

Bevezetés a számítógépi grafikába

Fényviszonyok leírása

Troll Ede Mátyás

Matematikai és Informatikai Intézet
Eszterházy Károly Egyetem

Eger, 2019



- 1 Fénysugárkövető algoritmusok
- 2 Fényösszetevők
- 3 Fényforrások
- 4 Anyagtulajdonságok

1 Fénysugárkövető algoritmusok

2 Fényösszetevők

3 Fényforrások

4 Anyagtulajdonságok

A fénysugárkövető algoritmusok (**ray casting** és **ray tracing**) algoritmusok azon alapulnak, hogy a kép pixelekből épül föl,

A fénysugárkövető algoritmusok (**ray casting** és **ray tracing**) algoritmusok azon alapulnak, hogy a kép pixelekből épül föl, és minden képpont esetén meghatározzák az adott pixelen ábrázolandó objektum pontját.

A fénysugárkövető algoritmusok (**ray casting** és **ray tracing**) algoritmusok azon alapulnak, hogy a kép pixelekből épül föl, és minden képpont esetén meghatározzák az adott pixelen ábrázolandó objektum pontját. Lépései:

A fénysugárkövető algoritmusok (**ray casting** és **ray tracing**) algoritmusok azon alapulnak, hogy a kép pixelekből épül föl, és minden képpont esetén meghatározzák az adott pixelen ábrázolandó objektum pontját. Lépései:

- A nézőpontot összekötjük a kép pixeleivel

A fénysugárkövető algoritmusok (**ray casting** és **ray tracing**) algoritmusok azon alapulnak, hogy a kép pixelekből épül föl, és minden képpont esetén meghatározzák az adott pixelen ábrázolandó objektum pontját. Lépései:

- A nézőpontot összekötjük a kép pixeleivel
- Az elkészített félegyenesekkel elmettszük az ábrázolandó objektumokat

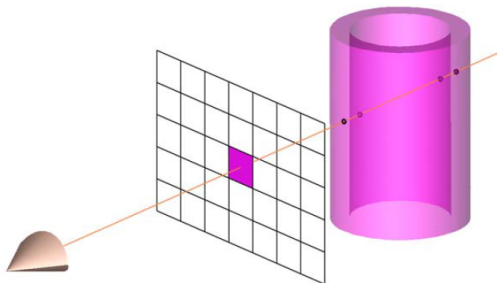
A fénysugárkövető algoritmusok (**ray casting** és **ray tracing**) algoritmusok azon alapulnak, hogy a kép pixelekből épül föl, és minden képpont esetén meghatározzák az adott pixelen ábrázolandó objektum pontját. Lépései:

- A nézőpontot összekötjük a kép pixeleivel
- Az elkészített félegyenesekkel elmettszük az ábrázolandó objektumokat
- A metszéspontok közül meghatározzuk a nézőponthoz legközelebbit, és annak a színét

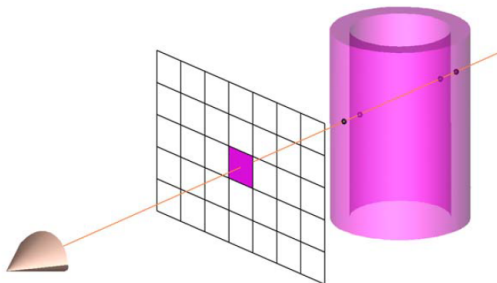
A fénysugárkövető algoritmusok (**ray casting** és **ray tracing**) algoritmusok azon alapulnak, hogy a kép pixelekből épül föl, és minden képpont esetén meghatározzák az adott pixelen ábrázolandó objektum pontját. Lépései:

- A nézőpontot összekötjük a kép pixeleivel
- Az elkészített félegyenesekkel elmettszük az ábrázolandó objektumokat
- A metszéspontok közül meghatározzuk a nézőponthoz legközelebbit, és annak a színét

