

Grafika Komputerowa. Metoda śledzenia promieni

Aleksander Denisiuk

Polsko-Japońska Akademia Technik Komputerowych

Wydział Informatyki w Gdańsku

ul. Brzegi 55

80-045 Gdańsk

denisjuk@pja.edu.pl

Podstawy

Model oświetlenia

Algorytm

Techniki zaawansowane

Najnowsza wersja tego dokumentu dostępna jest pod adresem

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

Podstawy

Scena fotorealistyczna

Ray tracing

Model oświetlenia

Algorytm

Techniki zaawansowane

Podstawy

Scena fotorealistyczna

Podstawy

Scena fotorealistyczna

Ray tracing

Model oświetlenia

Algorytm

Techniki zaawansowane



Śledzenie promieni

Podstawy

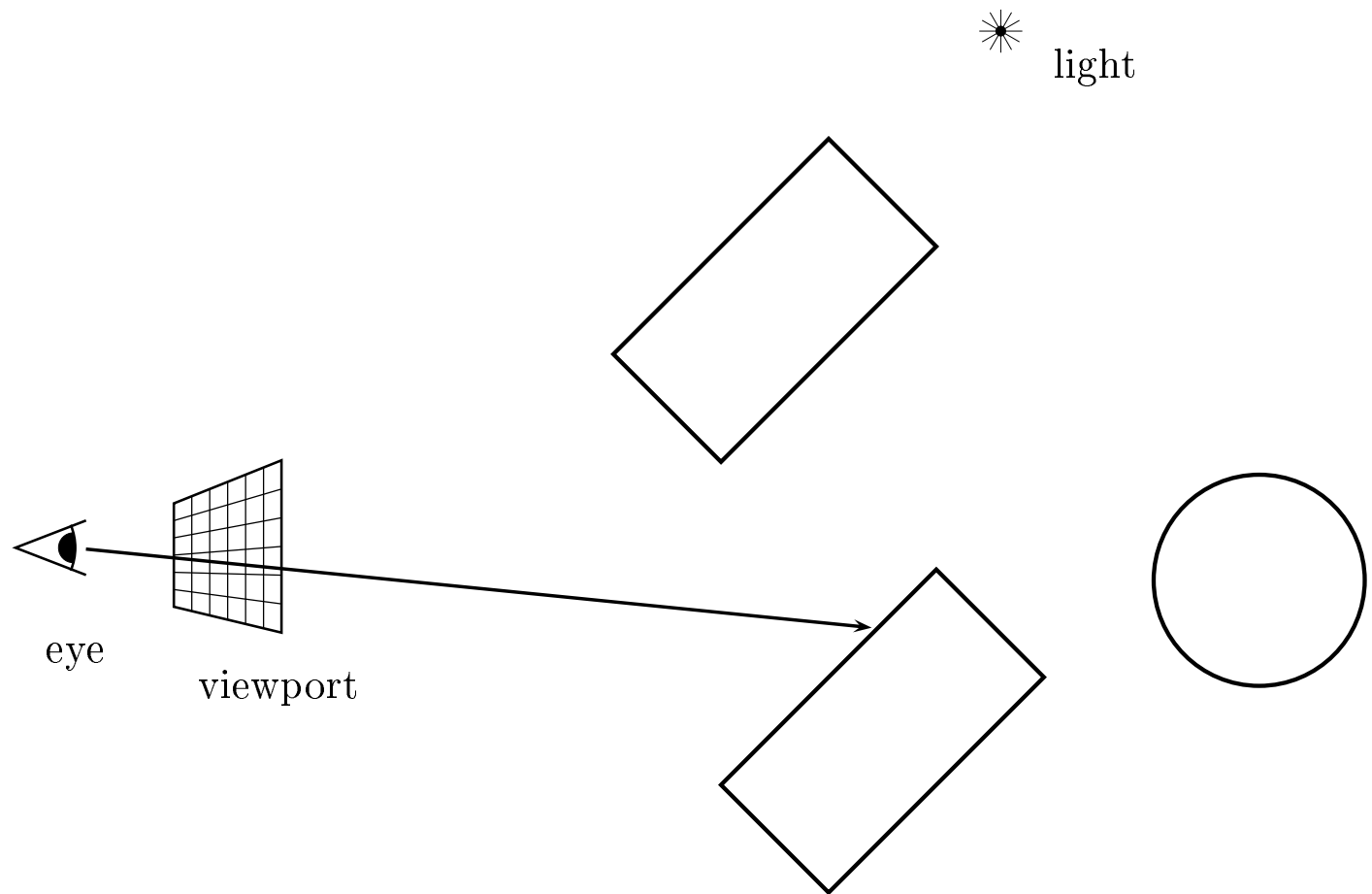
Scena fotorealistyczna

Ray tracing

Model oświetlenia

Algorytm

Techniki zaawansowane



Czujnik cienia (shadow feeler)

