

Osvetljenje u 3D grafici

- Igra bitnu ulogu u doprinosu realizma sceni
- Dualnost svetlosti: talas-čestica
- Sastoji se od ogromnog broja fotona
- Primjenjuju se aproksimacije modela svetlosti i refleksije

Svetlosni model

- Izvor svetlosti se modeluje pomoću tri komponente:
 - Ambijentalna
 - Difuzna
 - Spekularna
- Svaka komponenta svetlosnog izvora je u interakciji isključivo sa odgovarajućom komponentom materijala i na taj način se aproksimiraju refleksije svetlosti koje se dešavaju u realnom svetu (**Phong illumination model**)
- Svaka komponenta je određena bojom u RGB kolor sistemu

Ambijentalno osvetljenje

- Naziva se još i uniformno osvetljenje (kod klasičnog modela)
- Ne uzima se u obzir smer odakle dolazi svetlost prilikom računanja
- Modeluje uticaj svetlosnih zraka koji se reflektuju od drugih objekata na ostatak scene (razlog što se vide objekti u hladu)
- `glLightModel(GLenum pname, GLfloat* params)` - **globalno ambijentalno osvetljenje** se definiše sa parametrom **`GL_LIGHT_MODEL_AMBIENT`**

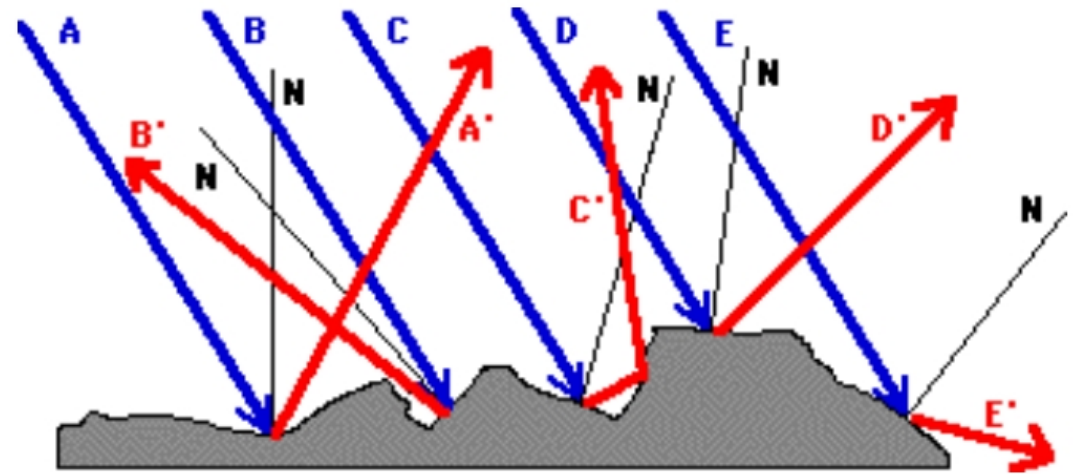
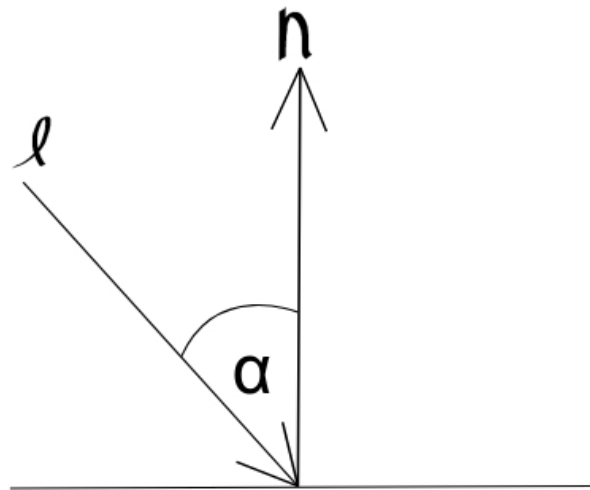
$$I_A = K_A * L_A$$

Difuzna refleksija

- Svetlost se reflektuje od objekta podjednako u svim pravcima
- Kao rezultat se vidi efekat svetlosti koja se ne reflektuje direktno do tačke posmatranja
- Ne uzima se u obzir smer u kojem se nalazi tačka posmatranja, ali je bitno iz kog smera dolazi svetlost
- Uzima se u obzir slabljenje svetlosti sa povećanjem razdaljine koju svetlost prelazi