Fénysugárkövető algoritmus

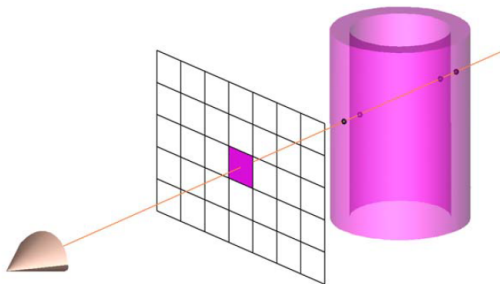


Fénysugárkövető algoritmus



Az algoritmus alapötlete egyszerű, de mégis nagy számításigényű.

Fénysugárkövető algoritmus



Az algoritmus alapötlete egyszerű, de mégis nagy számításigényű. Ugyanakkor, mivel az egyes pixelek számítása független egymástól, így jól párhuzamosítható.

- 1 Fénysugárkövető algoritmusok
- 2 Fényösszetevők**
- 3 Fényforrások
- 4 Anyagtulajdonságok

A fényforrások, fényösszetevők, megvilágítás, árnyalás általában nem a valós fizikai jelenségek leírásán alapszik, hanem tapasztalati úton nyert összefüggéseken.

A fényforrások, fényösszetevők, megvilágítás, árnyalás általában nem a valós fizikai jelenségek leírásán alapszik, hanem tapasztalati úton nyert összefüggéseken. A fényviszonyok leírására általában 3 összetevőt szokás figyelembe venni:

A fényforrások, fényösszetevők, megvilágítás, árnyalás általában nem a valós fizikai jelenségek leírásán alapszik, hanem tapasztalati úton nyert összefüggéseken. A fényviszonyok leírására általában 3 összetevőt szokás figyelembe venni:

- Környezeti fény (ambient light): az adott térrészben mindenhol jelen levő állandó intenzitású fény, melynek forrása, iránya nem ismert (nappali fény felhős környezetben)

A fényforrások, fényösszetevők, megvilágítás, árnyalás általában nem a valós fizikai jelenségek leírásán alapszik, hanem tapasztalati úton nyert összefüggéseken. A fényviszonyok leírására általában 3 összetevőt szokás figyelembe venni:

- Környezeti fény (ambient light): az adott térrészben mindenhol jelen levő állandó intenzitású fény, melynek forrása, iránya nem ismert (nappali fény felhős környezetben)
- Szórt fény (diffuse light): van iránya és forrása. Az objektumokról minden irányba azonos módon verődik vissza, teljesen mindegy, hogy milyen irányból nézzük az objektumot.

A fényforrások, fényösszetevők, megvilágítás, árnyalás általában nem a valós fizikai jelenségek leírásán alapszik, hanem tapasztalati úton nyert összefüggéseken. A fényviszonyok leírására általában 3 összetevőt szokás figyelembe venni:

- Környezeti fény (ambient light): az adott térrészben mindenhol jelen levő állandó intenzitású fény, melynek forrása, iránya nem ismert (nappali fény felhős környezetben)
- Szórt fény (diffuse light): van iránya és forrása. Az objektumokról minden irányba azonos módon verődik vissza, teljesen mindegy, hogy milyen irányból nézzük az objektumot. Csak a fényforrástól, az anyagtulajdonságtól és a pontbeli normálistól függ.

A fényforrások, fényösszetevők, megvilágítás, árnyalás általában nem a valós fizikai jelenségek leírásán alapszik, hanem tapasztalati úton nyert összefüggéseken. A fényviszonyok leírására általában 3 összetevőt szokás figyelembe venni:

- Környezeti fény (ambient light): az adott térrészben mindenhol jelen levő állandó intenzitású fény, melynek forrása, iránya nem ismert (nappali fény felhős környezetben)
- Szórt fény (diffuse light): van iránya és forrása. Az objektumokról minden irányba azonos módon verődik vissza, teljesen mindegy, hogy milyen irányból nézzük az objektumot. Csak a fényforrástól, az anyagtulajdonságtól és a pontbeli normálistól függ.
- Tükröződő fény (specular light): van irány és forrása, ugyanakkor az előző esethez képest már a nézőpont is számít.

