

# Grafika Komputerowa. Oświetlenie

Aleksander Denisiuk

Polsko-Japońska Akademia Technik Komputerowych

Wydział Informatyki w Gdańsku

ul. Brzezi 55

80-045 Gdańsk

denisjuk@pja.edu.pl

Oświetlenie Phong

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

Najnowsza wersja tego dokumentu dostępna jest pod adresem

<http://users.pja.edu.pl/~denisjuk>

# Opcje oświetlenia i cienia

Oświetlenie Phong

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Oświetlenie Phong

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

- Model odbicia światła
- Źródło światła — punkt
- Światło ma trzy składowe,  $RGB(\alpha)$

Oświetlenie Phong

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

- zabarwia światło na kolor przypisany do obiektu

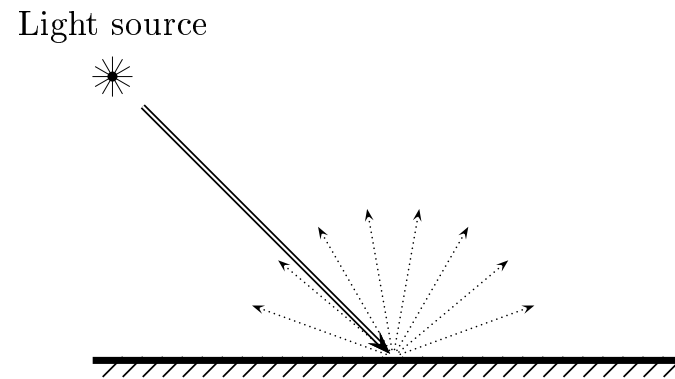


Figure III.2: Diffusely reflected light is reflected equally brightly in all directions. The double line is a beam of incoming light. The dotted arrows indicate outgoing light.

Oświetlenie Phong

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

## ■ Światło nie zmienia swojej barwy

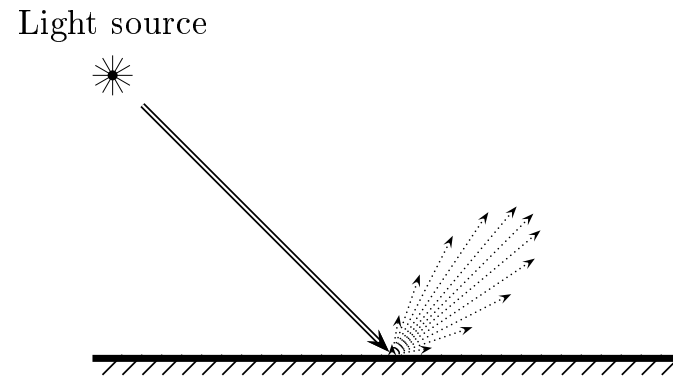


Figure III.3: Specularly reflected light is reflected primarily in the direction with the angle of incidence equal to the angle of reflection. The double line is a beam of incoming light. The dotted arrows indicate outgoing light; the longer the arrow, the more intense the reflection in that direction.

# Światło, docierające do obserwatora

Oświetlenie Phonga

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

- Światło odbijane zwierciadlane:  $I_s$ .
- Światło rozproszone:  $I_d$ .
- Światło otoczenia:  $I_a$ .
- Światło emitowane powierzchnią:  $I_e$ .

