

Wprowadzenie do grafiki maszynowej. Elementy oświetlenia

Aleksander Denisiuk
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Olsztyn, ul. Słoneczna 54
denisjuk@matman.uwm.edu.pl

Elementy oświetlenia

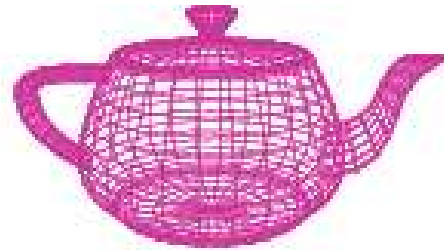
- ❖ Oświetlenie Phong
- ❖ Cieniowanie
- ❖ Trzy rodzaje światła

Najnowsza wersja tego dokumentu dostępna jest pod adresem

<http://wmii.uwm.edu.pl/~denisjuk/uwm>

Opcje oświetlenia i cienia

- ❖ Oświetlenie Phong
- ❖ Cieniowanie
- ❖ Trzy rodzaje światła



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Oświetlenie Phong

❖ Oświetlenie Phong

❖ Cieniowanie

❖ Trzy rodzaje światła

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

Odbicie rozproszone

- ❖ Oświetlenie Phong
- ❖ Cieniowanie
- ❖ Trzy rodzaje światła

- zabarwia światło na kolor przypisany do obiektu

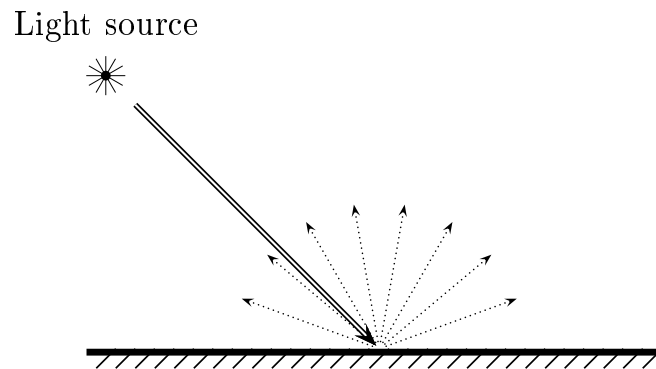


Figure III.2: Diffusely reflected light is reflected equally brightly in all directions. The double line is a beam of incoming light. The dotted arrows indicate outgoing light.

Odbicie zwierciadlane

- ❖ Oświetlenie Phong
- ❖ Cieniowanie
- ❖ Trzy rodzaje światła

- Światło nie zmienia swojej barwy

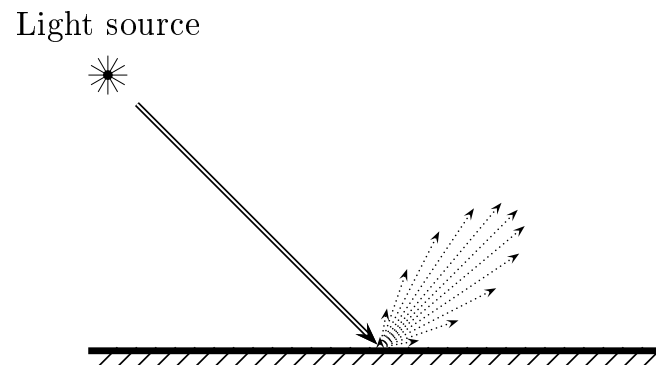


Figure III.3: Specularly reflected light is reflected primarily in the direction with the angle of incidence equal to the angle of reflection. The double line is a beam of incoming light. The dotted arrows indicate outgoing light; the longer the arrow, the more intense the reflection in that direction.

