

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

MEGVILÁGÍTÁS

a. Világító tárgyak:

Minden tárgynak saját intenzitású fénye van

A megvilágítás egyenlete:

$$I = k_i$$

k_i - a tárgy saját fényének az intenzitása

független a pont helyzetétől

MEGVILÁGÍTÁS

b. Környezeti (szórt - ambient) fény:

Minden irányból egyenletes

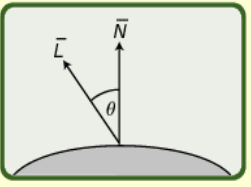
$$I = I_a k_a$$

I_a : környezeti fény intenzitása
 k_a : a környezeti fény visszaverődési együtthatója (anyagtól függ),
 $0 \leq k_a \leq 1$

MEGVILÁGÍTÁS

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

Minden irányban ugyanannyi fényt ver vissza.
 A felület fényessége (I) függ a fényforrás iránya (\underline{L}) és a felület normálisa (\underline{N}) közötti szögtől:



$\underline{N}, \underline{L}$ egységvektorok

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

I_p : a pontforrás intenzitása
 k_d : a szórt visszaverődés együtthatója (anyagtól függ), $0 \leq k_d \leq 1$.

MEGVILÁGÍTÁS

Környezeti fény (b) és diffúz visszaverődés (c) együtt:

$$I = I_a k_a + I_p k_d (\underline{N} \underline{L})$$

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

$$I = I_a k_a + I_p / d_L^2 k_d (\underline{N} \underline{L}) = f_{att} \text{ (gyengülési faktor)}$$

MEGVILÁGÍTÁS

Színes fény és felületek esetén a komponensekre:

$$I_R = I_{aR} k_a O_{dR} + f_{att} I_{pR} k_d O_{dR} (\underline{N} \underline{L})$$

$$I_G = \dots$$

$$I_B = \dots$$

ahol O_{dR} a tárgy szórt vörös komponense
 I_{pR} a megvilágítás vörös komponens
 $k_d O_{dR}$ visszaverődési hányad komponense
 ...

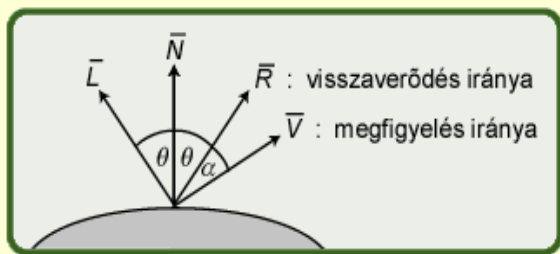
Általában:

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

ahol λ a hullámhossz

Tükröző (specular) visszaverődés

Fényes felületekről (tükörről)



Tükröző (specular) visszaverődés

Phong-féle modell:

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

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

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

Tükröző (specular) visszaverődés

Phong-féle modell:

A tárgy anyagát is figyelembe véve:

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

Több fényforrásra:

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

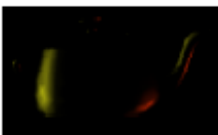
Megvilágítási modellek (példa)



szórt



diffúz



tükröző, csillogás = 20



szórt + diffúz + tükröző

Poligonokból álló felületek fényességének meghatározása

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

Poligonokból álló felületek fényességének meghatározása

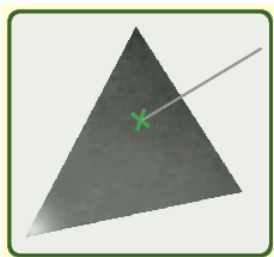
1. Konstans fényesség

- Az egész poligon ugyanolyan intenzitású. Jó, ha:
- végtelen távoli fényforrás (\underline{N} , \underline{L} konstans)
 - végtelen távoli megfigyelő (\underline{N} , \underline{V} konstans)
 - poligon oldalú felület



