

Megvilágítás

Világító tárgyak

Környezeti fény

Szórt visszaverődés

Környezeti fény és diffúz visszaverődés együtt

Tükröző visszaverődés

Poligonokból álló felületek fényességének meghatározása

Gouraud-féle fényesség

Phong-féle fényesség

a) **Világító tárgyak:**

A tárgynak saját intenzitású fénye van.

A megvilágítás egyenlete: $I = k_i$, ahol k_i a tárgy saját fényének intenzitása.

Ez független a pont helyzetétől.

b) Környezeti (szórt - ambient) fény:

Minden irányból egyenletes. A megvilágítás egyenlete: $I = I_a \cdot k_a$, ahol I_a : a környezeti fény intenzitása
 k_a : a környezeti fény visszaverődési együtthatója, amely az anyagtól függ. $0 \leq k_a \leq 1$

c) Diffúz (diffuse) visszaverődés (Lambert-féle):

Minden irányból ugyanannyi fényt ver vissza.

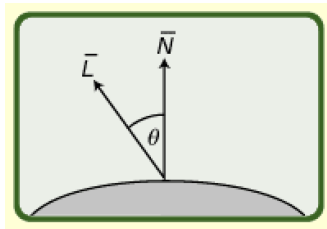
A felület fényessége (I) függ a fényforrás iránya ($\vec{L}$) és a felület normálisa ($\vec{N}$) közötti szögtől: $\vec{N}$ a normális, $\vec{L}$ a fényforrás irányába mutató egységvektor.

$$I = I_p \cdot k_d \cdot \cos \Theta = I_p \cdot k_d \cdot (\vec{N} \cdot \vec{L})$$

I_p : a pontforrás intenzitása

k_d : a szórt visszaverődés együtthatója (anyagtól függ)

$$0 \leq k_d \leq 1$$



A környezeti fény (b) és diffúz visszaverődés (c) együtt:

$$I = I_a \cdot k_a + I_p \cdot k_p \cdot (\vec{N} \vec{L})$$

Ha a fényforrás és a tárgy közötti távolságot (d_L) is figyelembe vesszük, akkor:

$$I = I_a \cdot k_a + I_p / \underbrace{d_L^2 \cdot k_p}_{f_{att} \text{ gyengülési együttható}} \cdot (\vec{N} \vec{L})$$

Színes fény és felületek esetén a komponensekre:

- ▶ $I_R = I_{aR}k_a O_{dR} + f_{att}I_{pR}k_d O_{dR}(\vec{N}\vec{L})$
- ▶ $I_G = I_{aG}k_a O_{dG} + f_{att}I_{pG}k_d O_{dG}(\vec{N}\vec{L})$
- ▶ $I_B = I_{aB}k_a O_{dB} + f_{att}I_{pB}k_d O_{dB}(\vec{N}\vec{L})$

ahol O_{dR} a tárgy szórt vörös komponense

I_{pR} a megvilágítás vörös komponens

$k_d O_{dR}$ visszaverődési hányad komponense

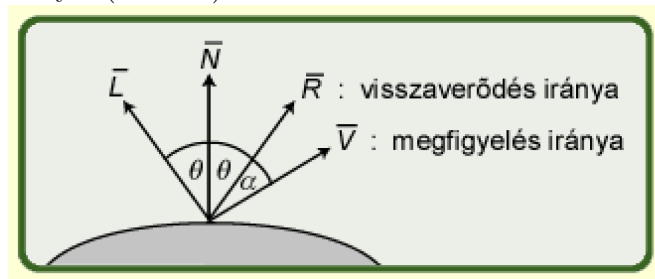
Általában:

$$I_\lambda = I_{a\lambda}k_a O_{d\lambda} + f_{att}I_{p\lambda}k_d O_{d\lambda}(\vec{N}\vec{L})$$

ahol λ a hullámhossz

Tükröző (specular) visszaverődés

Fényes (tükröző) felületekről



Tükröző (specular) visszaverődés

Phong-féle modell:

$$I_{\lambda} = I_{a\lambda} \cdot k_a \cdot O_{d\lambda} + f_{att} \cdot I_{p\lambda} \cdot [k_d \cdot O_{d\lambda} \cdot \cos \Theta + W(\Theta) \cdot \cos^n \alpha]$$

n : a tükrözési visszaverődés kitevője (csillogás)
(tompá) $1 \leq n \leq 1000$ (éles fény)

$W(\Theta)$: a tükrözötten visszaverődő fény hányada, lehet konstans,
 $k_s (0 \leq k_s \leq 1)$,

