



Teoría de Gráficos 3D (II)

Realidad Virtual y Animación

Miguel Ángel Otaduy
Álvaro Pérez Molero

Curso 2011/2012



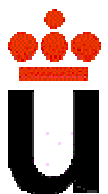
Índice

- Proyecciones
- Cámara
- Transformaciones
- **Visibilidad**
- Iluminación
- Sombreado



Transporte de Luz

- Dos problemas relacionados: visibilidad y transporte de luz. Transporte de luz es más completo.
- Si consideramos objetos opacos y un nivel de reflexión, es lo mismo.



Dos formas de hacer gráficos

- Forward rendering: lo visto hasta ahora, proyectar los objetos sobre el plano de vista.
- Ray tracing (backward rendering): trazar rayos desde la camara a los objetos, de allí a las luces, etc.

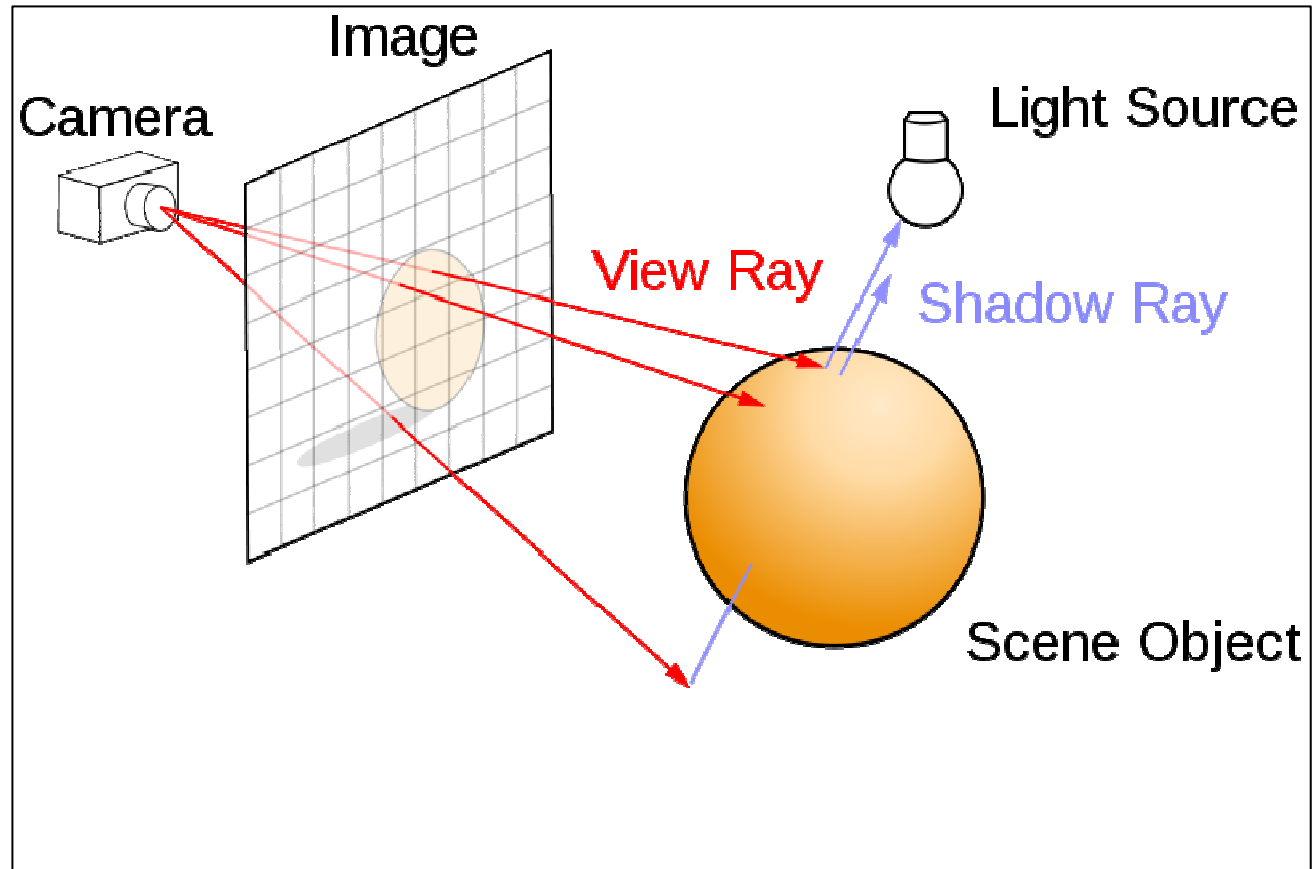
La traza de rayos puede proporcionar resultados más vistosos, pero es más costosa.



