

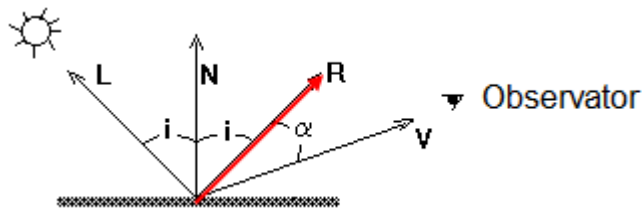
Modele de reflexie -2

Prof. univ. dr. ing. Florica Moldoveanu

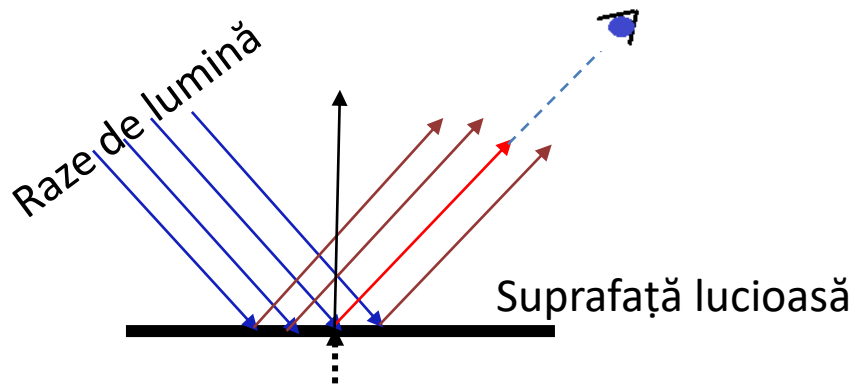
Curs Elemente de Grafică pe Calculator – UPB, Automatică și Calculatoare
2020-2021

Modelarea reflexiei speculare (1)

- Un **reflector perfect**, de exemplu o oglindă, reflectă lumina numai într-o singură direcție, R , care este simetrică cu L față de normala la suprafață \rightarrow numai un observator situat exact pe direcția respectivă va percepe raza reflectată specular:

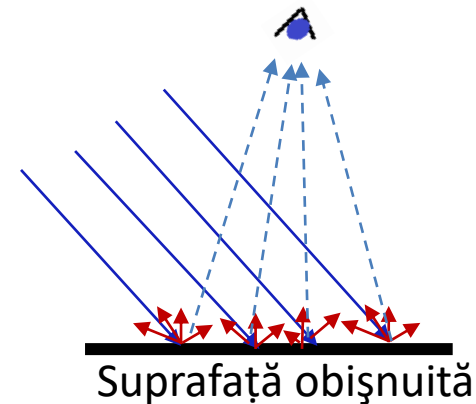


Reflexia speculară

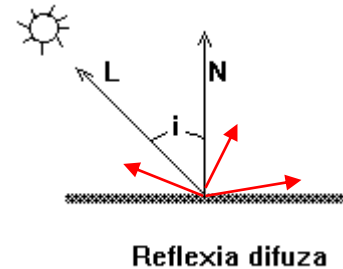


Observatorul vede reflexia speculara a luminii dintr-un singur punct al suprafeței.

Reflexia difuză

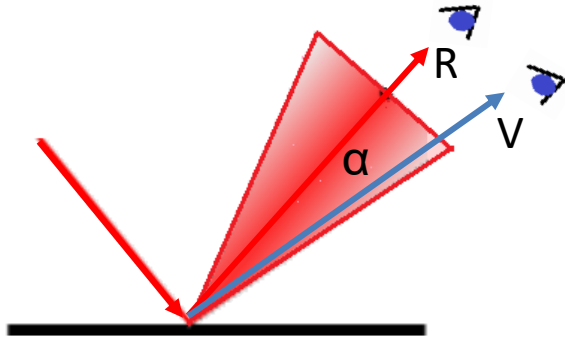


Observatorul vede reflexia difuza a luminii din toate punctele suprafeței. (neregularitățile microscopice ale suprafeței deviază direcția reflexiei în puncte vecine)

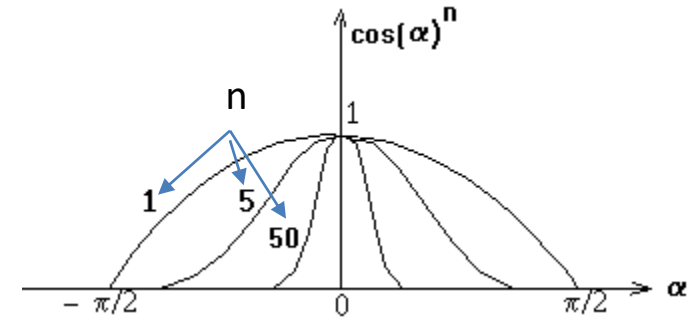


Modelarea reflexiei speculare (2)

- În practică se consideră că reflexia speculară se produce nu ca o rază perfectă ci ca un con de lumină, cu o deschidere care depinde de reflectanța suprafeței.



