

# Modelos de iluminación BRDF

*(Bidirectional Reflectance Distribution Function)*

Alba Sornosa Campos

Programación Avanzada sobre Tarjetas Gráficas  
Grado en Ingeniería Multimedia  
Universitat de València





# Índice

1. Introducción
2. Aplicaciones y ejemplos
3. Modelos implementados
4. Demostración del funcionamiento
5. Conclusiones
6. Referencias y bibliografía

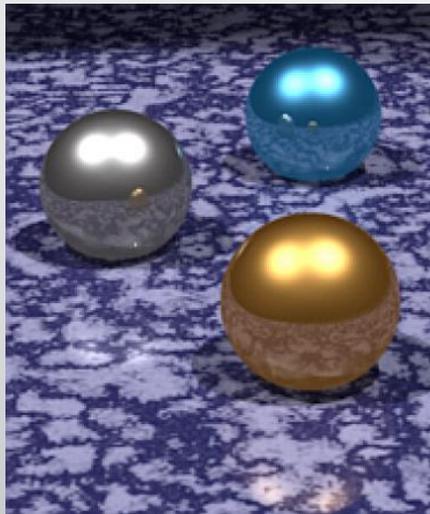


# ¿Qué es el BRDF?

- Un **BRDF** (*Bidirectional Reflectance Distribution Function*) es una función que define cómo se refleja la luz en una superficie opaca.
- Parámetros de entrada:
  - Dirección de entrada de la luz,  $\omega_i$
  - Dirección de salida,  $\omega_r$
- Parámetro de salida:
  - Proporción de radiación reflejada que sale a lo largo de  $\omega_r$  a la irradiación incidente en la superficie de la dirección  $\omega_i$ .

# Tipos de BRDF

- **Isotrópico:** La superficie refleja igual desde cualquier dirección de vista.
- **Anisotrópico:** La reflexión varía no solo con el ángulo de incidencia, sino también con el ángulo de la luz incidente.