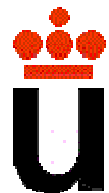
Raytracing



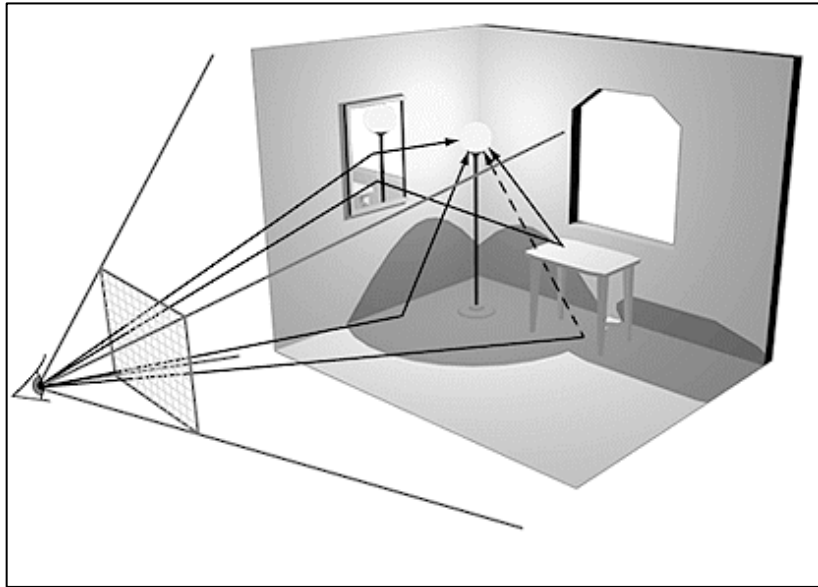
Raytracing



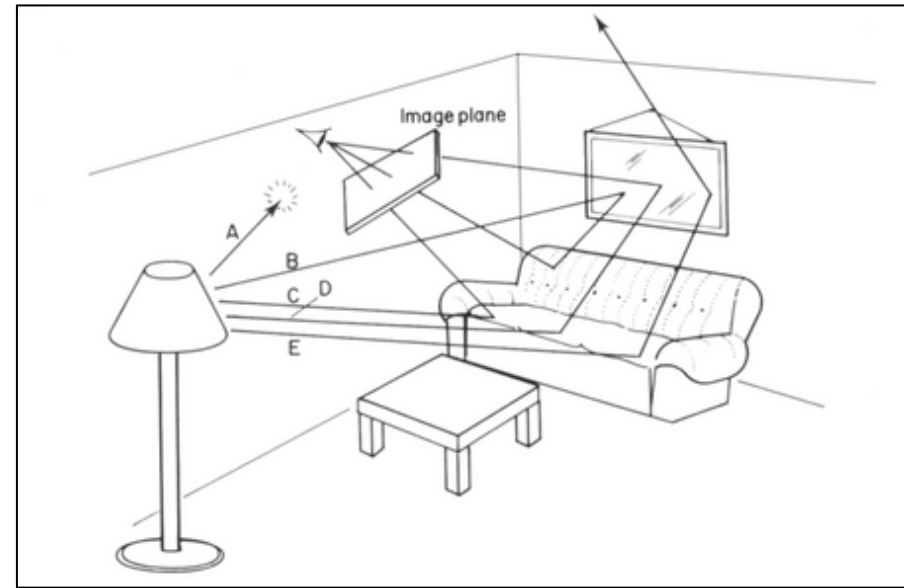
Fuente: Wikipedia



Raytracing

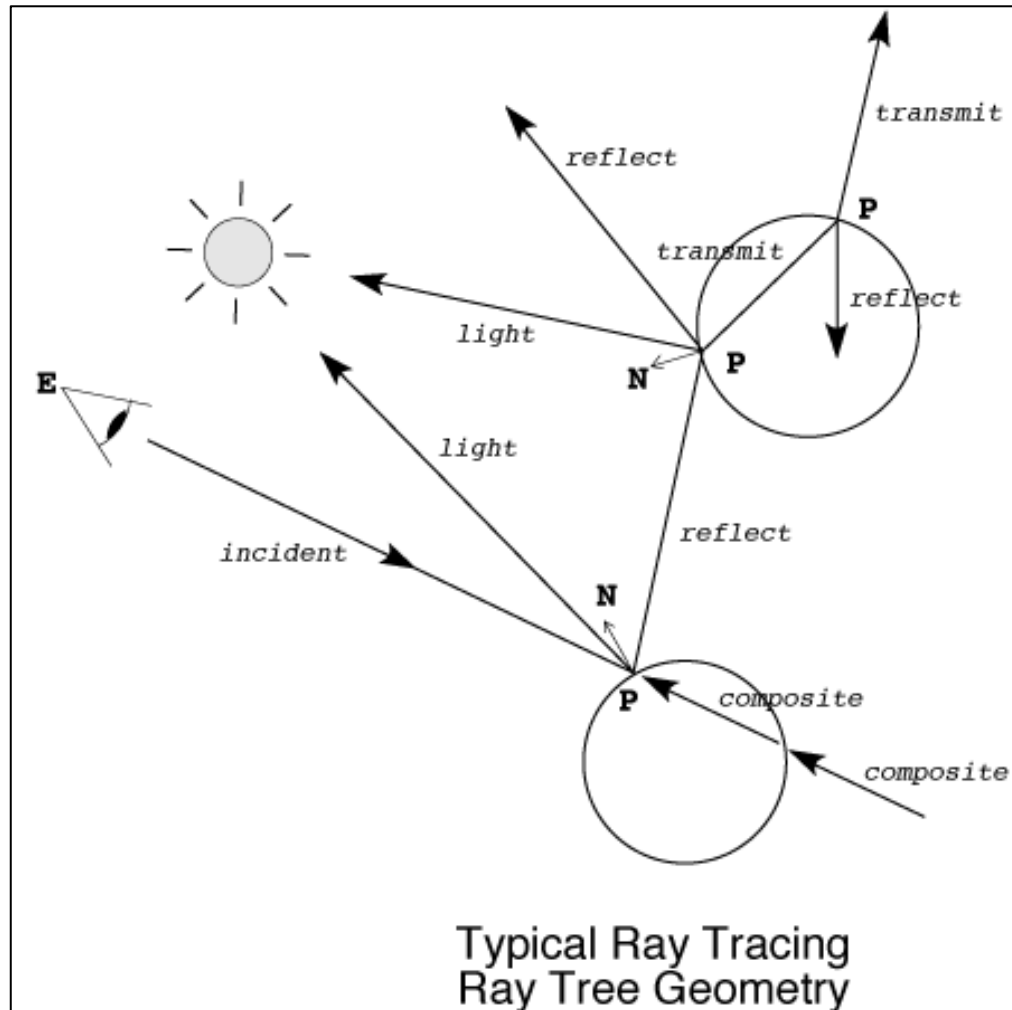


Fuente: PCLAB, National Technical University of Athens

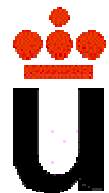


Fuente: Best of Micro

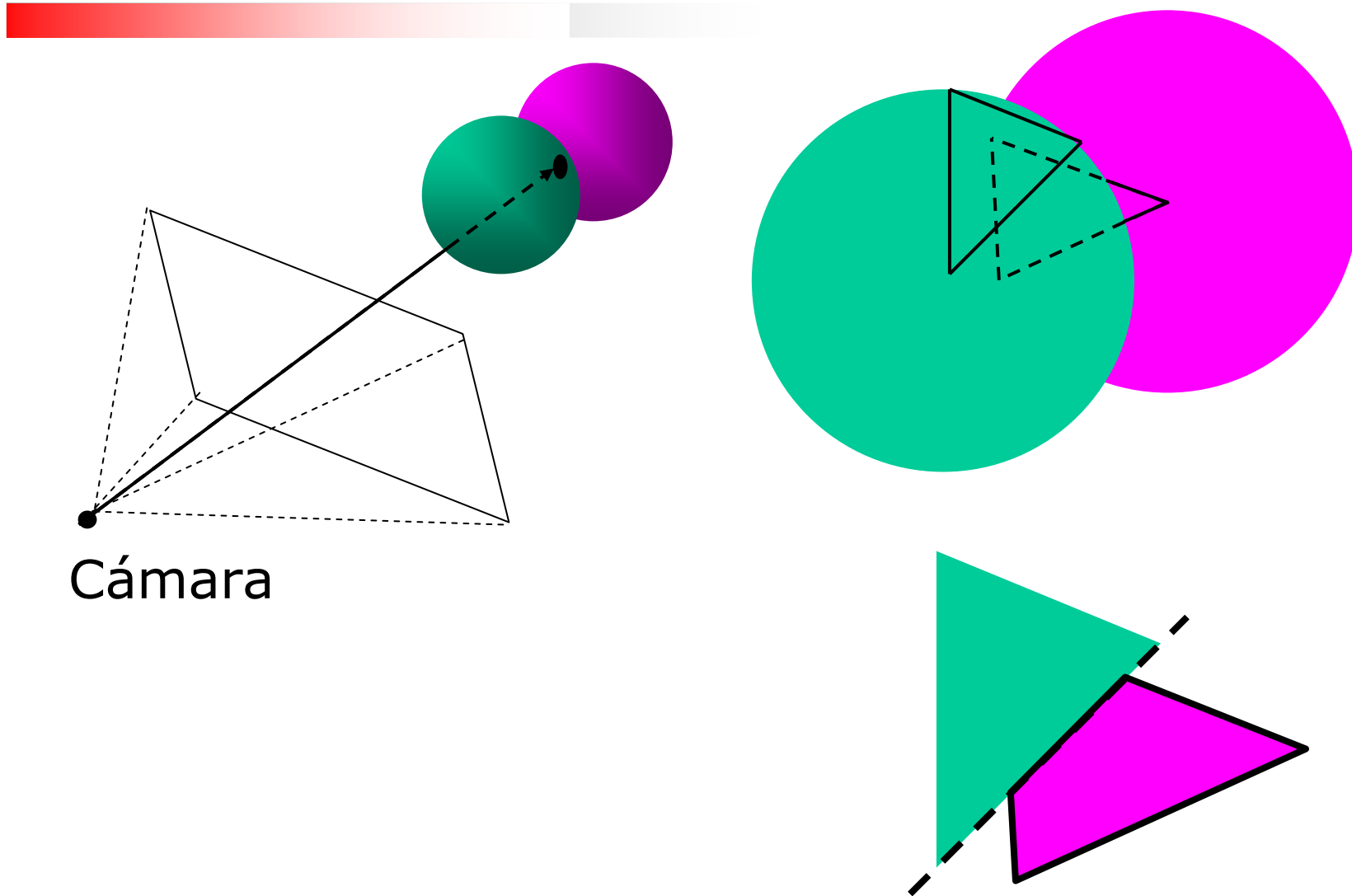
Raytracing



Fuente: Stanford Computer Graphics Laboratory



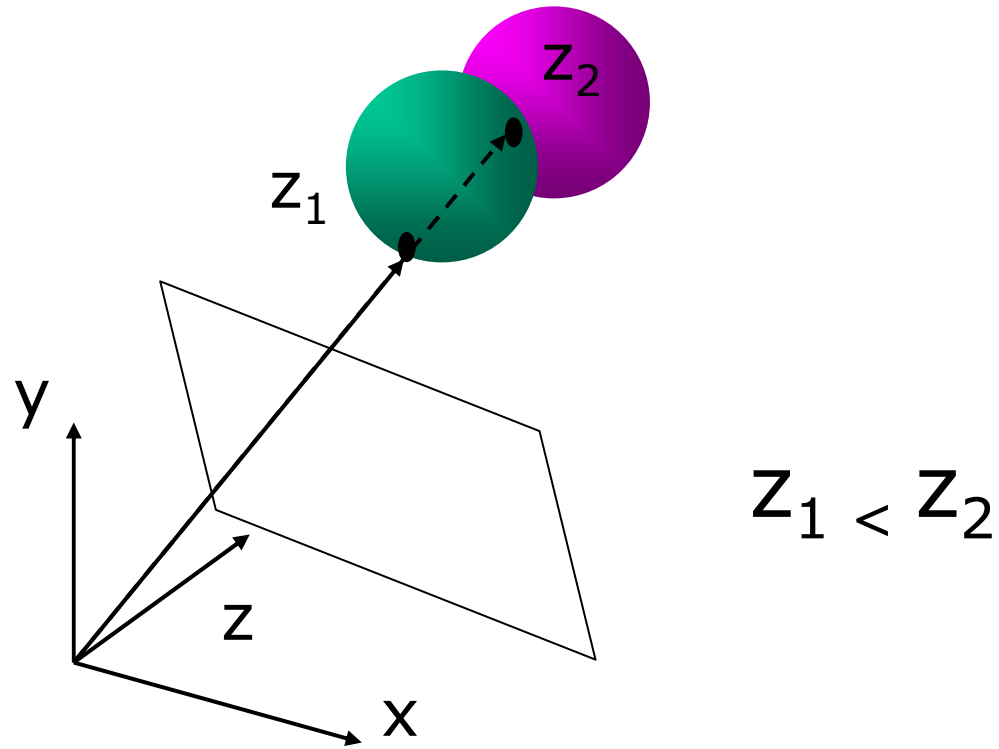
Visibilidad: Clipping



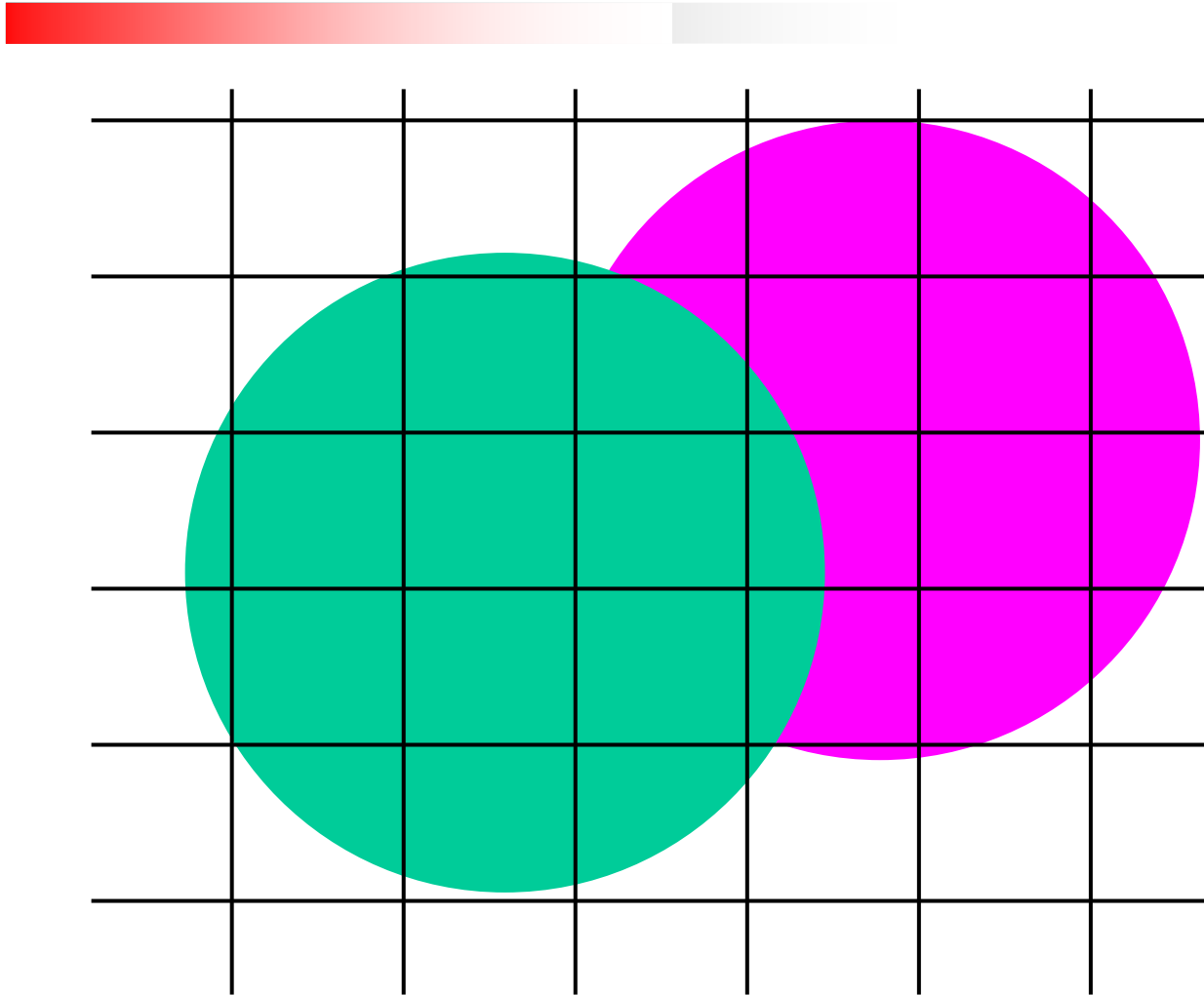
Cámara



Visibilidad: Z-Culling



Visibilidad: Depth Buffer



si $z > z_{\text{buffer}}$

descartar

si $z < z_{\text{buffer}}$