Difuzna refleksija

$$I_D = K_D (\ell * n) * L_D$$



[www.physicsclassroom.com]

Spekularno osvetljenje

- Modeluje svetlost koja se od objekata direktno reflektuje prema posmatraču
- Modeluje glatke objekte, često kao efekat se dobija isijavanje dela objekta
- Uzima se u obzir smer prema tački posmatranja prilikom računanja

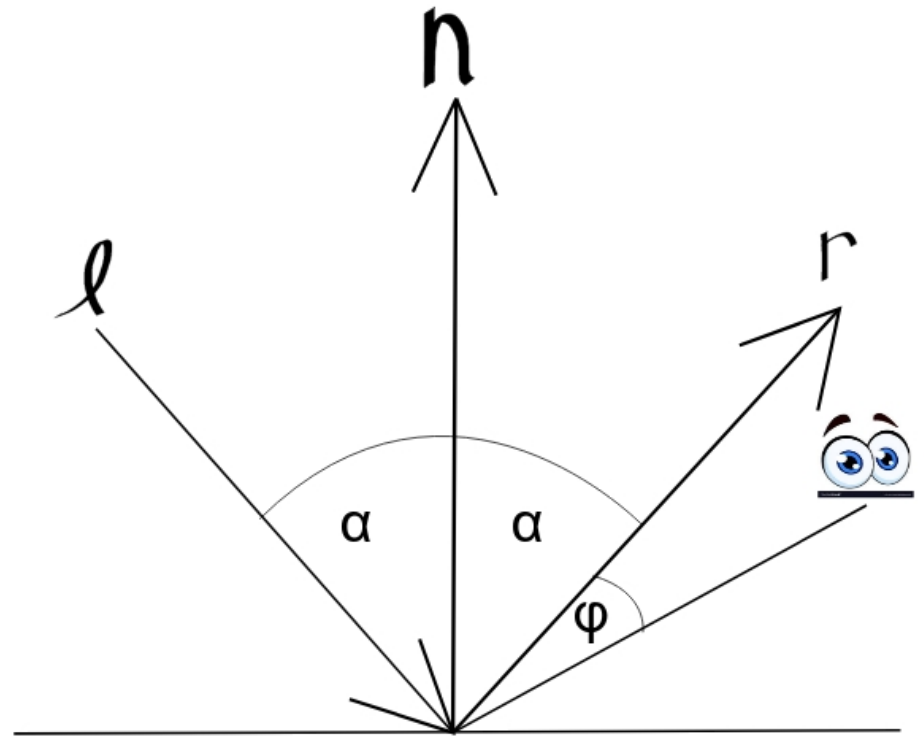


Spekularno osvetljenje

$$I_s = K_s * \cos^\beta \varphi * L_s$$

$$\cos \varphi = r * n$$

β - shinniness

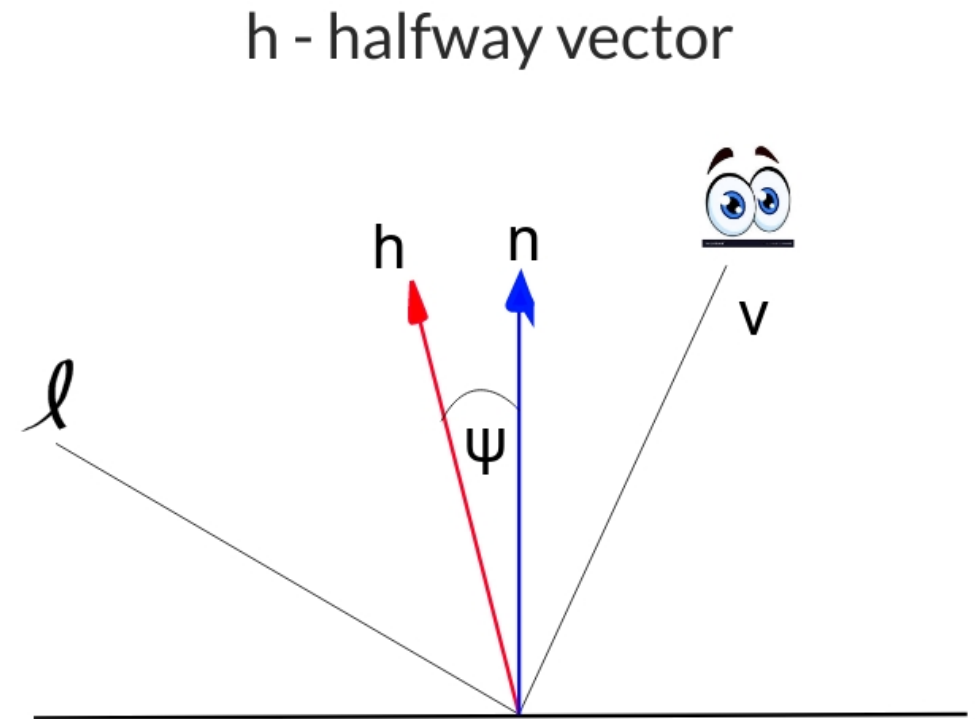


Spekularno osvetljenje