Podstawy

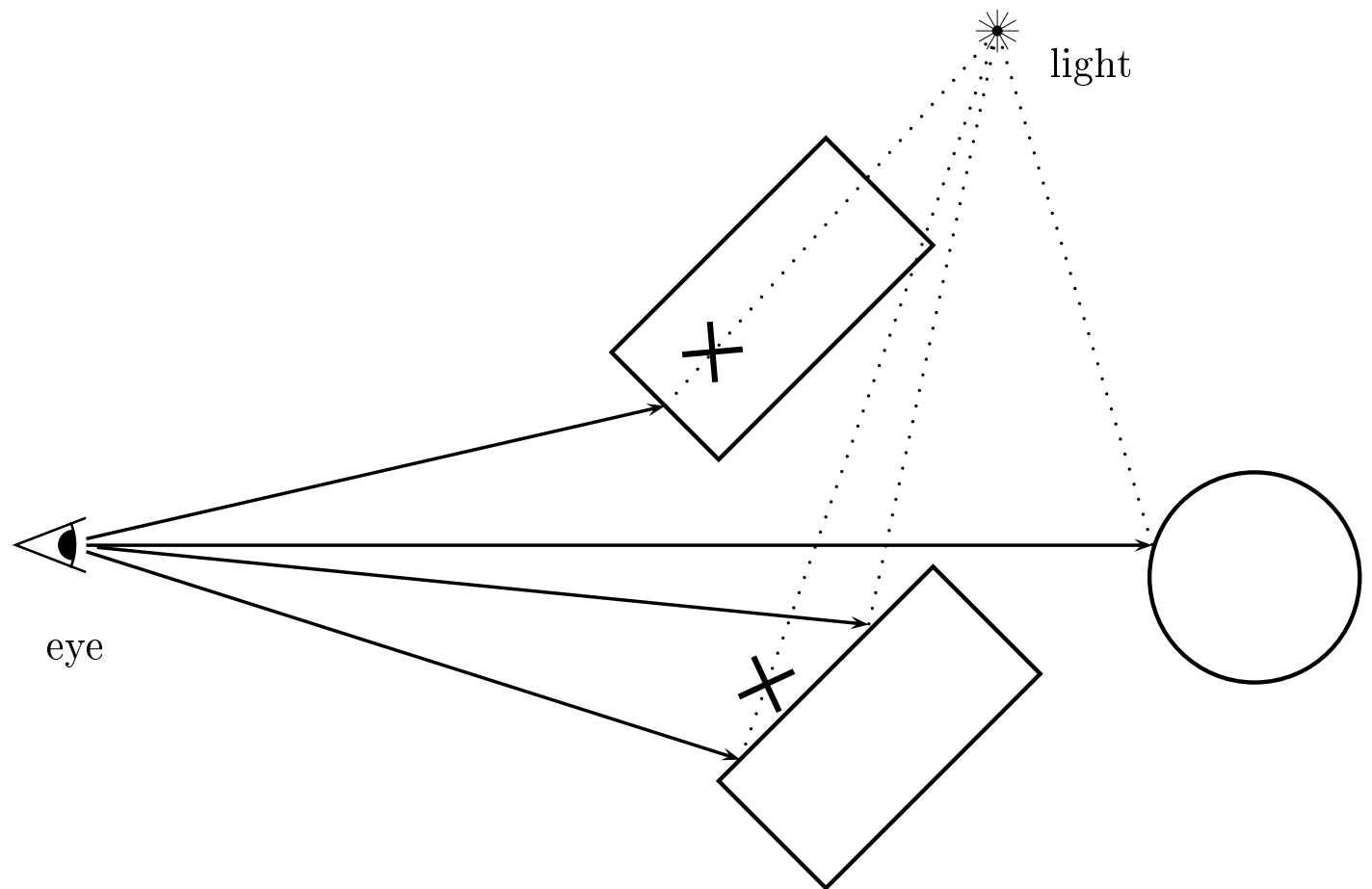
Scena fotorealistyczna

Ray tracing

Model oświetlenia

Algorytm

Techniki zaawansowane



Śledzenie promieni odbijanych

Podstawy

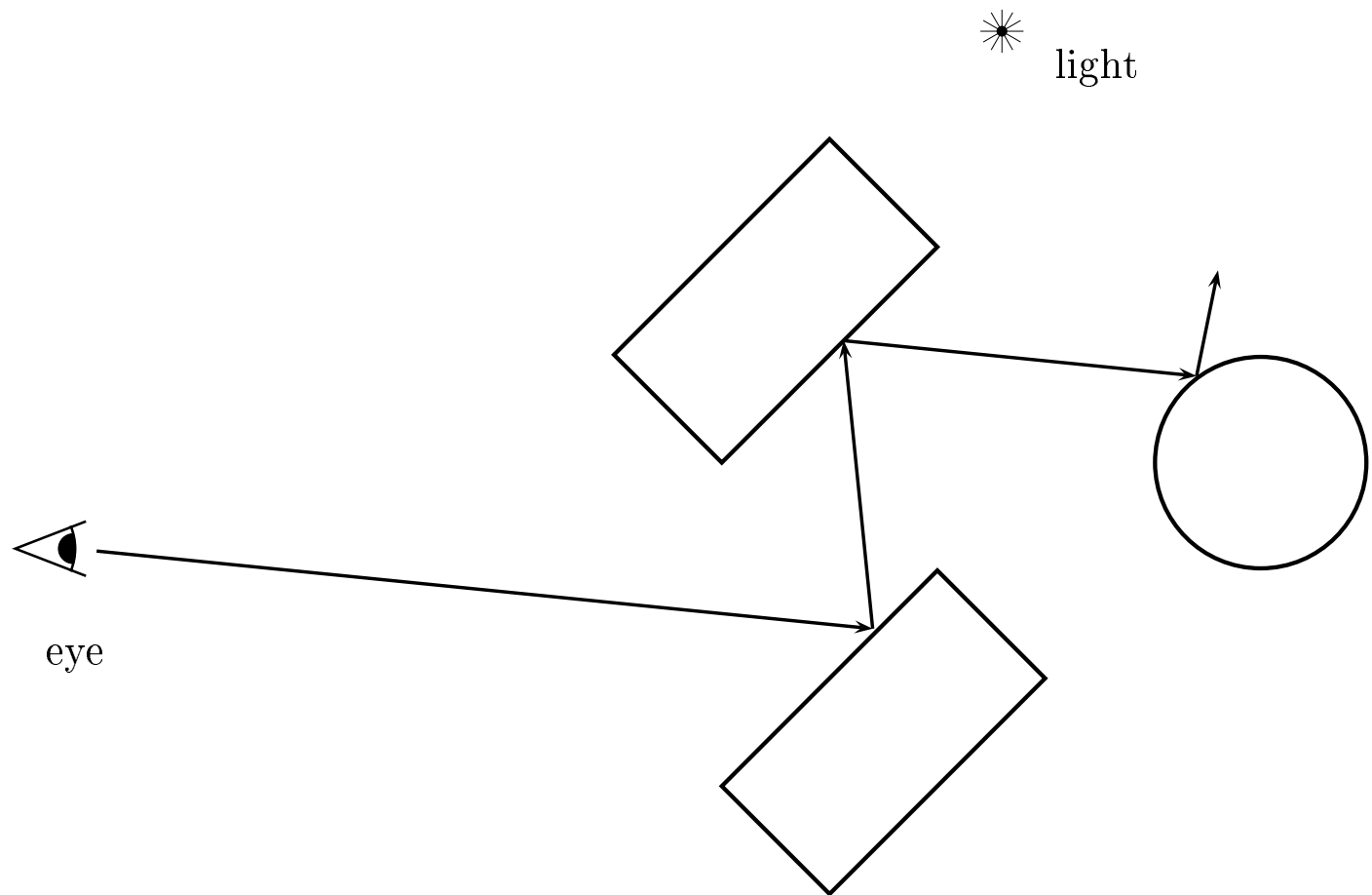
