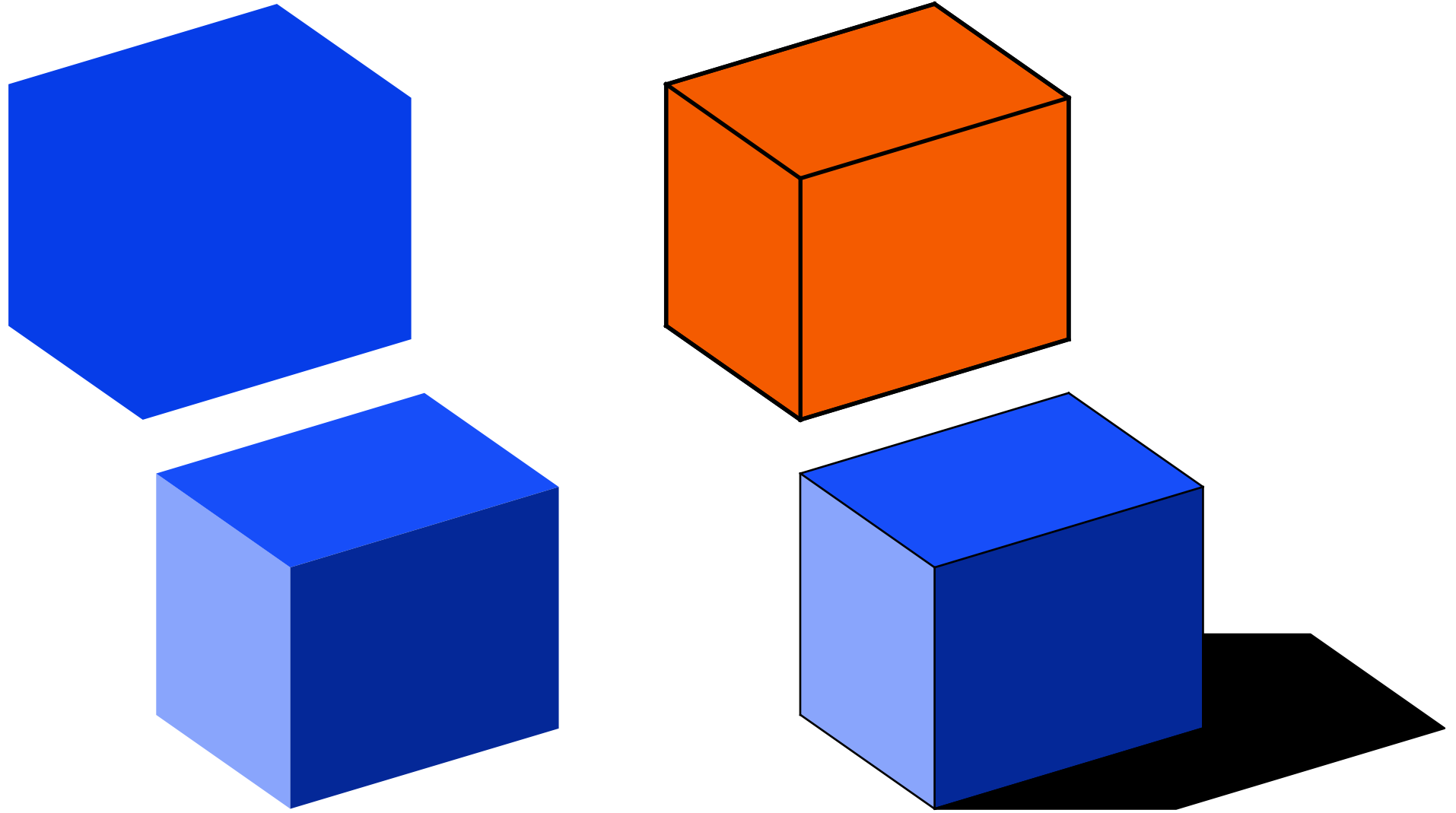


# Phongův osvětlovací model

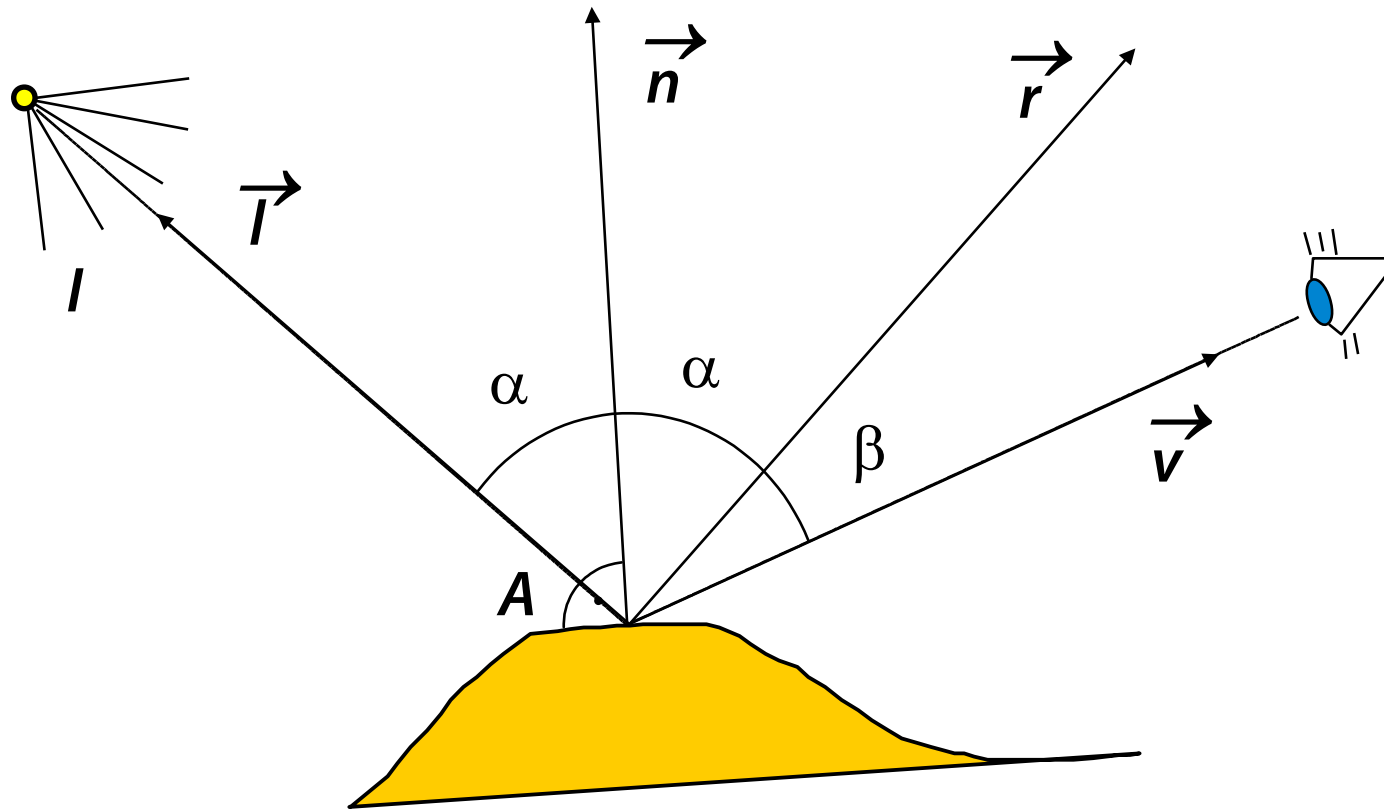
© 1996-2019 Josef Pelikán  
CGG MFF UK Praha

[pepca@cgg.mff.cuni.cz](mailto:pepca@cgg.mff.cuni.cz)  
<https://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 (0.0 až 1.0)

$\cos \alpha = \mathbf{l} \cdot \mathbf{n}$  ... skalární součin normovaných vektorů