Observatorul aflat în centrul conului vede reflexia maximă



Funcția de distribuție spațială a luminii reflectate specular

- Pentru **materialele imperfect reflectante** cantitatea de lumină care ajunge la observator depinde de **distribuția spațială a luminii reflectate specular**:
 - la suprafețele netede (ex. metale) distribuția este dreaptă și focalizată;
 - la suprafețele cu rugozități (ex. hârtia) ea este dispersată.
 - se aproximează prin $\cos(\alpha)^n$ (modelul Bui-Tuong Phong) unde **n este exponentul de stralucire al materialului**.

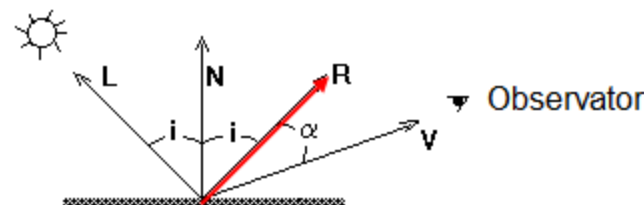
Modelarea reflexiei speculare (3)

Modelul Phong pentru aproximarea reflexiei speculare intr-un punct al unei suprafete 3D:

$$I_{s\lambda} = I_{sursa\lambda} * w(i,\lambda) * \cos(\alpha)^n$$

$w(i, \lambda)$ este funcția de reflectanță,

i - unghiul de incidență iar λ - lungimea de undă a luminii incidente



In practica, $w(i, \lambda)$ este înlocuită cu o constantă determinată experimental, numită **coeficientul de reflexie speculară al materialului, notat $ks\lambda$.**

❖ **Modelul practic al reflexiei speculare:**

$$I_{s\lambda} = I_{sursa\lambda} * ks\lambda * \cos(\alpha)^n$$

$$\cos(\alpha) = \frac{R \cdot V}{(|R| \cdot |V|)} = R_u \cdot V_u$$

Rezulta, adaugand si factorul de atenuare a luminii de la sursa:

$$I_{s\lambda} = I_{sursa\lambda} * fat * ks\lambda * (R_u \cdot V_u)^n$$

Pentru a include si cazul in care $\alpha = 90$:

$$I_{s\lambda} = I_{sursa\lambda} * fat * ks\lambda * \max((R_u \cdot V_u)^n, 0)$$

Modelarea reflexiei speculare (4)

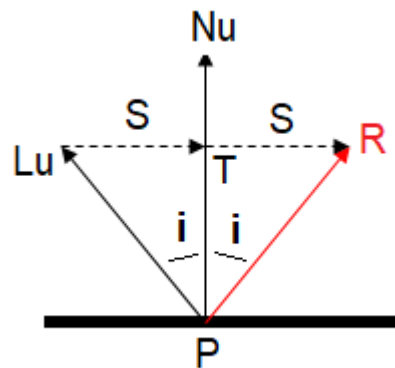
Reflexia speculara nu poate avea loc daca in punctul considerat nu se primeste lumina de la sursa:

$$I_{s\lambda} = I_{um} * I_{sursa\lambda} * f_{at} * k_{s\lambda} * \max((R_u \cdot V_u)^n, 0)$$

$$I_{um} = 1 \text{ daca } (L_u \cdot N_u) > 0 \quad (0 \leq i < \pi/2)$$

$$= 0 \text{ altfel}$$

Calculul directiei reflexiei speculare



- Vectorul R este simetricul vectorului L față de N.
- **Proiectia scalară a vectorului Lu pe direcția normalei este lungimea segmentului PT:** $LPT = |Lu| \cos(i) = \cos(i) = Lu \cdot Nu$
- **Proiectia vectorială a lui Lu pe direcția normalei este vectorul PT,** care are lungimea segmentului PT și direcția normalei:

$$PT = (Lu \cdot Nu) * Nu / |Nu| = (Lu \cdot Nu) * Nu$$

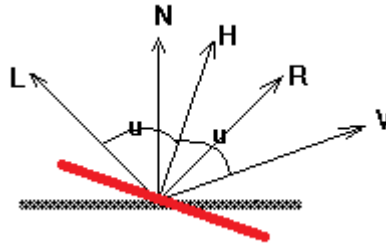
$$R = Lu + 2 * S, \quad PT = Lu + S \rightarrow S = PT - Lu$$

$$R = Lu + 2 * (PT - Lu) = Lu + 2 * (Lu \cdot Nu) * Nu - 2 * Lu = 2 * (Lu \cdot Nu) * Nu - Lu$$

$$R = 2 * (Lu \cdot Nu) * Nu - Lu$$

Modelarea reflexiei speculare (5)

- O altă formulare a modelului Phong pentru reflexia speculară folosește **vectorul median**, notat cu **H** în figura. El face unghiuri egale cu **L** și cu **V**.