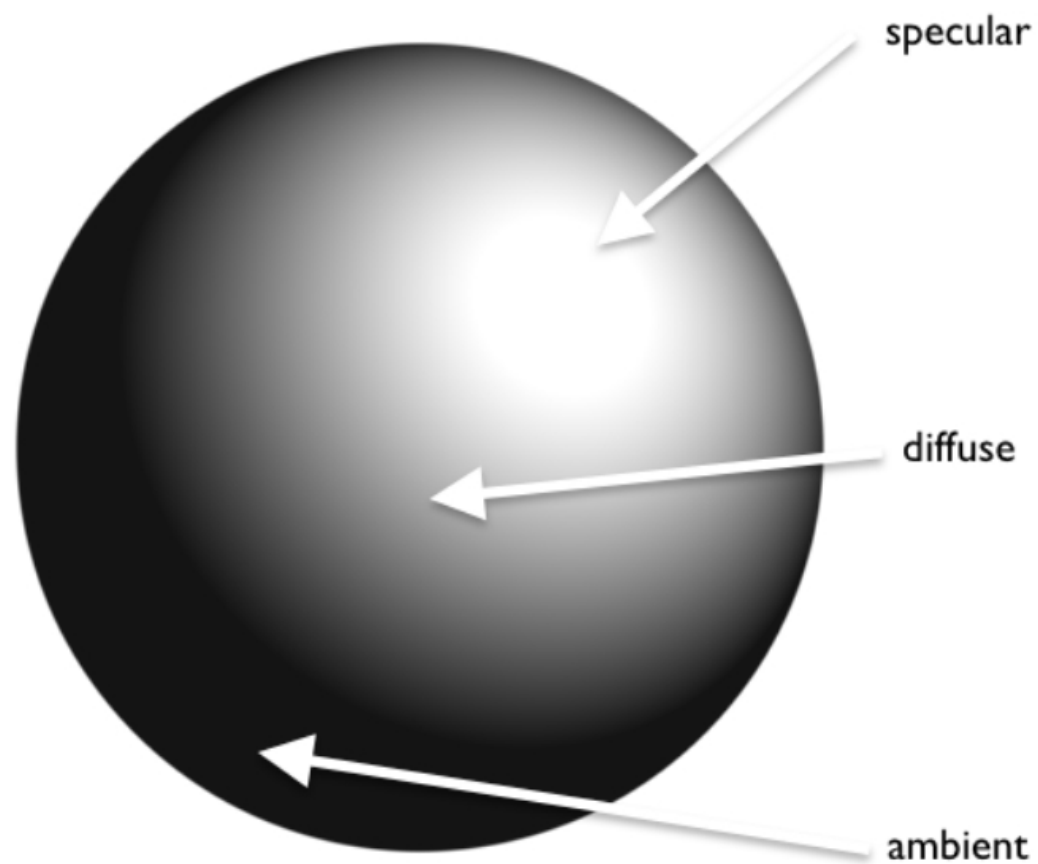
- Phong-Blinn varijacija

$$h = \frac{\ell + v}{|\ell + v|}$$

$$I_s = K_s * (h * n) * L_s$$

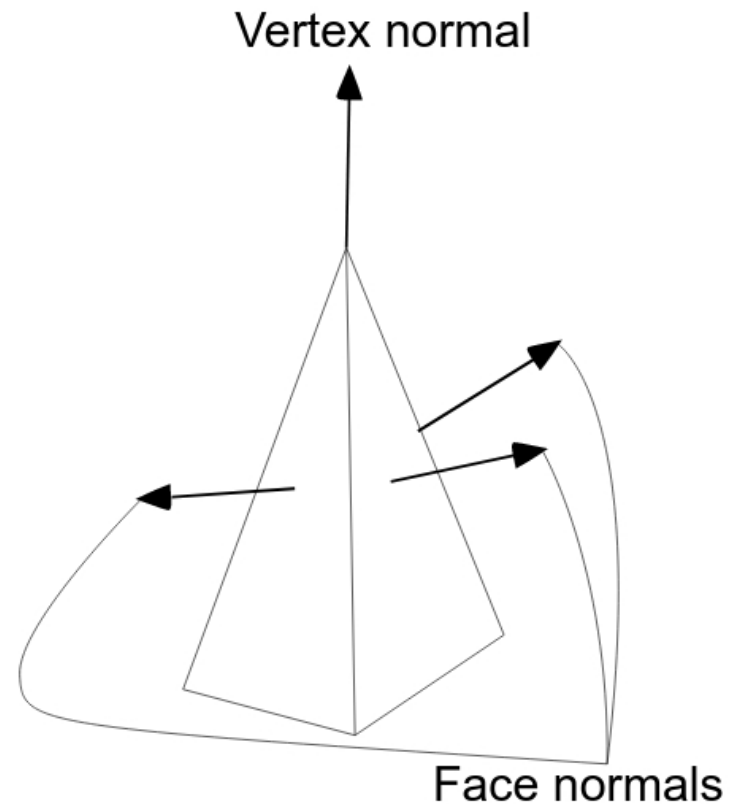


Svetlosni model



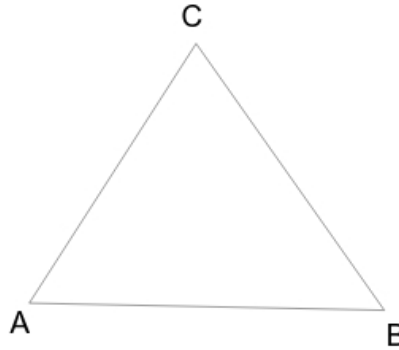
Definisanje normala

- Na nivou poligona
- Na nivou verteksa
- `glNormal(float x, float, y, float z)`



Definisanje normala

- Na nivou poligona



$$\text{normal} = (A-B) \times (A-C)$$

- Na nivou verteksa

Za svaki verteks pronađi sve poligone kojima taj verteks pripada i zatim usrednjavanjem normala tih poligona i normalizacijom rezultujućeg vektora odredi normalu verteksa.