Scena fotorealisticzna

Ray tracing

Model oświetlenia

Algorytm

Techniki zaawansowane



$$I = I_{\text{local}} + \rho_{\text{rg}} I_{\text{reflect}}$$

Podstawy

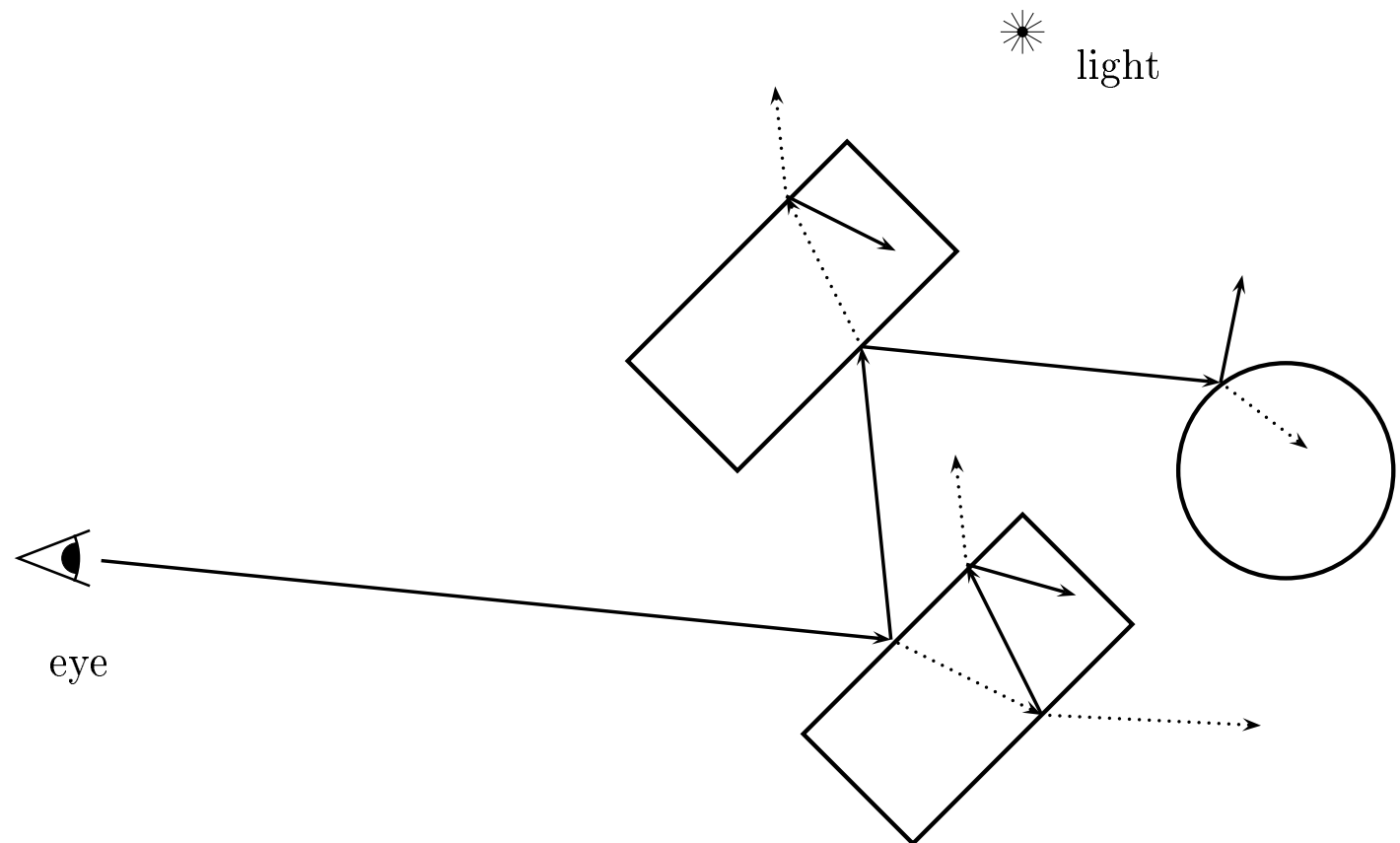
Scena fotorealistyczna

Ray tracing

Model oświetlenia

Algorytm

Techniki zaawansowane



$$I = I_{\text{local}} + \rho_{\text{rg}} I_{\text{reflect}} + \rho_{\text{tg}} I_{\text{xmit}}$$

