

# Základy počítačové grafiky

## Osvětlení a stínování 3D objektů

Michal Španěl

Ústav počítačové grafiky a multimédií  
Fakulta informačních technologií  
Vysoké učení technické v Brně

Brno 2013

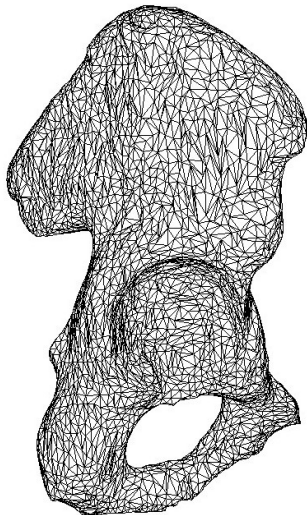
## Cíl

Cílem této přednášky je seznámit se s problematikou osvětlení a stínování 3D modelů. V rámci přednášky budou popsány základní osvětlovací modely a tři nejvíce používané metody stínování

# Zobrazení 3D modelu

## Současné znalosti

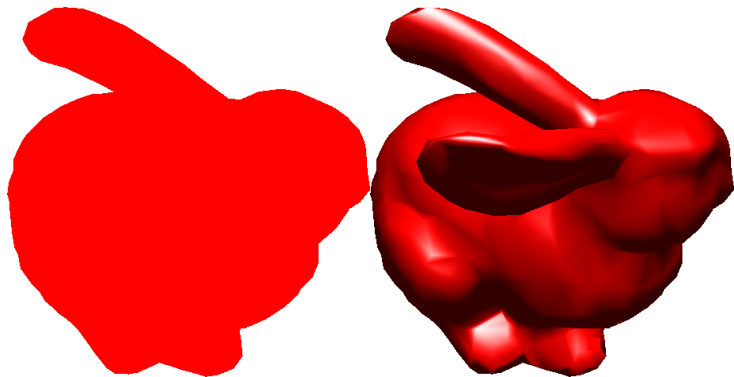
- Reprezentace 3D modelu, hraniční polygonální síť
- Transformace scény (otočení, posun, zoom)
- Projekce (perspektiva)
- Rasterizace trojúhelníků
- Řešení viditelnosti (Z-buffer)
- Co nám tedy chybí, pro reálnější 3D zobrazení objektů 3D scény ???



# Bez osvětlení není vidění

Chybí nám řešení osvětlení objektů 3D scény !!!

Copak to je?



Osvětlení není jen o "vidět".

# Zobrazení 3D modelu

## Řešení osvětlení

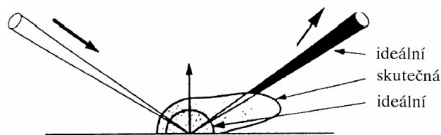
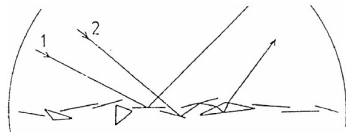
- Objekty odrážejí ze svého povrchu dopadající světlo, i směrem k nám
- Díky tomu objekty vidíme
- Vzniká tak základ vjemu barvy objektů
- Díky různým intenzitám odrazu světla vnímáme 3D tvar objektů
- Způsob odrazu světla na povrchu objektů popisují "Osvětlovací modely"



# Odras světla na povrchu objektů

## Odras

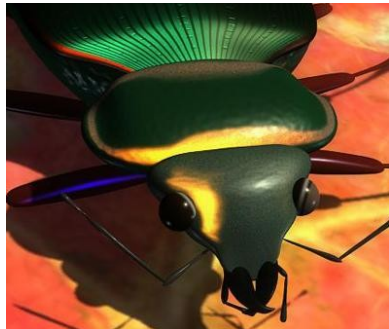
- Mikromodel povrchu, analogie zrcátek, malé částice povrchu
- Ideální odras:
  - Difuzí (odras do všech směrů, kulový)
  - Zrcadlový (směrový, symetrický podle normály povrchu)
- Reálný odras, smíšený (difuzní + zrcadlový), "odrazové těleso"



# Osvětlovací modely

## Charakteristika

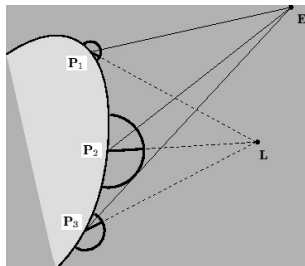
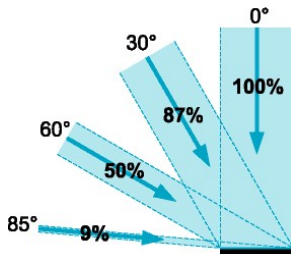
- Povrch je definován svými vlastnostmi (hladký, drsný, lesklý, matný, atd.)
- Odrazová funkce, intenzita odraženého světla podle polohy, barvy a intenzity zdroje a směru odrazu
- Osvětlovací modely:
  - Empirické, rychlé, zjednodušené
  - Realistické, fyzikální podstata, náročné, specializované