# Okolní světlo $E_A$

Všesměrové konstantní osvětlení

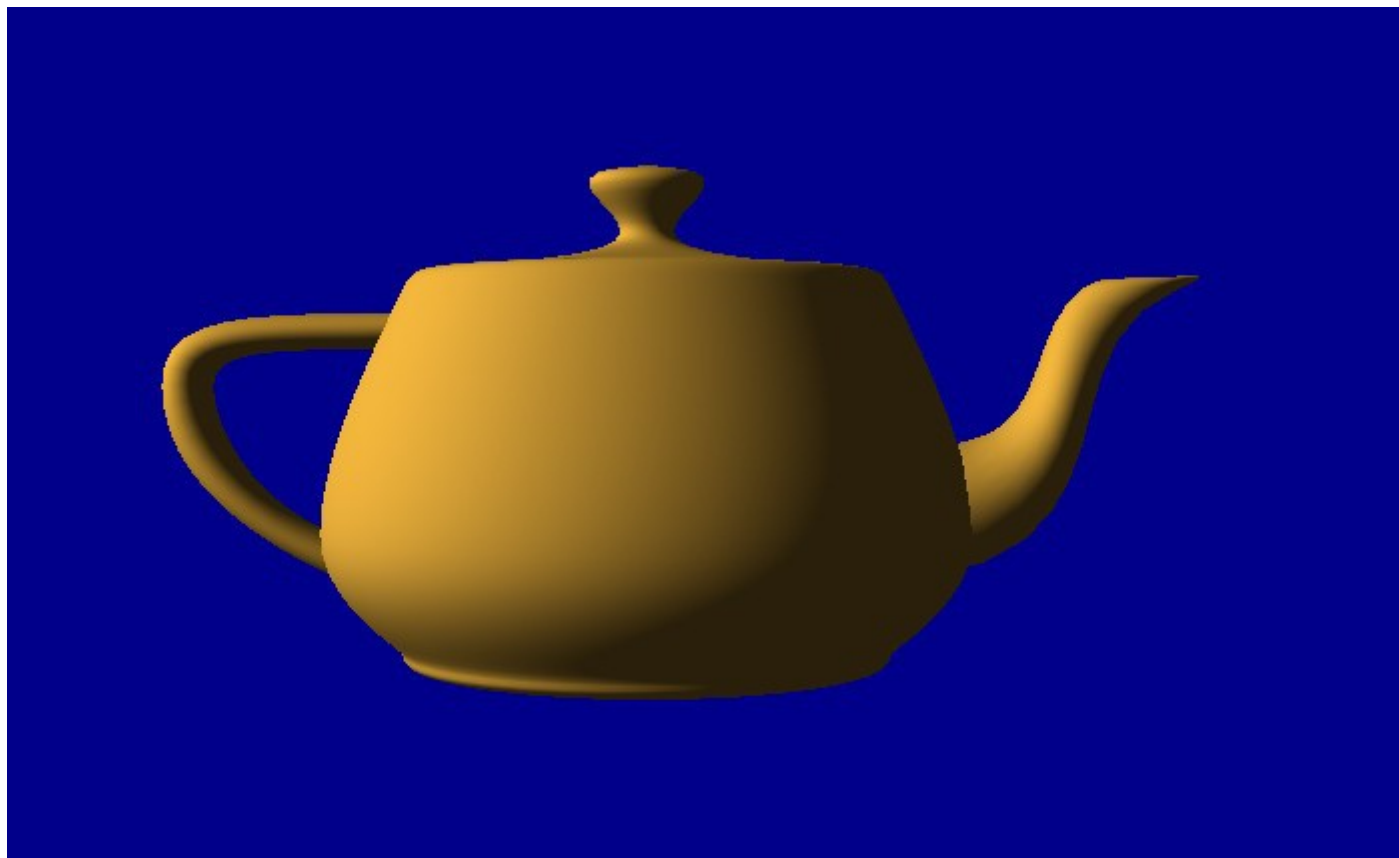
Napodobuje **sekundární odražené světlo**

$$E_A = C_D \cdot k_A$$

$C_D$  ... barva stejná jako u difusní složky (RGB)

$k_A$  ... koeficient okolního světla (0.0 až 1.0)

# Difusní a okolní světlo





# Lesklý odraz $E_s$

Simuluje **odlesk** na povrchu lesklých těles

$$E_s = I_i \cdot C_s \cdot k_s \cdot \cos^h \beta$$

$C_s$  ... barva lesklého odrazu (RGB)