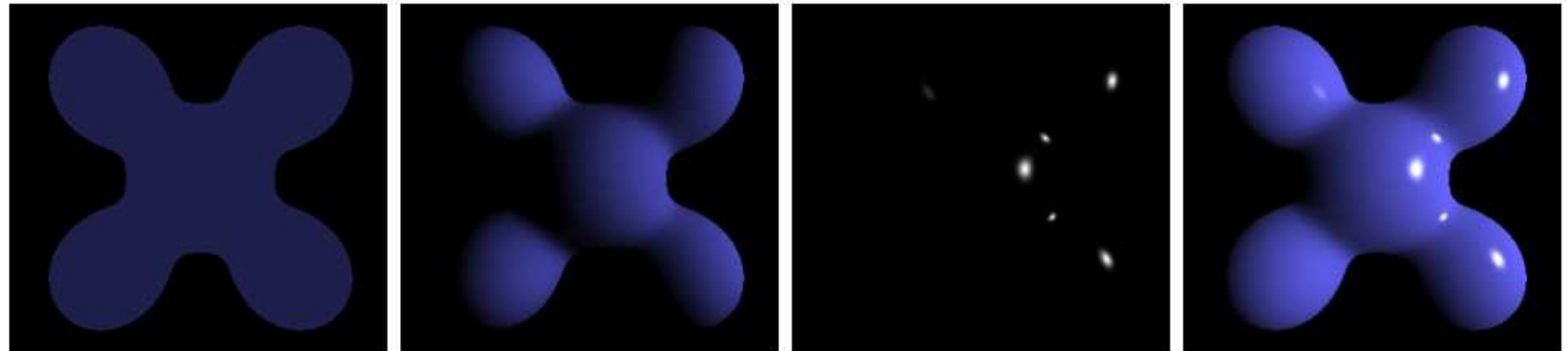
$$I = I_s + I_d + I_a + I_e$$

# Cztery składowe światła

Oświetlenie Phonga

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła



Ambient

+

Diffuse

+

Specular

=

Phong Reflection



Oświetlenie Phong

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

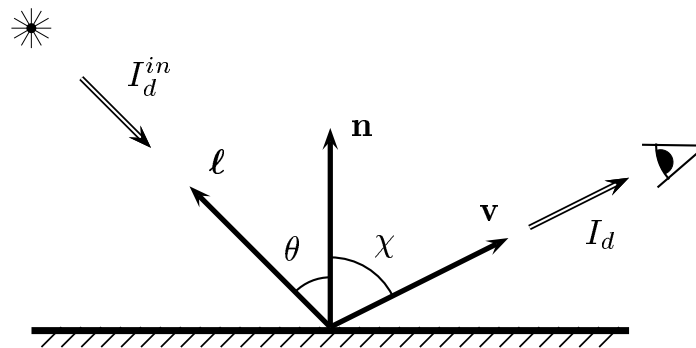


Figure III.5: The setup for diffuse reflection in the Phong model. The angle of incidence is  $\theta$ .  $I_d^{in}$  and  $I_d$  are the incoming and outgoing light intensities in the indicated directions.

## ■ Model Lamberta

☐  $I_d = \rho_d I_d^{in} \cos \theta$

☐  $\cos \theta = \mathbf{l} \cdot \mathbf{n}$

■  $|\mathbf{l}| = |\mathbf{n}| = 1$

# Światło odbijane zwierciadlanie

Oświetlenie Phong

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

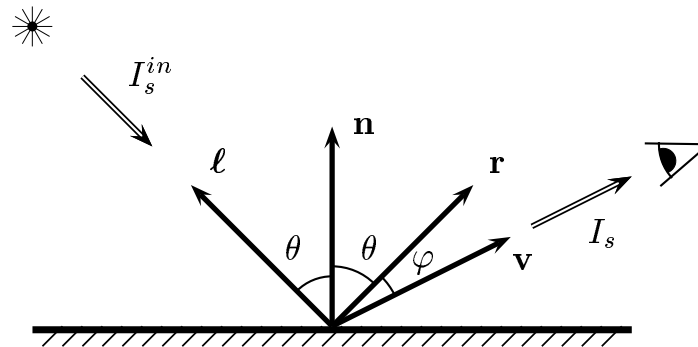


Figure III.7: The setup for specular reflection in the Phong model. The angle of incidence is  $\theta$ . The vector  $\mathbf{r}$  points in the direction of perfect mirror-like reflection.  $I_s^{in}$  and  $I_s$  are the incoming and outgoing specular light intensities in the indicated directions.

- $I_s = \rho_s I_s^{in} (\cos \varphi)^f$
- $\cos \varphi = \mathbf{r} \cdot \mathbf{v}$
- $\mathbf{r} = -\ell + 2(\ell \cdot \mathbf{n})\mathbf{n}$

