

MODELE OŚWIETLENIA

Mateusz Moczadło

Wstęp

Istotne znaczenie w modelu oświetlenia odgrywa dobór źródeł światła uwzględnianych przy wyznaczaniu obserwowanej barwy obiektu.

Lokalne modele oświetlenia wykorzystują jedynie **oświetlenie pierwotne**, tzn. pochodzące tylko od źródeł światła (barwa nie zależy od otoczenia).

Globalne modele, do wyznaczenia obserwowanej barwy obiektu uwzględnia się zarówno oświetlenie pierwotne, jak i **oświetlenie wtórne**, czyli pochodzące od obiektów odbijających i załamujących światło.

Na warunki oświetlenia, służące wyznaczeniu obserwowanej barwy, ma wpływ nie tylko rozmieszczenie źródeł emitujących światło, lecz także rozmieszczenie i właściwości optyczne innych obiektów sceny.

Oświetlenie globalne

W grafice 3D model oświetlenia, w którym każdy obiekt na scenie oświetlany jest zarówno przez światło emitowane bezpośrednio ze źródła światła, jak również przez światło odbite od innych obiektów na scenie.

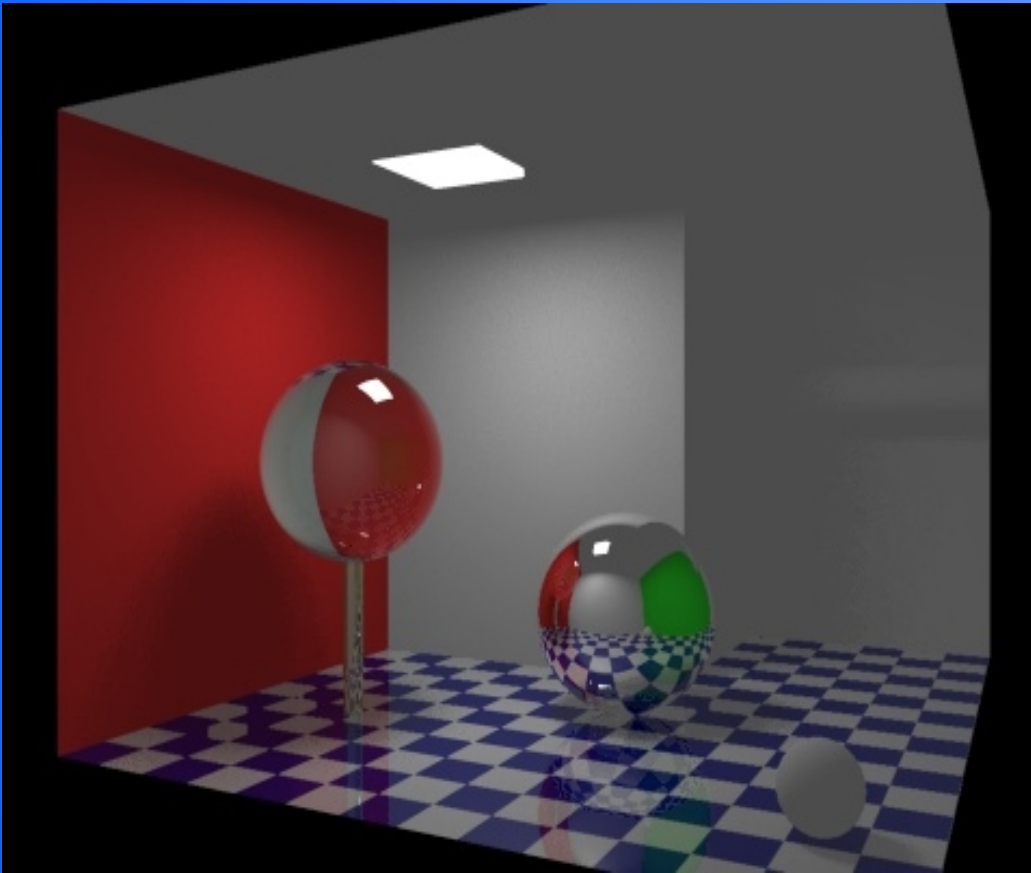
Taki model oświetlenia wymaga zastosowania algorytmów, które są znacznie bardziej skomplikowane niż algorytmy oświetlenia lokalnego, jednak pozwala uzyskać znacznie większy stopień realizmu

Oświetlenie lokalne

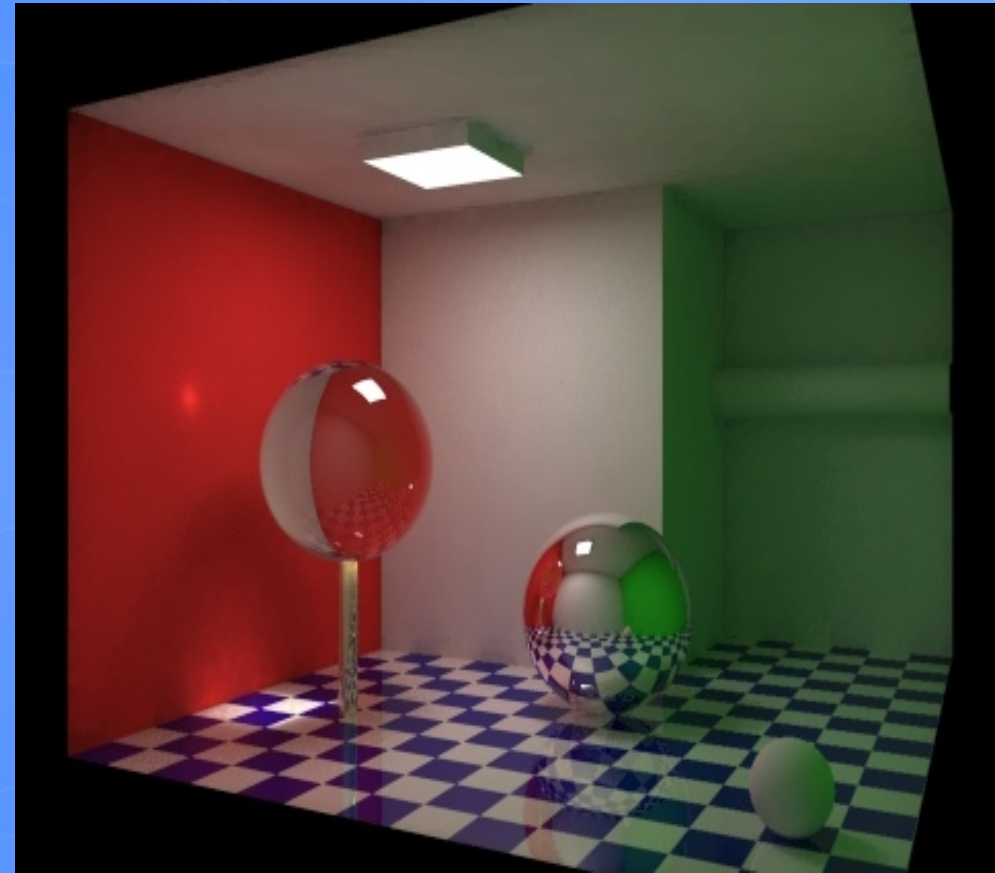
Obliczania związane z rozkładem oświetlenia są wykonywane w zależności od położenia obserwatora; to podejście jest wykorzystywane w ray tracingu.