A tárgy anyagát is figyelembe véve:

$$I_{\lambda} = I_{a\lambda} \cdot k_a \cdot O_{d\lambda} + f_{att} \cdot I_{p\lambda} \cdot [k_d \cdot O_{d\lambda} \cdot (\vec{N}\vec{L}) + k_d \cdot O_{d\lambda} \cdot (\vec{R}\vec{V})^n]$$

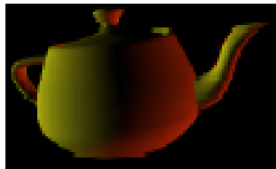
Több fényforrásra:

$$I_{\lambda} = I_{a\lambda} \cdot k_a \cdot O_{d\lambda} + \sum f_{att} \cdot I_{p\lambda} \cdot [k_d \cdot O_{d\lambda} \cdot (\vec{N}\vec{L}) + k_d \cdot O_{d\lambda} \cdot (\vec{R}\vec{V})^n]$$

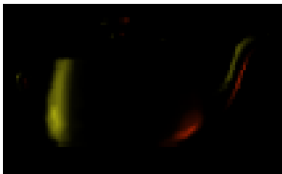
Megvilágítási modellek (példa)



szórt



diffúz



tükröző csillogás=20



szórt + diffúz + tükröző

0. Minden pontban kiszámítjuk a megvilágítási egyenlet szerinti intenzitást (nagyon drága módszer)

Poligonokból álló felületek fényességének meghatározása

1. Konstans fényesség

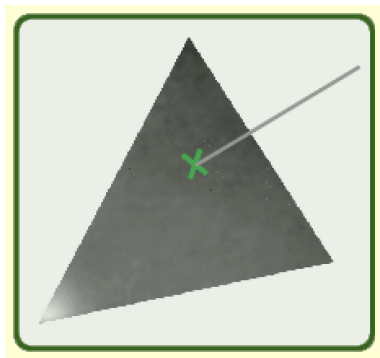
Az egész poligon ugyanolyan intenzitású. Jó, ha:

- ▶ végtelen távoli fényforrás ($\vec{N}$, $\vec{L}$ konstans),
- ▶ végtelen távoli megfigyelő ($\vec{N}$, $\vec{V}$ konstans) és
- ▶ poligon oldalú felület



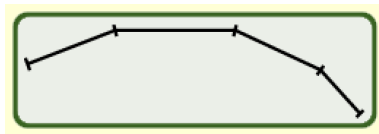
2. Interpolált fényesség

Az intenzitást a csúcsokban számított intenzitásból kapjuk interpolációval.

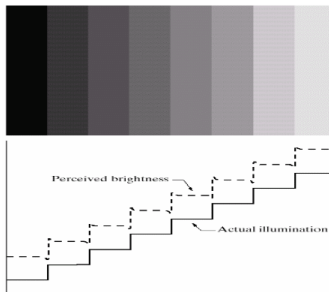


3. Poligon-hálózat fényessége

Az egyes poligonok konstans fényessége csak kiemelné a poligonok közötti éleket.



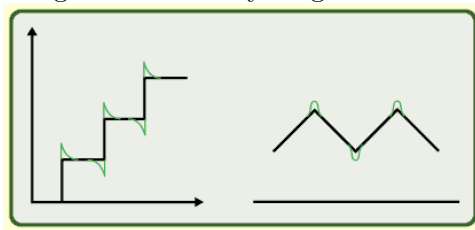
Mach-féle hatás



Az intenzitás változását eltúlozva érezzük ott, ahol az intenzitás folytonossága megszűnik.



3. Poligon-hálózat fényessége

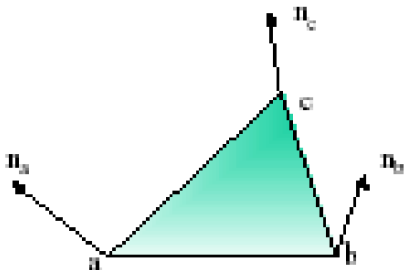


Mach-hatás

Megoldás: minden poligon fényességét változó intenzitásúnak generáljuk

1. A poligonok normálisait ismerve határozzuk meg a csúcspontok normálisait (pl. az ott érintkező poligonok normálisainak átlagaként)
2. Számoljuk ki az intenzitásokat a csúcspontokban
3. Az élek mentén lineáris interpolációval számoljuk az intenzitást
4. Az élek között (a pásztázó vonalak mentén) lineáris interpolációval számoljuk az intenzitást