escribir

Índice

- Proyecciones
- Cámara
- Transformaciones
- Visibilidad
- **Iluminación (Lighting)**
- Sombreado



Modelos de Iluminación

1. Basarse en modelos físicos detallados (óptica, radiación térmica/electromagnética, interacción luz-superficies de objetos, etc.)
2. Buscar modelos empíricos con resultados visuales razonablemente buenos

Analizaremos primero el caso monocromático (ampliaremos luego para color)



Iluminación Local/Global

1. Métodos locales: sólo consideramos la interacción fuentes de luz-objetos (necesario para tiempo real)
2. Métodos globales: se consideran también las interacciones mutuas entre objetos (más complejo; también mucho más realista)

Factores fundamentales: fuentes de luz y características de las superficies de los objetos

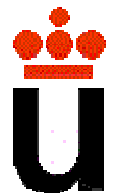


Técnicas de Iluminación Globales

- Radiosidad: basada en calcular los intercambios de radiación entre las diversas superficies de los objetos de la escena. Las superficies emiten luz.
- Radiosidad produce resultados incluso más vistosos que traza de rayos, pero es muy costosa.



Radiosity



Iluminación Ambiental

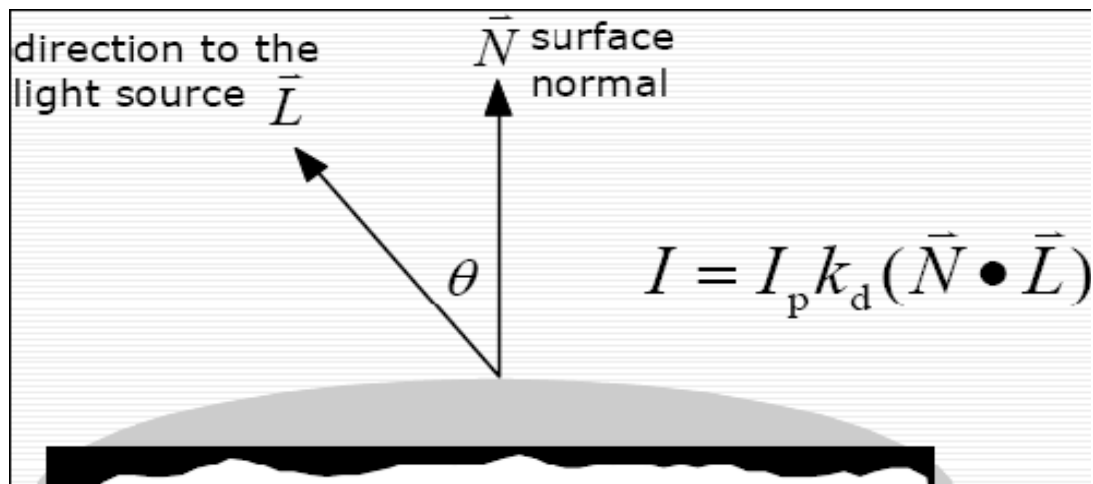
- Todos los objetos reciben algo de luz (reflexiones múltiples; muy difícil de modelizar de forma precisa)
- Modelable como una intensidad constante, intrínseca a cada objeto: $I_a K_a$
 - Intensidad ambiental: I_a
 - Coeficiente de reflexión ambiental: K_a
- No sirve para modelar luz directa (independencia de la distancia y orientación relativas fuente-objeto)



Reflexión Difusa

Típico de superficies opacas mates

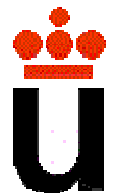
- Iluminación independiente de la dirección
- Modelable como $I = I_p K_d \text{Cos } \theta,$



I_p : Intensidad de la fuente de luz puntual.

K_d : Coeficiente de reflexión difusa del material (rango [0, 1]).

θ : Ángulo formado por los vectores normal a la superficie y de iluminación, N y L



Expresión Global (1)

- Podemos incluir atenuaciones (distancia, atmosf.)
- Expresión global con luz ambiental:

$$I_a K_a + f_{att} I_p K_d (N * L);$$

$$f_{att} = \min \left(\frac{1}{c_1 + c_2 d + c_3 d^2}, 1 \right)$$

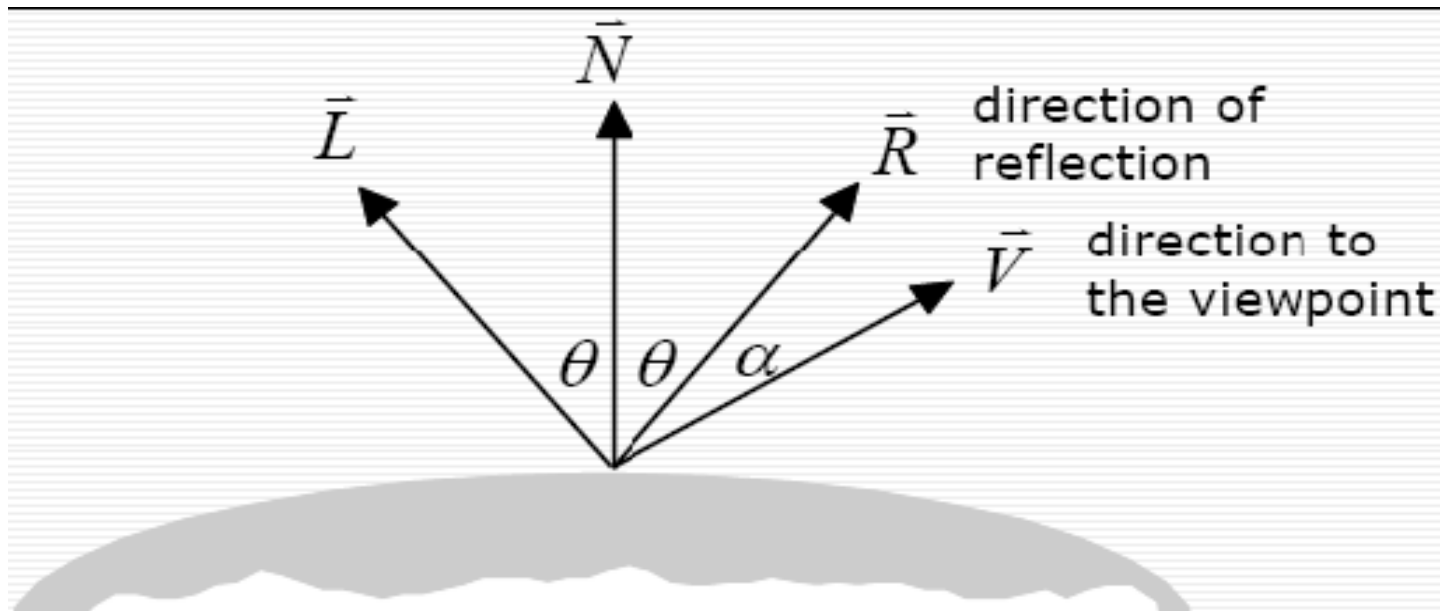
c_j : constantes definidas por el usuario para cada fuente.

- La razón de no usar atenuación de distancia cuadrática es que produce imágenes excesivamente contrastadas (fuentes de luz no ideales; existencia de reflejos múltiples)



Reflexión Especular

- Comportamiento de objetos de plástico o barnizados: reflexión dependiente de la luz incidente más que del color de la superficie
- Comportamiento fuertemente direccional (dependiendo del ángulo de los vectores reflejado y de visualización, R y V)



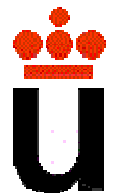
Modelo de Phong

Reflexión especular dependiente de $\cos^n(\alpha)$,
siendo α el ángulo formado por los vectores
reflejado y de visualización, R y V

Expresión de la reflexión especular:

$$I = f_{att} I_p K_s (R * V)^n$$

siendo K_s dependiente del material, y R y V,
los vectores reflejado y de visualización.



Expresión Global (2)

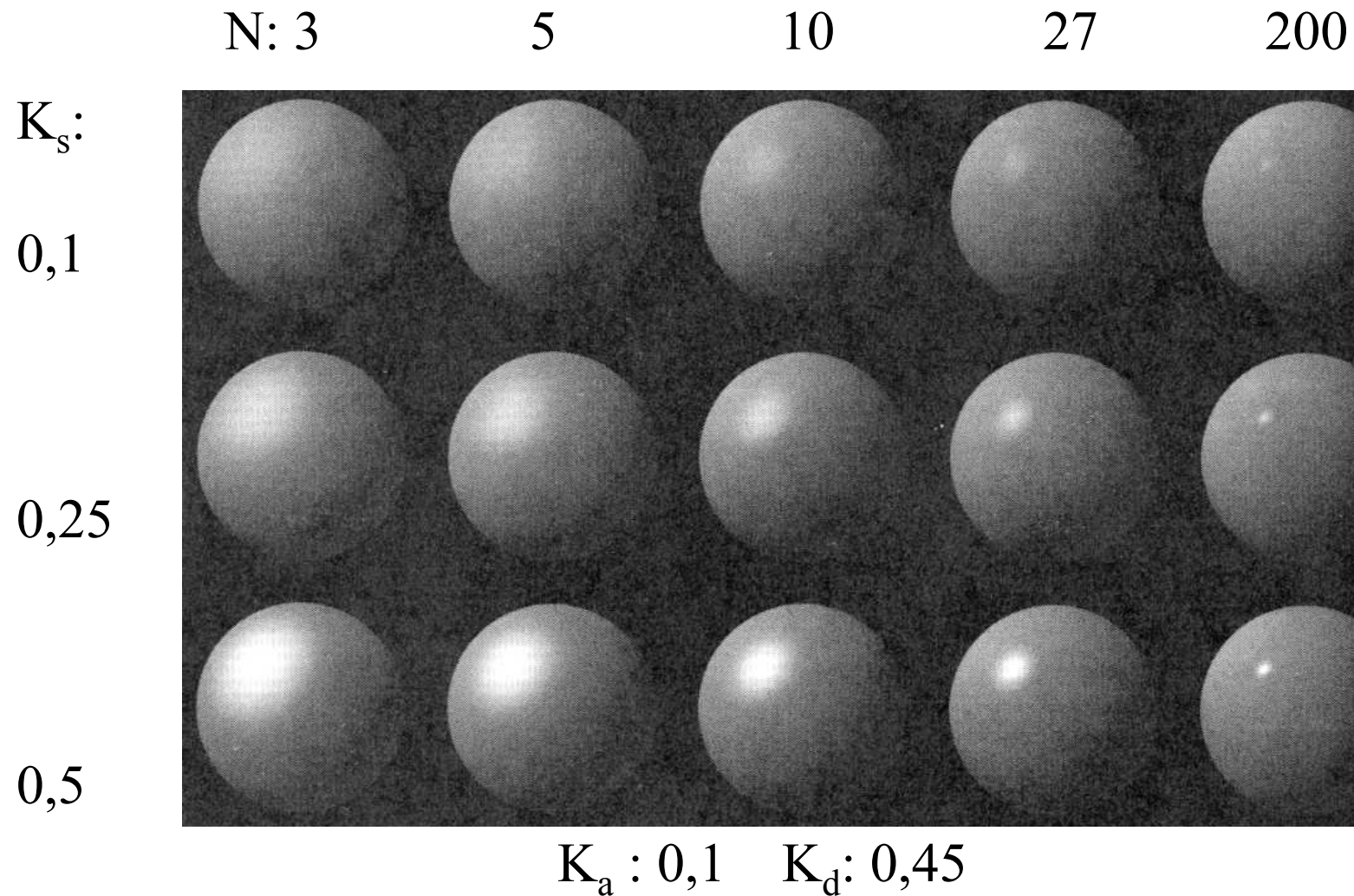
Expresión global (incluyendo ambiental, difusa y especular)

