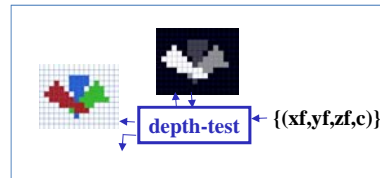


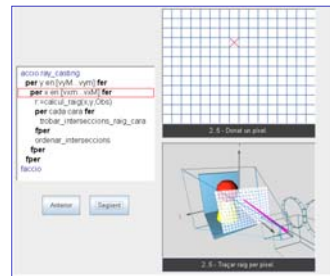
## Realisme: EPA i Il·luminació

- El·liminació de cares ocultes (considerant cares opaques):

- depth-bufer (vist)
- Back-face culling (*el veurem*)
- Altres com Ray-Casting
  - *vist primera classe*
  - *no implementat en OpenGL*



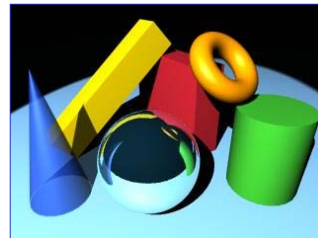
- Models d'il·luminació:
  - Càlcul del color en un punt
  - Models empírics i propietats de materials
- Il·luminació en OpenGL:
  - Càlcul del color en un vèrtex
  - Shading de polígons
  - Suavitzat d'arestes



IDI 2014-2015 1Q

## Introducció

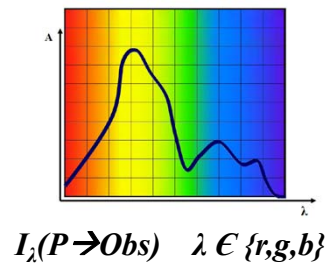
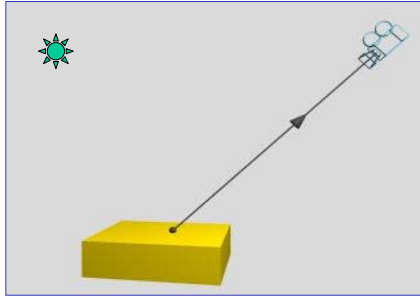
- Els models d'il·luminació simulen el comportament de la llum per determinar el color d'un punt de l'escena.
- Permeten obtenir imatges molt més realistes que pintant cada objecte d'un color uniforme:



IDI 2014-2015 1Q

## Color d'un punt

El color amb el que un Observador veu un punt P de l'escena és el color de la llum que arriba a l'Obs procedent de P:  $I_\lambda(P \rightarrow Obs)$

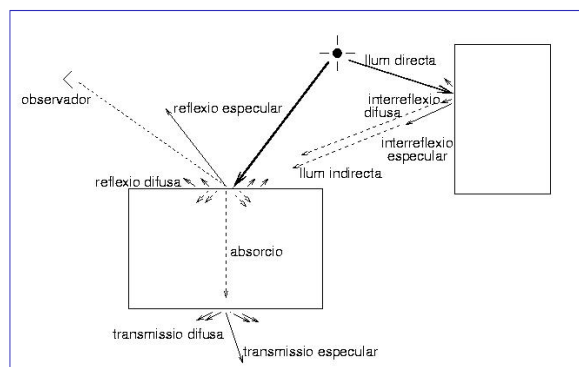


IDI 2014-2015 1Q

## Elements que intervenen

El color que arriba a l'Obs procedent de P,  $I_\lambda(P \rightarrow Obs)$ , depèn de:

- Fonts de llum
- Materials
- Altres objectes
- Posició de l'observador
- Medi pel que es propaga



IDI 2014-2015 1Q

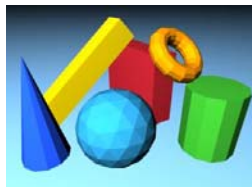
## Models d'il·luminació

- Els models d'il·luminació simulen les lleis físiques que determinen el color d'un punt.
- El càlcul exacte és computacionalment inviable.
- Una primera simplificació és usar només les energies corresponents a les llums vermella, verda i blava.