# Światła otoczenia i emitowane

Oświetlenie Phong

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

$$I_a = \rho_a I_a^{In}$$

$$I_e = \text{Const}$$

Oświetlenie Phong'a

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

## ■ trójkąt: iloczyn wektorowy

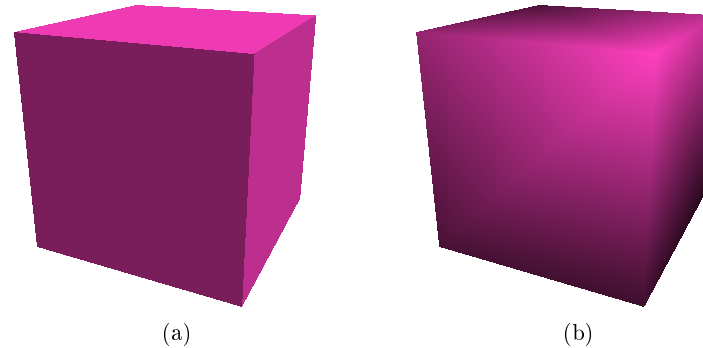


Figure III.9: Two cubes with (a) normals at vertices perpendicular to each face, and (b) normals outward from the center of the cube. Note that (a) is rendered with Gouraud shading, not flat shading. See color plate C.5.

## ■ powierzchnia określona równaniem $F(x, y, z) = 0$

$$\square \quad \mathbf{m} = \nabla F = (\partial F / \partial x, \partial F / \partial y, \partial F / \partial z)$$

## ■ powierzchnia parametryzowana

$$P(u, v) = (x(u, v), y(u, v), z(u, v))$$

$$\square \quad \mathbf{u} = \partial P / \partial u, \mathbf{v} = \partial P / \partial v, \mathbf{m} = \mathbf{u} \times \mathbf{v}$$

Oświetlenie Phong

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

- Każdy bok ma swój kolor

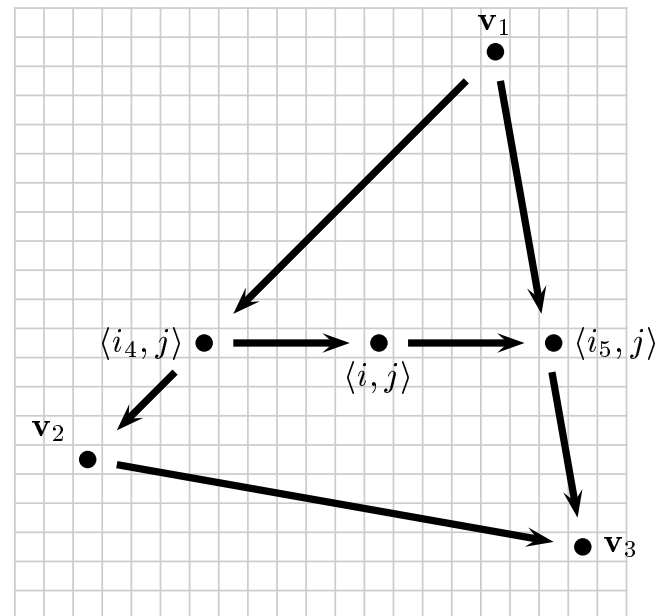


Oświetlenie Phong

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

- Oblicza się oświetlenie w wierzchołkach.
- Interpoluje się na całą powierzchnię wieloboku.



Oświetlenie Phong

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

- Można stracić światło odbijane zwierciadlane na **dużych wielobokach**. (Stosuje się podział na **mniejsze wieloboki**.)
- Może w ogóle nie zauważyć światła na szerokiej ścianie.

Oświetlenie Phong

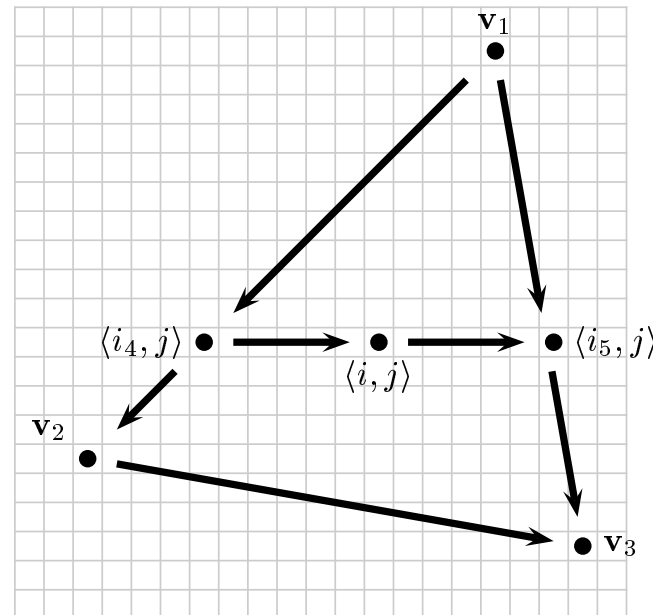
Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

- Dobrze działa w wielu przypadkach.
- Łatwo do implementacji zarówno programowej jak i sprzętowej.
- Jest rozpowszechnione.