Poligonokból álló felületek fényességének meghatározása

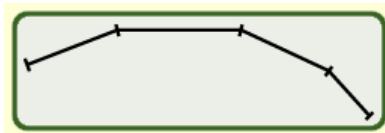
2. Interpolált fényesség



Az intenzitást a csúcsokban számított intenzitásból kapjuk interpolációval

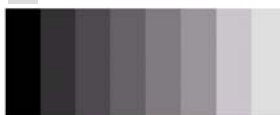
Poligonokból álló felületek fényességének meghatározása

3. Poligon-hálózat fényessége

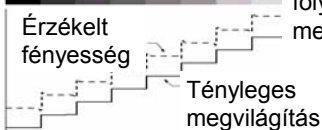


Az egyes poligonok konstans fényessége csak kiemelné a poligonok közötti éleket

Mach-féle hatás

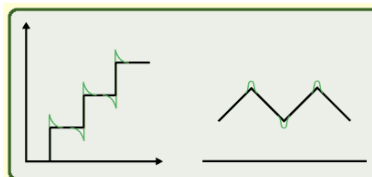


Az intenzitás változását eltűnőve érezzük ott, ahol az intenzitás folytonossága megszűnik.



Poligonokból álló felületek fényességének meghatározása

3. Poligon-hálózat fényessége



Mach-hatás

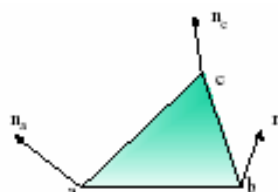
Megoldás:

minden poligon fényességét változó intenzitásúnak generáljuk

Gouraud-féle fényesség

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

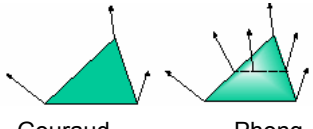


Phong-féle fényesség

Phong-féle fényesség:


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

Sokszor jobb, mint a Gouraud-féle módszer



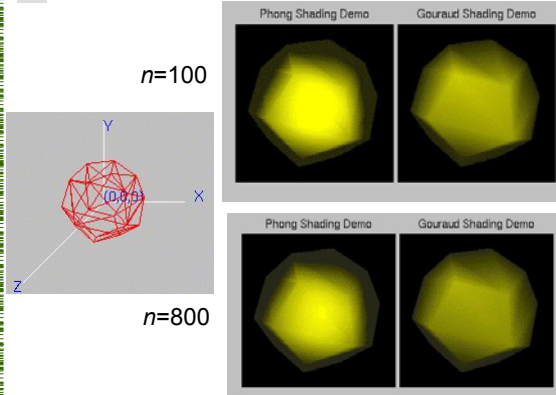
Gouraud Phong

Phong- és Gouraud-féle fényesség



Konstans Gouraud Phong

Példák



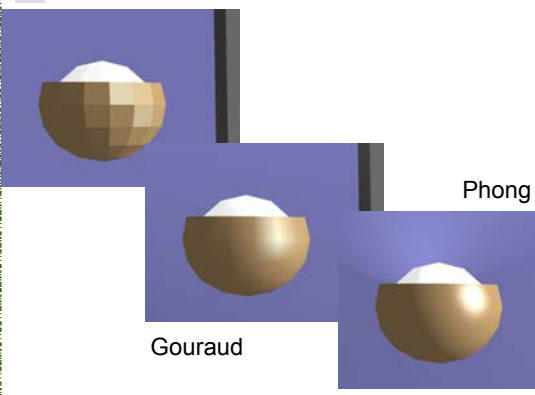
$n=100$

$n=800$

Phong Shading Demo Gouraud Shading Demo

Phong Shading Demo Gouraud Shading Demo

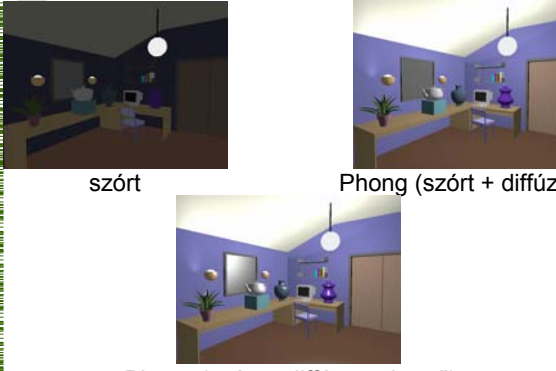
Példák



Phong

Gouraud

Példák



szórt

Phong (szórt + diffúz)