IDI 2014-2015 1Q

## Models locals o empírics

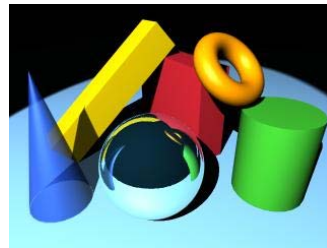
- Només consideren pel càlcul del color: el punt **P** en què es calcula, els focus de llum (sempre puntuals) i la posició de l'observador.
- No consideren altres objectes de l'escena (no ombres, no miralls, no transparències).
- Aproximen la transmissió de la llum per fórmules empíriques i les propietats de reflexió dels materials per constants.



IDI 2014-2015 1Q

## Models de traçat de raig

- Els models d'il·luminació de traçat de raig consideren:
  - Focus de llum puntuals
  - Materials
  - Altres objectes existents en l'escena però només transmissions especulars
- Permeten simular ombres, transparències i miralls.
- Són més costosos en càlcul .



IDI 2014-2015 1Q

## Models de radiositat

- Consideren els focus de llum com un objecte qualsevol de l'escena.
- Els objectes només poden produir reflexions difuses pures.
- Com que totes les reflexions són difuses, la radiositat no considera la posició de l'observador.
- Poden modelar ombres i penombres, però no miralls ni transparències.
- Són els més costosos i es basen en l'anàlisi de l'intercanvi d'energia entre tots els objectes de l'escena.

IDI 2014-2015 1Q

## Models de radiositat



IDI 2014-2015 1Q

## Model empíric ambient

- No es consideren els focus de llum de l'escena.
- La llum ambient és deguda a reflexions difuses de llum entre objectes, per tant es considera que no prové de cap focus específic i no té cap direcció concreta.
- Tots els punts de l'escena reben la mateixa aportació de llum.
- S'observarà el mateix color en tots els punts d'un mateix objecte.
- Equació:  $I_{\lambda}(P) = I_{a\lambda} k_{a\lambda} = I_{a\lambda} O_{d\lambda} k_a$ 
  - $I_{a\lambda}$  : color de la llum ambient
  - $k_{a\lambda}$  : coef. de reflexió ambient
  - $O_{d\lambda}$  : color difús,  $k_a$  : funció material



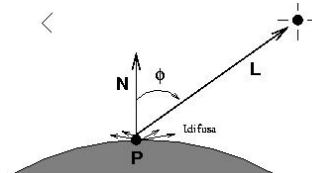
IDI 2014-2015 1Q

## Model empíric difús (Lambert)

- Focus puntuals. Objectes només tenen reflexió difusa pura.
- Podem imaginar que el punt **P** irradia la mateixa llum en totes direccions i per tant el seu color no depèn de la direcció de visió.

$$I_{\lambda}(P) = I_f k_{d\lambda} \cos(\Phi) = I_f O_{d\lambda} k_d \cos(\Phi)$$

*si  $|\Phi| < 90^\circ$*



- $I_f$  : color (r,g,b) de la llum del focus puntual f
- $k_{d\lambda}$  : coef. de reflexió difusa del material
- $O_{d\lambda}$  : color de l'objecte ;  $k_d$  : només funció material
- $\cos(\Phi)$  : cosinus de l'angle entre la llum incident i la normal a la superfície en el punt **P**



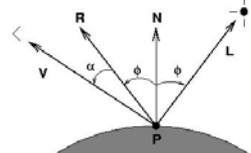
IDI 2014-2015 1Q

## Model empíric especular (Phong)

- Focus de llum puntuals i objectes només reflexió especular.
- L'observador només podrà observar la reflexió especular en un punt si es troba en la direcció de la reflexió especular.
- La direcció d'especularitat és la simètrica de **L** respecte **N** i es pot calcular com:  $R = 2N(N \cdot L) - L$  si tots els vectors són normalitzats.

$$I_{\lambda}(P) = I_f k_{s\lambda} \cos^n(\alpha) = I_f k_s O_{s\lambda} \cos^n(\alpha)$$

