

Modelos de Iluminação

Prof. Antonio L. Apolinário Jr.

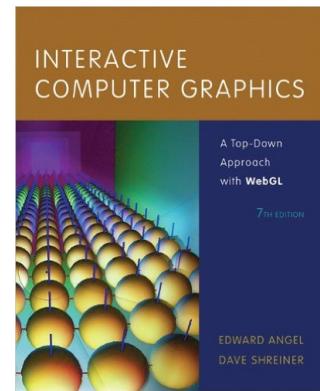
UFBA/IM/DCC/BCC - 2018.1

Roteiro

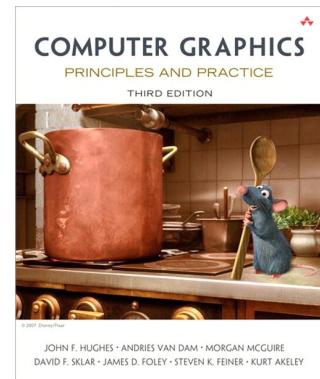
- Modelo Físico de Iluminação
 - Componentes da luz
- Modelo de Reflexão
 - Componentes da luz refletida
 - Especular
 - Difusa
 - Ambiente
- Modelo de Iluminação de *Phong*

Leitura de referencia

- Capítulo 6
Interactive Computer Graphics - A top-down approach with WebGL
7th Edition
Angel, Edward.
Addison-Wesley.
2014.



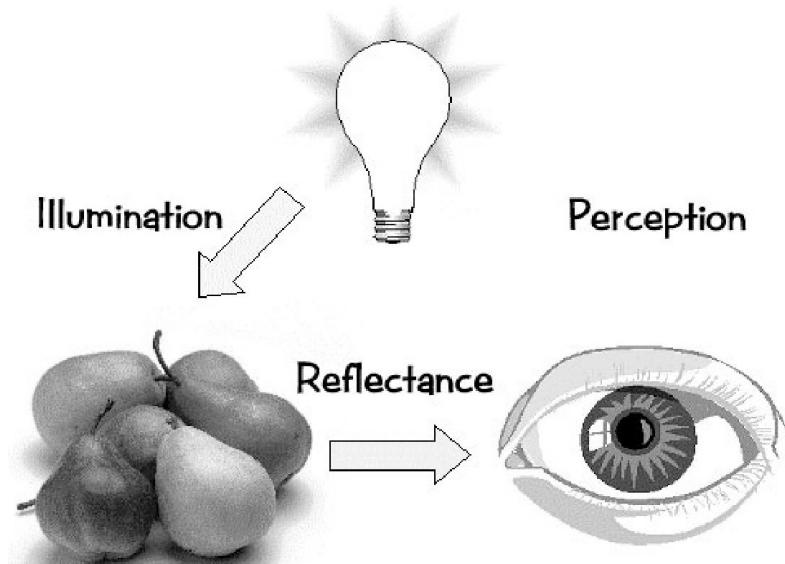
- Capitulos 27
Computer Graphics : Principles and Practice
3rd Edition
John F. Hughes / Andries van Dam
Morgan McGuire / David F. Sklar
James D. Foley / Steven K. Feiner
Addison-Wesley. 2013.



Modelo Físico de Iluminação

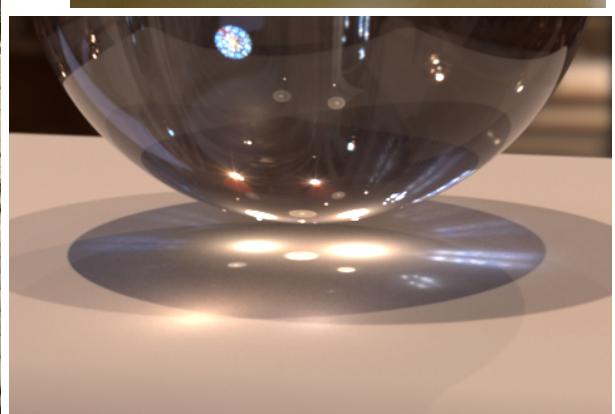
Modelo Físico de Iluminação

- Imagem de um objeto
 - Resultado da interação da luz com a sua superfície



Modelo Físico de Iluminação

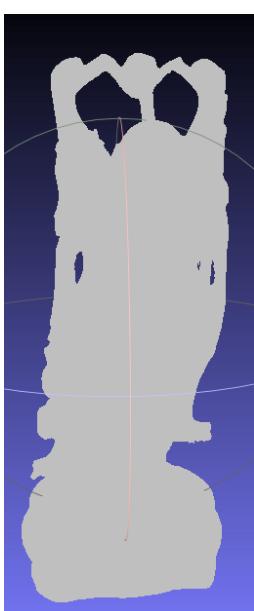
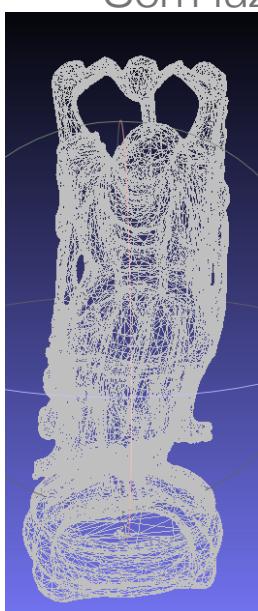
- Da realismo a uma cena



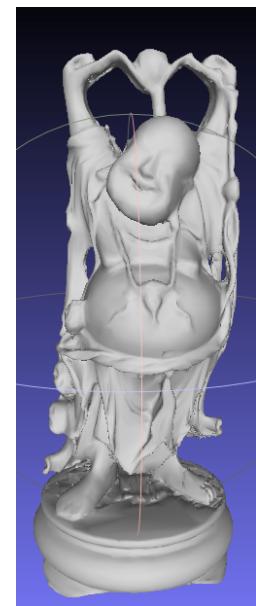
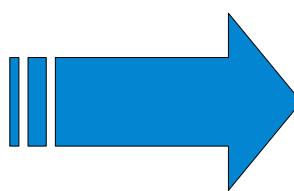
Modelo Físico de Iluminação