- Oblicza się wektor normalny w wierzchołkach.
- Wektor normalny interpoluje się na całą powierzchnię wieloboku.
- Na tej podstawie oblicza się kolor w każdym pikselu



Oświetlenie Phong

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

- Kosztowne obliczenia:  $n_{\alpha} = \frac{\alpha n_1 + (1-\alpha)n_0}{\|\alpha n_1 + (1-\alpha)n_0\|}$ .
- Cała informacja o kolorach i kierunkach światła powinna przechowywać się do ostatniej stadii obliczeń.
- Interpolacja we współrzędnych ekranowych: mogą wystąpić nieporządane efekty przy projekcji perspektywicznej.

Oświetlenie Phong

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

- Małe odbicia zwierciadlane się nie gubią na dużych wielobokach.



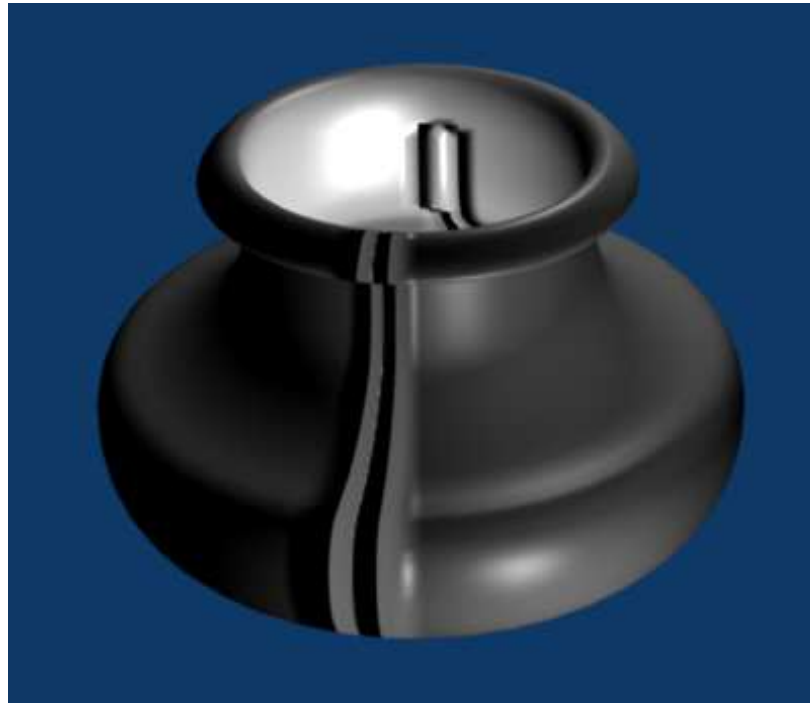
# Normalizacja wektorów

Oświetlenie Phong

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

- Domyślnie każdy wektor *jednostkowy* powinien być normalizowany.
- Jeżeli macierz przekształcenia zawiera skalowanie, wektory należy normalizować.



Oświetlenie Phong

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

- $I = I_s + I_d + I_a + I_e$ 
  - $I_d = \rho_d I_d^{In} \cos \theta$
  - $I_s = \rho_s I_s^{In} (\cos \varphi)^f$
  - $I_a = \rho_a I_a^{In}$
  - $I_e = \text{Const}$

## ■ Tłumienie światła

- współczynnik tłumienia

$$a = \frac{1}{a_0 + a_1 d + a_2 d^2},$$

- gdzie  $d$  jest odległością od źródła światła

Oświetlenie Phong

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

- jak światło punktowe
- źródło światła umieszczone jest w nieskończoności
- $(x_0, y_0, z_0, 0)$
- brak tłumienia (czemu?)

Oświetlenie Phong

Cieniowanie

Trzy rodzaje światła

- jak światło punktowe
- kierunek
- kąt obcinania (cutoff),  $\psi_0$
- wskaźnik tłumienia,  $p$
- 

$$I = \begin{cases} I_0 (\cos \psi)^p, & \text{jeżeli } \psi < \psi_0 \\ 0 & \end{cases}$$