$$\text{normal} = \frac{1}{k} \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k}{|n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k|}$$

Definisanje normala za Quadric objekte

● `gluQuadricNormals(GLUquadric* quad, GLenum normal)`

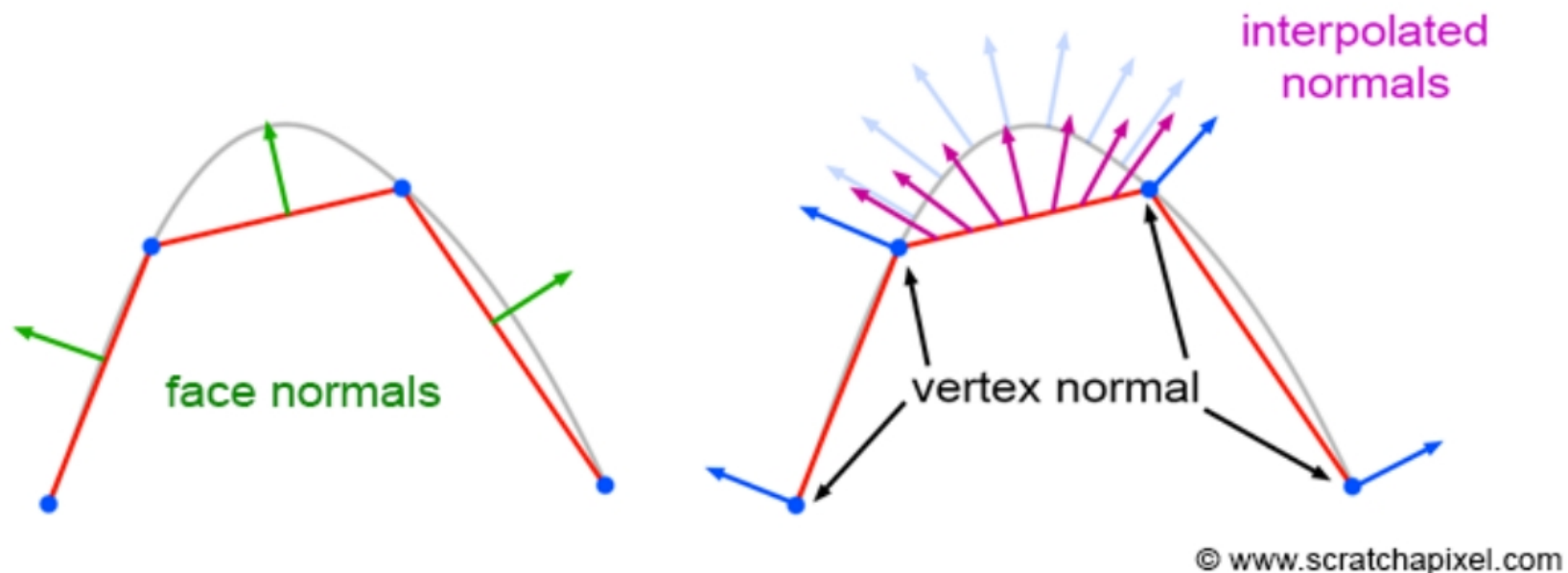
- Parametri:
- **quad** - referenca/pokazivač na objekat
 - **normal:**
 - `GLU_NONE` - normale se ne generišu
 - `GLU_FLAT` - generišu se na nivou poligona
 - `GLU_SMOOTH` - na nivou verteksa