A fényforrások, fényösszetevők, megvilágítás, árnyalás általában nem a valós fizikai jelenségek leírásán alapszik, hanem tapasztalati úton nyert összefüggéseken. A fényviszonyok leírására általában 3 összetevőt szokás figyelembe venni:

- Környezeti fény (ambient light): az adott térrészben mindenhol jelen levő állandó intenzitású fény, melynek forrása, iránya nem ismert (nappali fény felhős környezetben)
- Szórt fény (diffuse light): van iránya és forrása. Az objektumokról minden irányba azonos módon verődik vissza, teljesen mindegy, hogy milyen irányból nézzük az objektumot. Csak a fényforrástól, az anyagtulajdonságtól és a pontbeli normálistól függ.
- Tükröződő fény (specular light): van irány és forrása, ugyanakkor az előző esethez képest már a nézőpont is számít. (Gondoljunk egy fémgolyóra, amit erős, koncentrált fénnel világítunk meg!)

- 1 Fénysugárkövető algoritmusok
- 2 Fényösszetevők
- 3 Fényforrások**
- 4 Anyagtulajdonságok

A környezeti fény két részből tevődik össze:

A környezeti fény két részből tevődik össze:

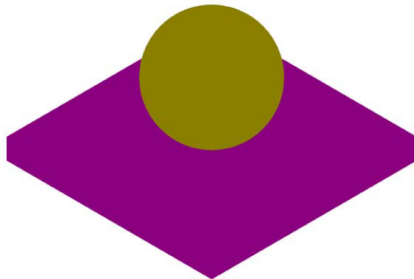
- a fényforrásoktól függetlenül jelen levő környezeti fény (globális környezeti fény)

A környezeti fény két részből tevődik össze:

- a fényforrásoktól függetlenül jelen levő környezeti fény (globális környezeti fény)
- a fényforrásokból származó környezeti fény (többszörös tükröződések hatására keletkező fény)

A környezeti fény két részből tevődik össze:

- a fényforrásoktól függetlenül jelen levő környezeti fény (globális környezeti fény)
- a fényforrásokból származó környezeti fény (többszörös tükröződések hatására keletkező fény)



A környezeti fényen túl minden fényforrás esetén meg kell adnunk a kibocsátott fény

A környezeti fényen túl minden fényforrás esetén meg kell adnunk a kibocsátott fény

- RGB komponenseit, valamint

A környezeti fényen túl minden fényforrás esetén meg kell adnunk a kibocsátott fény

- RGB komponenseit, valamint
- a fényforrás helyét.

A környezeti fényen túl minden fényforrás esetén meg kell adnunk a kibocsátott fény

- RGB komponenseit, valamint
- a fényforrás helyét.

A fényforrás által kibocsátott fényt a

A környezeti fényen túl minden fényforrás esetén meg kell adnunk a kibocsátott fény

- RGB komponenseit, valamint
- a fényforrás helyét.

A fényforrás által kibocsátott fényt a

- környezeti,

A környezeti fényen túl minden fényforrás esetén meg kell adnunk a kibocsátott fény

- RGB komponenseit, valamint
- a fényforrás helyét.

A fényforrás által kibocsátott fényt a

- környezeti,
- szórt és

A környezeti fényen túl minden fényforrás esetén meg kell adnunk a kibocsátott fény

- RGB komponenseit, valamint
- a fényforrás helyét.

A fényforrás által kibocsátott fényt a

- környezeti,
- szórt és
- tükröző

fénykomponensekkel adjuk meg.

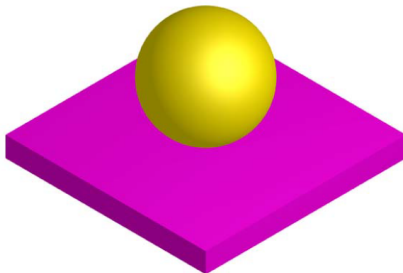
A fényforrások helyét tekintve két esetet különböztetünk meg.