Spora część efektów świetlnych (takie jak odbłaski, odbicia i załamanie światła) ściśle zależy od położenia obserwatora, natomiast oświetlenie globalne dobrze oddaje subtelne cienie. Dlatego obecnie stosuje się rozwiązania hybrydowe.

Oświetlenie globalne/lokalne



Scena wyrenderowana z oświetleniem lokalnym



scena wyrenderowana z oświetleniem globalnym

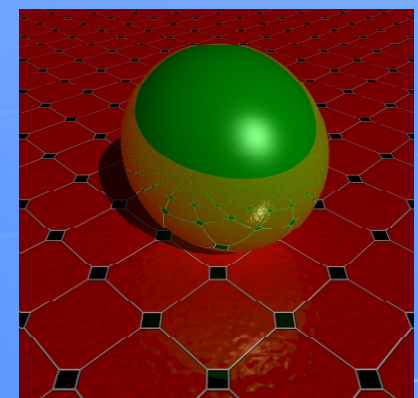
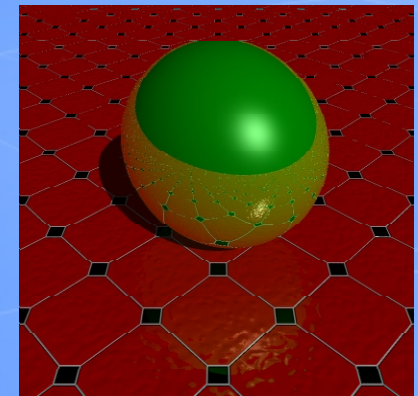
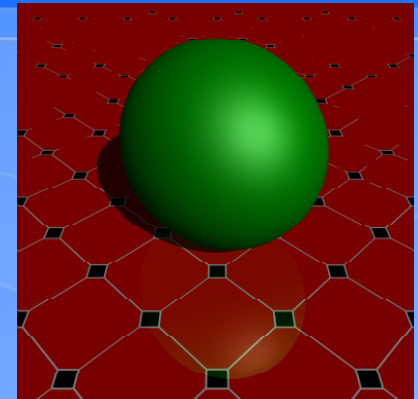
W grze komputerowej Quake po raz pierwszy użyto oświetlenia globalnego do wyznaczania statycznego oświetlenia, uzyskując dzięki temu duży realizm scen.

Podział modeli oświetlenia

Modele empiryczne - Wczesne modele uwzględniające jedynie pierwotne źródła światła. Barwa obiektów jest wyznaczana po przekształceniu obiektów do układu obserwatora, przy użyciu prostych technik inkrementacyjnych. Charakteryzują się dużą szybkością.

Modele analityczne - Wykorzystują prawa optyki i fizyki. Dużą wagę przypisują do zasady zachowania energii (nazywane są metodami energetycznymi). Do wyznaczenia barwy obiektu niezbędne jest wyznaczenie rozptyłu energii świetlnej w scenie.

Modele hybrydowe – połączenie taniości obliczeniowej modeli empirycznych oraz dokładności popartej podstawami fizycznymi.



Podział modeli oświetlenia

Modele empiryczne - Model Lamberta; Model Phong; Model Blinna-Phonga; Funkcja rozbłysku

Modele analityczne - Model mikrościanek; Funkcja szorstkości; Model Cooka-Torrance'a; Model HTSG

Modele hybrydowe - Model Straussa; Model Warda; Model Schlicka; Model Ashikhmina-Shirleya

MODELE EMPIRYCZNE

Odbicie rozproszone:

Obserwowana barwa jest wyznaczana na podstawie światła rozproszonego w scenie, światel kierunkowych i punktowych. Uwzględnia się zależność luminancji światel oraz współczynników odbicia materiału od długości fali.

$$L_v() = K_a()L_a() + K_d() (N*L_n)L_n()$$

K_a - współczynnik odbicia światła rozproszonego

K_d - współczynnik rozproszonego odbicia światła

L_a - luminancja światła rozproszonego

L_n - luminancja kolejnych źródeł światła

Odbicie zwierciadlane:

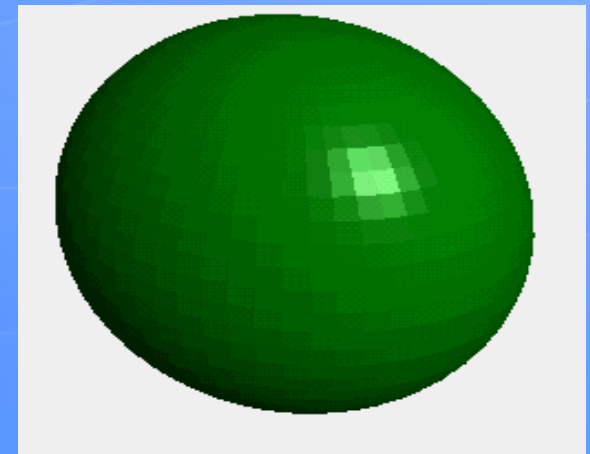
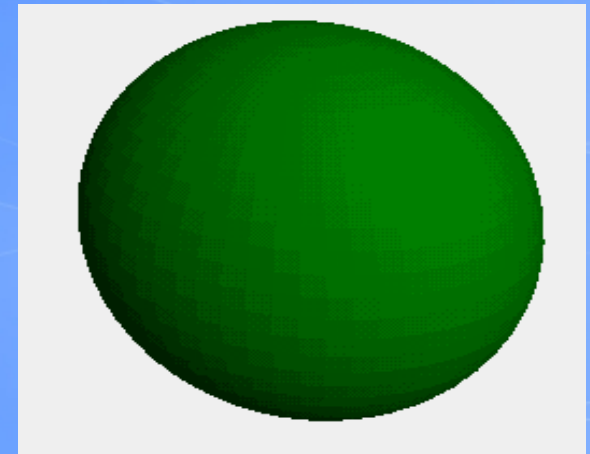
Modyfikacja modelu odbicia rozproszonego

uwzględniająca odbicie zwierciadlane ma postać:

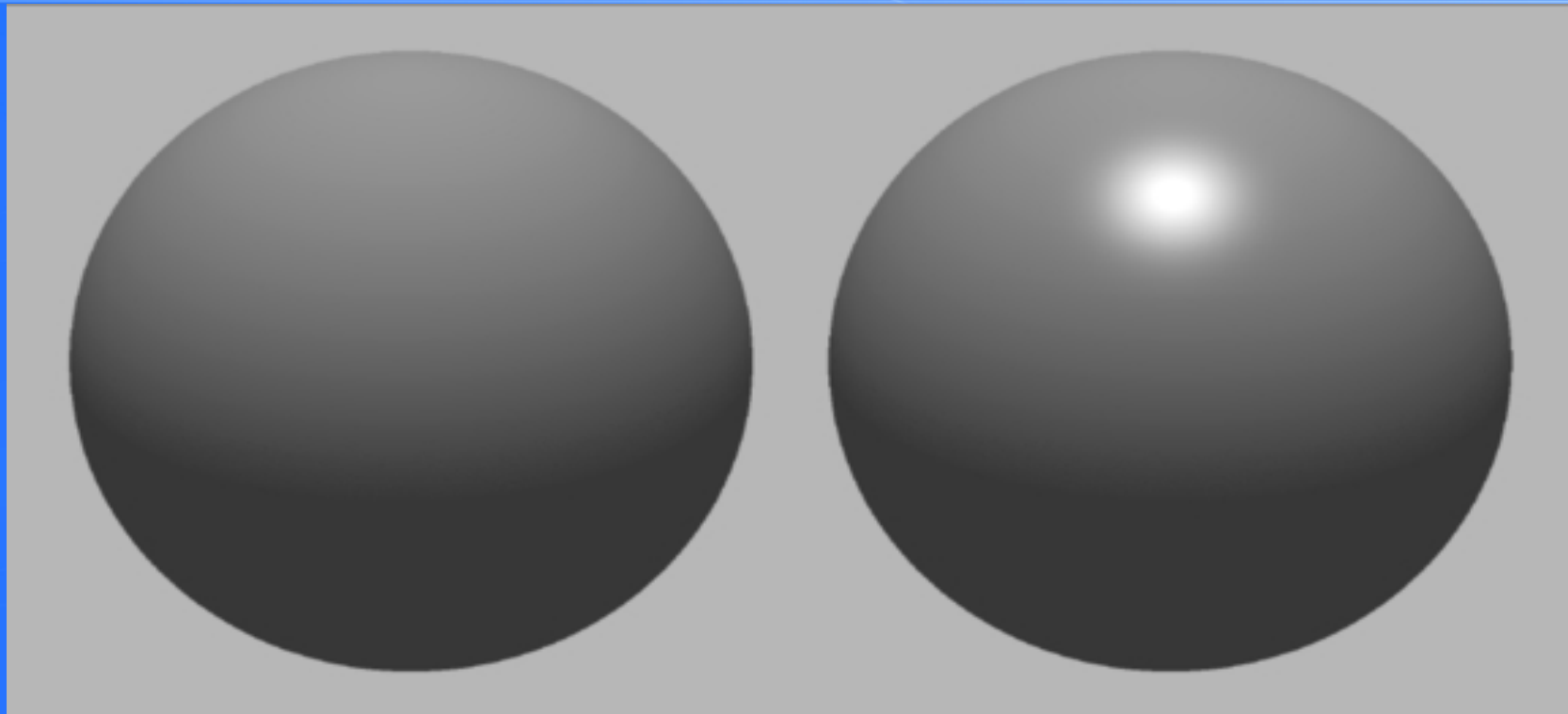
$$L_v() = K_a()L_a() + K_d() (N*L_n)L_n() + K_s() (N*H_n)^{Ns} L_n()$$

K_s - współczynnik zwierciadlanego odbicia światła

Ns - współczynnik gładkości powierzchni



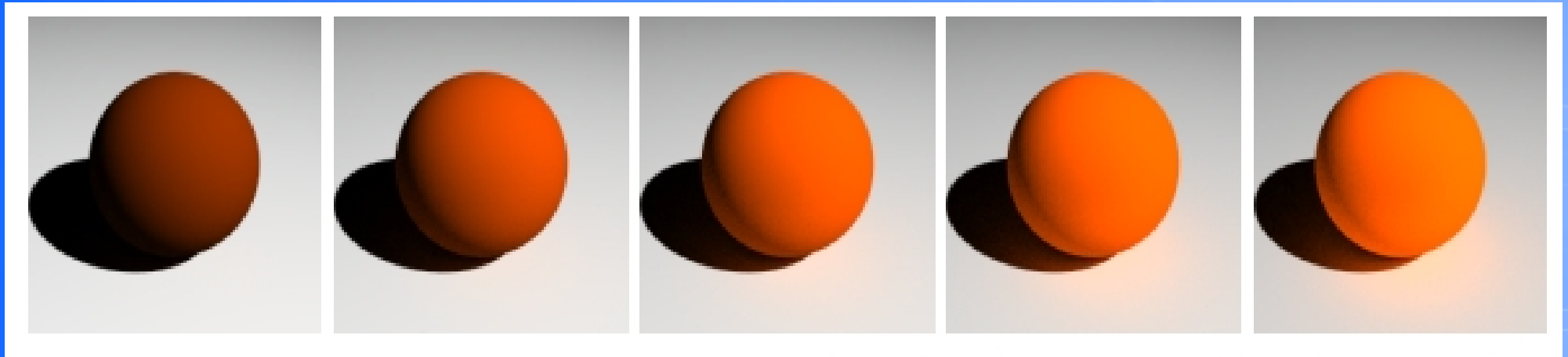
MODELE EMPIRYCZNE



Porównanie odbicia światła Lamberta i Phonga.

Należy podkreślić, że model Phonga jest czysto empiryczny, tj. nie ma on podstaw fizycznych, ale dobierając odpowiednio jego parametry, można osiągnąć dosyć dobre przybliżenie wyglądu różnych materiałów na obrazie. Najczęściej obiekty narysowane za pomocą tego modelu mają wygląd nieco „plastikowy”. Jest to spowodowane przez dość dobre przybliżenie skutków odbicia światła od przedmiotów wykonanych z plastiku.

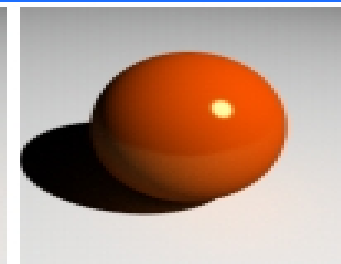
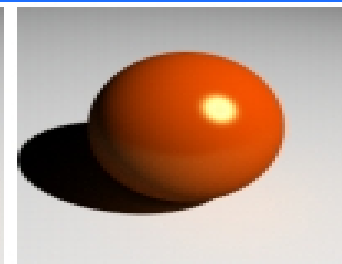
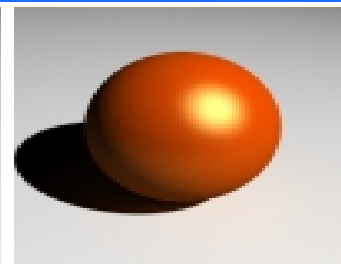
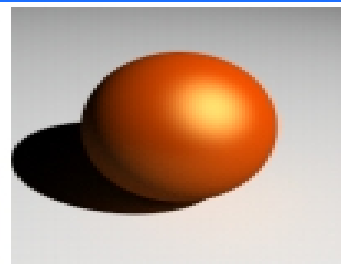
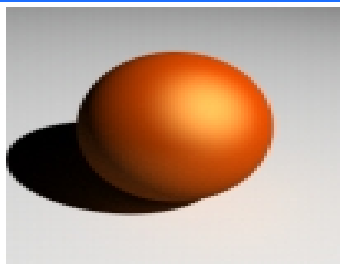
MODELE EMPIRYCZNE – Model Lamberta



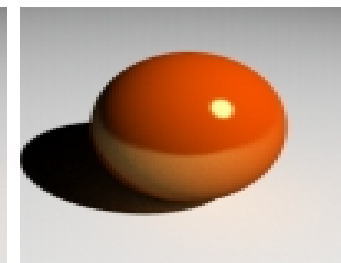
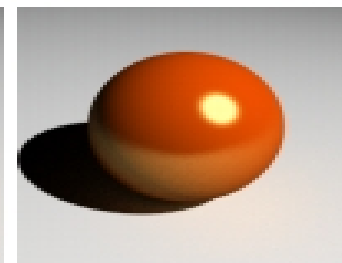
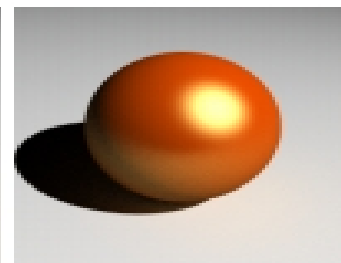
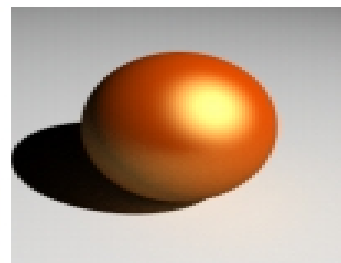
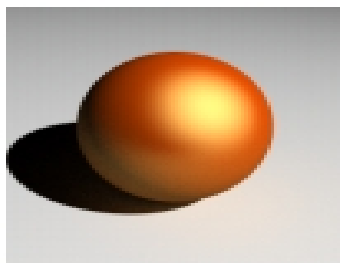
Kule wyrenderowane za pomocą modelu Lamberta.