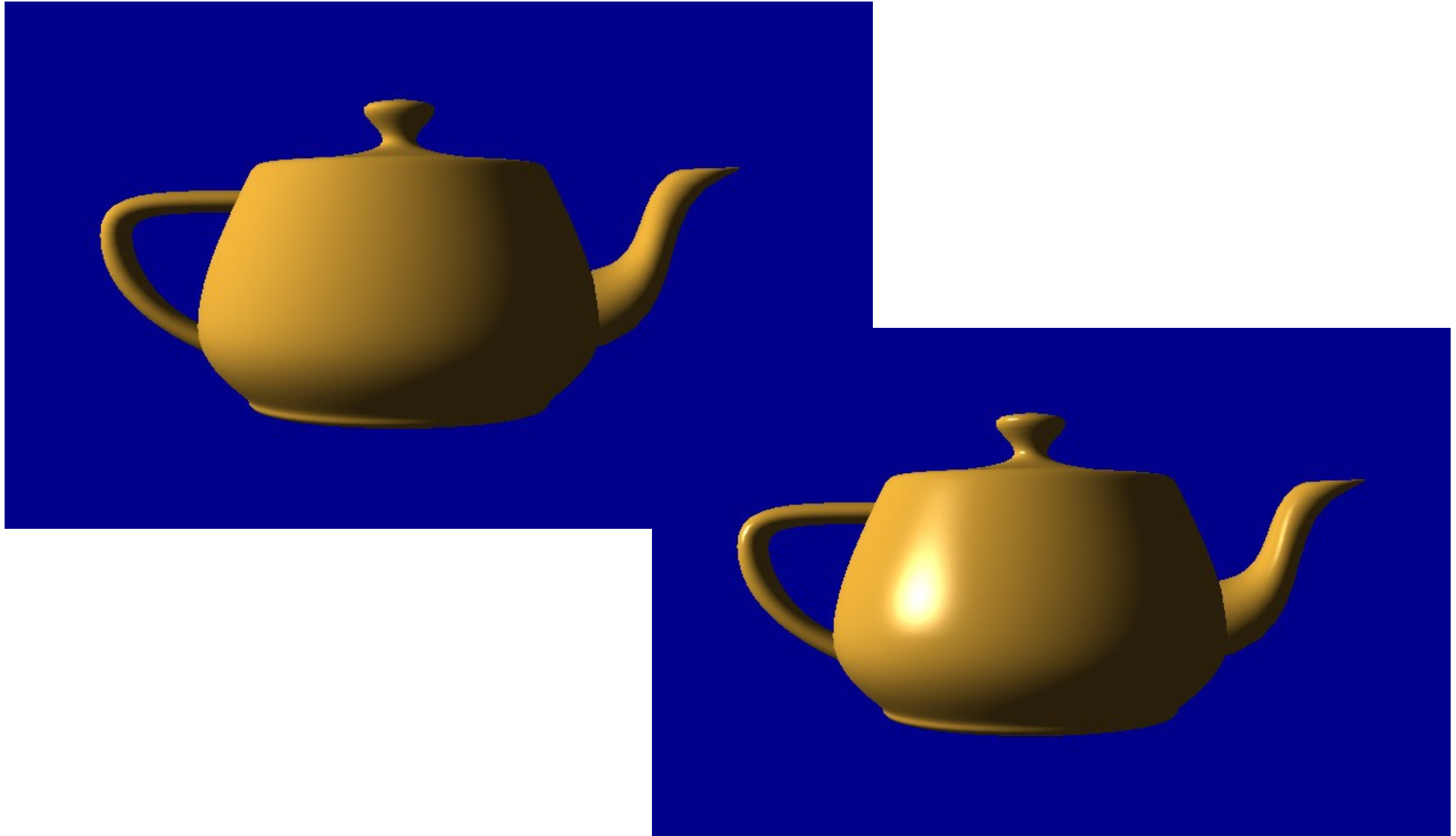
$k_s$  ... koeficient lesklého odrazu (0.0 až 1.0)

$\cos \beta = \vec{r} \cdot \vec{v}$  ... skalární součin normovaných vektorů

$h$  ... ovlivňuje velikost odlesku (5 ... 500)