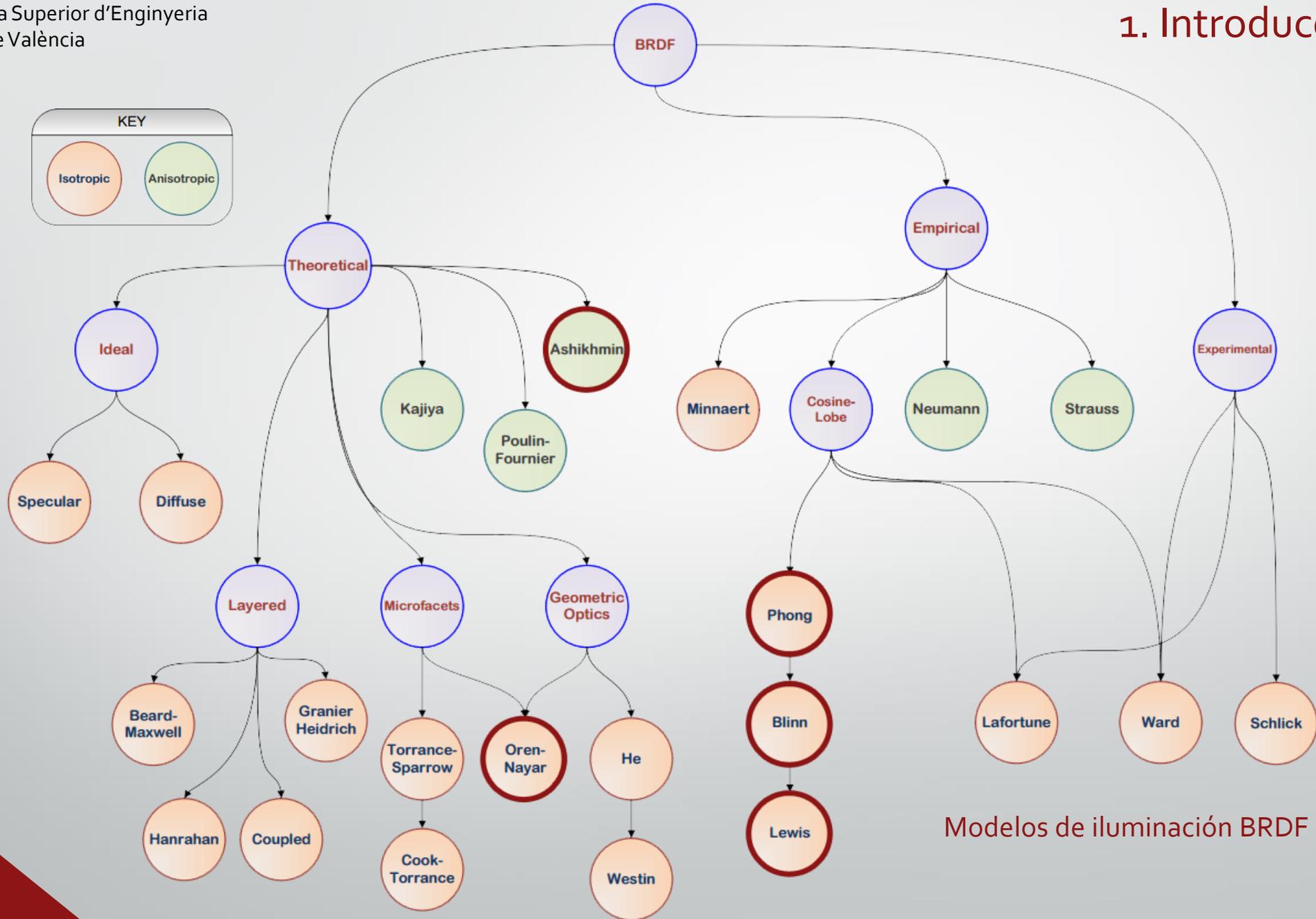


Modelo isotrópico  
(Cook-Torrance)



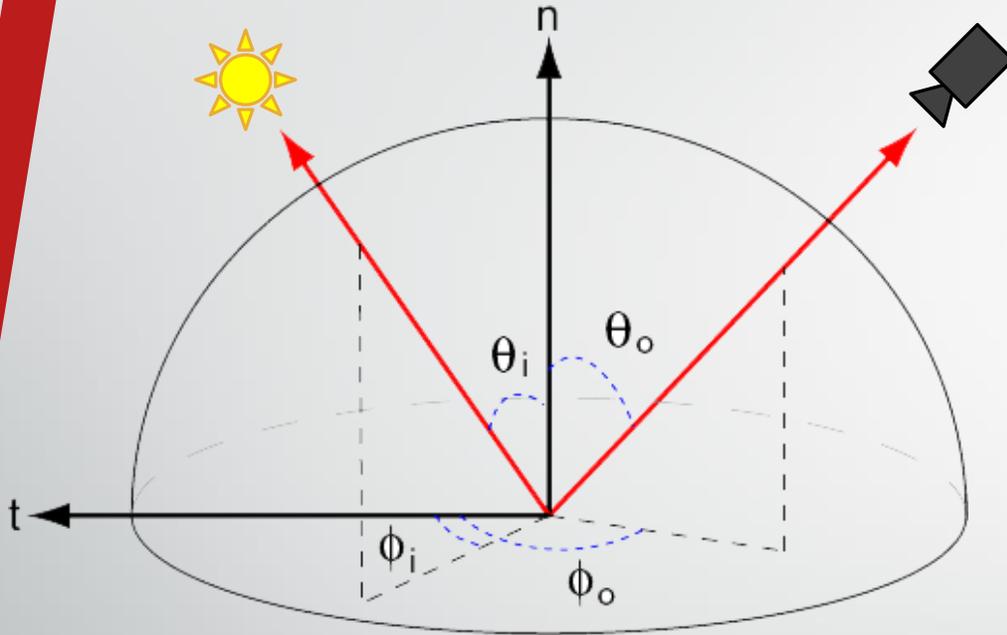
Modelo anisotrópico

# 1. Introducció



Modelos de iluminación BRDF

# Definición



$$f_r(\omega_i, \omega_r) = \frac{dL_r(\omega_r)}{dE_i(\omega_i)} = \frac{dL_r(\omega_r)}{L_i(\omega_i) \cos \theta_i d\omega_i}$$