- Renderização de malhas poligonais

- Sem luz

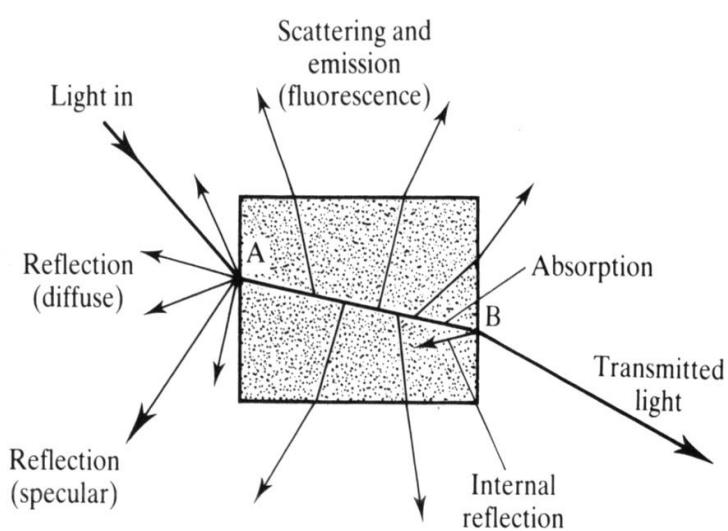


- Com Luz



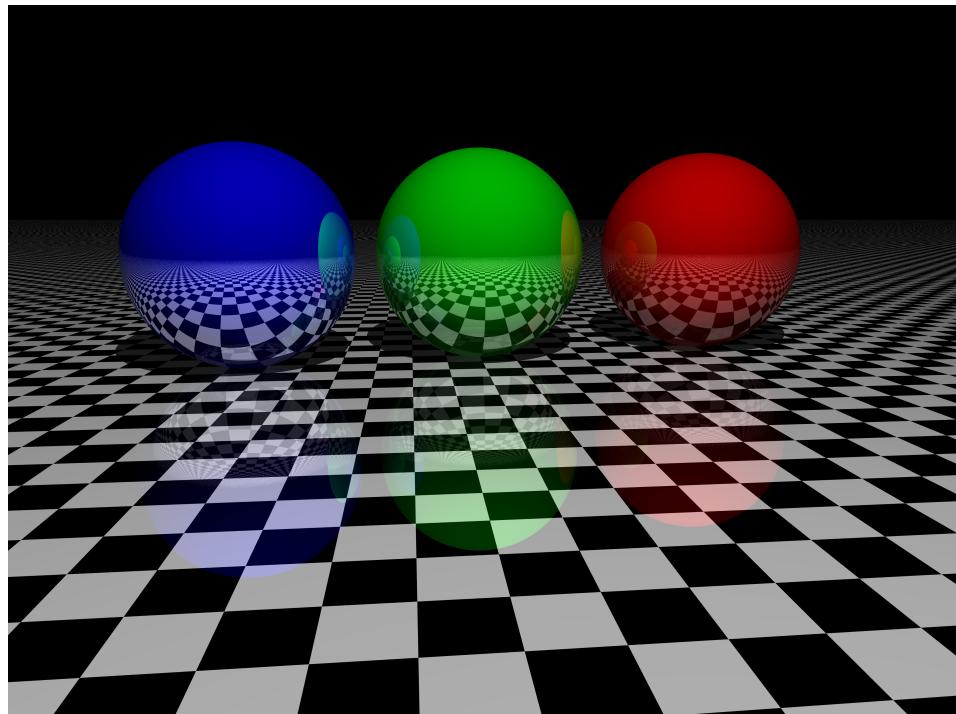
Modelo Físico de Iluminação

- Tipos de Interação Luz / Objeto



Modelo Físico de Iluminação

- Tipos de Iteração Luz / Objeto
 - Reflexão



Modelo Físico de Iluminação

- Tipos de Iteração Luz / Objeto
 - Refração
 - Transmissão



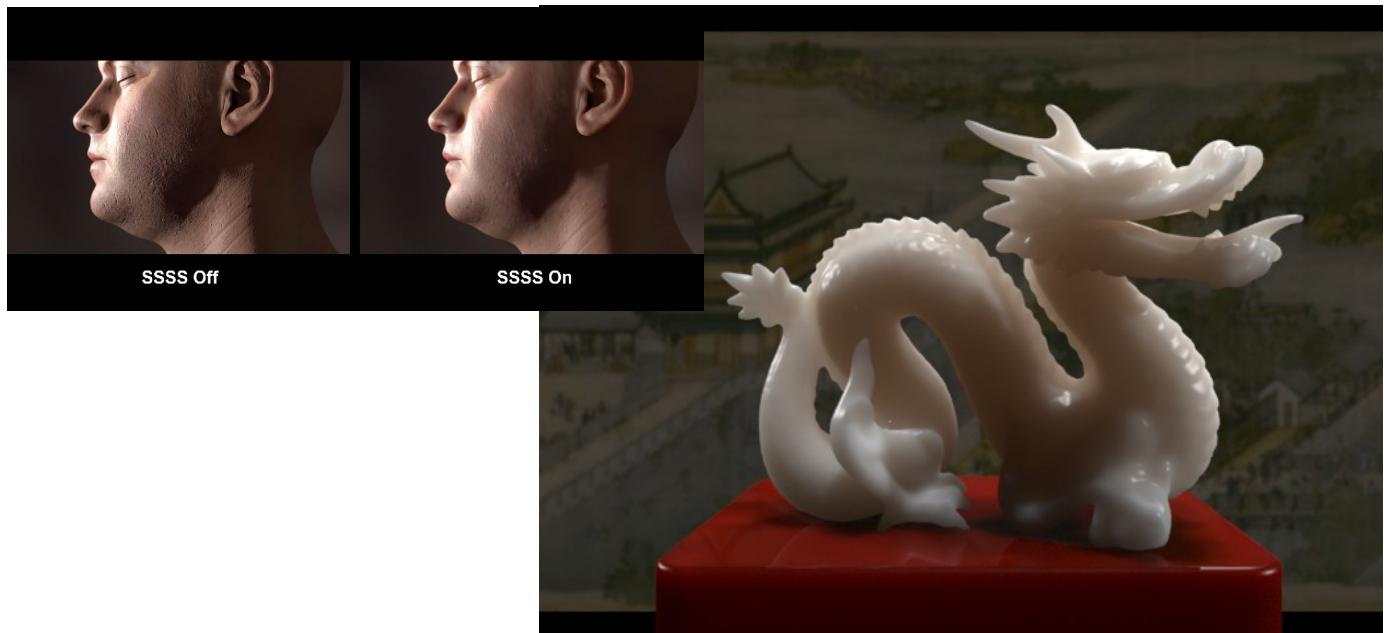
Modelo Físico de Iluminação

- Tipos de Iteração Luz / Objeto
 - Absorção



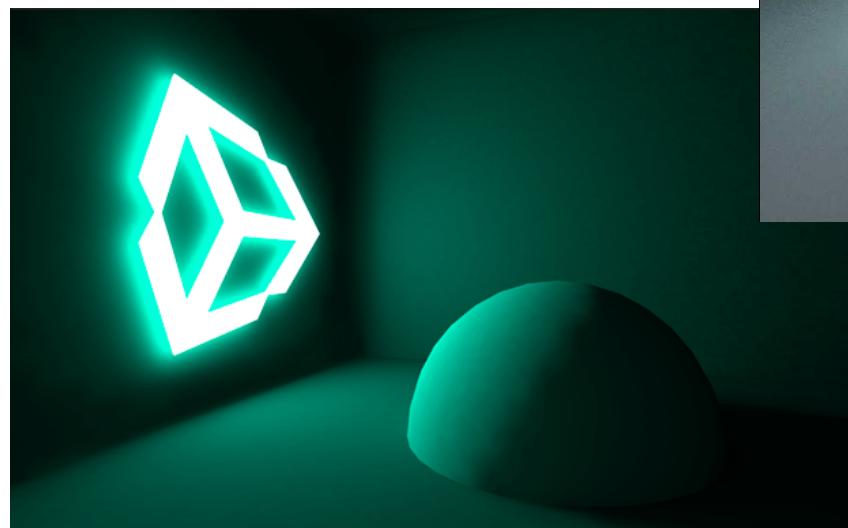
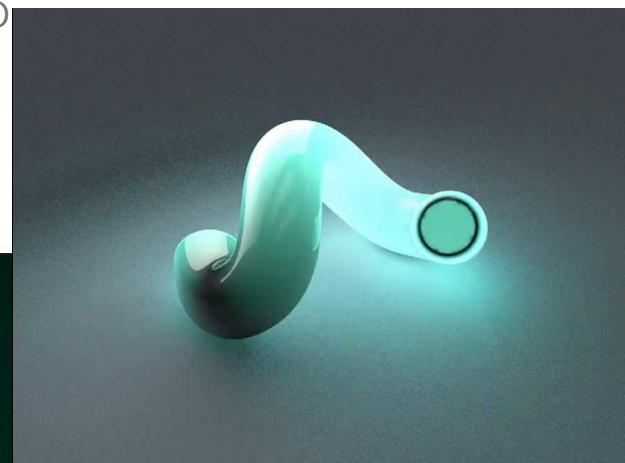
Modelo Físico de Iluminação

- Tipos de Iteração Luz / Objeto
 - Transmissão



Modelo Físico de Iluminação

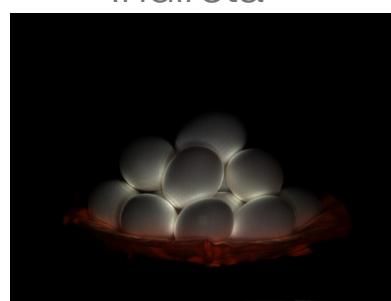
- Tipos de Iteração Luz / Objeto
 - Emissão



Iluminação de uma cena

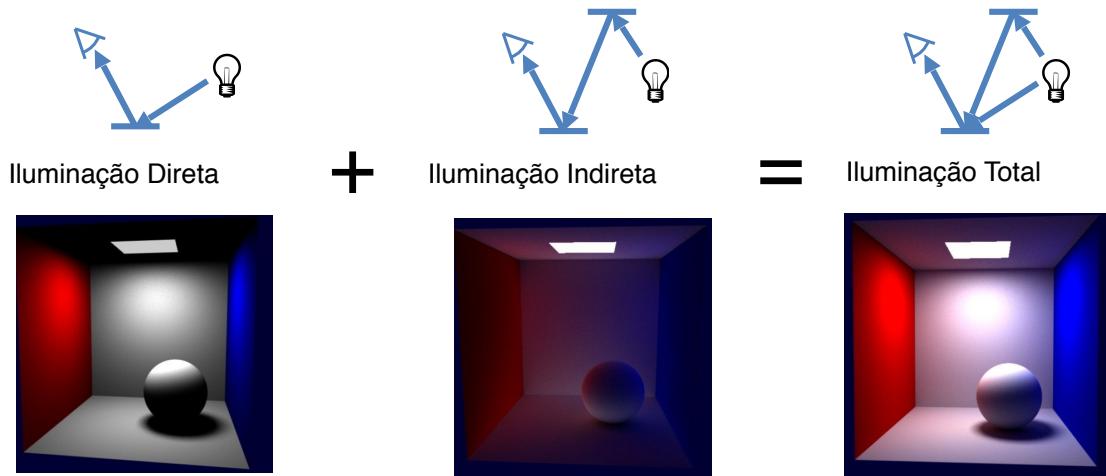
- Duas componentes principais de iluminação:

- Direta
- Indireta



Iluminação de uma cena

- Leva em conta a iluminação direta e indireta de uma cena



Equação de Renderização

- Baseado no cálculo do transporte de luz considerando
 - Emissores
 - Fontes indiretas