$$I = I_a K_a + f_{att} I_p [K_d (N * L) + K_s (R * V)^n]$$

De momento, hemos trabajado siempre con un planteamiento monocromático



Iluminación Combinada



Longitud de Onda – Color

Calculamos la reflexión y emisión para cada longitud de onda λ :

$$I_{a\lambda} = K_a O_{d\lambda} + f_{att} I_{p\lambda} [K_d O_{d\lambda} (N * L) + K_s O_{s\lambda} (R * V)^n]$$

- $O_{d\lambda}$, $O_{s\lambda}$ son el % de luz reflejada en la longitud de onda λ ; se puede englobar en las K
- λ suele reducirse a 3 colores básicos (R, V, A) para simplificar

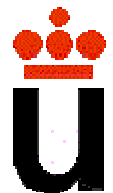


Fuentes Luminosas Múltiples

Sumamos las contribuciones de cada fuente de luz, para cada color básico o longitud de onda λ :

$$I = I_{a\lambda} K_a O_{d\lambda} + \sum f_{att} I_{p\lambda} [K_d O_{d\lambda} (N * L) + K_s O_{s\lambda} (R * V)^n]$$

Hay que evitar desbordar el máximo nivel de iluminación para cada punto de la imagen



Índice

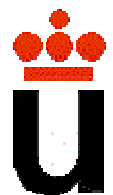
- Proyecciones
- Cámara
- Transformaciones
- Visibilidad
- Iluminación
- **Sombreado (Shading)**



Iluminación Vs. Sombreado

- Modelos de iluminación: calculan el color para cada punto de la superficie de los objetos
- Métodos de sombreado: calculan el color para cada píxel de la imagen
 - No es necesario calcularlo para cada punto de la superficie
 - El color se interpola a partir de varios píxeles clave

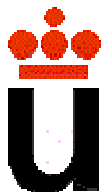
Objetivo: aumentar la velocidad de síntesis



Sombreado Constante/Plano (Flat Shading)

Obtenemos una intensidad que aplicamos a un conjunto de puntos de un objeto (p.ej. un triángulo)

- Aceleramos el proceso de síntesis
- Correcto si se verifica:
 - Fuente de luz en el infinito ($N \cdot L$ cte)
 - Observador en el infinito ($N \cdot V$ cte)
 - El polígono representa una superficie plana **real** del objeto que se modela y no es una aproximación de un objeto curvo



Sombreado por Interpolación

- La iluminación cte. no produce buenos resultados en superficies curvas (aprox. por facetas planas)
- Evaluar la ecuación de iluminación en cada punto de una superficie genérica es muy costoso
- Posible solución: aproximar mediante facetas planas e interpolar dentro de cada polígono
- Hay que evitar producir una apariencia "faceteada" (bandas de Mach; respuesta del ojo humano)



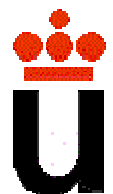
Sombreado de Gouraud

- Se basa en la interpolación de intensidad o color
- Considera que facetas planas vecinas proceden de aproximar una superficie curva (salvo que se declare una arista *real* entre ambas)
- Elimina en gran medida las discontinuidades de iluminación
- Es sencilla, pero produce peores resultados en objetos con brillos especulares que el método de Phong
- Implementado en OpenGL