● SharpGL:

```
Sphere sphere = new Sphere();  
sphere.NormalGeneration = Normals.Smooth;
```

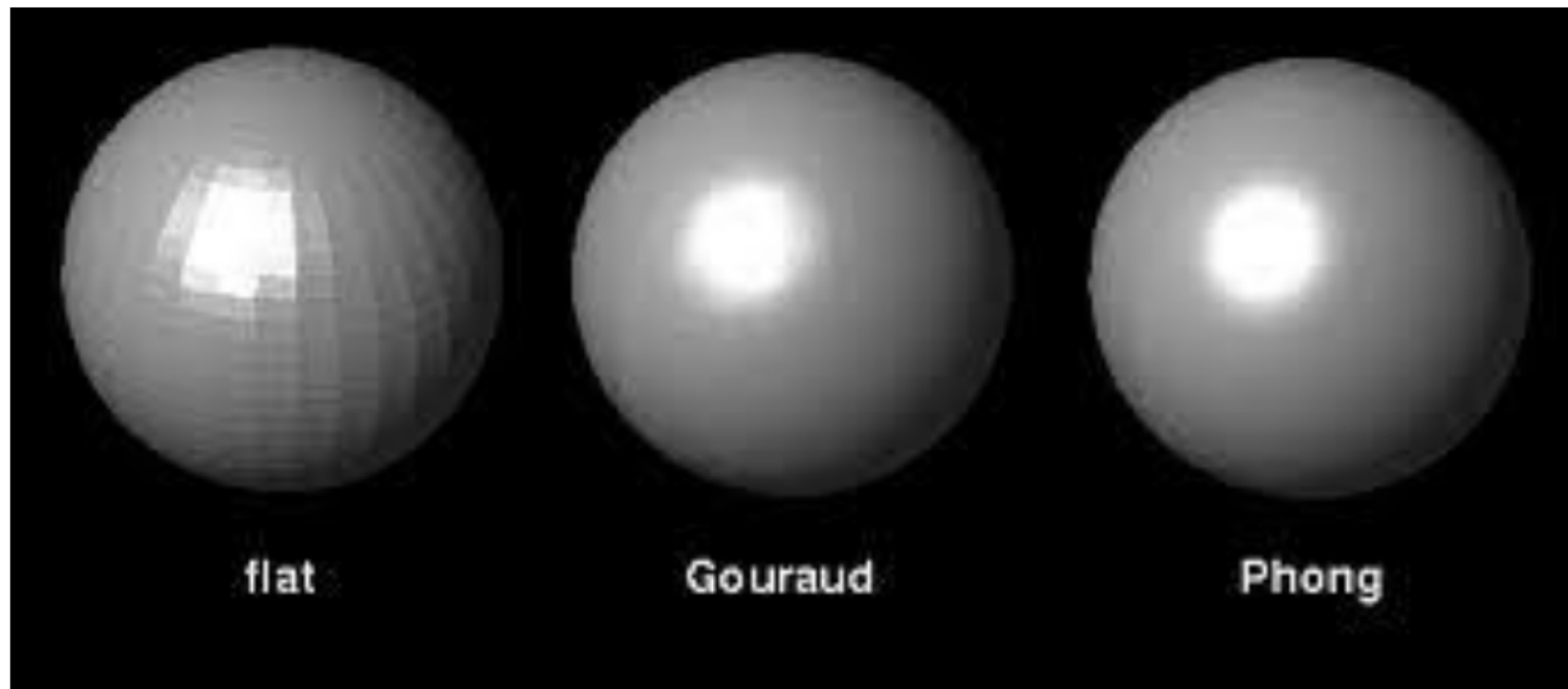
Definisanje normala

- Phong-ovo senčenje - interpolacija normala po fragmentima poligona
- Guroovo senčenje - interpolacija boja verteksa po fragmentima poligona



Gouaroud vs Phong

- Guroovo senčenje jeftinije, ali i daje nešto slabije rezultate od Phong-ovog senčenja



Slabljenje svetlosti

- U realnom svetu je slabljenje svetlosti obrnuto proporcionalno kvadratu razdaljine (inverse square law)
- U fiksnom pajplajnu OpenGL-a je definisano slabljenje svetlosti pomoću konstantnog, linearnog i kvadratnog parametra

$$\frac{1}{a + bd + cd^2}$$

a: constant - **GL_CONSTANT_ATTENUATION**

b: linear - **GL_LINEAR_ATTENUATION**