Światło, docierające do obserwatora

❖ Oświetlenie
Phonga

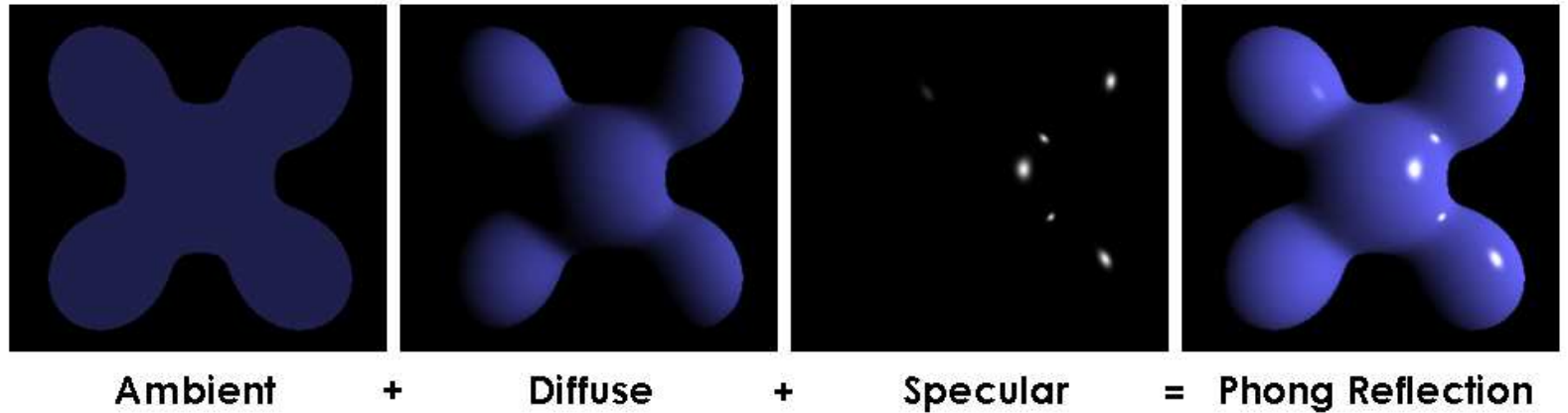
❖ Cieniowanie
❖ Trzy rodzaje
światła

- 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 Phong
- ❖ Cieniowanie
- ❖ Trzy rodzaje światła



Światło rozproszone

- ❖ Oświetlenie Phonga
- ❖ Cieniowanie
- ❖ Trzy rodzaje światła

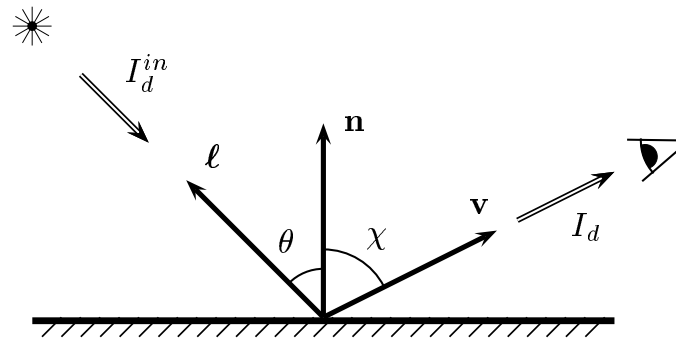


Figure III.5: The setup for diffuse reflection in the Phong model. The angle of incidence is θ . I_d^{in} and I_d are the incoming and outgoing light intensities in the indicated directions.

● 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

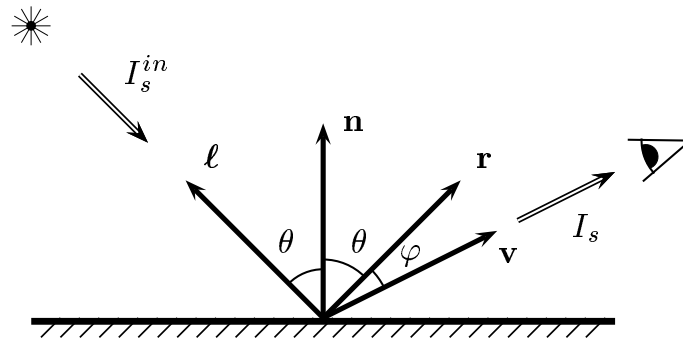


Figure III.7: The setup for specular reflection in the Phong model. The angle of incidence is θ . The vector \mathbf{r} points in the direction of perfect mirror-like reflection. I_s^{in} and I_s are the incoming and outgoing specular light intensities in the indicated directions.