Od lewej do prawej: $k_d = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$.

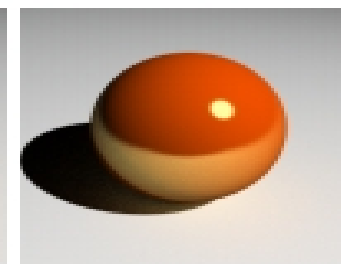
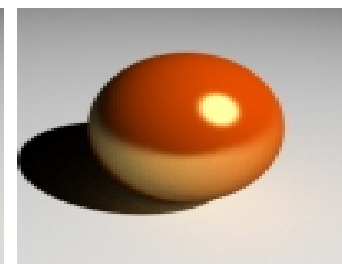
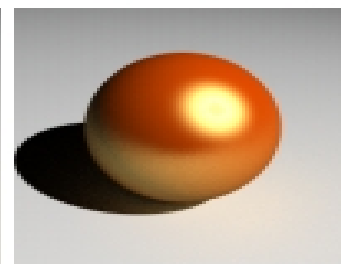
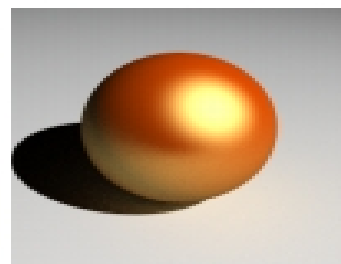
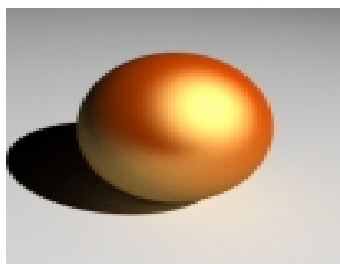
$k_s = 0.2$



$k_s = 0.4$



$k_s = 0.6$



$n = 3$

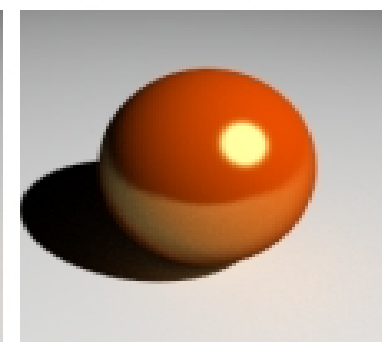
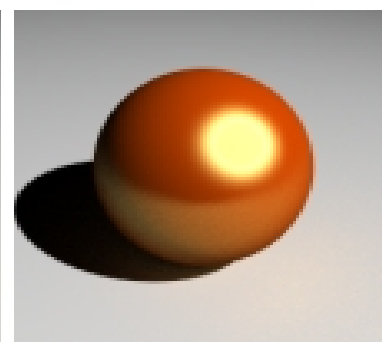
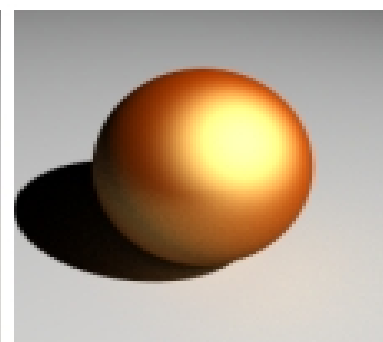
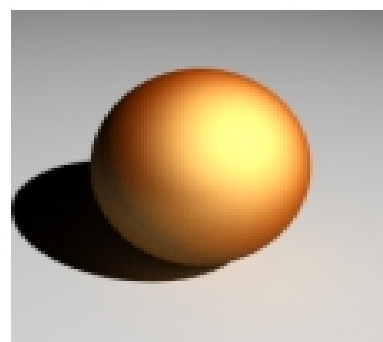
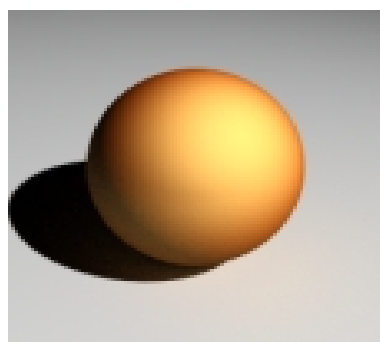
$n = 5$

$n = 10$

$n = 50$

$n = 100$

Rysunek 2.3: Kule wyrenderowane za pomocą modelu Phong, $k_d = 0.4$, $k_s = 0.2, 0.4, 0.6$, $n = 3, 5, 10, 50, 200$.



Rysunek 2.4: Kule wyrenderowane za pomocą modelu Blinna-Phonga, $k_d = 0.4$, $k_s = 0.4$, $n = 3, 5, 10, 50, 200$.

MODELE ANALITYCZNE

Metoda energetyczna

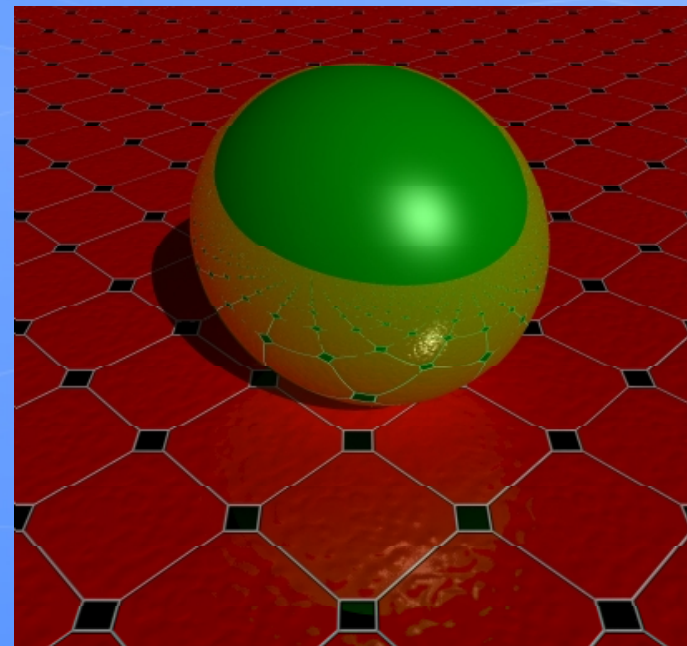
W modelach analitycznych oddziaływanie światła z elementami sceny rozpatruje się w kategoriach energetycznych. Podstawowe znaczenie mają dwa założenia:

Zasada zachowania energii na powierzchni obiektu

Cała energia świetlna docierająca do obiektu jest przez tę powierzchnię odbijana, załamana bądź absorbowana.

