

Iluminación

`<a.soróa@ehu.eus>`

EHU

Nomenclatura

- Vector intensidad \mathbf{i}

$\mathbf{i} = (i_r, i_g, i_b)$, normalmente $0 \leq i_* \leq 1.0$

- Parámetro de material: $\mathbf{m}_{\text{col}} = (m_r, m_g, m_b)$

Color RGB del material.

- Parámetro de la luz: $\mathbf{s}_{\text{col}} = (s_r, s_g, s_b)$

Color RGB de la luz.

- Multiplicación por componentes: $\mathbf{a} \otimes \mathbf{b}$

Si $\mathbf{a} = (a_x, a_y)$ y $\mathbf{b} = (b_x, b_y)$, entonces $\mathbf{a} \otimes \mathbf{b} = (a_x b_x, a_y b_y)$

El modelo de iluminación

- La intensidad que recibe un vértice es la suma de tres términos

$$\mathbf{i} = \mathbf{i}_{\text{amb}} + \mathbf{i}_{\text{diff}} + \mathbf{i}_{\text{spec}}$$

- Iluminación ambiental \mathbf{i}_{amb}
 - Creada ad-hoc.
 - Intensidad constante.
- Iluminación difusa \mathbf{i}_{diff}
 - El color del objeto.
 - Independiente del observador.
- Iluminación especular \mathbf{i}_{spec}
 - Reflejo que se da en ciertos puntos del objeto.
 - Dependiente del observador.

Parámetros

- Necesitamos tres vectores (normalizados):
 - \mathbf{n} : normal en el punto.
 - \mathbf{l} : vector desde el punto a la luz.
 - \mathbf{v} : vector desde el punto al observador.

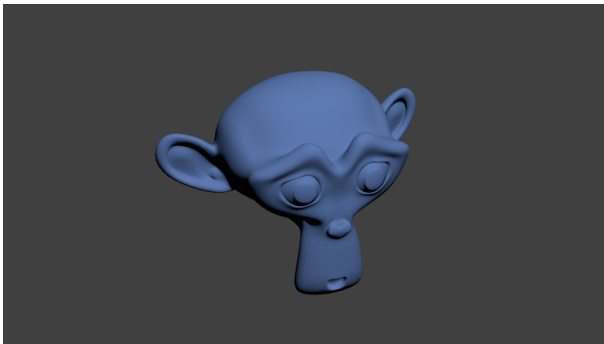
Iluminación ambiente

- Intensidad creada *ad hoc*.
- Los vértices reciben una intensidad constante:

$$\mathbf{i}_{\text{amb}} = \mathbf{s}_{\text{col}}^{\text{amb}}$$

- $\mathbf{s}_{\text{col}}^{\text{amb}}$ color de la luz ambiente de la escena.

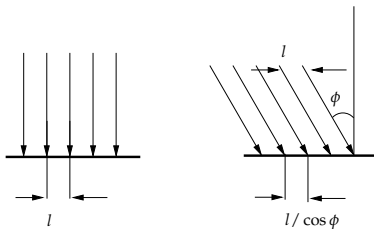
Intensidad difusa



Ley de lambert

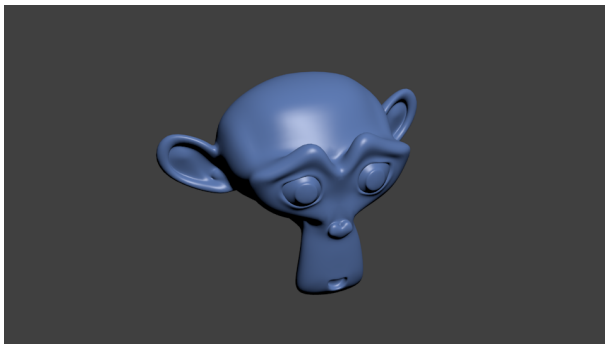
- Los fotones se reflejan en todas direcciones.
- Independiente del observador.
- Sean:
 - \mathbf{n} normal normalizada.
 - \mathbf{l} vector normalizado que va del vértice a la luz.
 - Recordad: $\mathbf{n} \cdot \mathbf{l} = \cos\phi$, donde ϕ es el ángulo entre \mathbf{n} y \mathbf{l} .
 - Si ϕ es mayor que $\frac{\pi}{2} \Rightarrow \cos\phi < 0$, la intensidad difusa es 0.
- Así pues:

$$\mathbf{i}_{\text{diff}} = \max(0, \mathbf{n} \cdot \mathbf{l}) \mathbf{m}_{\text{col}} \otimes \mathbf{s}_{\text{col}}$$



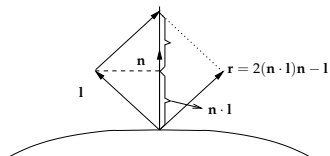
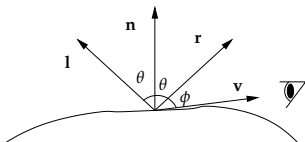
Intensidad especular

- La intensidad especular representa los reflejos en la superficie.
 - Objetos más reales.
 - Muchos tipos de materiales.
 - Dependiente del observador.