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

Światła otoczenia i emitowane

- ❖ Oświetlenie Phong

- ❖ Cieniowanie
- ❖ Trzy rodzaje światła

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

$$I_e = \text{Const}$$

Obliczanie wektora normalnego

❖ Oświetlenie
Phonga

❖ Cieniowanie

❖ Trzy rodzaje
światła

- trójkąt: iloczyn wektorowy

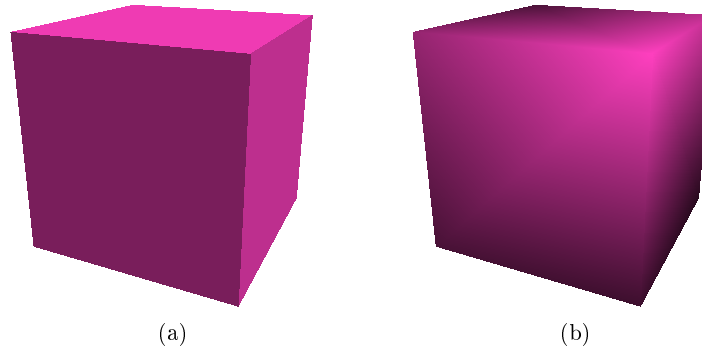


Figure III.9: Two cubes with (a) normals at vertices perpendicular to each face, and (b) normals outward from the center of the cube. Note that (a) is rendered with Gouraud shading, not flat shading. See color plate C.5.

- powierzchnia określona równaniem $F(x, y, z) = 0$
 - ◆ $\mathbf{m} = \nabla F = (\partial F / \partial x, \partial F / \partial y, \partial F / \partial z)$
- powierzchnia parametryzowana
 $P(u, v) = (x(u, v), y(u, v), z(u, v))$
 - ◆ $\mathbf{u} = \partial P / \partial u, \mathbf{v} = \partial P / \partial v, \mathbf{m} = \mathbf{u} \times \mathbf{v}$

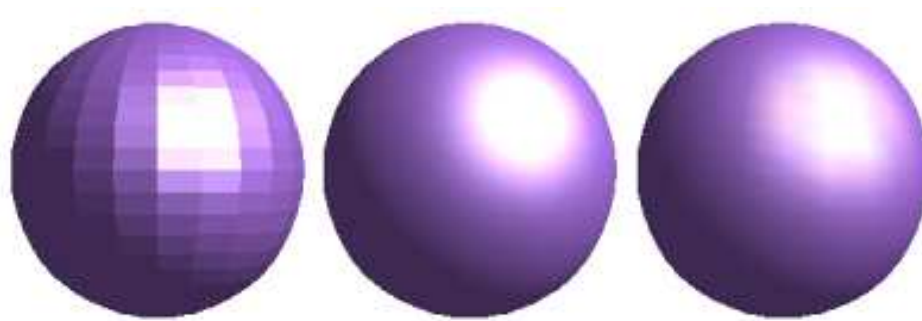
Cieniowanie płaskie (flat)