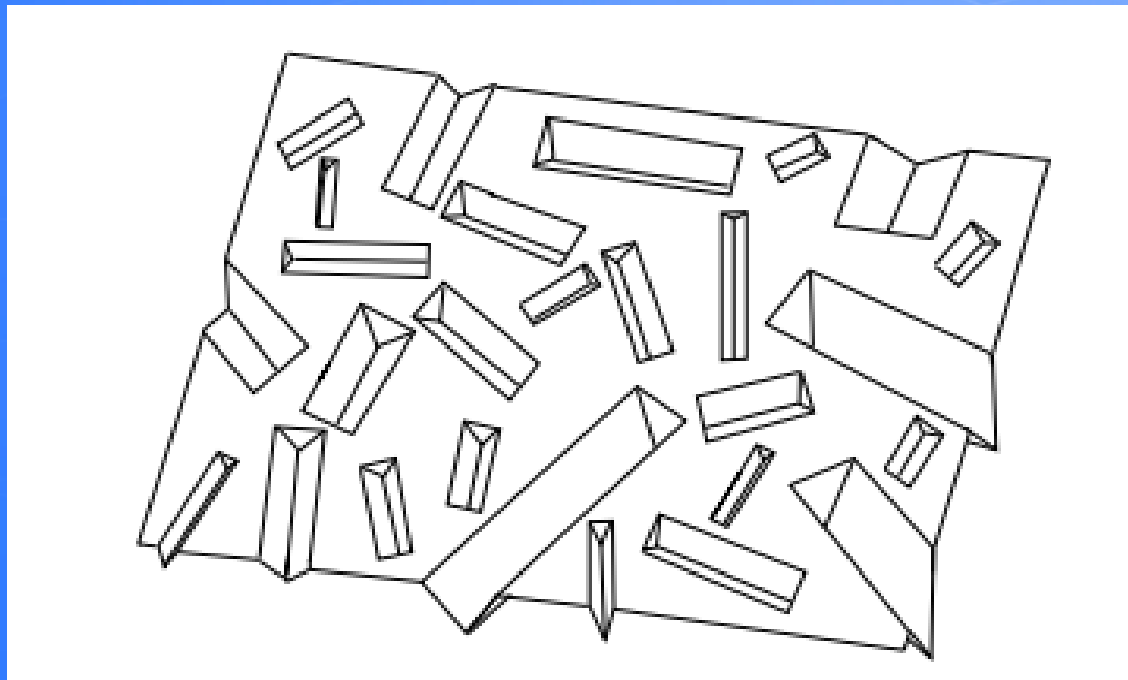
Zasada zachowania energii w scenie

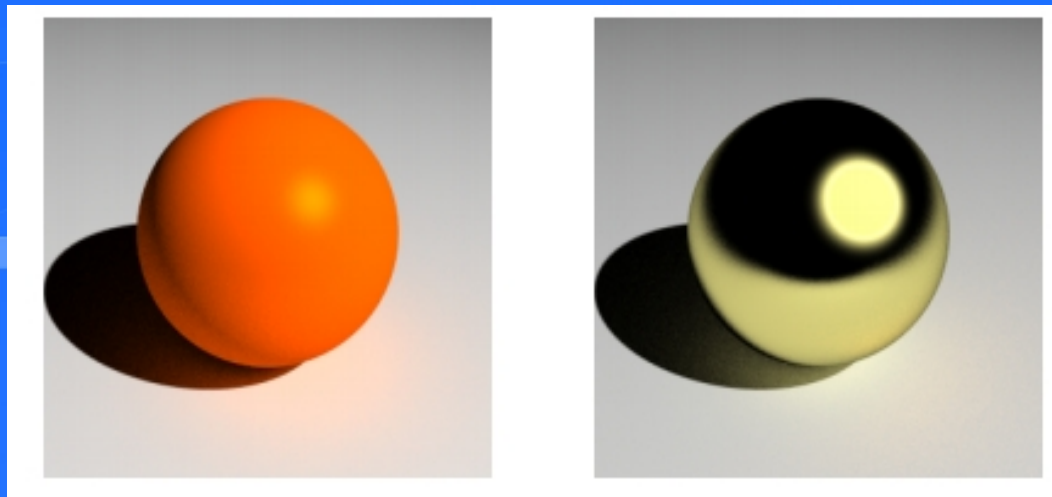
Cała energia świetlna emitowana bądź odbijana przez dowolny obiekt w scenie dociera do innych Obiektów sceny (scena jest środowiskiem zamkniętym).



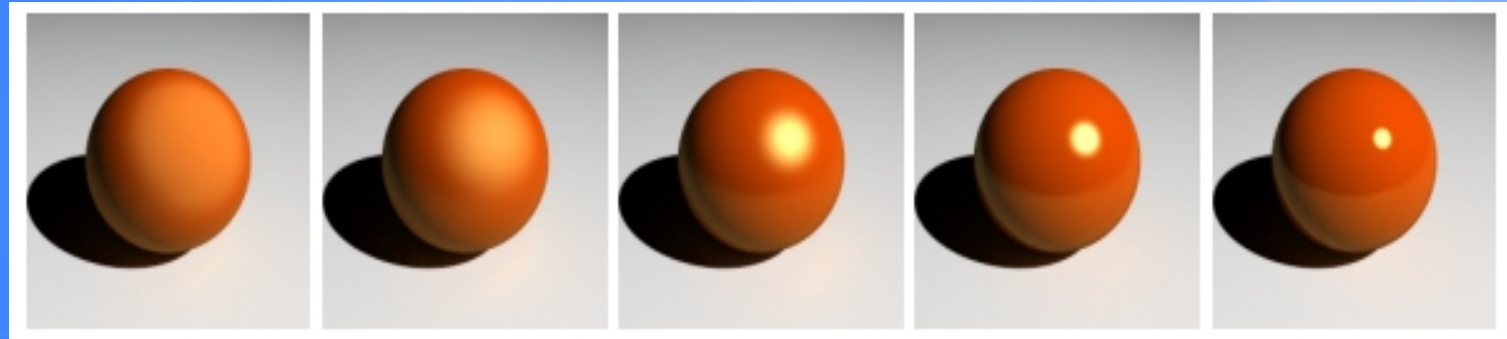
MODELE ANALITYCZNE

Model mikrościanek (model powierzchni Torrance'a-Sparrowa) jest fizycznym modelem powierzchni odbijającej. Zakłada się w nim, że powierzchnia jest izotropowym zbiorem płaskich mikroskopijnych ścianek, z których każda idealnie odbija światło

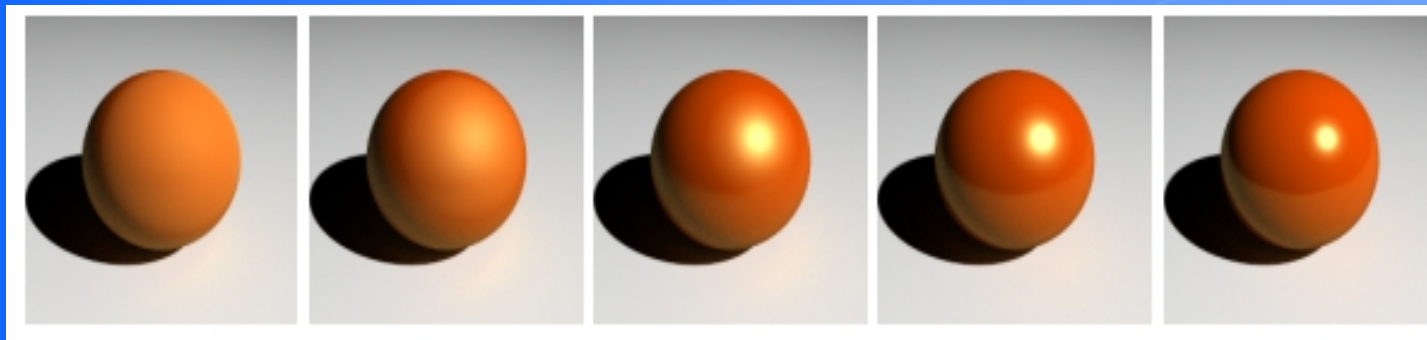




Kule plastikowa i miedziana, wyrenderowane z wykorzystaniem modelu Cooka-Torrance'a