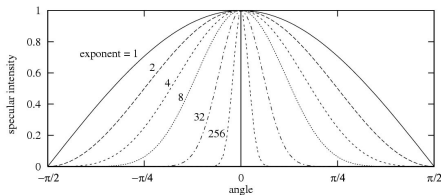
Modelo de Phong

$$\begin{aligned}\mathbf{r} &= 2(\mathbf{n} \cdot \mathbf{l})\mathbf{n} - \mathbf{l} \\ (\mathbf{r} \cdot \mathbf{v})^m &= \cos(\phi)^m \\ \mathbf{i}_{\text{spec}} &= \max(0, (\mathbf{r} \cdot \mathbf{v}))^m \mathbf{m}_{\text{col}} \otimes \mathbf{s}_{\text{col}}\end{aligned}$$



Shininess

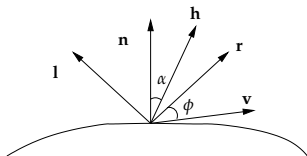
- m es el factor de atenuación de la intensidad especular.
- Depende del material.



Modelo Phong-Blinn

- Calcular \mathbf{r} puede ser caro.
- Solución: utilizar el *halfway vector* (\mathbf{h})
 - $\mathbf{h} = \frac{\mathbf{l} + \mathbf{v}}{\|\mathbf{l} + \mathbf{v}\|}$ es el vector intermedio entre \mathbf{v} y \mathbf{l}
 - reemplazar $\phi(\mathbf{r} \cdot \mathbf{v})$ por $\alpha(\mathbf{h} \cdot \mathbf{n})$ en la ecuación de Phong.
- m cambia: $(\mathbf{r} \cdot \mathbf{v})^m \simeq (\mathbf{h} \cdot \mathbf{n})^{4m}$

$$i_{\text{spec}} = \max(0, (\mathbf{h} \cdot \mathbf{n}))^{4m} \mathbf{m}_{\text{col}} \otimes \mathbf{s}_{\text{col}}$$



Phong

Phong-Blinn

Luces direccionales

- \mathbf{l} tiene la misma dirección que la luz, *pero en sentido contrario*.
- Cálculo de la intensidad:

$$\mathbf{i}_{\text{tot}} = \mathbf{i}_{\text{diff}} + \mathbf{i}_{\text{spec}}$$

Luces locales

- \mathbf{l} es el vector que va de la posición del vértice a la posición de la luz.

$$\mathbf{i}_{\text{tot}} = \mathbf{i}_{\text{diff}} + \mathbf{i}_{\text{spec}}$$

Factor de atenuación

$$\mathbf{i}_{\text{tot}} = d(\mathbf{i}_{\text{diff}} + \mathbf{i}_{\text{spec}})$$

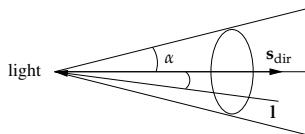
- En las luces locales, la intensidad de la luz decae con la distancia.
 d es el factor de atenuación, proporcional a la distancia entre la luz y el objeto.
- Tres términos de atenuación:
 - s_c : atenuación constante.
 - s_l : atenuación lineal
 - s_q : atenuación cuadrática (realidad)
 - además, $s_c + s_l + s_q \leq 1$
- Entonces:

$$d = \frac{1}{s_c + s_l \parallel \mathbf{s}_{\text{pos}} - \mathbf{p} \parallel + s_q \parallel \mathbf{s}_{\text{pos}} - \mathbf{p} \parallel^2}$$

donde

- $\parallel \mathbf{s}_{\text{pos}} - \mathbf{p} \parallel$ es la distancia entre la posición de la luz (\mathbf{s}_{pos}) y el punto \mathbf{p}
- De nuevo, tanto \mathbf{s}_{pos} como \mathbf{p} deben estar en el mismo espacio.

Luces spotlight



- Calcular $c_{\text{spot}} = \max(-\mathbf{l} \cdot \mathbf{s}_{\text{dir}}, 0)$
- c_{spot} es el coseno entre la dirección de la luz y la dirección ideal del *spotlight*.
- Si $c_{\text{spot}} < \cos \alpha$ el objeto esta fuera del cono del *spotlight*
- Si no:

$$\mathbf{i}_{\text{tot}} = +c_{\text{spot}}^{\mathbf{s}_{\text{exp}}} (d(\mathbf{i}_{\text{diff}} + \mathbf{i}_{\text{spec}}))$$

donde d es el factor de atenuación anterior, y \mathbf{s}_{exp} es el exponente del *spotlight*

Material

- En cada momento, sólo hay un material activo.
- Los materiales tienen los siguientes parámetros:
 - \mathbf{m}_{col} (vector `rgb`): Color del material.
 - m (float): *shininess* para el reflejo especular.

Luces

- Puede haber varias luces en la escena.
- Sólo una luz ambiente.
- Las luces tienen los siguientes parámetros:
 - s_{col} (vector rgb): Color de la luz .
 - s_{pos} (vector xyz): Posición de la luz (o dirección en caso de luces direccionales).
 - (s_c, s_l, s_q) (float): factores de atenuación (luces locales y *spotlight*).
 - En las luces *spotlight*, además:
 - s_{dir} (vector xyz): Dirección del *spotlight* (vector xyz).
 - s_{cutoff} (float): la apertura del cono *spotlight*.
 - s_{exp} (float): la atenuación dentro del cono del *spotlight*.