- $L$  es la radiación
- $E_i$  es la irradiación
- $\theta_i$  es el ángulo entre  $\omega_i$  y la normal a la superficie,  $n$



# Propiedades de los BRDF

Los BRDFs físicamente realistas tienen principalmente las siguientes propiedades:

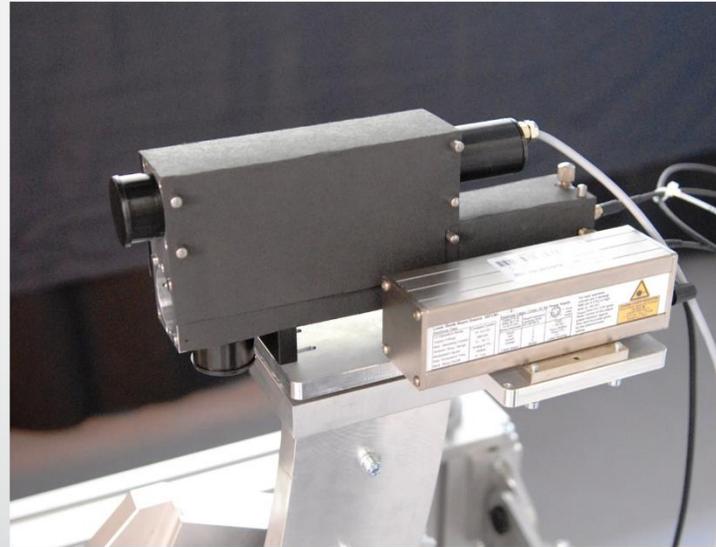
- **Positividad:**  $f_r(\omega_i, \omega_r) \geq 0$
- Obedecen a la **reciprocidad** de Helmholtz:  $f_r(\omega_i, \omega_r) = f_r(\omega_r, \omega_i)$
- **Conservación de energía:**  $\forall \omega_r, \int_{\Omega} f_r(\omega_i, \omega_r) \cos \theta_i d\omega_i \leq 1$