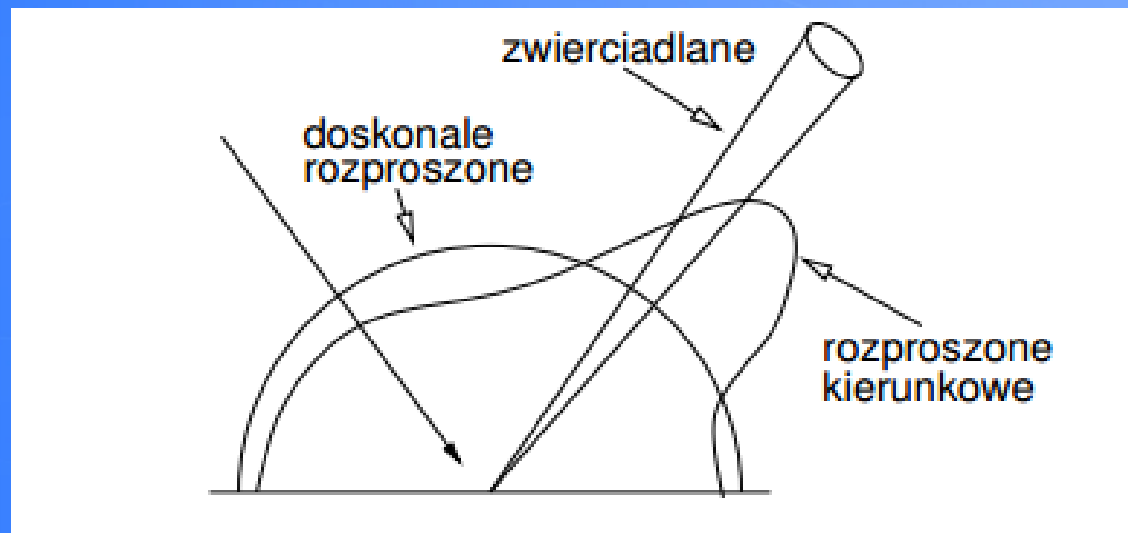
Kule wyrenderowane za pomocą modelu Cooka-Torrance'a, $k_d = k_s = 0.4$, $\eta = 1.5$



Kule wyrenderowane za pomocą modelu Schlicka-Cooka-Torrance'a, $k_d = k_s = 0.4$, $\eta = 1.5$

MODELE ANALITYCZNE - HTSG

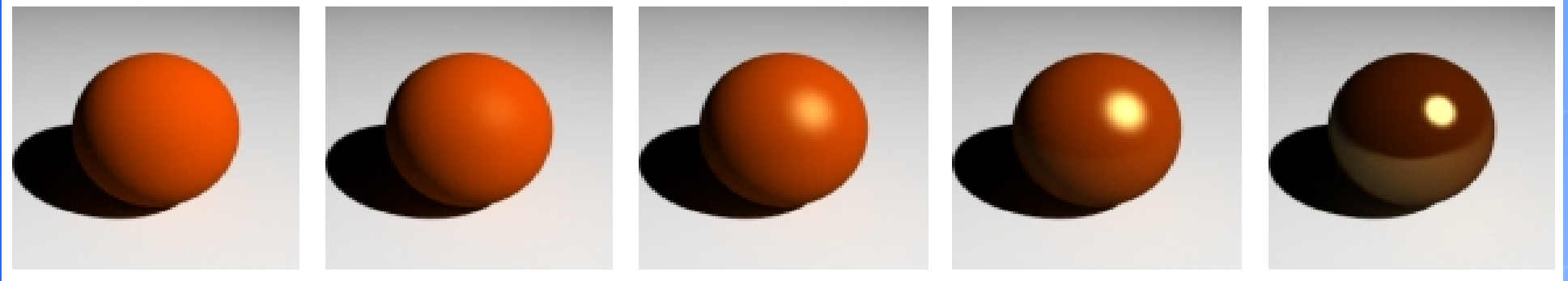
Najbardziej kompletny i eksperymentalnie weryfikowalny model oświetlenia został wprowadzony do grafiki komputerowej przez He, Torrance'a, Silliona i Greenberga. Model bierze pod uwagę niemal wszystkie zjawiska towarzyszące odbiciu światła, wliczając w to zjawiska falowe takie jak: polaryzacja, dyfrakcja i interferencja.



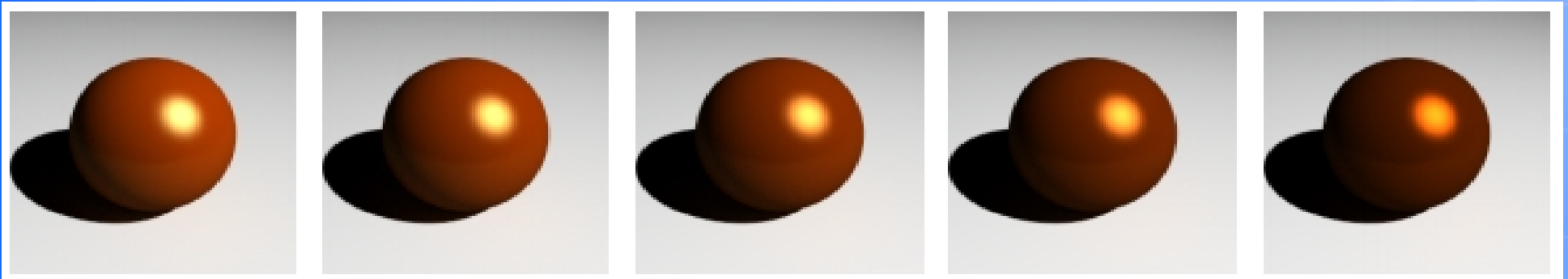
Trzy składowe odbicia w modelu HTSG

Obliczane wartości odbicia z dość dużą dokładnością odpowiadają doświadczalnie zmierzonym danym. Może być stosowany do metalowych, niemetalowych i plastikowych materiałów o gładkich lub szorstkich powierzchniach