c: quadratic - **GL_QUADRATIC_ATTENUATION**

Definisanje svetlosnog izvora

- `glLightfv(GLenum light, GLenum pname, GLfloat* params)`
- Parametri:
 - `light` - `GL_LIGHTX`, gde je $0 < X < GL_MAX_LIGHTS$
 - `pname` - `GL_AMBIENT`, `GL_DIFFUSE`, `GL_SPECULAR`, `GL_POSITION`, `GL_SPOT_CUTOFF`, `GL_SPOT_DIRECTION`, `GL_SPOT_EXPONENT`, `GL_CONSTANT_ATTENUATION`, `GL_LINEAR_ATTENUATION`, and `GL_QUADRATIC_ATTENUATION`
 - `params` - definiše vrednost zadatog parametra

Vrste osvetljenja

- Direkciono
- Tačkasto
- Reflektorsko
- Ambijentno (globalno)
- Tip izvora svetlosti određen sa w komponentom GL_POSITION

parametra:

```
glLight(GL_LIGHT0, GL_POSITION, {x, y, z, w
```

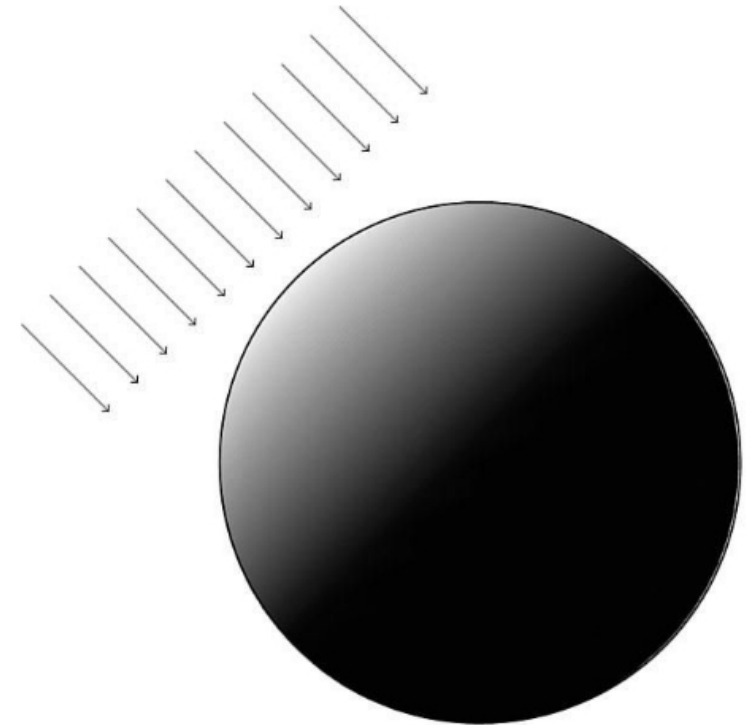
- $w = 1$ - tačkasto osvetljenje
- $w = 0$ - direkciono osvetljenje