# Aplicaciones y ejemplos de BRDF

Reconocimiento de objetos en visión por computador



Sensor



Fuente de luz

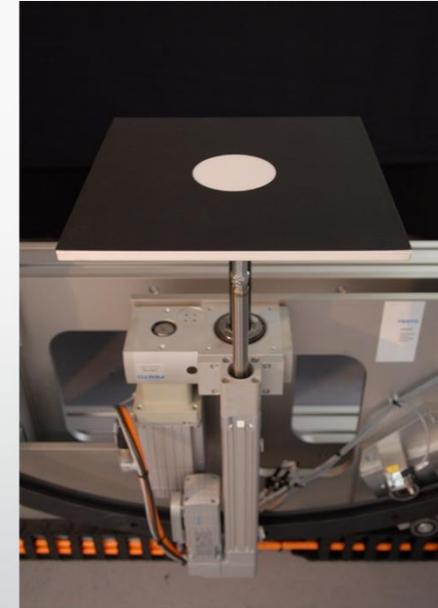


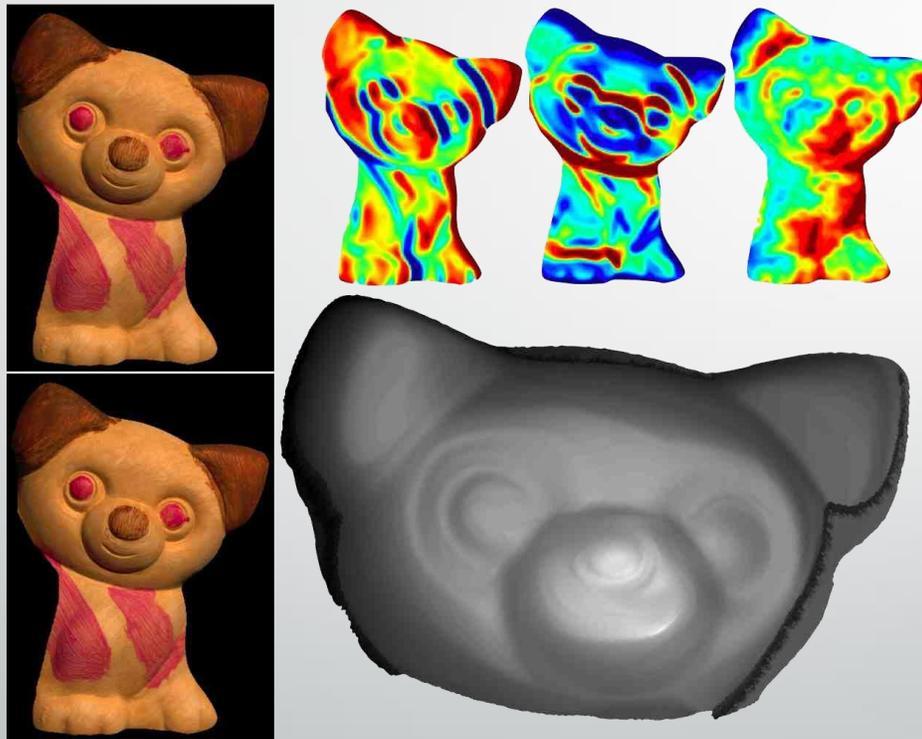
Tabla de muestra

Mediciones de BRDF con robots  
Fraunhofer Institute of Optronics, System Technologies and Image Exploitation

Modelos de iluminación BRDF

# Aplicaciones y ejemplos de BRDF

Reconstrucción de superficies fotométricas a partir de derivadas de imagen en la presencia de un BRDF isotrópico general y desconocido.



CHANDRAKER, Manmohan; BAI, Jiamin; RAMAMOORTHY, Ravi. A theory of differential photometric stereo for unknown isotropic BRDFs. En *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2011 IEEE Conference on*. IEEE, 2011. p. 2505-2512.

# Aplicaciones y ejemplos de BRDF

Renderizado fotorealista de escenas sintéticas (*The rendering equation*)



KARIS B., Epic Games: Real Shading in Unreal Engine 4. En "Physically Based Shading in Theory and Practice" SIGGRAPH, 2013.



# Modelos implementados

Empíricos	Físicos
<ul style="list-style-type: none"><li>• Phong [<a href="#">Pho75</a>]</li><li>• Blinn-Phong [<a href="#">Bli77</a>]</li><li>• Lewis [<a href="#">Lew94</a>]</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Oren-Nayar [<a href="#">ON94</a>, <a href="#">ON95</a>]</li><li>• Ashikhmin-Shirley [<a href="#">ASoo</a>]</li></ul>

## Modelo Phong [Pho75]

Modelo empírico que no obedece ni a la conservación de energía ni a la reciprocidad; depende del ángulo entre  $\omega_o$  y el reflejo.

$$BRDF(\omega_o, \omega_i) = \frac{k_d(\omega_i \cdot N) + k_s (R \cdot \omega_o)^n}{\cos \theta_i d\omega_i}$$



- **Blinn-Phong** [Bli77]: Se computa con el vector medio entre  $\omega_i$  y  $\omega_o$  para obtener mayor reflexión.



$$BRDF(\theta_i, \phi_i, \theta_o, \phi_o) = \frac{k_d(\omega_i \cdot N) + k_s (N \cdot H)^n}{\cos \theta_i d\omega_i}$$

- **Lewis** [Lew94]: Se añade conservación de energía al modelo Blinn-Phong.



$$BRDF(\theta_i, \phi_i, \theta_o, \phi_o) = k_s \frac{n+2}{2\pi} (N \cdot H)^n$$

# Modelo Oren-Nayar [ON94, ON95]

El modelo de Oren-Nayar predice la reflexión en superficies difusas y ásperas.

$$BRDF(\theta_i, \phi_i, \theta_o, \phi_o) = \frac{\rho}{\pi} (A + B \max(0, \cos(\phi_i - \phi_o)) \sin(a) \tan(b))$$

$$a = \max(\theta_o, \theta_i)$$

$$b = \min(\theta_o, \theta_i)$$



$$A = 1 - 0,5 \frac{\alpha_m^2}{\alpha_m^2 + 0,33}$$

$$B = 0,45 \frac{\alpha_m^2}{\alpha_m^2 + 0,09}$$

# Modelo Ashikhmin-Shirley [ASoo]

Este modelo está basado en medidas empíricas pero enfatiza la plausibilidad física de los resultados.