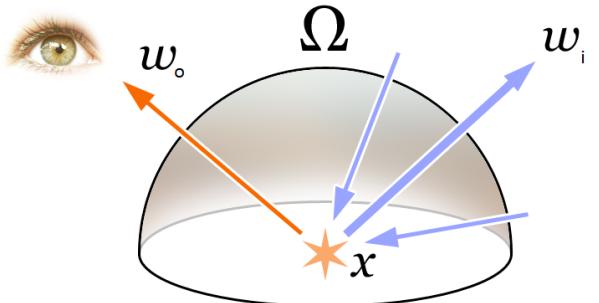
Equação de Renderização

- Equação de Renderização [Kajiya86]

$$L_o(\mathbf{x}, \omega_o, \lambda, t) = L_e(\mathbf{x}, \omega_o, \lambda, t) + \int_{\Omega} f_r(\mathbf{x}, \omega_i, \omega_o, \lambda, t) L_i(\mathbf{x}, \omega_i, \lambda, t) (\omega_i \cdot \mathbf{n}) d\omega_i$$

• onde

- λ => comprimento de onda da luz
- t => temp
- \mathbf{x} => localização no espaço
- \mathbf{n} => vetor normal
- ω_o => direção de saída da luz
- ω_i => direção negativa da luz de chegada
- $L_o(\mathbf{x}, \omega_o, \lambda, t)$ => radiância total
- $L_e(\mathbf{x}, \omega_o, \lambda, t)$ => radiância emitida
- Ω => hemisfério unitário em torno de \mathbf{n} contendo todos os valores possíveis de ω_i
- $f_r(\mathbf{x}, \omega_i, \omega_o, \lambda, t)$ => **BRDF (bidirectional reflectance distribution function)**,
- $L_i(\mathbf{x}, \omega_i, \lambda, t)$ => radiância chegando em \mathbf{x} na direção ω_i
- $\omega_i \cdot \mathbf{n}$ => atenuação da irradiação de chegada em função do seu ângulo de inclinação em relação a normal

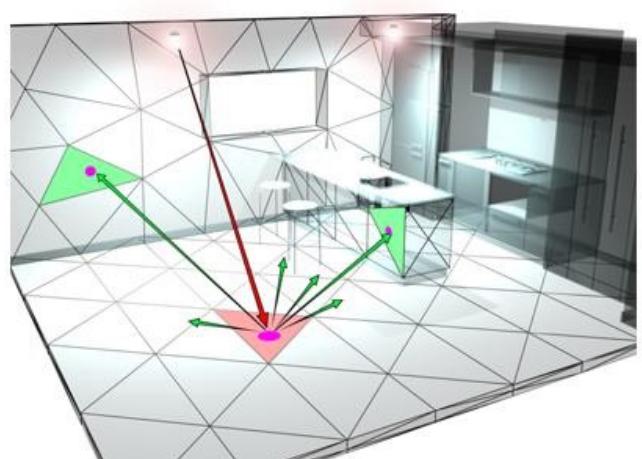
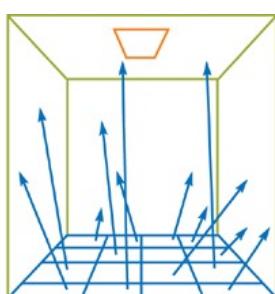
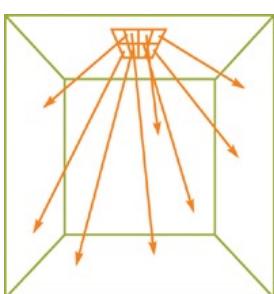


Kajiya, James T., "The rendering equation", Siggraph 1986.

Equação de Renderização

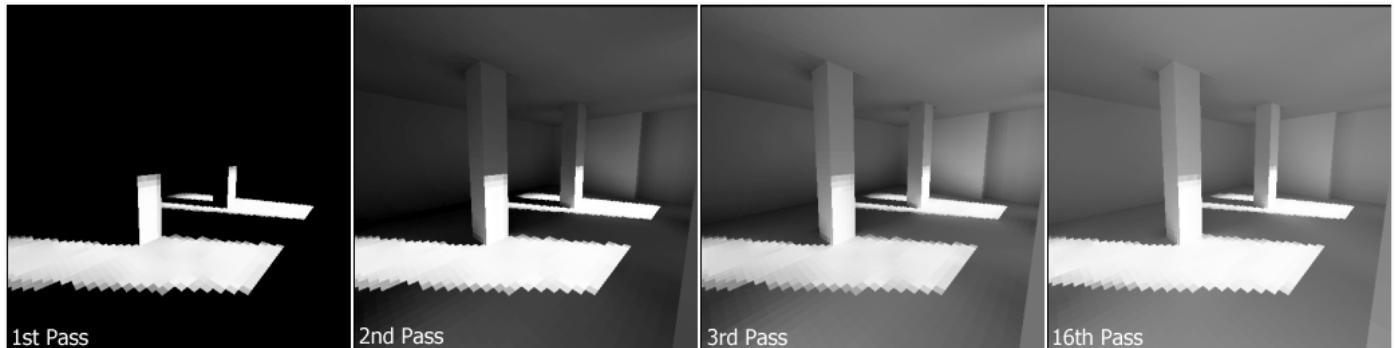
- Dificuldades:

- Número de interações a serem computadas na componente de iluminação indireta



Equação de Renderização

- Dificuldades:
 - Quantas interações entre *patches* da cena computar

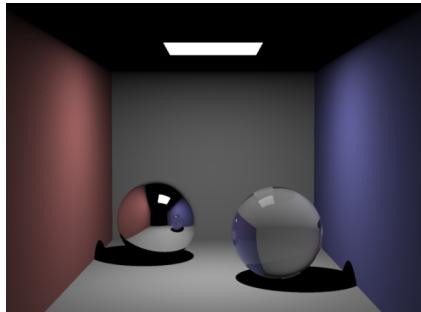


Equação de Renderização

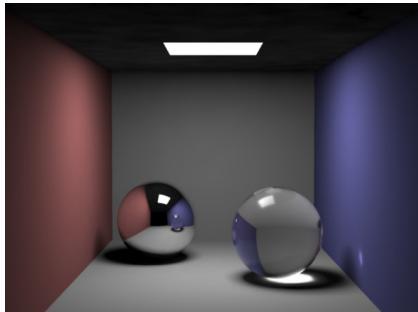


Equação de Renderização

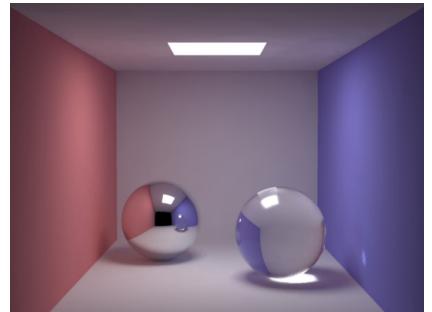
- Dificuldades:
 - Quais efeitos se deseja computar



Direct illumination + specular reflection
Ray trace



+ soft shadows and caustics
Ray trace + caustic photon map



+ diffuse reflection (color bleeding)
Ray trace + caustic and diffuse photon

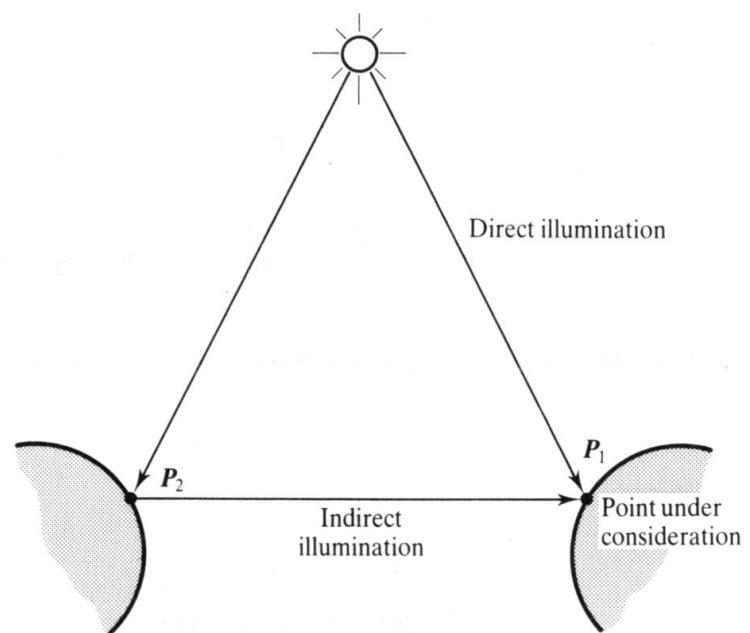
Equação de Renderização

- Modelar todas as interações é muito complicado
 - Modelo físico simplificado
 - Refração → não representada
 - Absorção → constante do material do obj.
 - Emissão → só para fontes
 - ⇒ Modelo de Reflexão
 - ⇒ Considerar apenas a iluminação direta