Globalno ambijentalno osvetljenje

- `glLightModelfv(GLenum pname, GLfloat* params)`
- Parametri:
 - **pname** - `GL_LIGHT_MODEL_AMBIENT`, `GL_LIGHT_MODEL_COLOR_CONTROL`, `GL_LIGHT_MODEL_LOCAL_VIEWER`, and `GL_LIGHT_MODEL_TWO_SIDE`
 - **params** - definiše vrednost parametra

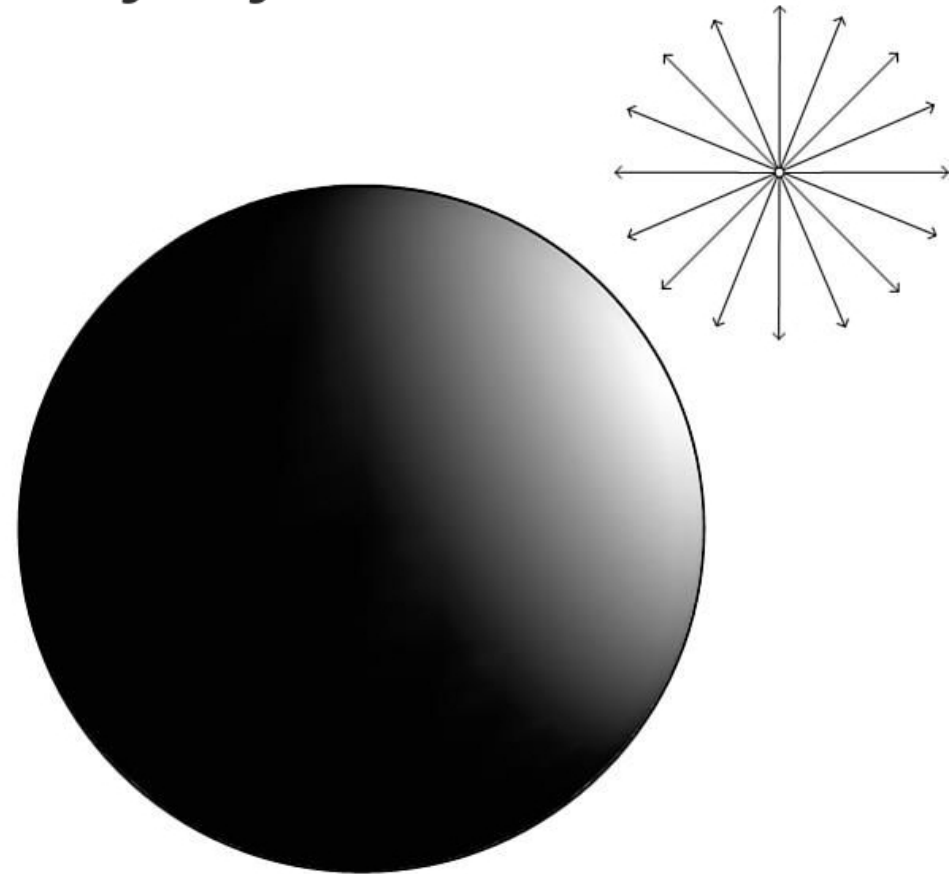
Directional Lighting

- Jako udaljen izvor svetlosti od scene
- Sa ovim tipom osvetljenja često se modeluje sunceva svetlost (svetlost dana)
- Toliko udaljen da se može posmatrati kao su zraci paralelni i padaju na objekte/ravni scene pod istim uglom (ovakva pretpostavka uprošćuje matematički model)
- Smer svetlosti određen sa pozicijom izvora svetlosti ($(1,0,0)$ znači da je svetlost usmerena u smeru negativne x ose)