# Lambertův osvětlovací model

## Charakteristika

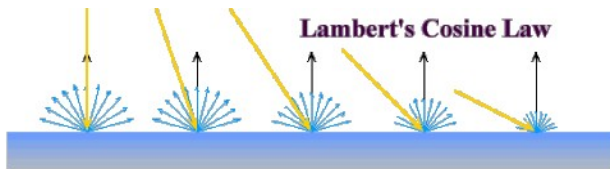
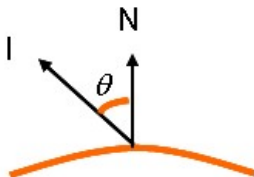
- Empirický model
- Počítá pouze s difuzí
- Ideální difuze, půlkulový odraz do všech směrů
- Koeficient difuze  $r_D$
- Intenzita difuze závisí na úhlu dopadu paprsku na povrch (kosínové pravidlo)
- Otázka: je výsledek tohoto modelu osvětlení závislý na poloze pozorovatele



# Lambertův osvětlovací model

$$I_D = I_L \cdot r_D \cdot \cos \phi$$

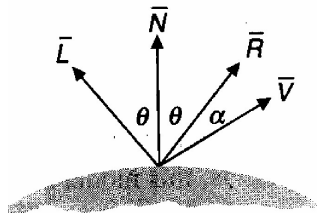
$$I_D = I_L \cdot r_D (\vec{N} \cdot \vec{L})$$



# Phongův osvětlovací model

## Charakteristika

- Empirický model
- K difuzi přidává reflexi
- Ideální reflexe, odraz je symetrický podle normály
- Koeficient reflexe  $r_S$
- Koeficient ostrosti  $n_S$
- Intenzita reflexe závisí na směru odrazu a směru k pozorovateli
- Ambientní složka světla  $I_A$ , světelný šum, rozptýlené světelné pozadí



$$I_P = I_A + I_D + I_S$$

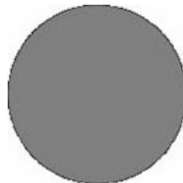
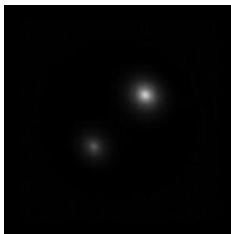
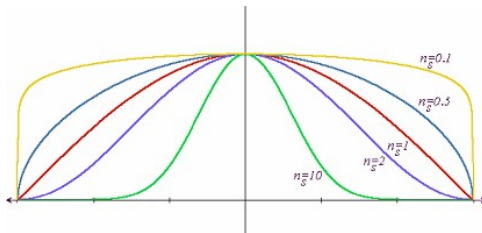
$$I_S = I_L \cdot r_S \cdot \cos \alpha$$

$$I_S = I_L \cdot r_S (\vec{V} \cdot \vec{R})^{n_S}$$

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

$$I_A = I_a \cdot r_A = I_a \cdot r_D$$

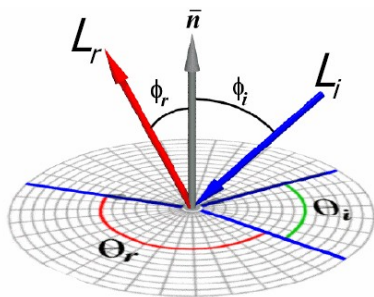
# Phongův osvětlovací model



# BRDF

## Charakteristika

- Fyzikálně založený model
- Realistické zobrazení (Ray-tracing)
- Specializace na jednotlivé efekty nebo materiály (voda, oheň, mramor, kov, látka atd.)
- Výpočetně náročnější
- Možnost modelování světelných zdrojů
- Možnost modelování anizotropních vlastností



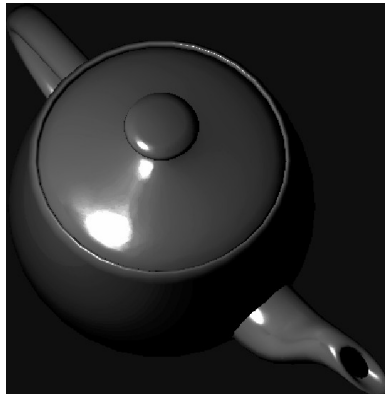
$$f(P, \vec{\omega}_i, \vec{\omega}_r) = \frac{L_i(P, \vec{\omega}_i)}{L_r(P, \vec{\omega}_r) \cdot \cos \phi_i \cdot d\omega_i}$$

$L_i(P, \vec{\omega}_i)$  – ozáření

$L_r(P, \vec{\omega}_r)$  – odražená zářivost

$L_e(P, \vec{\omega})$  – vlastní zářivost ( $\neq 0$ , radiozita)