Modelo de Reflexão

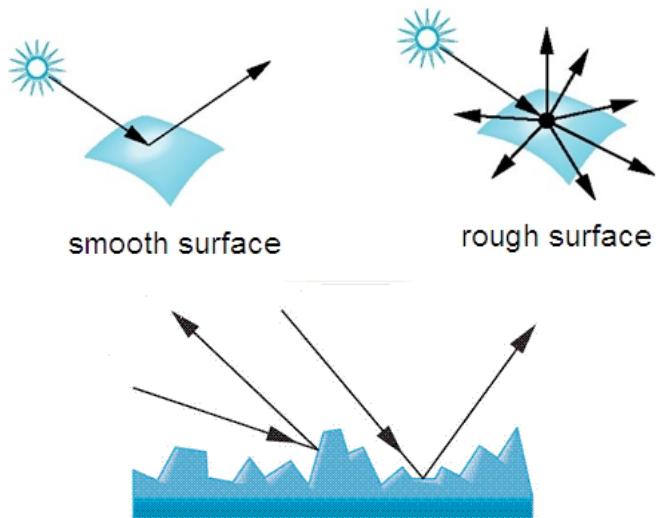
Modelo de Reflexão

- Reflexão pode ser :
 - Direta
 - Indireta



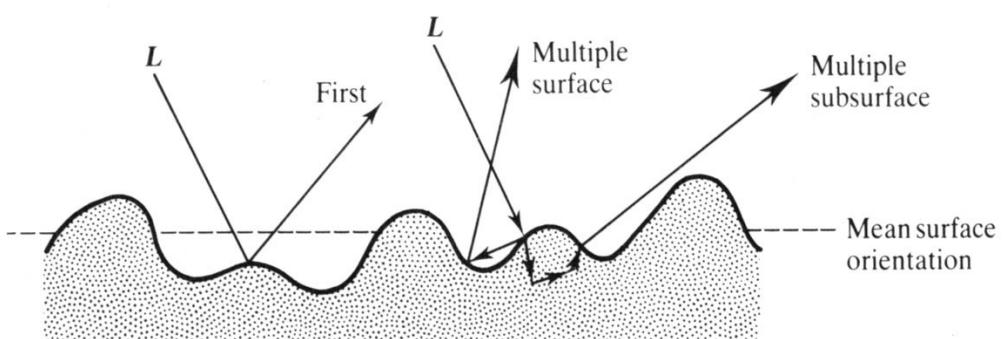
Modelo de Reflexão

- Luz refletida é função :
 - Material do objeto



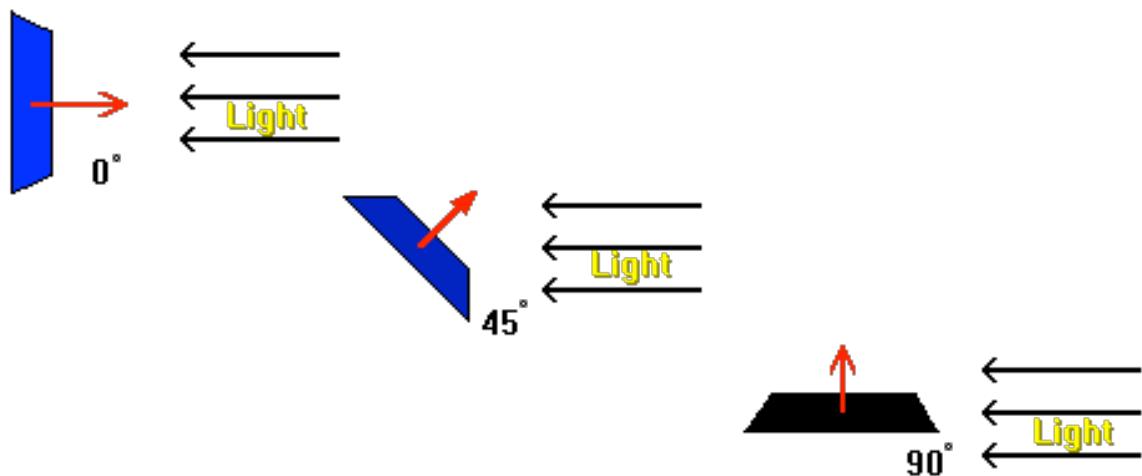
Modelo de Reflexão

- Luz refletida é função :
 - Superfície do objeto
 - Orientação da superfície



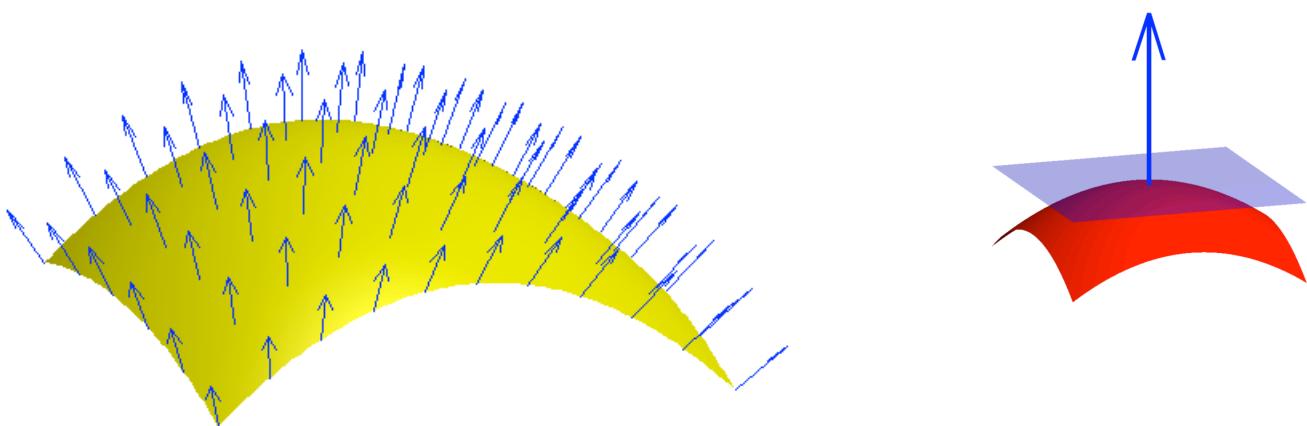
Modelo de Reflexão

- Orientação da superfície
 - Influencia diretamente a intensidade de luz refletida



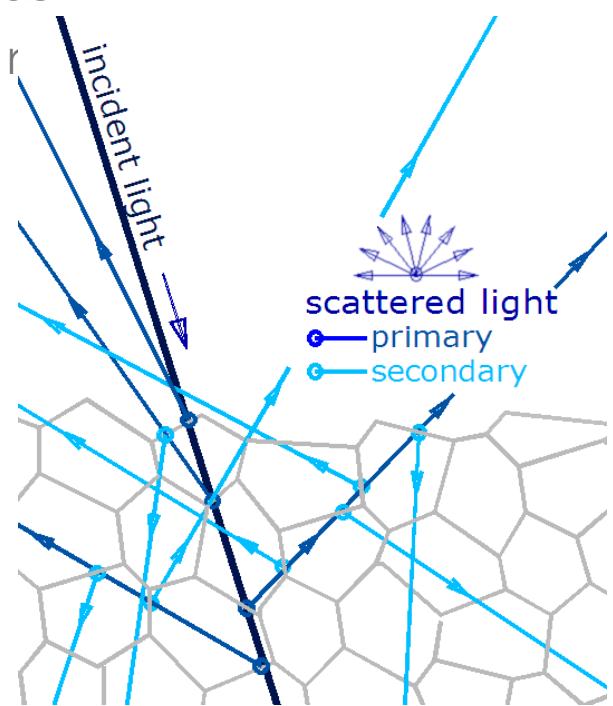
Modelo de Reflexão

- Orientação da superfície
 - Definida a partir do vetor normal ao plano tangente a superfície em cada um de seus pontos



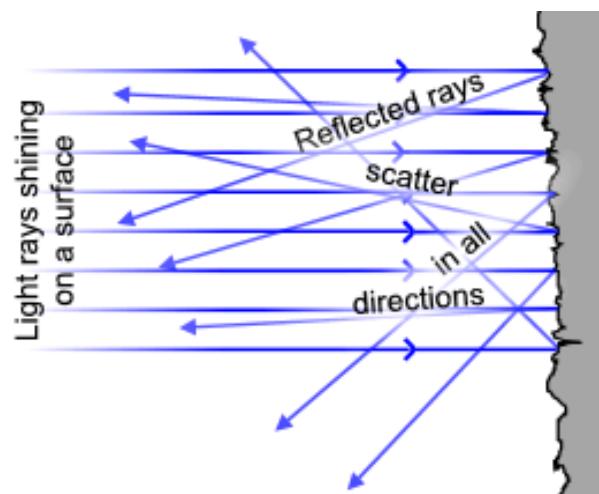
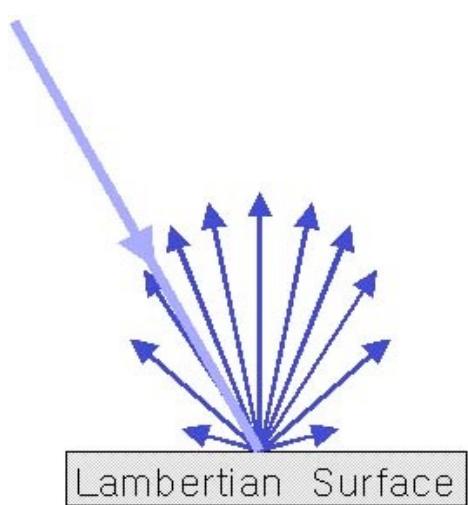
Modelo de Reflexão