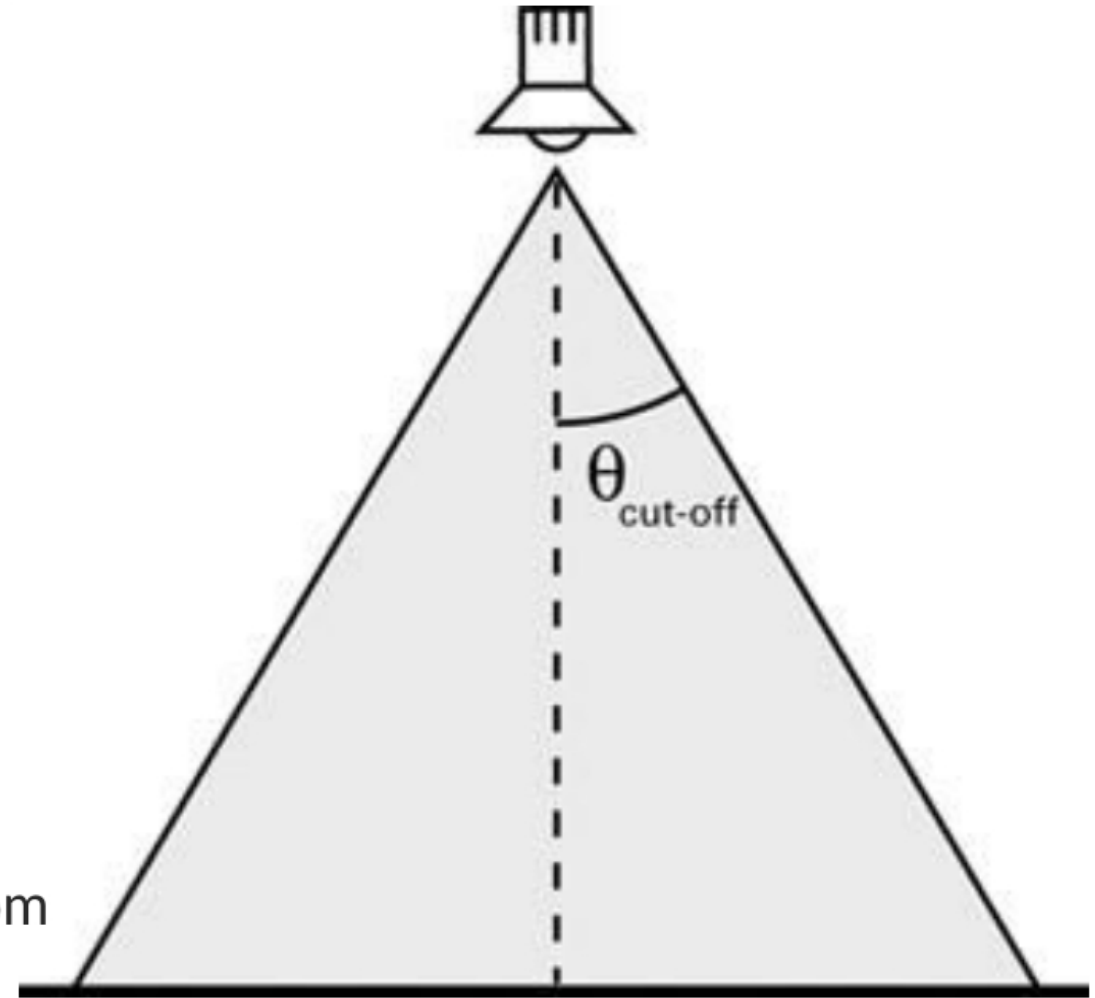
Point Lighting/Tačkasto osvetljenje

- Sa ovim tipom osvetljenja modelujemo svetlost blizu scene ili unutar scene, kao što su npr svetlost koja dolazi od lampe, ulična rasveta i slično
- Za razliku od direkcionog osvetljenja, zraci svetlosti kod tačkastog osvetljenja padaju na svaku tačku površine pod različitim uglom i intenzitet svetlosti slabi sa udaljavanjem tačaka/površine od izvora svetlosti tačkastog osvetljenja



Reflektorsko osvetljenje

- Specijalan slučaj tačkastog osvetljenja
- Cutoff ugao između 0 i 90 stepeni (kod tačkastog osvetljenja je taj ugao 180) - **GL_SPOT_CUTOFF**
- Pored slabljenja intenziteta svetlosti po razdaljini može se definisati i slabljenje po obodima sa udaljavanjem od linije simetrije - **GL_SPOT_EXPONENT**
- Smer svetlosti definisan sa parametrom **GL_SPOT_DIRECTION**



Reflektorsko osvetljenje

- Primer slabljenja intenziteta svetlosti po obodima