❖ Oświetlenie
Phonga

❖ Cieniowanie

❖ Trzy rodzaje
światła

- Każdy bok ma swój kolor



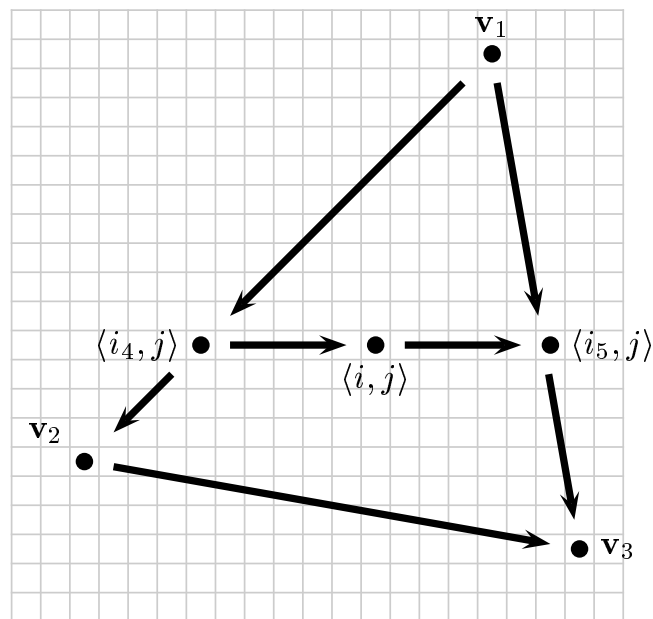
Cieniowanie Gourauda

❖ Oświetlenie
Phonga

❖ Cieniowanie

❖ Trzy rodzaje
światła

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



Cieniowanie Gourauda

❖ Oświetlenie
Phonga

❖ Cieniowanie

❖ Trzy rodzaje
światła

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

Cieniowanie Gourauda

❖ Oświetlenie
Phonga

❖ **Cieniowanie**

❖ Trzy rodzaje
światła

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

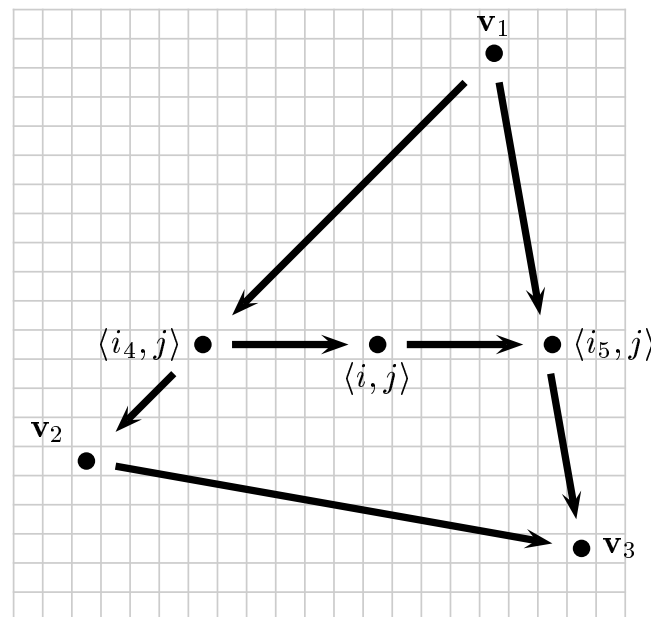
Cieniowanie Phong

❖ Oświetlenie Phong

❖ Cieniowanie

❖ Trzy rodzaje światła

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



Cieniowanie Phong

❖ 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.

Cieniowanie Phong

❖ Oświetlenie
Phonga

❖ Cieniowanie

❖ Trzy rodzaje
światła

- Małe odbicia zwierciadlane się nie gubią na dużych wielobokach.



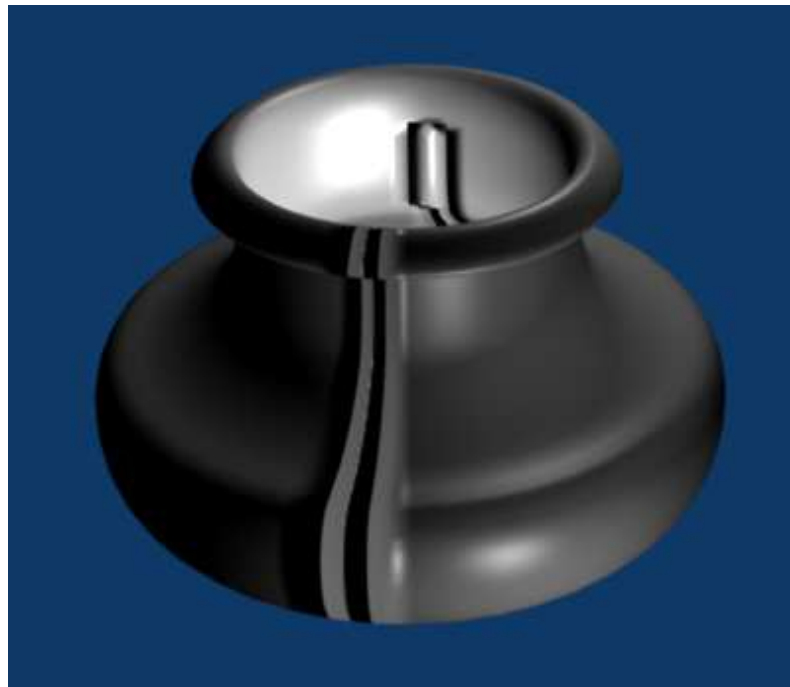
Normalizacja wektorów

❖ Oświetlenie
Phonga

❖ Cieniowanie

❖ Trzy rodzaje
światła

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



Światło punktowe

❖ Oświetlenie
Phonga

❖ 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

Światło kierunkowe (*Sun*)

❖ Oświetlenie
Phonga

❖ Cieniowanie

❖ Trzy rodzaje
światła

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

Światło spot

❖ Oświetlenie
Phonga

❖ Cieniowanie

❖ Trzy rodzaje
światła

- jak światło punktowe
- kierunek
- kąt obcinania (cutoff), ψ_0
- wskaźnik tłumienia, p
-

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