MODELE HYBRYDOWE – Model Straussa

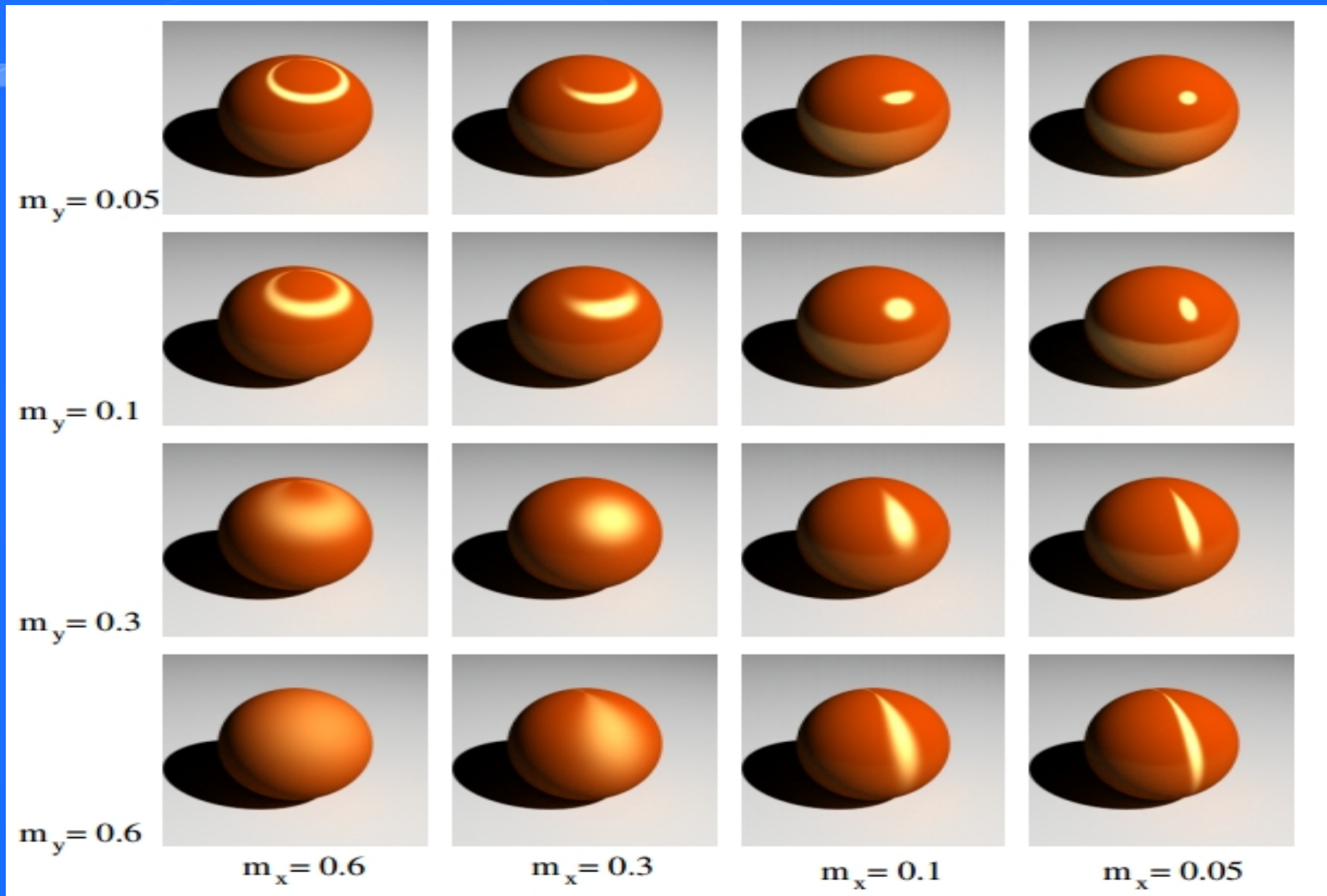


Kule wyrenderowane z użyciem modelu Straussa dla różnych wartości parametru gładkości $s = 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9$.



Kule wyrenderowane z użyciem modelu Straussa dla różnych wartości parametru metaliczności $e = 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9$.

MODELE HYBRYDOWE – Model Warda



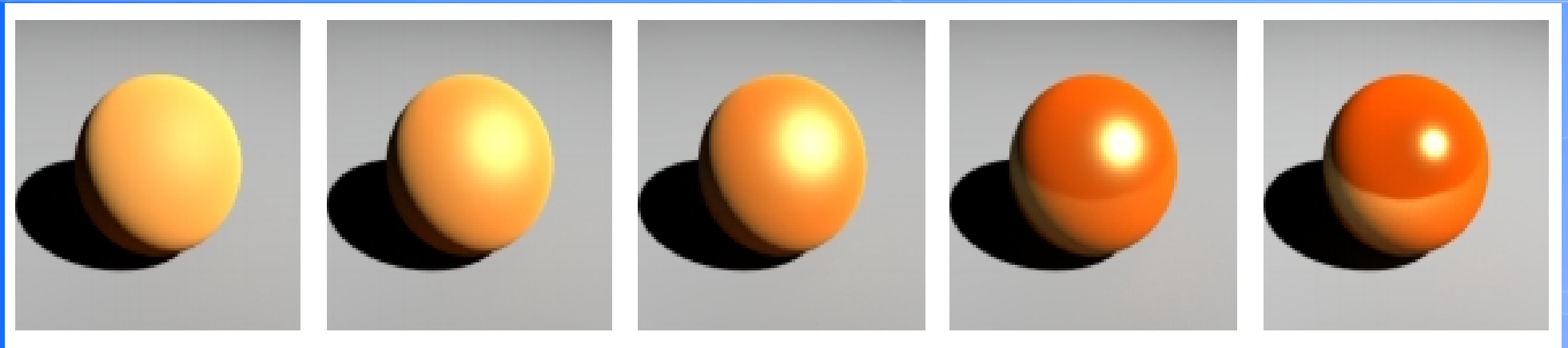
Kule wyrenderowane z użyciem modelu Warda, $kd = 0.4$, $ks = 0.4$ i różnych wartości parametrów m_x i m_y .

MODELE HYBRYDOWE – Model Schlicka

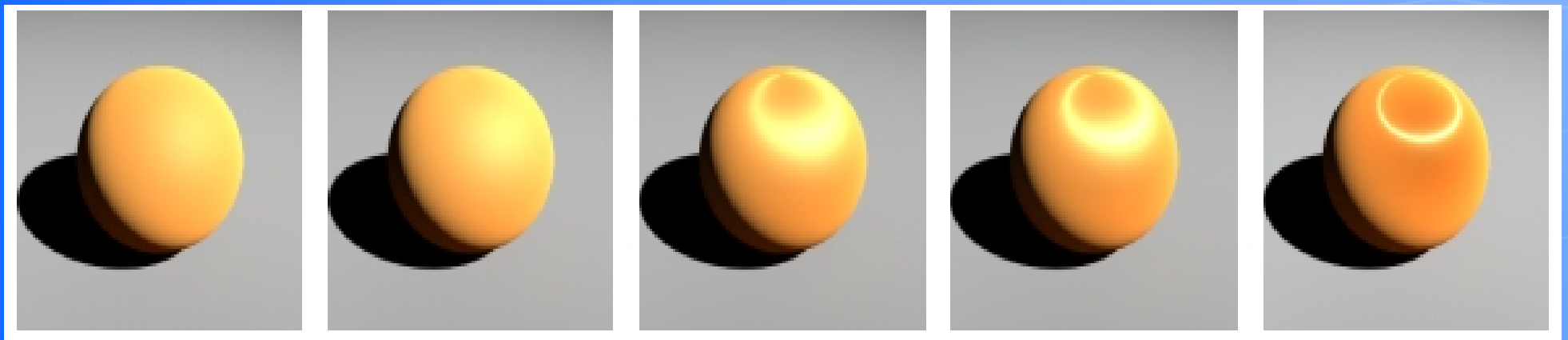
Model Schlicka rozróżnia dwa rodzaje materiałów do opisu optycznych właściwości powierzchni w opozycji do klasycznego rozdzielenia bazującego jedynie na odbiciu rozproszonym i zwierciadlanym:

- **SINGLE** materiały mające homogeniczne właściwości optyczne (metale, szkło, papier, bawełna),
- **DOUBLE** materiały mające heterogeniczne właściwości optyczne (plastik, skóra, lakierowane lub pomalowane powierzchnie) zwykle składające się z jednej półprzezroczystej i jednej nieprzezroczystej warstwy, każda będąca materiałem typu SINGLE.