*si  $|\Phi| < 90^\circ$*



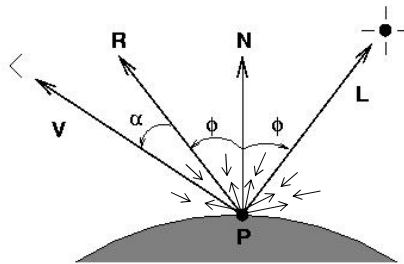
- $I_f$  : color (r,g,b) del focus puntual f
- $k_{s\lambda}$  : coef. de reflexió especular (x,x,x)
- $O_{s\lambda}$  : color especular (habitualment x,x,x).
- n : exponent de reflexió especular



IDI 2014-2015 1Q

- Veure applets llibre

$$I_{\lambda}(P) = I_{a\lambda} O_{d\lambda} k_a + \sum_i (I_{fi\lambda} O_{d\lambda} k_d \cos(\Phi_i)) + \sum_i (I_{fsi\lambda} O_{s\lambda} k_s \cos^n(\alpha_i))$$



IDI 2014-2015 1Q

## Resum

Color d'un punt degut a...	Depèn de la normal?	Depèn de l'observador?	Exemple
Model ambient	No	No	
Model difús	Sí	No	
Model especular	Sí	Sí	

$$I_{\lambda}(P) = I_{a\lambda} k_{a\lambda} + \sum_i (I_{fi\lambda} k_{d\lambda} \cos(\Phi_i)) + \sum_i (I_{fsi\lambda} k_{s\lambda} \cos^n(\alpha_i))$$

OpenGL:

$$I_{\lambda}(P) = I_{a\lambda} k_{a\lambda} + \sum_i (I_{fa\lambda} k_{a\lambda} + I_{fd\lambda} k_{d\lambda} \cos(\Phi_i)) + \sum_i (I_{fsi\lambda} k_{s\lambda} \cos^n(\alpha_i))$$

IDI 2014-2015 1Q



### **Exercici 48:**

Quines constants de material definiries si es vol que un objecte sigui de plàstic polit/brillant de color vermell?  
Raona la resposta.

IDI 2014-2015 1Q

### **Exercici 1:**

Una esfera brillant de metall que es veu groga quan s'il·lumina amb llum blanca, la posem en una habitació que té llum ambient (.5, .5, .5) i un únic focus, de llum verda, situat 2 metres damunt de la càmera (en direcció de l'eix y).

Quines zones distingirem en la visualització de l'esfera i de quins colors seran?

Justifiqueu la resposta en relació a les propietats del material de l'esfera i les llums. Imagineu que es calcula el color en cada punt de l'esfera.

IDI 2014-2015 1Q

### **Exercici 6:**

Disposem de dos cubs amb les seves cares paral·leles als plans coordenats, longitud d'aresta igual a 2 i centres als punts (2,1,2) i (5,1,2) respectivament. Els dos cubs són de metall gris i s'il·luminen amb un focus de llum verda situat al punt (20,1,2).

Com és possible que la cara del cub\_1 situada en  $x=3$  es vegi il·luminada si el cub\_2 li fa ombra?

Quines altres cares es veuran il·luminades pel focus?

IDI 2014-2015 1Q

### **Exercici 4:**

Raona amb quins valors inicialitzaries les constants empíriques del material  $K_d$  i  $K_s$  d'un objecte que té el següent comportament: els reflexos especulars sempre es veuen del mateix color que la llum del focus i la resta de zones il·luminades pel focus es veuen de color groc si el focus és groc i del mateix color que les zones no il·luminades pel focus quan el focus és de color blau.

IDI 2014-2015 1Q

### **Exercici 51:**

Donada una esfera amb constants de material:

$K_a = (0.2, 0.2, 0.2)$ ,  $K_d = (0.8, 0, 0.8)$ ,  $K_s = (1, 1, 0)$  i  $N = 100$ .

Suposant que s'il·lumina únicament per un focus de llum, indica, justificadament, quins haurien de ser els paràmetres de llum del focus (posició i color) per a poder observar el següent efecte en l'esfera (si no és possible també indica-ho):

S'observa la silueta de l'esfera d'un color gris molt fosc, i en la resta de l'esfera una gradació de colors magenta, amb una taca més lluminosa de color blanc.