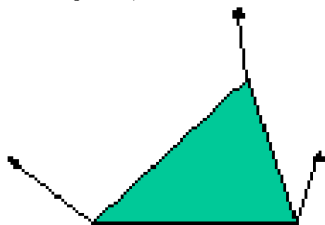
Gouraud-féle fényesség



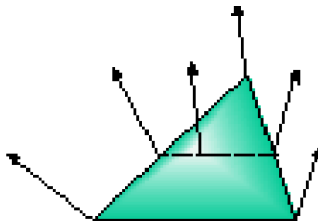
Phong-féle fényesség

1. A normálvektorokat számoljuk ki a csúcspontokban,
2. Interpolációval a csúcspontok között az élek mentén a normálvektor
3. Interpolációval az élek között,
4. Intenzitás számítása

Sokszor jobb, mint a Gouraud-módszer

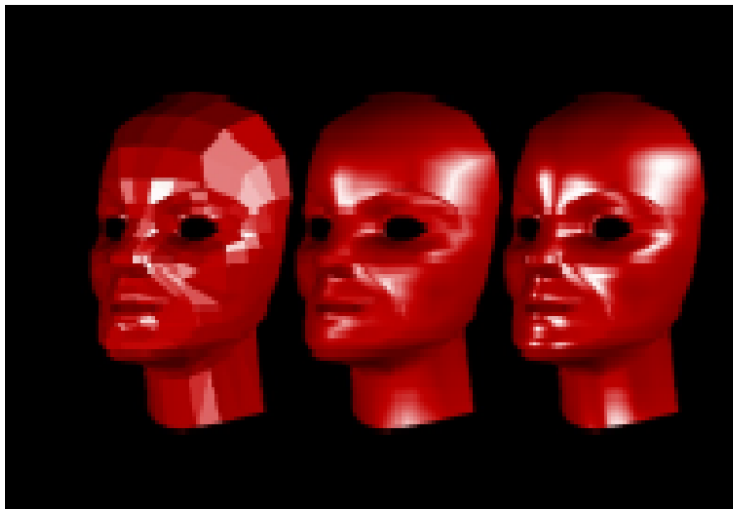


Gouraud



Phong

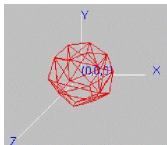
Gouraud és Phong fényesség



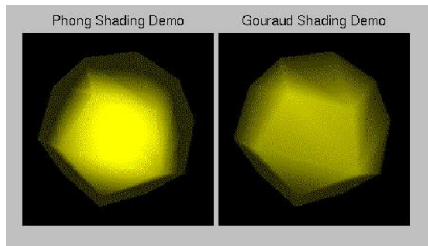
Konstans

Gouraud

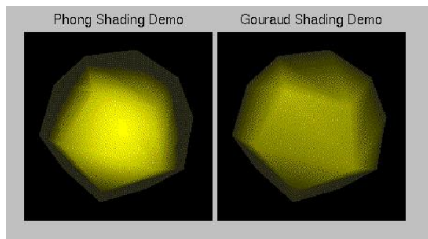
Phong

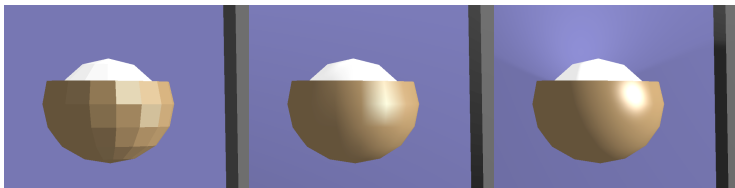


$n=100$



$n=800$





Konstans

Gouraud

Phong

Példák



szórt



Phong (szórt + diffúz)



Phong (szórt + diffúz + türköző)

Világítási komponensek

RGBA értékeivel definiálható

- ▶ szórt (ambient)
- ▶ diffúz (diffuse): a megvilágított felületről minden irányban azonos visszaverődés
- ▶ tükröző (specular): fényes felületről, csillogás

```
void glLight{if}(enum light, enum pname, T param);  
void glLight{if}v(enum light, enum pname, T *params);
```

light: kijelöli a fényforrást (GL_LIGHT0, ..., GL_LIGHT7)

