = \mathbf{r} \cdot \mathbf{v}$... skalární součin normovaných vektorů
- h ... ovlivňuje velikost odlesku (5 .. 500)

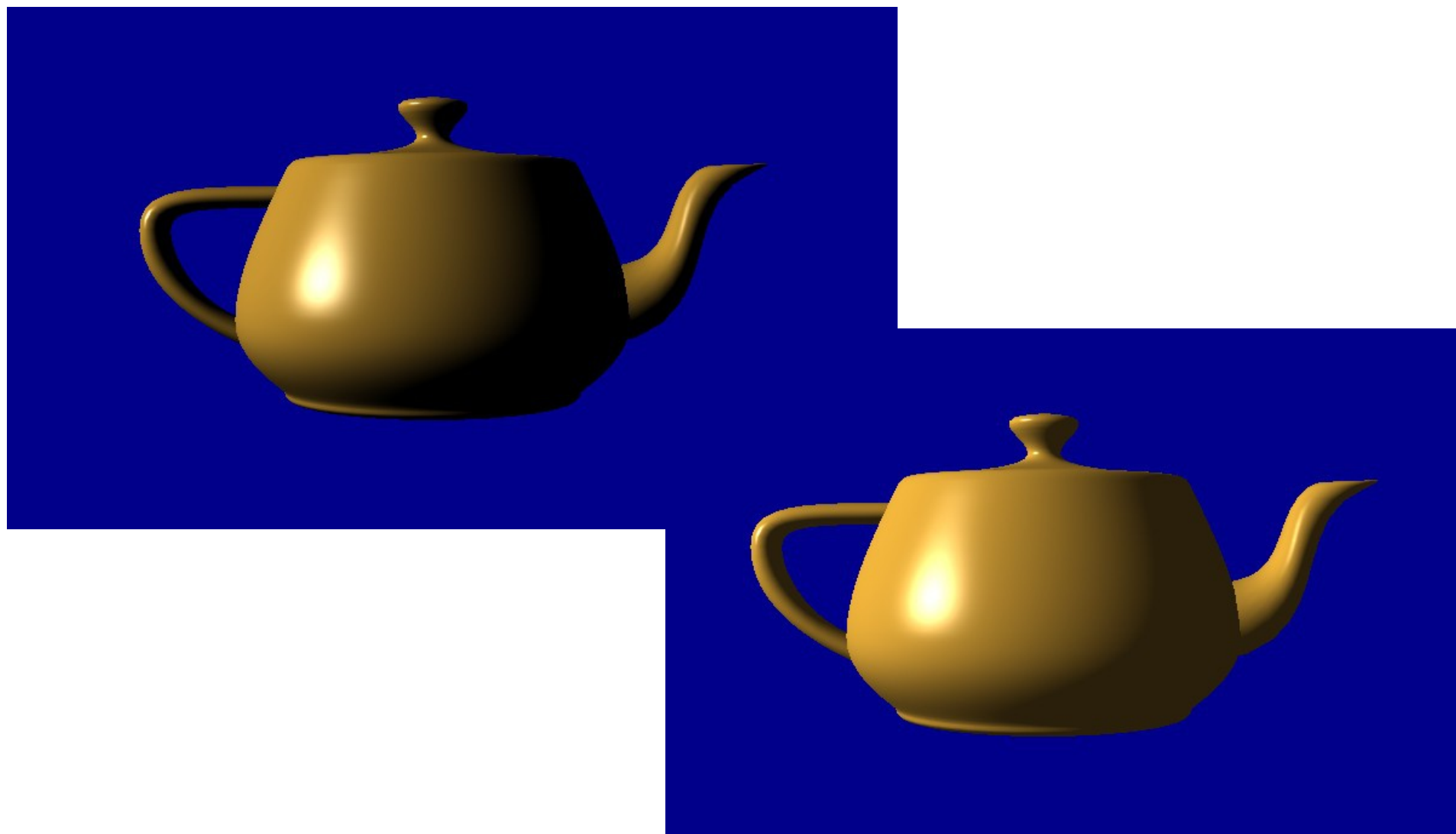


Vliv lesklé složky odrazu





Vliv okolního světla





Osvětlení od jednoho zdroje

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_A + \mathbf{E}_D + \mathbf{E}_S$$

barvy:

- $\mathbf{C}_D = \mathbf{C}$... barva materiálu (RGB)
- $\mathbf{C}_S = \mathbf{C}_L$... barva světelného zdroje (RGB)

konzistence:

- $\mathbf{k}_A + \mathbf{k}_D + \mathbf{k}_S = \mathbf{1}$ (proti přetečení)



Více světelných zdrojů

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_A + \sum_i (\mathbf{E}_D + \mathbf{E}_S)$$

- ♦ výpočet vektoru odrazu:

$$\mathbf{R} = 2\mathbf{n} (\mathbf{n} \cdot \mathbf{l}) - \mathbf{l}$$

- původní Phongův vzorec pro lesklý odraz:
 - místo konstantního členu $\mathbf{C}_S \cdot \mathbf{k}_S$ obsahuje funkci

$$\mathbf{W}(\alpha) \quad (\text{silnější odraz pro velké úhly})$$



Oprava na vzdálenost zdroje

- ◆ měla by být ... $1/d^2$
 - příliš velký rozsah hodnot (monitor počítače není schopen zobrazit)
- ◆ používá se ... $1/(c_0 + c_1 d + c_2 d^2)$

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_A + \sum_i (\mathbf{E}_D + \mathbf{E}_S) / (c_0 + c_1 d_i + c_2 d_i^2)$$



Zjednodušení výpočtů (Blinn)

- 1 **světelné zdroje v nekonečnu** (směrové světelné zdroje)
 - v celé scéně budou konstantní vektory \mathbf{l}_i
- 2 **rovnoběžná projekce** (pozorovatel v nekonečnu)
 - v celé scéně bude konstantní vektor \mathbf{V}



Zjednodušení (Blinn)

- ③ pokud platí obě předchozí podmínky, lze místo $(\mathbf{r}_i \cdot \mathbf{v})^h$ použít $(\mathbf{h}_i \cdot \mathbf{n})^{2h}$
- půlící vektor $\mathbf{h}_i = (\mathbf{l}_i + \mathbf{v}) / |\mathbf{l}_i + \mathbf{v}|$
 - \mathbf{h}_i je konstantní v celé scéně



Další informace:

- **J. Foley, A. van Dam, S. Feiner, J. Hughes:**
Computer Graphics, Principles and Practice, 721-734
- **Jiří Žára a kol.:** *Počítačová grafika*, principy a algoritmy, 343-346