- Superfícies irregulares e porosas
 - Espalhamento irregular dos raios
 - Reflexões internas



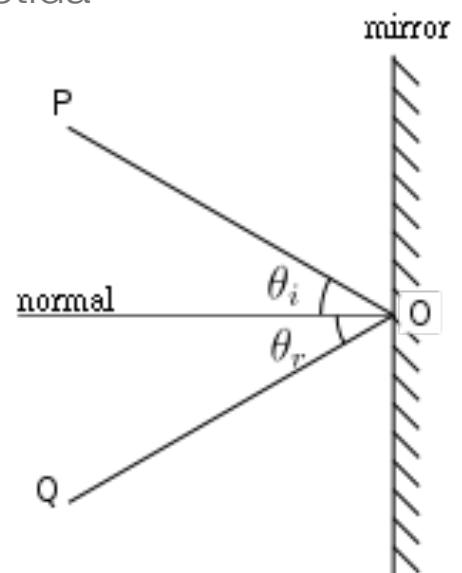
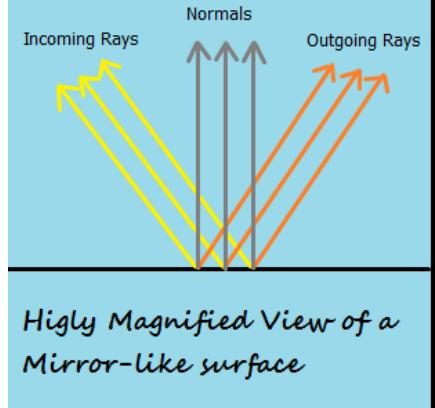
Modelo de Reflexão

- Superfícies Perfeitamente Difusa ou Lambertianas
 - Dispersão total
 - Ex: papel, argila, etc



Modelo de Reflexão

- Superfícies polidas e metálicas
 - Espalhamento regular dos raios de luz refletidos
 - Componente especular da luz refletida



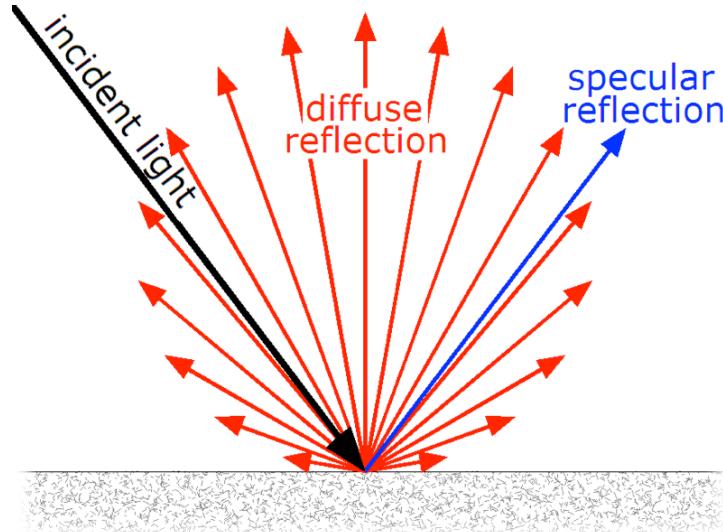
Modelo de Reflexão

- Superfícies Espelhadas
 - Espelho perfeito
 - Apenas componente especular
 - Objeto assume a cor do ambiente ao seu redor



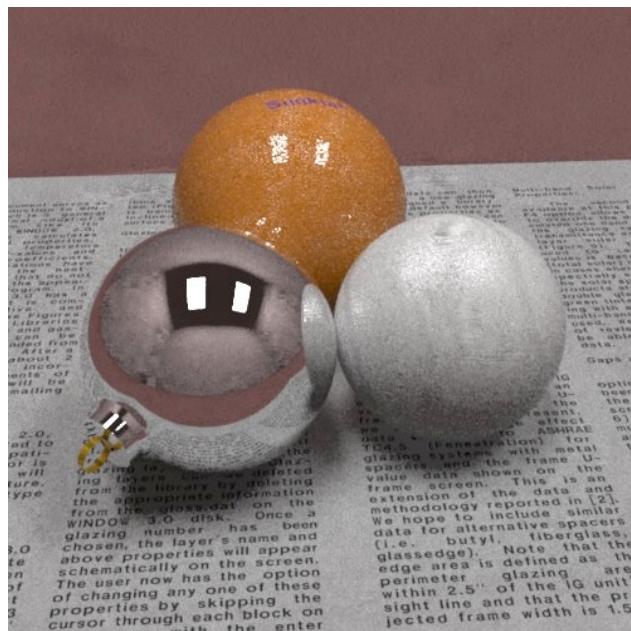
Modelo de Reflexão

- Na maioria dos materiais há mistura das duas componentes



Modelo de Reflexão

- Quais componentes?



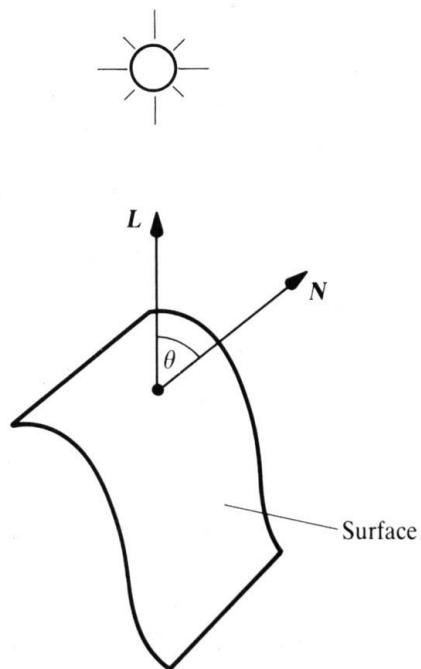
Modelo de Reflexão de *Phong*

Modelo de Reflexão de Phong

- Modelo de Reflexão de Phong [73]
 - Modelo matemático que representa as componentes refletidas da luz

Modelo de Reflexão de Phong

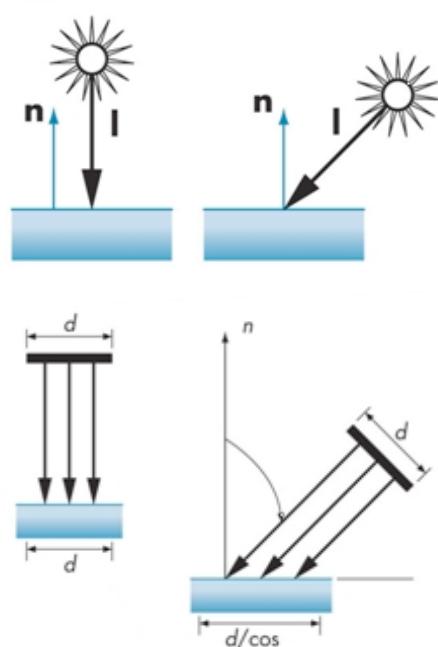
- Componente difusa
 - Considera-se:
 - Posição da fonte de luz
 - Raio de luz incidente
 - Orientação da superfície
 - Vetor normal a superfície



Modelo de Reflexão de Phong

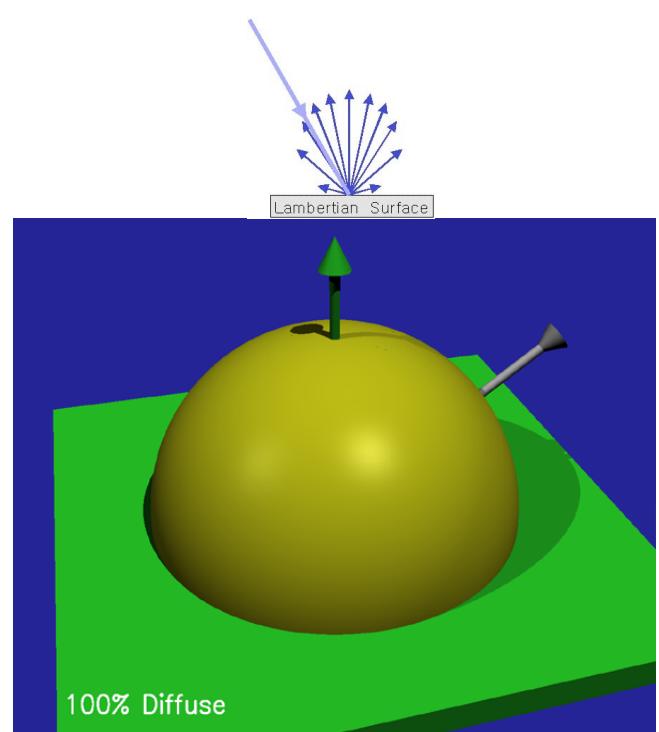
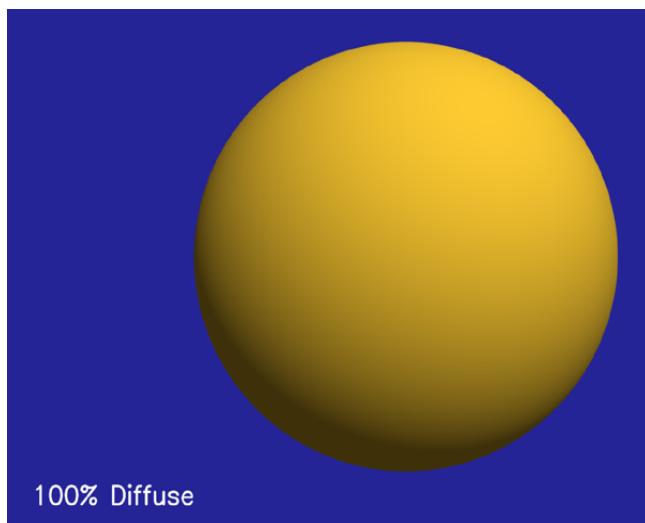
- Componente difusa

$$\begin{aligned}I_{R_{Difusa}} &= I_{incidente} \cdot k_{Difusa} \cdot \cos(\theta) \\&= I_{incidente} \cdot k_{Difusa} \cdot (\vec{L} \cdot \vec{N})\end{aligned}$$