A fényforrások helyét tekintve két esetet különböztetünk meg.

-
- A fényforrás végtelen távol van (a fénysugarak párhuzamosak).
Ilyennek tekinthetők a napsugarak.

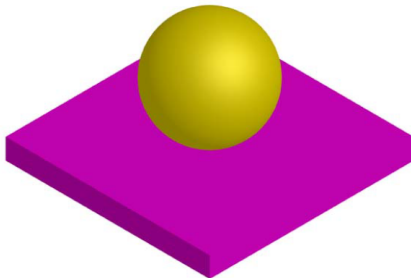
A fényforrások helyét tekintve két esetet különböztetünk meg.

- A fényforrás véges pozíción található (pontszerű fényforrás). Azonos intenzitású fényt bocsát ki minden irányba.
-



A fényforrások helyét tekintve két esetet különböztetünk meg.

- A fényforrás véges pozíción található (pontszerű fényforrás). Azonos intenzitású fényt bocsát ki minden irányba.
- A fényforrás végtelen távol van (a fénysugarak párhuzamosak). Ilyennek tekinthetők a napsugarak.



Pontszerű fényforrás esetén a fény tompulását a

$$f_{att} = \min \left(\frac{1}{c_0 + c_1 d + c_2 d^2}, 1 \right)$$

írja le, ahol

Pontszerű fényforrás esetén a fény tompulását a

$$f_{att} = \min \left(\frac{1}{c_0 + c_1 d + c_2 d^2}, 1 \right)$$

írja le, ahol

- d a fényforrástól mért távolság

Pontszerű fényforrás esetén a fény tompulását a

$$f_{att} = \min \left(\frac{1}{c_0 + c_1 d + c_2 d^2}, 1 \right)$$

írja le, ahol

- d a fényforrástól mért távolság
- c_0 a távolságtól független,

Pontszerű fényforrás esetén a fény tompulását a

$$f_{att} = \min \left(\frac{1}{c_0 + c_1 d + c_2 d^2}, 1 \right)$$

írja le, ahol

- d a fényforrástól mért távolság
- c_0 a távolságtól független,
- c_1 a távolsággal-

Pontszerű fényforrás esetén a fény tompulását a

$$f_{att} = \min \left(\frac{1}{c_0 + c_1 d + c_2 d^2}, 1 \right)$$

írja le, ahol

- d a fényforrástól mért távolság
- c_0 a távolságtól független,
- c_1 a távolsággal-
- c_2 a távolság négyzetével

arányos együtthatója a fény tompulásának.

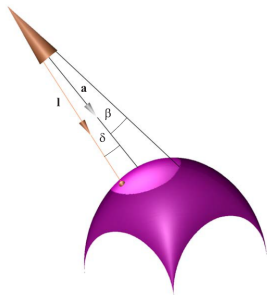
Fényforrások - reflektor

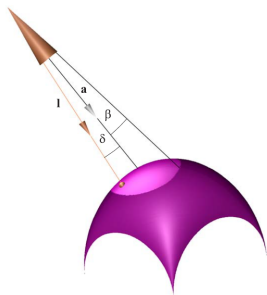
A ponszerű fényforrást alakíthatjuk úgy, hogy az reflektorként viselkedjen.