- Componente especular: 
$$BRDF_S(\omega_o, \omega_i) = \frac{D(H) F(\omega_i)}{8 \pi (H \cdot \omega_o) \max(\cos(\omega_o), \cos(\omega_i))}$$
  - Función de distribución: 
$$D(H) = \sqrt{(n_u + 1)(n_v + 1)} (H \cdot N)^{n_u \cos^2(\phi_h) + n_v \sin^2(\phi_h)}$$
  - Aproximación de Schlick del factor de Fresnel [Sch94]: 
$$F(x) = \frac{(1-n)^2}{(1+n)^2} + \left(1 - \frac{(1-n)^2}{(1+n)^2}\right) (1-x)^5$$
- Componente difusa: 
$$BRDF_d(\omega_o, \omega_i) = \frac{28 k_d}{23 \pi} (1 - \rho_s) \Lambda(\omega_o) \Lambda(\omega_i)$$



donde 
$$\Lambda(u) = 1 - \left(1 - \frac{\cos(u)}{2}\right)^5$$

# Comparación de modelos



Phong



Blinn-Phong



Lewis



Oren-Nayar



Ashikhmin-Shirley



# Veamos cómo funciona



# Conclusiones

- El modelo empírico formulado por **Phong** ofrece resultados buenos a pesar de no tener en cuenta la física pero es problemático para la iluminación global en las simulaciones.
- El BRDF que proponen **Ashikhmin y Shirley** emplea el factor de Fresnel en el término especular para conseguir un reflejo preciso lo que causa un problema para la conservación de energía; como consecuencia se propone un término difuso no lambertiano. En la práctica, esto hace la evaluación del término difusa cobre más importancia que en otros modelos donde la mayoría del coste de computación era para el término especular.



# Referencias

- [[ASoo](#)] ASHIKHMIN M., SHIRLEY P.: An anisotropic Phong BRDF model. *Journal on Graphics Tools* 5, 2 (2000), 25-32. 9.
- [[Bli77](#)] BLINN J. F.: Models of light reflection for computer synthesized pictures. En *SIGGRAPH '77: Proceedings of the 4th annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (Nueva York, NY, EEUU, 1977), ACM Press, pp. 192-198. 11, 20.
- [[Lew94](#)] LEWIS R. R.: Making shaders more physically plausible. *Computer Graphics Forum* 13, 2 (1994), 109-120. 11, 20.



# Referencias

- [ON94] OREN M., NAYAR S.: Generalization of Lambert's reflectance model. En *SIGGRAPH '94: Proceedings of the 21st anual conference on Computer graphics and interactive techniques* (Nueva York, NY, EEUU, 1994), ACM Press, pp. 239-246. 9, 21.
- [ON95] OREN M., NAYAR S.: Visual appearance of matte surfaces. *Science* 267, 5201 (Febrero 1995), 1153-1156. 9.



# Referencias

- [[Pho75](#)] PHONG B. T.: Illumination for generated pictures. En *Computer Graphics, ACM SIGGRAPH '75 Conference Proceedings* (Nueva York, NY, EEUU, Junio 1975), no. 6, ACM Press, pp. 311-317. 10, 13, 20.
- [[Sch94](#)] SCHLICK C.: An inexpensive BRDF model for physically-based rendering. En *Proc. Eurographics '94, Computer Graphics Forum* (1994), no. 3, pp. 233-246. 6, 10, 12



# Bibliografía

- MONTES SOLDADO R., UREÑA ALMAGRO C.: An Overview of BRDF Models. Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad de Granada, 2012.
- WYNN C.: An Introduction to BRDF-Based Lighting. *Nvidia Corporation*, 2000.

# Modelos de iluminación BRDF

Alba Sornosa Campos

Proyecto final

Programación Avanzada sobre Tarjetas Gráficas  
Grado en Ingeniería Multimedia  
Universitat de València