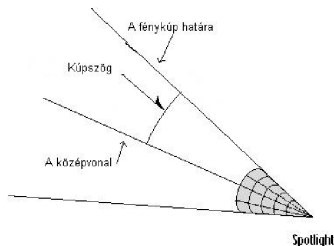
pname: a beállítandó tulajdonság

param: a beállítandó tulajdonságnak az értéke

Fényforrás (OpenGL)

pname	param, params	Jelentés
GL_AMBIENT	(0.0, 0.0, 0.0, 1.0)	A szórt fény RGBA intenzitása
GL_DIFFUSE	(1.0, 1.0, 1.0, 1.0)	A diffúz fény RGBA intenzitása
GL_SPECULAR	(1.0, 1.0, 1.0, 1.0)	A tükröző fény RGBA intenzitása
GL_POSITION	(0.0, 0.0, 1.0, 0.0)	A fényforrás (x, y, z, w) pozíciója
GL_SPOT_DIRECTION	(0.0, 0.0, -1.0)	A fény (x, y, z) iránya
GL_SPOT_EXPONENT	0.0	Reflektorfény exponens
GL_SPOT_CUTOFF	180.0	Reflektorfény kúpszöge
GL_CONSTANT_ATTENUATION	1.0	Konstans elnyelő faktor
GL_LINEAR_ATTENUATION	0.0	Lineáris elnyelő faktor
GL_QUADRATIC_ATTENUATION	0.0	Négyzetes elnyelő faktor

Reflektorszerű fényforrás (OpenGL)



Kúpszög: `GL_SPOT_CUTOFF`

Középvonal: `GL_SPOT_DIRECTION`

Intenzitás eloszlás: `GL_SPOT_EXPONENT`

Világítási modellek (OpenGL)

```
void glLightModel{if}(enum light, enum pname, T  
param);  
void glLightModel{if}v(enum light, enum pname, T  
*params);
```

pname: a világítási tulajdonság kijelölése

- ▶ `GL_LIGHT_MODEL_AMBIENT` a szórt megvilágítás értékeinek megadása
Alapértelmezés: $RGBA = (0.2, 0.2, 0.2, 1.0)$
- ▶ `GL_LIGHT_MODEL_TWO_SIDE`: egy- vagy kétoldalas világítási számítás kell alkalmazni a poligonoknál. Ha `param=0.0`, akkor csak az elülső oldal világít, különben mindkettő
- ▶ `GL_LIGHT_MODEL_LOCAL_VIEWER`: hogyan kell kiszámítani a spekuláris (tükröző) fényvisszaverődés szögét
Alapértelmezés: 0.0: a z tengely irányából, más érték esetén a nézőpontból

Az objektumok tulajdonságai:

- ▶ szín komponensek (meghatározzák a fénykomponensek visszavert hányadát),
- ▶ fényvisszaverődés: szórt, diffúz és tükröző fény számára,
- ▶ az objektumok saját fénye, emissziós érték.

Objektumok fényvisszaverő tulajdonságai (OpenGL)

Szín:

```
void glColorMaterial(enum face, enum mode);
```

- ▶ face: GL_FRONT, GL_BACK, GL_FRONT_AND_BACK
Alapértelmezés: GL_FRONT_AND_BACK
- ▶ mode: GL_EMISSION, GL_AMBIENT, GL_SPECULAR, GL_DIFFUSE,
GL_AMBIENT_AND_DIFFUSE
Alapértelmezés: GL_AMBIENT_AND_DIFFUSE

Objektumok fényvisszaverő tulajdonságai (OpenGL)

```
void glMaterial{if}(enum light, enum pname, T param);  
void glMaterial{if}v(enum light, enum pname, T  
*params);
```

- ▶ face: GL_FRONT, GL_BACK, GL_FRONT_AND_BACK
- ▶ pname: a specifikálandó paraméter neve,
- ▶ param(s): az érték, vagy értékek, amelyre a pname által jelzett paramétert be kell állítani.

Objektumok fényvisszaverő tulajdonságai (OpenGL)

Paraméter	Alapértelmezés	Jelentés
GL_AMBIENT	(0.2, 0.2, 0.2, 1.0)	szórt RGBA fényvisszaverés
GL_DIFFUSE	(0.8, 0.8, 0.8, 1.0)	diffúz RGBA fényvisszaverés
GL_SPECULAR	(0.0, 0.0, 0.0, 1.0)	tükröző RGBA fényvisszaverés
GL_EMISSION	(0.0, 0.0, 0.0, 1.0)	emissziós fény intenzitás
GL_SHININESS	0	tükröző exponens
GL_AMBIENT_AND_DIFFUSE		szórt és diffúz szín együtt
GL_COLOR_INDEXES	(0, 1, 1)	szórt, diffúz és tükröző szín indexek

Rajzoljuk meg egy dobókocka perspektivikus képét megvilágítással és a kocka saját színeivel!