Fényforrások - reflektor

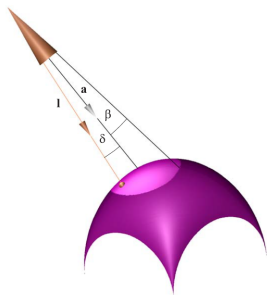
A ponszerű fényforrást alakíthatjuk úgy, hogy az reflektorként viselkedjen. Ez valójában egy fénykúp megadását jelenti. Ehhez meg kell adnunk a fénykúp

- tengelyének irányát (\mathbf{a}) és
- fél nyílásszögét (β), valamint azt, hogy
- a fény intenzitása hogyan csökken a tengelytől a palást felé haladva





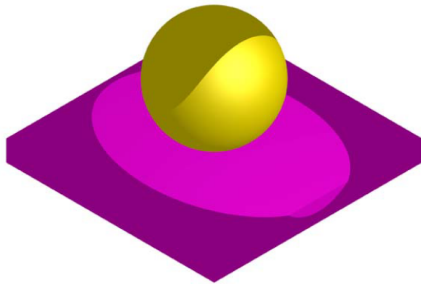
Reflektor esetén akkor jut el a fény a felület egy pontjára, ha $\delta < \beta$.



Reflektor esetén akkor jut el a fény a felület egy pontjára, ha $\delta < \beta$. Az I_I fényt kibocsátó reflektor δ függvényében bekövetkező intenzitáscsökkenése az

$$I_I \cos^r(\delta)$$

kifejezéssel írható le, ahol r nemnegatív egész szám. $r = 0$ esetén a fény intenzitása nem változik a kúpon belül.



Reflektor esetén akkor jut el a fény a felület egy pontjára, ha $\delta < \beta$. Az I_l fényt kibocsátó reflektor δ függvényében bekövetkező intenzitáscsökkenése az

$$I_l \cos^r(\delta)$$

kifejezéssel írható le, ahol r nemnegatív egész szám. $r = 0$ esetén a fény intenzitása nem változik a kúpon belül.

- 1 Fénysugárkövető algoritmusok
- 2 Fényösszetevők
- 3 Fényforrások
- 4 Anyagtulajdonságok**

Az objektumok megjelenítése esetén nem pusztán a fény összetevőinek leírása határozza meg az előállított képet, hanem az objektum anyaga is.

Anyagtulajdonságok

Az objektumok megjelenítése esetén nem pusztán a fény összetevőinek leírása határozza meg az előállított képet, hanem az objektum anyaga is. A legfontosabb optikai jellemzők:

Az objektumok megjelenítése esetén nem pusztán a fény összetevőinek leírása határozza meg az előállított képet, hanem az objektum anyaga is. A legfontosabb optikai jellemzők:

- Az anyag milyen mértékben veri vissza a környezeti, szórt és tükröző fényt.

Az objektumok megjelenítése esetén nem pusztán a fény összetevőinek leírása határozza meg az előállított képet, hanem az objektum anyaga is. A legfontosabb optikai jellemzők:

- Az anyag milyen mértékben veri vissza a környezeti, szórt és tükröző fényt.
- Az objektum által kibocsátott fény.

Az objektumok megjelenítése esetén nem pusztán a fény összetevőinek leírása határozza meg az előállított képet, hanem az objektum anyaga is.

A legfontosabb optikai jellemzők:

- Az anyag milyen mértékben veri vissza a környezeti, szórt és tükröző fényt.
- Az objektum által kibocsátott fény.

A fényvisszaverő képességet az alábbi együtthatókkal adhatjuk meg:

- környezeti fény visszaverő együtthatú (ambient reflection)

Az objektumok megjelenítése esetén nem pusztán a fény összetevőinek leírása határozza meg az előállított képet, hanem az objektum anyaga is.

A legfontosabb optikai jellemzők:

- Az anyag milyen mértékben veri vissza a környezeti, szórt és tükröző fényt.
- Az objektum által kibocsátott fény.

A fényvisszaverő képességet az alábbi együtthatókkal adhatjuk meg:

- környezeti fény visszaverő együtthatú (ambient reflection)
- szórt fény visszaverő együtthatú (diffuse reflection)

Az objektumok megjelenítése esetén nem pusztán a fény összetevőinek leírása határozza meg az előállított képet, hanem az objektum anyaga is.

A legfontosabb optikai jellemzők:

- Az anyag milyen mértékben veri vissza a környezeti, szórt és tükröző fényt.
- Az objektum által kibocsátott fény.