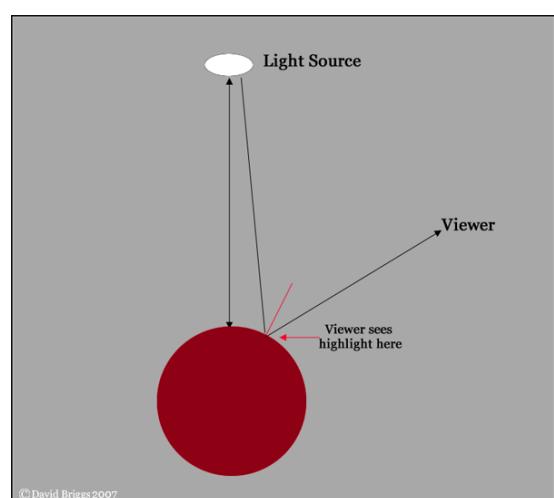
Modelo de Reflexão de Phong

- Componente difusa:



Modelo de Reflexão de Phong

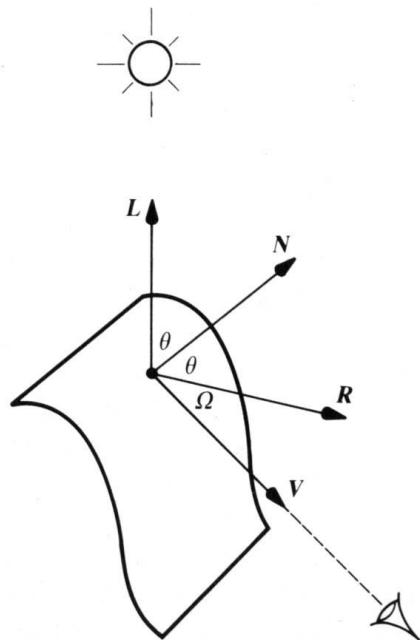
- Componente especular
 - Considera-se:
 - Posição da fonte de luz
 - Raio de luz incidente
 - Orientação da superfície
 - Vetor normal a superfície
 - Posição do observador



Modelo de Reflexão de Phong

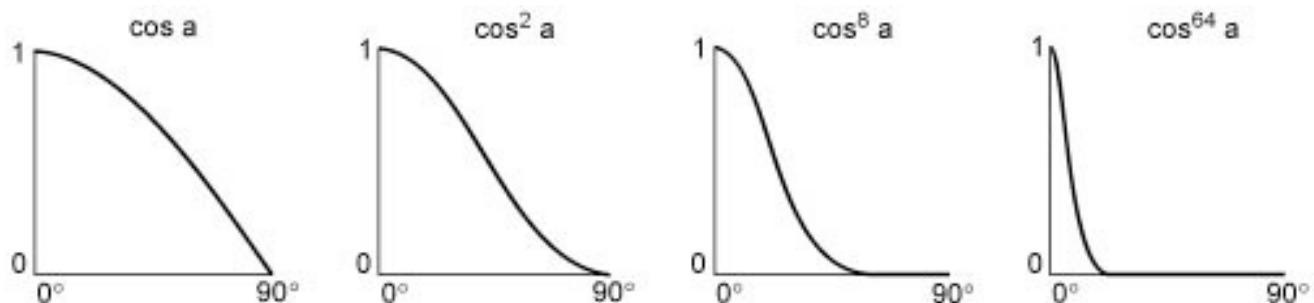
- Componente especular

$$\begin{aligned}I_{R_{Especular}} &= I_{incidente} \cdot k_{Especular} \cdot \cos^n(\Omega) \\&= I_{incidente} \cdot k_{Especular} \cdot (\vec{R} \cdot \vec{V})^n\end{aligned}$$



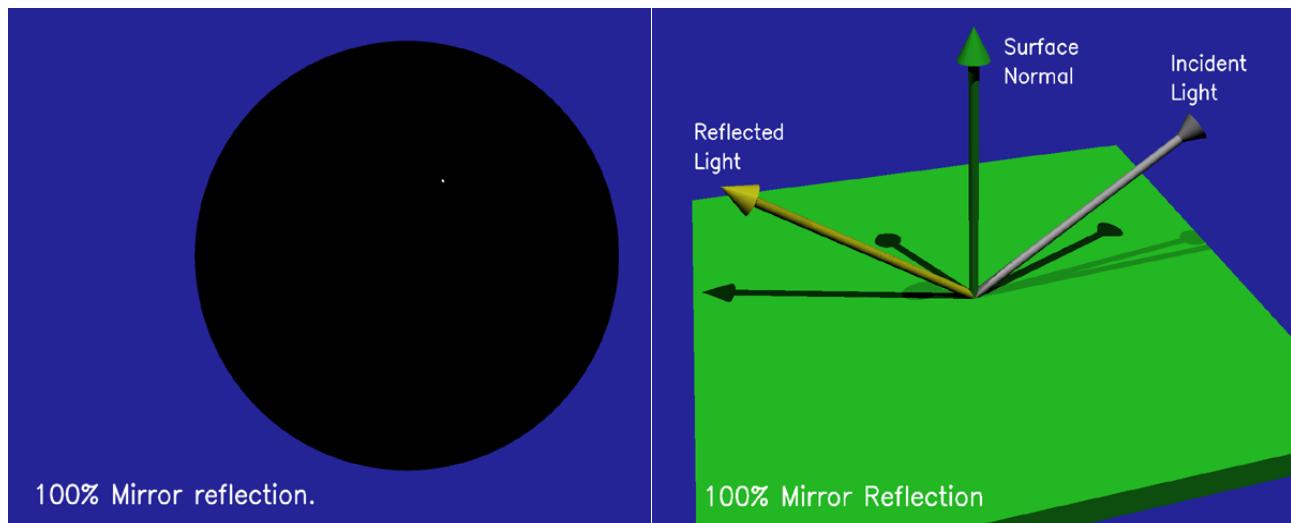
Modelo de Reflexão de Phong

- Componente especular
 - Variação do expoente n
 - Acelerar o decaimento da função cosseno