MODELE HYBRYDOWE – Model Schlicka

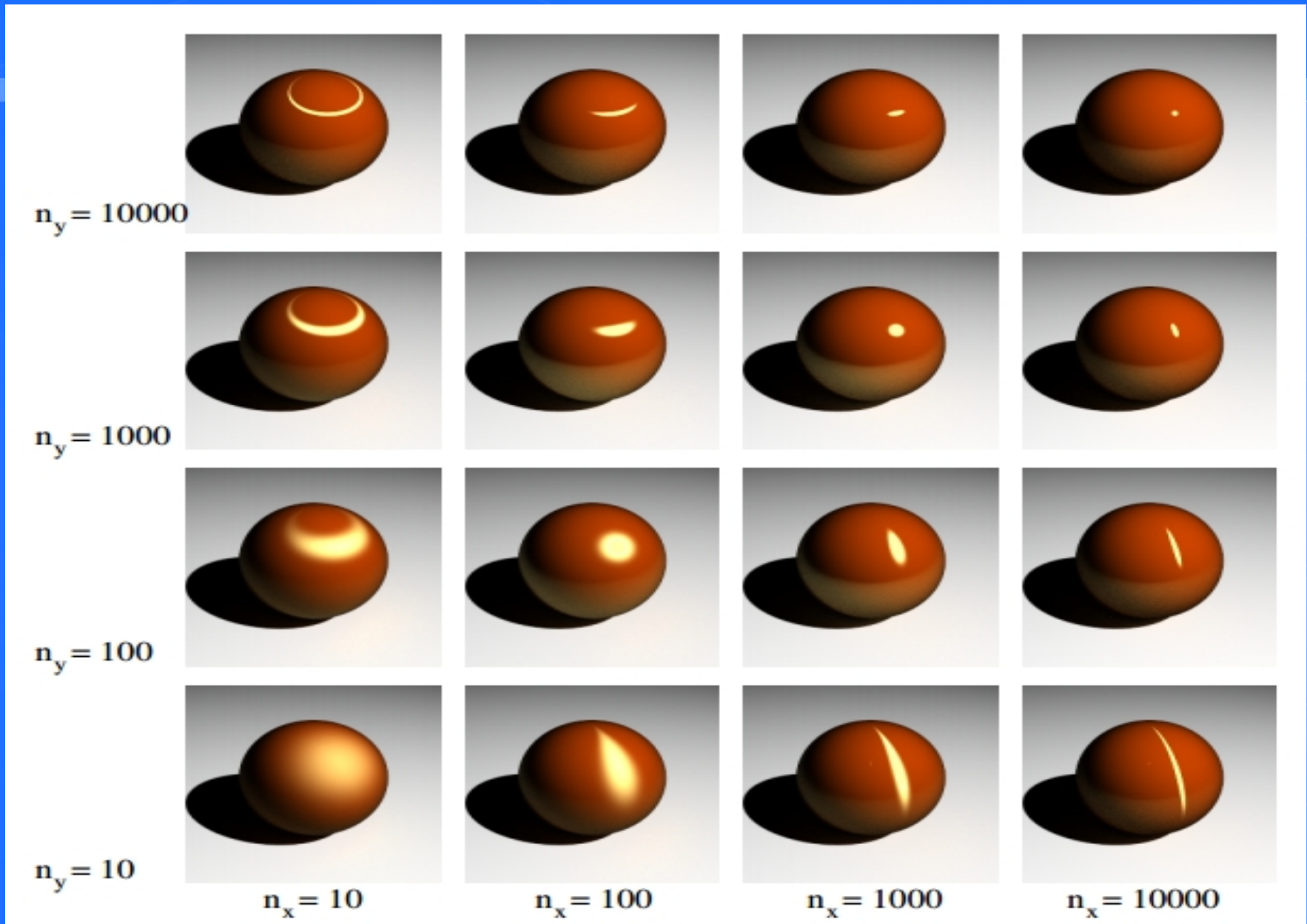


Kule wyrenderowane z użyciem modelu Schlicka i różnych wartości współczynnika szorstkości; $p = 1$ i $r = 0.8, 0.4, 0.2, 0.1, 0.01, 0.001$



Kule wyrenderowane z użyciem modelu Schlicka i różnych wartości współczynnika anizotropowości; $r = 0.4$ i $p = 1, 0.6, 0.3, 0.1, 0.05, 0.001$

MODELE HYBRYDOWE – Model Ashikhmina-Shirleya



Kule wyrenderowane z użyciem modelu Ashikhmina-Shirleya, $kd = 0.4$, $ks = 0.4$ i różnych wartości parametrów n_x i n_y

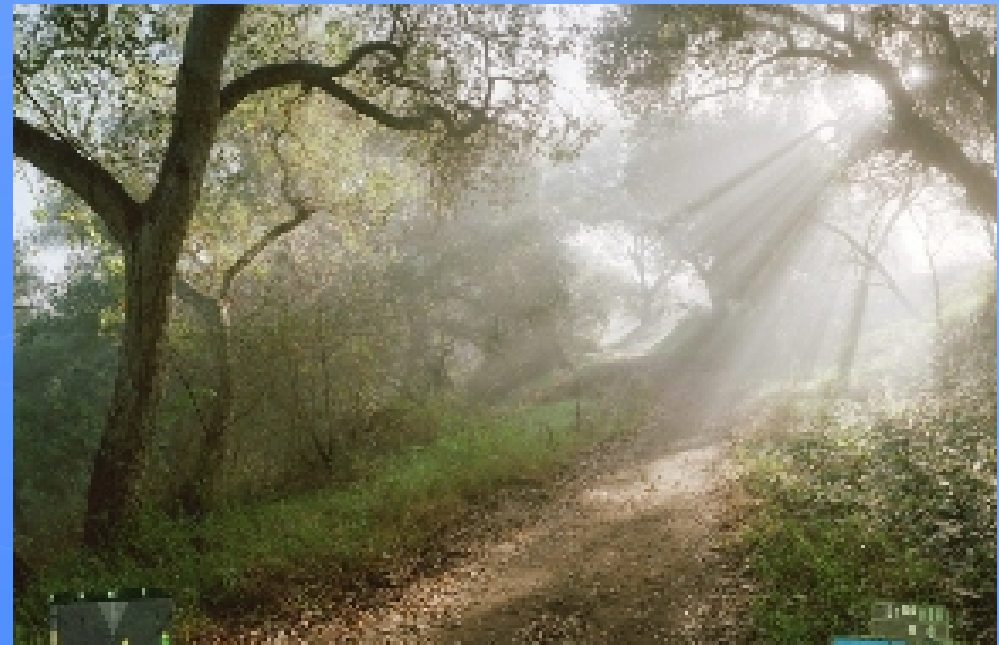
model oświetlenia	czas obliczeń
Lambert	305 sek.
Phong	921 sek.
Blinn-Phong	841 sek.
Schlick-Phong	735 sek.
Cook-Torrance	1277 sek.
Schlick-Cook-Torrance	1102 sek.
Strauss	1150 sek.
Ashikhmin-Shirley	1649 sek.
Ward	1426 sek.
Schlick	1634 sek.
Lafortune	—
HTSG	—

**Porównanie
czasu
obliczenia
modeli
oświetlenia
dla miliarda
iteracji**



Screenshot z gry "Far Cry"
2004 rok

Gra "Crysis 2" - rok 2010.



Unreal Engine 4 Elemental Demo

Dziękuję za uwagę