A fényvisszaverő képességet az alábbi együtthatókkal adhatjuk meg:

- környezeti fény visszaverő együtthatü (ambient reflection)
- szórt fény visszaverő együtthatü (diffuse reflection)
- tükröző fény visszaverő együtthatü (specular reflection)

Az objektumok megjelenítése esetén nem pusztán a fény összetevőinek leírása határozza meg az előállított képet, hanem az objektum anyaga is. A legfontosabb optikai jellemzők:

- Az anyag milyen mértékben veri vissza a környezeti, szórt és tükröző fényt.
- Az objektum által kibocsátott fény.

A fényvisszaverő képességet az alábbi együtthatókkal adhatjuk meg:

- környezeti fény visszaverő együtthatú (ambient reflection)
- szórt fény visszaverő együtthatú (diffuse reflection)
- tükröző fény visszaverő együtthatú (specular reflection)

Ezek az együtthatók tapasztalati mennyiségek, azaz nem azonosíthatók az anyag fizikai jellemzőivel.

Egy felületpi pontból a szembe jutó környezeti fény az

$$\mathbf{E}_a = \mathbf{k}_a * \mathbf{I}_a$$

kifejezéssel írható le, ahol

- \mathbf{I}_a a megjelenített térrészben levő összes környezeti fény

Egy felületpi pontból a szembe jutó környezeti fény az

$$E_a = k_a * I_a$$

kifejezéssel írható le, ahol

- I_a a megjelenített térrészben levő összes környezeti fény
- k_a a felület környezeti fény visszaverési együtthatója.

Egy felületpi pontból a szembe jutó környezeti fény az

$$\mathbf{E}_a = \mathbf{k}_a * \mathbf{I}_a$$

kifejezéssel írható le, ahol

- \mathbf{I}_a a megjelenített térrészben levő összes környezeti fény
- \mathbf{k}_a a felület környezeti fény visszaverési együtthatója. (\mathbf{k}_a komponensei RGB értékek a $[0, 1]$ intervallumból.)

Egy felületpi pontból a szembe jutó környezeti fény az

$$\mathbf{E}_a = \mathbf{k}_a * \mathbf{l}_a$$

kifejezéssel írható le, ahol

- \mathbf{l}_a a megjelenített térrészben levő összes környezeti fény
- \mathbf{k}_a a felület környezeti fény visszaverési együtthatója. (\mathbf{k}_a komponensei RGB értékek a $[0, 1]$ intervallumból.)

A $*$ művelet jelen esetben olyan vektorművelet, mely a két vektor elemeit tagonként szorozza össze, azaz a $\mathbf{k}_a = [k_{aR} \ k_{aG} \ k_{aB}]^T$ és

$\mathbf{l}_a = [l_{aR} \ l_{aG} \ l_{aB}]^T$ vektorok $*$ szorzata

Egy felületpi pontból a szembe jutó környezeti fény az

$$\mathbf{E}_a = \mathbf{k}_a * \mathbf{l}_a$$

kifejezéssel írható le, ahol

- \mathbf{l}_a a megjelenített térrészben levő összes környezeti fény
- \mathbf{k}_a a felület környezeti fény visszaverési együtthatója. (\mathbf{k}_a komponensei RGB értékek a $[0, 1]$ intervallumból.)

A $*$ művelet jelen esetben olyan vektorművelet, mely a két vektor elemeit tagonként szorozza össze, azaz a $\mathbf{k}_a = [k_{a_R} \ k_{a_G} \ k_{a_B}]^T$ és

$\mathbf{l}_a = [l_{a_R} \ l_{a_G} \ l_{a_B}]^T$ vektorok $*$ szorzata

$$\mathbf{k}_a * \mathbf{l}_a = [k_{a_R} l_{a_R} \ k_{a_G} l_{a_G} \ k_{a_B} l_{a_B}]^T$$