- ❖ Justificare: dacă suprafața ar fi orientată astfel încât normala să aibă direcția lui **H**, atunci observatorul ar percepe lumina speculară maximă (**V** aliniat cu **R**) →
- Unghiul dintre **N** și **H** determină intensitatea reflexiei speculare: **$(N \cdot H)^n$**

❖ Termenul care exprimă reflexia speculară este în acest caz:

$$I_{s\lambda} = I_{sursa\lambda} \cdot f_{at} \cdot k_{s\lambda} \cdot (N \cdot H)^n, \quad \text{unde } H = (L + V) / |L + V|$$

Atunci când sursa de lumină și observatorul sunt la infinit (**L** și **V** aceiași în toate punctele unui poligon), **H** este același în orice punct al suprafeței poligonului.

Modelul de iluminare locala(1)

- lumina reflectata într-un punct al unei suprafete -

Modelul de iluminare locala (numit și Modelul de reflexie Phong)

Culoarea vazută într-un punct al unei suprafete are 3 componente, determinate de:

reflexia luminii ambientale – culoarea_ambientala,

reflexia difuza a luminii de la o sursa / surse – culoarea_difuza

reflexia speculara a luminii de la o sursa/ surse – culoarea_speculara

❖ Reflexia luminii într-un punct al unei suprafețe determina culoarea sa în acel punct.

$$I_{\lambda} = I_{a\lambda} * k_{a\lambda} + f_{at} * I_{sursa\lambda} [k_{d\lambda} * \max((L_u \bullet N_u), 0) + I_{um} * k_{s\lambda} * \max((R_u \bullet V_u)^n, 0)]$$

$$I_{um} = 1 \text{ daca } (L_u \bullet N_u) > 0 \quad (0 \leq i < \pi/2) \\ = 0 \text{ altfel}$$

Modelul de iluminare locala(2)

- ❖ Dacă scena 3D este luminată de m surse de lumină:

$$I_{\lambda} = I_{a\lambda} \cdot k_{a\lambda} + \sum_{1 \leq i \leq m} f_{at_i} \cdot I_{sursa\lambda_i} \cdot [k_{d\lambda} \cdot \max((L_{u_i} \cdot N_u), 0) + I_{um_i} \cdot k_{s\lambda} \cdot \max((R_{u_i} \cdot V_u)^n, 0)]$$

- ❖ La cele 3 componente se poate adauga culoarea_emisa de suprafata. Rezulta:

Culoarea intr-un punct al unei suprafete

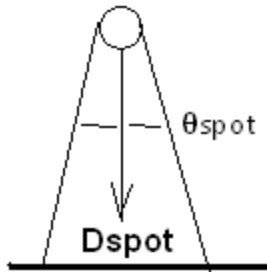
= culoarea_emisa + culoarea_ambientala + culoarea_difuza + culoarea_speculara

- ❖ **Culoarea emisa :**

- lumina emisa de o suprafata
- independenta de sursele de lumina
- aceeasi in orice punct al suprafetei
- nu lumineaza obiectele din jur
- culoarea_emisa = K_e , o constanta

Efectul de spot

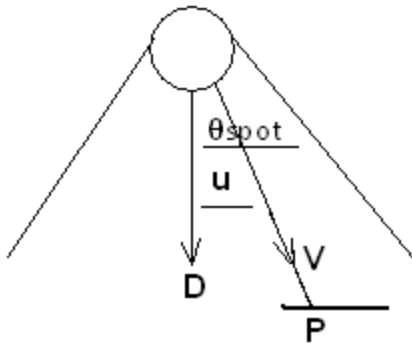
- In modelul de iluminare locala, sursa de lumina este considerata punctiforma. Lumina produsa de o sursa punctiforma este omnidirectionala.
- Efectul de spot simuleaza o sursa de lumina care produce un con de lumina.
- Numai suprafetele aflate in conul de lumina primesc lumina de la sursa.



Conul de imprastiere a luminii este definit prin:

- Pozitia spotului (sursei de lumina)
- Directia spotului
- Imprastierea luminii spotului (θ_{spot})

Un punct P al unei suprafete primeste lumina de la spot
daca $u < \theta_{spot}$:



sau

$$\cos(u) > \cos(\theta_{spot})$$

$$Vu \cdot Du > \cos(\theta_{spot})$$