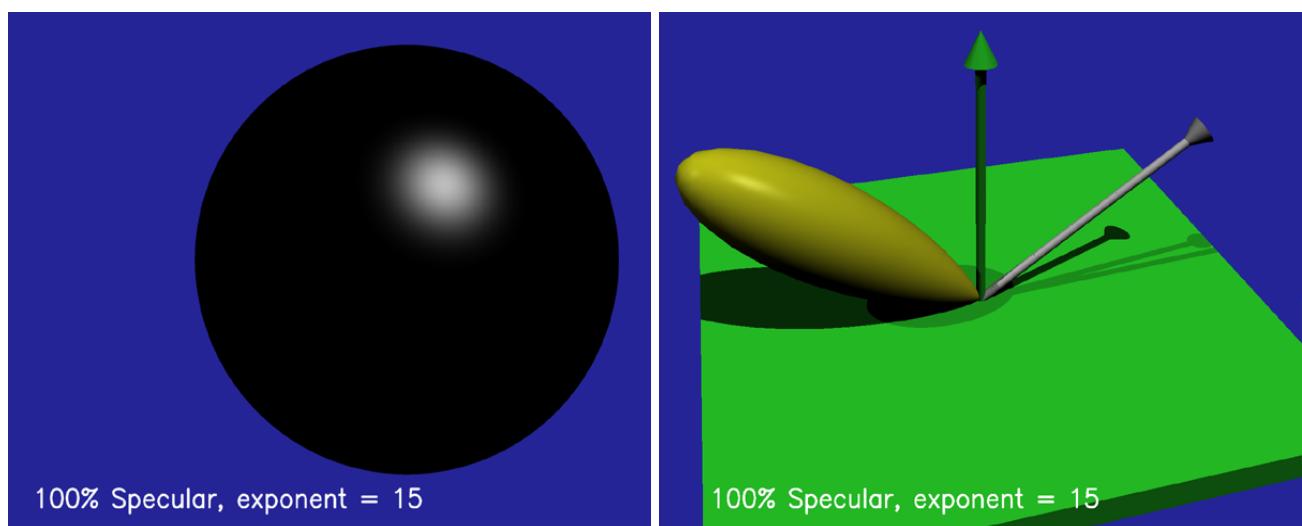
Modelo de Reflexão de Phong

- Componente especular
 - Variação do expoente n
 - Espelho perfeito



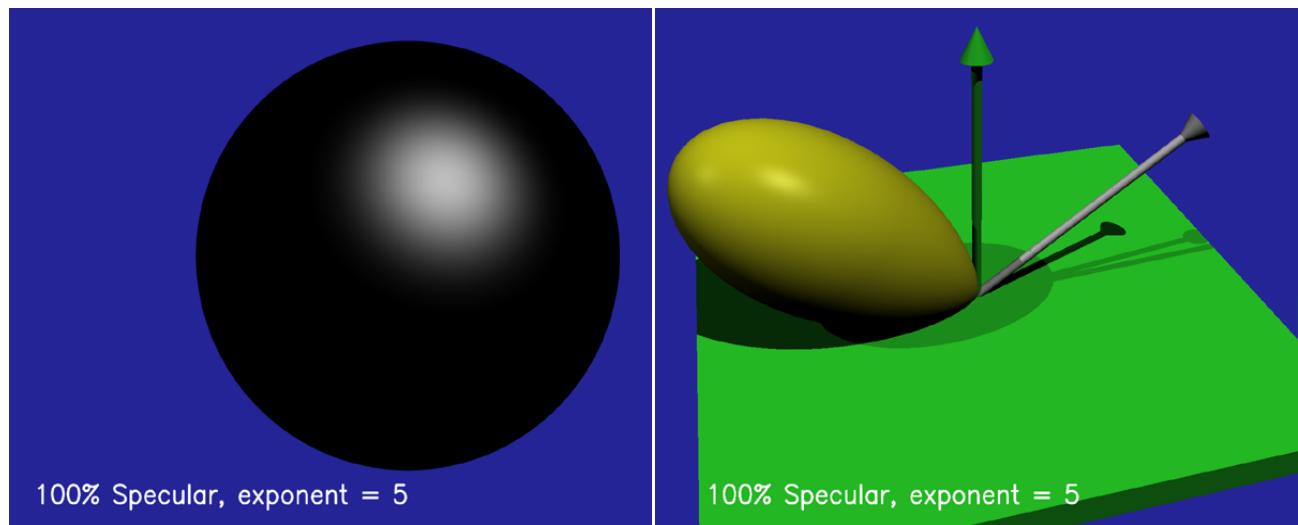
Modelo de Reflexão de Phong

- Componente especular
 - Variação do expoente n



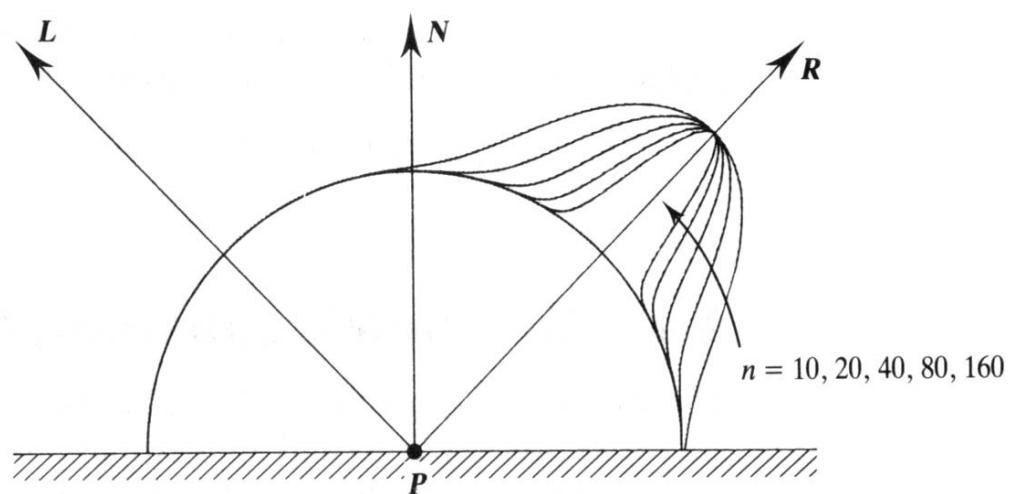
Modelo de Reflexão de Phong

- Componente especular
 - Variação do expoente n



Modelo de Reflexão de Phong

- Combinando componente difusa e especular:



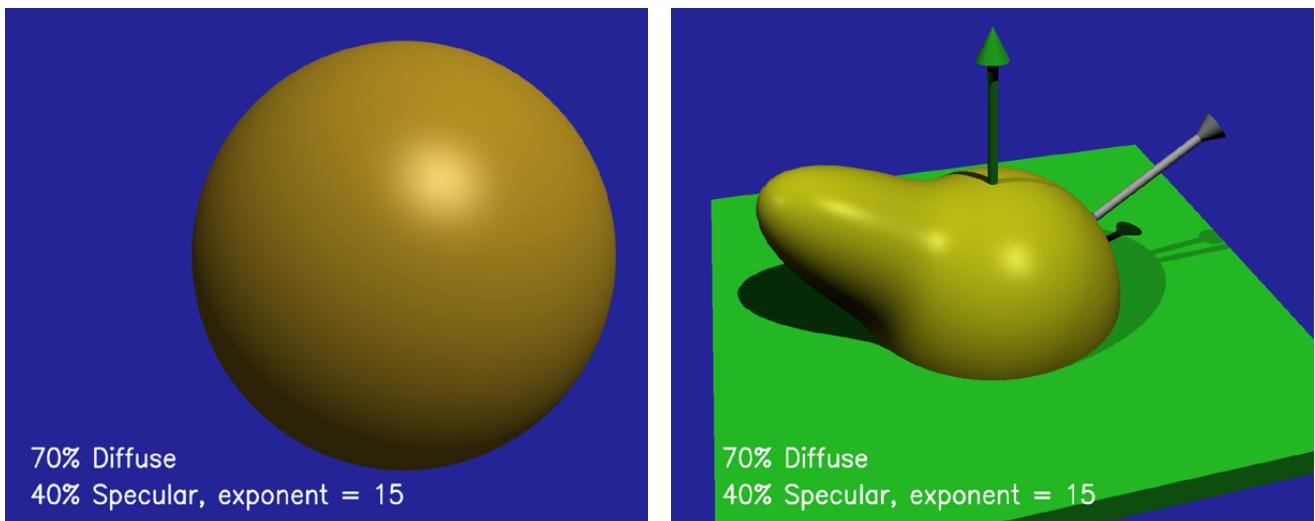
Modelo de Reflexão de Phong

- Combinando componente difusa e especular:

$$\begin{aligned}I_{\text{Refletida}} &= I_{R_{\text{Difusa}}} + I_{R_{\text{Especular}}} \\&= I_{\text{incidente}} \cdot k_{\text{Difusa}} \cdot \cos(\theta) + I_{\text{incidente}} \cdot k_{\text{Especular}} \cdot \cos^n(\Omega) \\&= I_{\text{incidente}} \cdot (k_{\text{Difusa}} \cdot \cos(\theta) + k_{\text{Especular}} \cdot \cos^n(\Omega)) \\I_{\text{Refletida}} &= I_{R_{\text{Difusa}}} + I_{R_{\text{Especular}}} \\&= I_{\text{incidente}} \cdot k_{\text{Difusa}} \cdot (\vec{L} \cdot \vec{N}) + I_{\text{incidente}} \cdot k_{\text{Especular}} \cdot (\vec{R} \cdot \vec{V})^n \\&= I_{\text{incidente}} \cdot (k_{\text{Difusa}} \cdot (\vec{L} \cdot \vec{N}) + k_{\text{Especular}} \cdot (\vec{R} \cdot \vec{V})^n)\end{aligned}$$

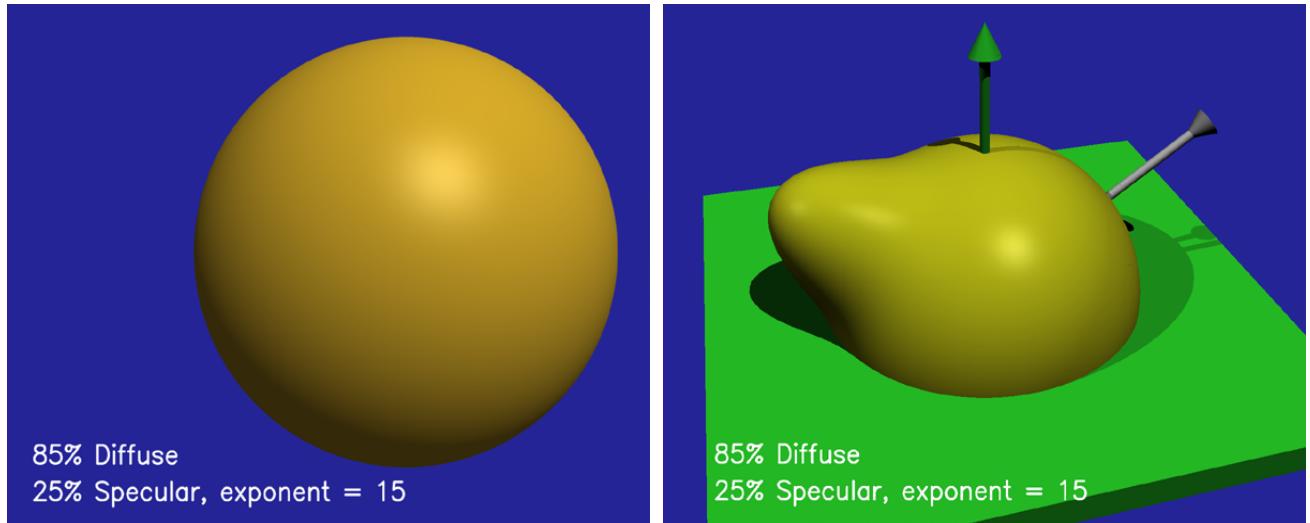
Modelo de Reflexão de Phong

- Combinando componente difusa e especular:



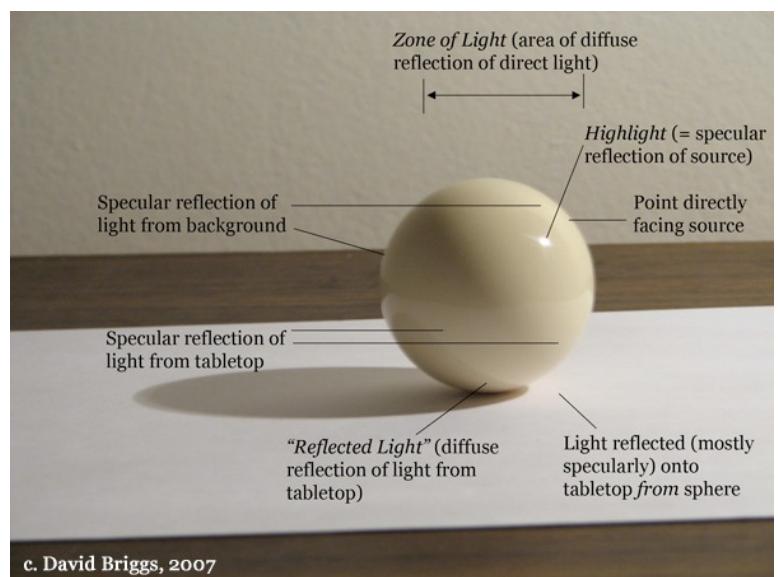
Modelo de Reflexão de Phong

- Combinando componente difusa e especular:



Modelo de Reflexão de Phong

- Um modelo de reflexão de *Phong* representa apenas a reflexão direta
 - A falta da reflexão indireta torna a renderização pouco realista



c. David Briggs, 2007

Modelo de Reflexão de Phong

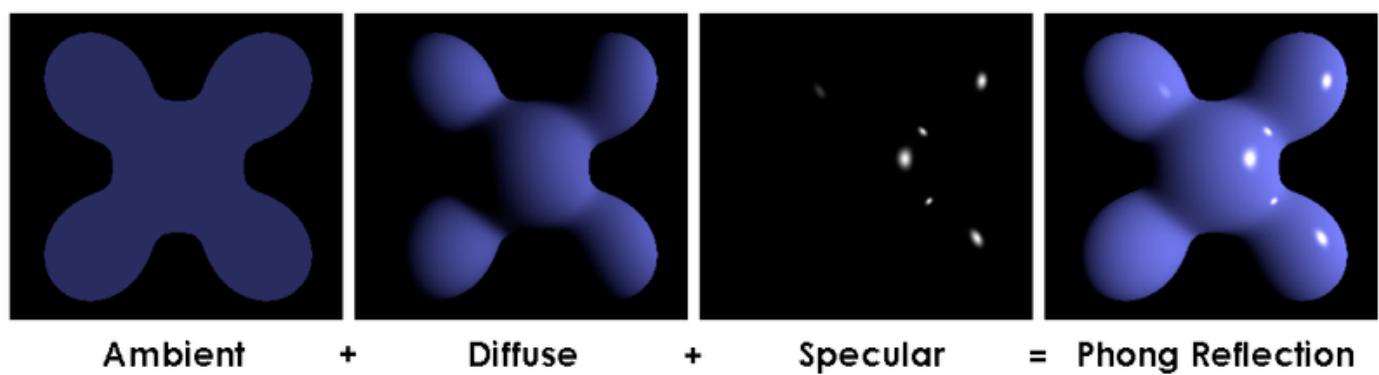
- Componente Ambiente simula a reflexão indireta
 - Traz mais realismo ao modelo
 - Porém pode comprometer a percepção de volume do objeto
 - Valor relativamente baixo

$$I_{R_{\text{Ambiente}}} = I_{\text{global}} \cdot k_{\text{ambiente}}$$



Modelo de Reflexão de Phong

- Combinando as três componentes, temos:



Modelo de Reflexão de Phong

- A intensidade da luz emitida pela fonte de luz que chega em um dado objeto varia em função da distância
 - Como modelar esse efeito?



Modelo de Reflexão de Phong

- Inclusão de um fator de atenuação ao modelo
 - A luz decresce em uma razão inversamente proporcional a distância

$$f_{atenuação} = \frac{1}{k_c + k_l \cdot d + k_q \cdot d^2}$$

- Simplificações

$$f_{atenuação} = \frac{1}{k_c + k_l \cdot d}$$

ou

$$f_{atenuação} = \frac{1}{k_c}$$

Modelo de Reflexão de Phong

- Modelo de Phong completo:

$$\begin{aligned}I_{\text{Refletida}} &= f_{\text{Atenuação}} \cdot (I_{R_{\text{Difusa}}} + I_{R_{\text{Especular}}}) + I_{R_{\text{Ambiente}}} \\&= f_{\text{Atenuação}} \cdot (I_{\text{incidente}} k_{\text{Difusa}} \cdot \cos(\theta) + I_{\text{incidente}} k_{\text{Especular}} \cdot \cos^n(\Omega)) + I_{\text{Global}} K_{\text{Ambiente}} \\&= I_{\text{incidente}} \cdot f_{\text{Atenuação}} \cdot (k_{\text{Difusa}} \cdot (\vec{L} \cdot \vec{N}) + k_{\text{Especular}} \cdot (\vec{R} \cdot \vec{V})^n) + I_{\text{Global}} K_{\text{Ambiente}}\end{aligned}$$

Dúvidas?

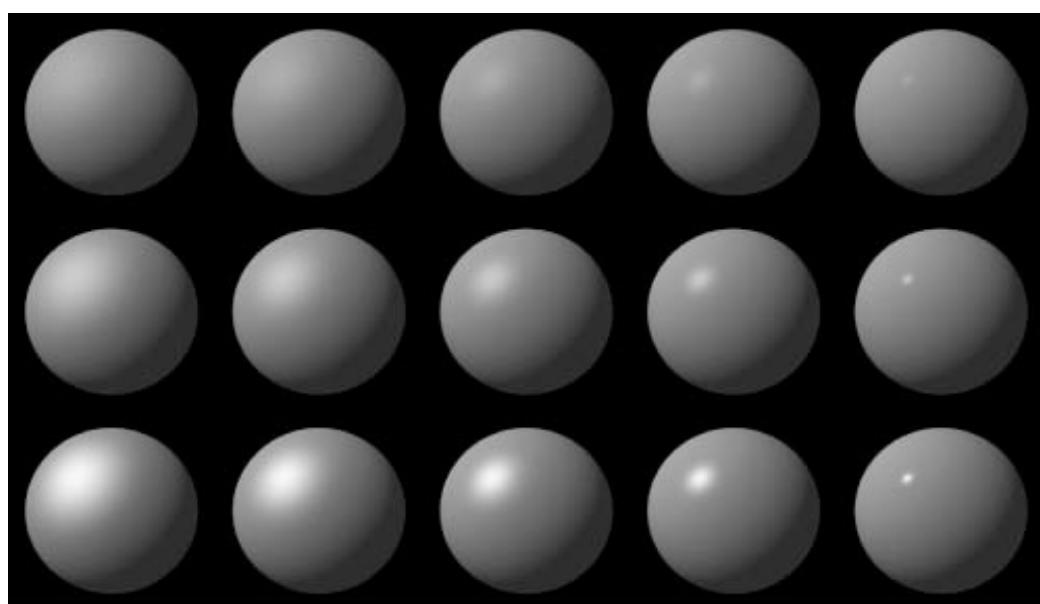
Modelo de Reflexão de Phong

- Quais componentes a figura ilustra?
- Qual sua variação?



Modelo de Reflexão de Phong

- Quais componentes a figura ilustra?
- Qual sua variação?



Resumindo...

- Modelo simplificado:
 - Modela a reflexão direta
 - Componente Difusa
 - Componente Especular
 - Simula reflexão indireta
 - Componente Ambiente
 - Pode levar em conta a atenuação da fonte em função da distância

Modelo de Iluminação em CG

- Como implementar o Modelo de *Phong* computacionalmente?

A Seguir.... Algoritmos de Iluminação