Anyagtulajdonságok - Szórt fény visszaverés

A felületi pontból a szembe jutó szórt fény visszaverődés mennyisége az

$$\mathbf{E}_d = \mathbf{k}_d * \mathbf{l}_l \cos(\theta), \quad \cos(\theta) = \frac{\mathbf{l} \cdot \mathbf{n}}{|\mathbf{l}| |\mathbf{n}|}$$

összefüggéssel adható meg, ahol

Anyagtulajdonságok - Szórt fény visszaverés

A felületi pontból a szembe jutó szórt fény visszaverődés mennyisége az

$$\mathbf{E}_d = \mathbf{k}_d * \mathbf{I}_l \cos(\theta), \quad \cos(\theta) = \frac{\mathbf{l} \cdot \mathbf{n}}{|\mathbf{l}| |\mathbf{n}|}$$

összefüggéssel adható meg, ahol

- \mathbf{k}_d a felületi konstans

Anyagtulajdonságok - Szórt fény visszaverés

A felületi pontból a szembe jutó szórt fény visszaverődés mennyisége az

$$\mathbf{E}_d = \mathbf{k}_d * \mathbf{I}_l \cos(\theta), \quad \cos(\theta) = \frac{\mathbf{l} \cdot \mathbf{n}}{|\mathbf{l}| |\mathbf{n}|}$$

összefüggéssel adható meg, ahol

- \mathbf{k}_d a felületi konstans(komponensei a $[0, 1]$ intervallum elemei)

Anyagtulajdonságok - Szórt fény visszaverés

A felületi pontból a szembe jutó szórt fény visszaverődés mennyisége az

$$\mathbf{E}_d = \mathbf{k}_d * \mathbf{l}_l \cos(\theta), \quad \cos(\theta) = \frac{\mathbf{l} \cdot \mathbf{n}}{|\mathbf{l}| |\mathbf{n}|}$$

összefüggéssel adható meg, ahol

- \mathbf{k}_d a felületi konstans(komponensei a $[0, 1]$ intervallum elemei)
- \mathbf{l}_l a fényforrás szórt fénykomponense

Anyagtulajdonságok - Szórt fény visszaverés

A felületi pontból a szembe jutó szórt fény visszaverődés mennyisége az

$$\mathbf{E}_d = \mathbf{k}_d * \mathbf{l}_l \cos(\theta), \quad \cos(\theta) = \frac{\mathbf{l} \cdot \mathbf{n}}{|\mathbf{l}| |\mathbf{n}|}$$

összefüggéssel adható meg, ahol

- \mathbf{k}_d a felületi konstans(komponensei a $[0, 1]$ intervallum elemei)
- \mathbf{l}_l a fényforrás szórt fénykomponense

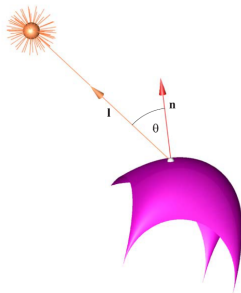
Anyagtulajdonságok - Szórt fény visszaverés

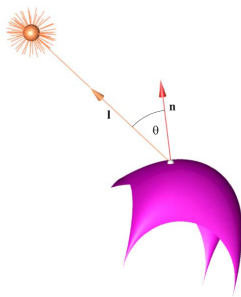
A felületi pontból a szembe jutó szórt fény visszaverődés mennyisége az

$$\mathbf{E}_d = \mathbf{k}_d * \mathbf{l}_l \cos(\theta), \quad \cos(\theta) = \frac{\mathbf{l} \cdot \mathbf{n}}{|\mathbf{l}| |\mathbf{n}|}$$

összefüggéssel adható meg, ahol

- \mathbf{k}_d a felületi konstans(komponensei a $[0, 1]$ intervallum elemei)
- \mathbf{l}_l a fényforrás szórt fénykomponense





A szórt visszaverődés tehát független a nézés irányától, és csak akkor vesszük figyelembe, ha $\theta \in [0, \pi/2]$.

Köszönöm a figyelmet!