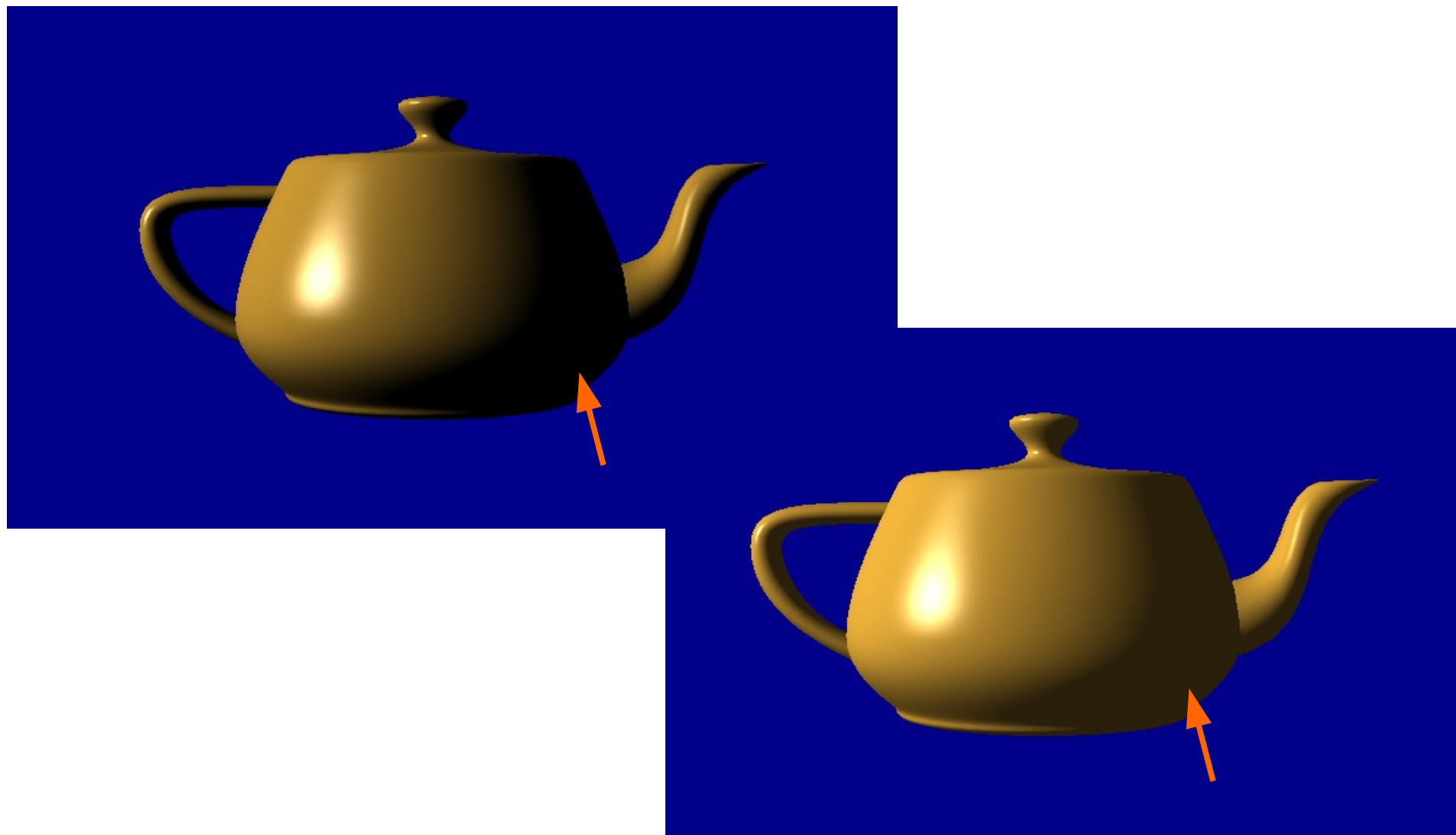


# Vliv lesklé složky odrazu





# Vliv okolního světla





# Osvětlení od jednoho zdroje

$$E = E_A + E_D + E_S$$

## Barvy

$$C_D = C \quad \dots \text{ barva materiálu (RGB)}$$

$$C_S = C_L \quad \dots \text{ barva světelného zdroje (RGB)}$$

## Konzistence

$$k_A + k_D + k_S = 1 \quad (\text{proti přetečení})$$



# Více světelných zdrojů

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

Výpočet vektoru odrazu

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

Původní Phongův vzorec pro lesklý odraz

- místo konstantního členu  $\mathbf{C}_S \cdot \mathbf{k}_S$  obsahuje funkci  $W(\alpha)$  (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 ...  $1/(c_0 + c_1 d + c_2 d^2)$

$$E = E_A + \sum_i (E_D + E_S) / (c_0 + c_1 d_i + c_2 d_i^2)$$



# Zjednodušení výpočtů (Blinn)

**Světelné zdroje v nekonečnu** (směrové světelné zdroje)

- v celé scéně budou konstantní vektory  $\vec{l}_i$

**Rovnoběžná projekce** (pozorovatel v nekonečnu)

- v celé scéně bude konstantní vektor  $\vec{v}$



# Zjednodušení (Blinn)

Pokud platí obě předchozí podmínky, lze místo  $(\vec{r}_i \cdot \vec{v})^h$  použít  $(\vec{h}_i \cdot \vec{n})^{4h}$

Půlící vektor  $\vec{h}_i = (\vec{l}_i + \vec{v}) / \|\vec{l}_i + \vec{v}\|$

–  $\vec{h}_i$  je konstantní v celé scéně

Někdy se nazývá „**Blinn-Phong model**“



# Literatura

---

**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**