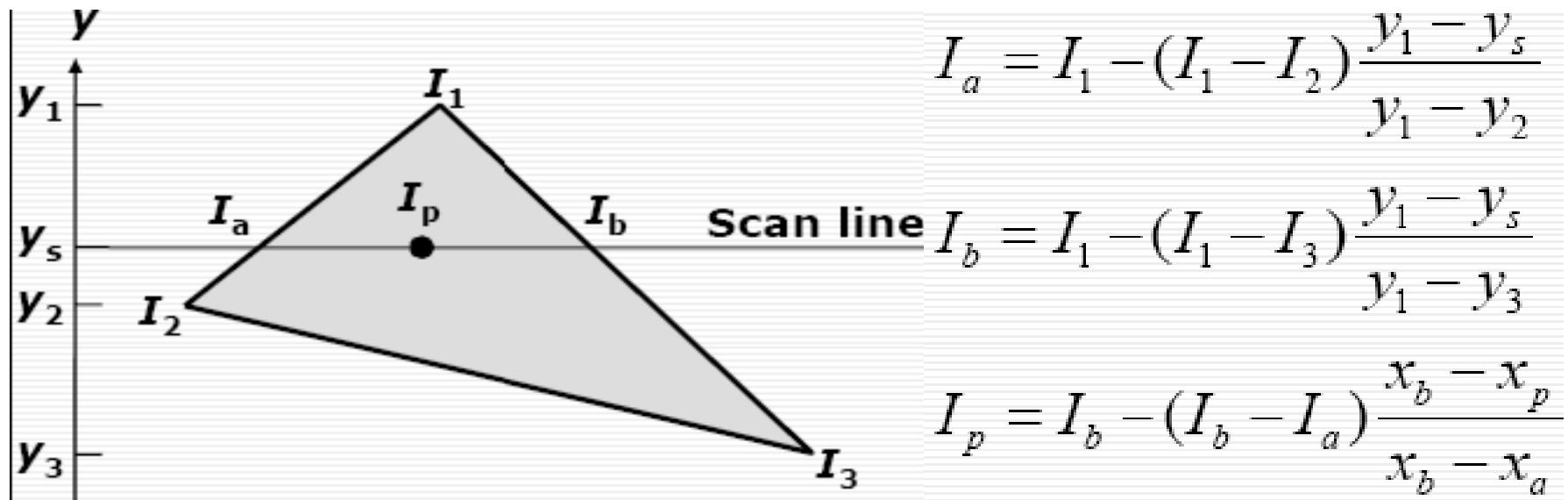


Sombreado de Gouraud

- Necesita la **dirección de la normal** en cada vértice (si se desconoce, se calcula a partir de las normales de las facetas que contienen el vértice)
- Si dos facetas están separadas por una **arista real**, se utilizan dos normales diferentes para trabajar en cada faceta (se promedian las normales situadas sólo a un lado de la arista)
- A partir de la normal en cada vértice, se evalúa la ecuación de iluminación (sólo para cada vértice) y se obtiene un **valor de intensidad** para cada uno de ellos
- Se realiza una **interpolación bilineal** para obtener la intensidad en cada punto dentro de la faceta (de forma incremental)



Sobreado de Gouraud



Sombreado de Phong

- Se basa en la interpolación de la dirección de la normal, calculada de la misma forma que antes
- Igual que en Gouraud, se interpola a lo largo de cada línea de barrido, entre los puntos inicial y final, interpolados a su vez de los valores de los vértices de la arista
- Captura mejor los brillos especulares en el medio de facetas planas (Gouraud los puede omitir)



Sombreado de Phong

- Produce mejores resultados, a un coste computacional mayor (hay que incrementar la dirección de la normal en tres direcciones, normalizarla y calcular la ecuación de sombreado en cada punto)
- Si el coeficiente de reflexión especular es pequeño, los resultados no difieren tanto (se pueden combinar objetos sombreados por ambos métodos en una escena)



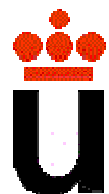
Diferencias Gouraud-Phong



Gouraud – Phong
máximo brillo en el vértice

Gouraud – Phong
máximo brillo en el interior

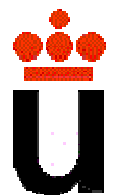
- Si el exponente de reflexión especular es muy grande, puede ocurrir que en los vértices su contribución sea nula y con Gouraud no aparecería el brillo especular



Ejemplo (1)



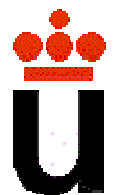
Modelo de
alambre
(eliminación
de líneas
ocultas)



Ejemplo (2)



Iluminación
ambiental
(eliminación
de superficies
ocultas)



Ejemplo (3)

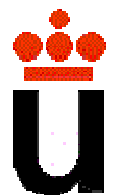


Modelo de
iluminación
plano (sólo
reflexión
difusa)

Ejemplo (4)



Modelo de
iluminación
de Gouraud;
sólo
reflexión
difusa
(aspecto suave;
contornos
poligonales)



Ejemplo (5)



Gouraud
(iluminación
difusa y
reflexión
especular)

Ejemplo (6)

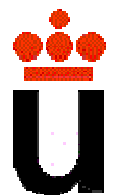


Phong
(iluminación
difusa y
reflexión
especular)

Ejemplo (7)



Superficies
curvas y
reflexión
difusa y
especular



Ejemplo (8)



Iluminación
mejorada.
Múltiples
luces

Ejemplo (9)

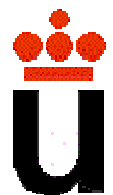


Mapas de
texturas

Ejemplo (10)



Bump
mapping y
sombras



Ejemplo (11)



Reflejos