Phong (szórt + diffúz + tükröző)

Fényforrás (OpenGL)

Világítási komponensek

RGBA értékeivel definiálható:

- **szórt** (ambiens)
- **diffúz**: (diffuse) a megvilágított felületről minden irányban azonos a visszaverődés
- **tükröző** (specular): fényes felületről - csillogás

Fényforrás (OpenGL)

A specifikálható fényforrások száma: max. 8

- **pozicionált:** az objektum közelében van
- **irányított:** végtelen távoli a pozícióvektor negyedik koordinátája 0.0

A fényforrás fénysugara:

- szűk
- fókuszált
- széles

Fényforrás (OpenGL)

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

light: kijelöli a fényforrást
(GL_LIGHT0, ..., GL_LIGHT7),
pname: a beállítandó tulajdonság,
param: a beállítandó tulajdonságnak az értéke.

Fényforrás (OpenGL)

Param	alapértelmezés	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

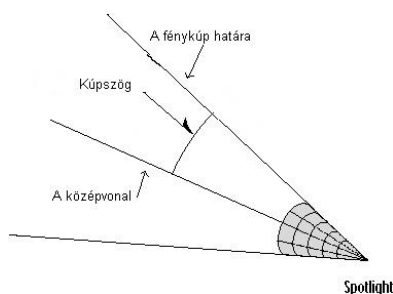
Fényforrás (OpenGL)

A fényforrás távolságával a fény intenzitása gyengül
OpenGL-ben a gyengítő faktor:

$$f_{att} = 1/(e_k + e_l \|VP\| + e_n \|VP\|^2),$$

e_k : konstans gyengítő faktor
GL_CONSTANT_ATTENUATION,
 e_l : lineáris gyengítő faktor
GL_LINEAR_ATTENUATION,
 e_n : négyzetes gyengítő faktor
GL_QUADRATIC_ATTENUATION,
 $\|VP\|$: a tárgy és a fényforrás távolsága

Reflektorszerű fényforrás (OpenGL)



Kúpszög: GL_SPOT_CUTOFF
Középvonal: GL_SPOT_DIRECTION
Intenzitás eloszlás: GL_SPOT_EXPONENT

Világítási modell (OpenGL)

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

pname: a világítási modell tulajdonság kijelölése:
GL_LIGHT_MODEL_AMBIENT a szórt megvilágítás értékeinek megadása
Alapértelmezés: RGBA = (0.2, 0.2, 0.2, 1.0)

Világítási modell (OpenGL)

`GL_LIGHT_MODEL_TWO_SIDE`: egy- vagy kétoldalas világítási számításokat kell alkalmazni a poligonoknál.
Ha `param=0.0`, akkor csak az elülső oldal világít, különben mindkettő

`GL_LIGHT_MODEL_LOCAL_VIEWER`: hogyan kell kiszámítani ki a spekuláris (tükröző) fényvisszaverődés szögét
Alapértelmezés: 0.0: a z tengely irányából, más érték esetén a nézőpontból

Objektumok fényvisszaverő tulajdonságai (OpenGL)

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

`face`: `GL_FRONT`, `GL_BACK`, `GL_FRONT_AND_BACK`

`pname`: a specifikálandó paraméter neve,

`param(s)`: az érték, vagy értékek, amelyekre a `pname` által jelzett paramétert be kell állítani.

Objektumok fényvisszaverő tulajdonságai (OpenGL)

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

Feladat (OpenGL)

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