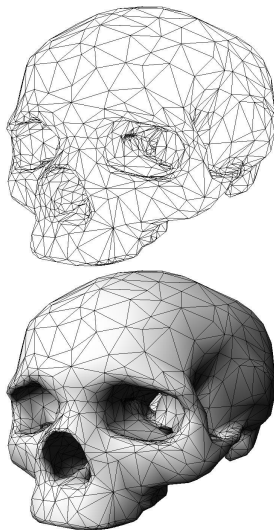
# BRDF



# Stínování 3D modelů

## Shading

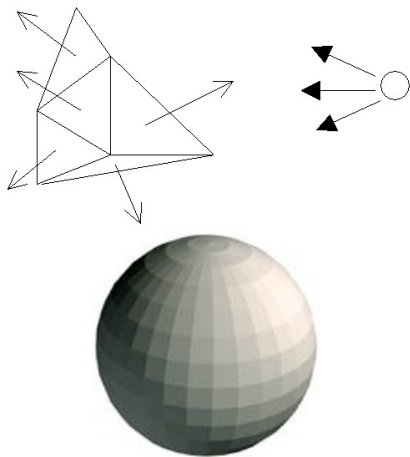
- Určení barvy všech pixelů obrazu 3D scény
- Nejde o řešení stínů
- Určení barvy všech jednotlivých pixelů scény pomocí osvětlovacího modelu je zbytečně náročné (ray-tracing)
- Určení barvy pomocí osvětlovacího modelu jen pro několik bodů na povrchu objektů



# Konstantní stínování

## Flat shading

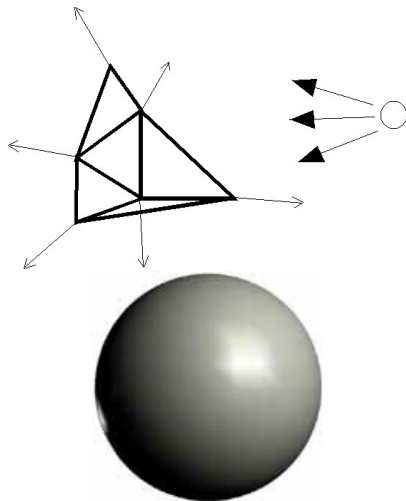
- Pro každý polygon se osvětlovacím modelem vyhodnotí středový pixel
- Celý polygon má pak konstantní barvu
- Nezohledňuje se zakřivení povrchu objektů
- Vhodné pro jednoduché zobrazení, povrch se jeví jako po částech lineární
- Snadná implementace i v HW, podporuje OpenGL



# Gouraudovo stínování

## Gouraud shading

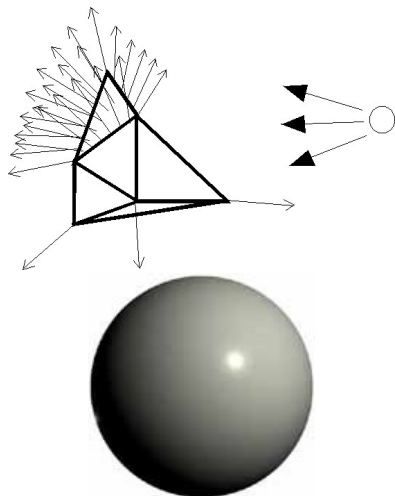
- Pro polygony se osvětlovacím modelem vyhodnotí pixely ve vrcholech
- Při rasterizaci polygonu probíhá interpolace barvy
- Je potřeba znát průměrné normály ve vrcholech
- Zohledňuje se zakřivení povrchu objektů
- Dostatečně realistické pro běžné aplikace
- Snadná implementace i v HW, podporuje OpenGL



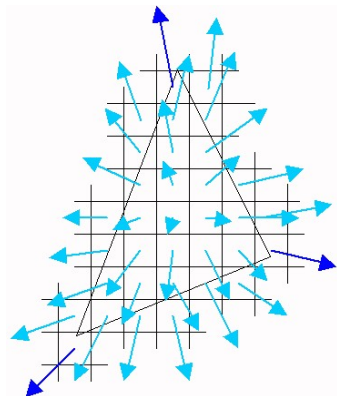
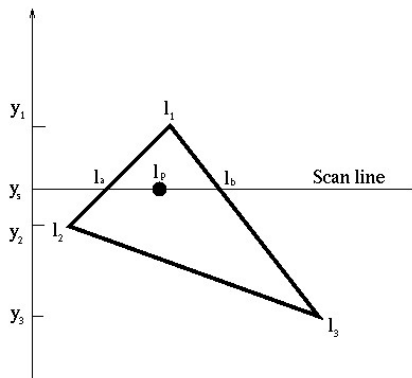
# Phongovo stínování

## Phong shading

- Při rasterizaci probíhá interpolace normál z vrcholů
- Osvětlovací model se počítá pro každý pixel
- Je potřeba znát průměrné normály ve vrcholech
- Zohledňuje se zakřivení povrchu objektů
- Velmi kvalitní výsledky, realistické zobrazení
- Náročná implementace, v OpenGL přes shadery



# Stínování & rasterizace polygonů



# Srovnání metod stínování