Podstawy

Model oświetlenia

Promienie odbijane

Promienie załamane

Całkowite oświetlenie

Algorytm

Techniki zaawansowane

Model oświetlenia

Lokalne oświetlenie i promienie odbijane

Podstawy

Model oświetlenia

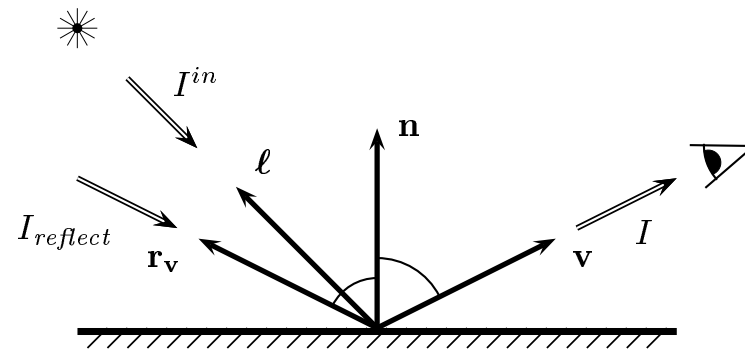
Promienie odbijane

Promienie załamane

Całkowite oświetlenie

Algorytm

Techniki zaawansowane



Wektor odbijany $r_v = 2(v \cdot n) - v$.

Oświetlenie punktu na powierzchni

Podstawy

Model oświetlenia

Promienie odbijane

Promienie załamane

Całkowite oświetlenie

Algorytm

Techniki zaawansowane

$$I = I_{\text{local}} + \rho_{\text{rg}} I_{\text{reflect}}$$

$$I_{\text{local}} = \rho_a I_a^{\text{in},i} + \delta_i \cdot \left(\rho_d I_d^{\text{in},i} (\ell_i \cdot n) + \rho_s I_s^{\text{in},i} (r_v \cdot \ell_i)^f \right)$$

- $\delta_i = 1$, jeśli punkt jest bezpośrednio oświetlony światłem i , 0 — w przeciwnym przypadku.
- współczynniki ρ zależą od kolorów (częstotliwości)
- I_{reflect} oblicza się rekurencyjnie powtarzając algorytm ray tracing

Podstawy

Model oświetlenia

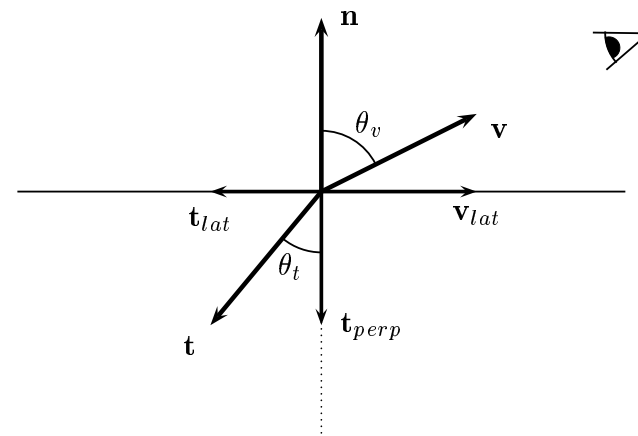
Promienie odbijane

Promienie załamane

Całkowite oświetlenie

Algorytm

Techniki zaawansowane



Prawo Snelliusa

$$\frac{\sin \theta_v}{\sin \theta_t} = \eta.$$

Podstawy

Model oświetlenia

Promienie odbijane

Promienie załamane

Całkowite oświetlenie

Algorytm

Techniki zaawansowane

- $\eta \approx 1,3$ — powietrze \rightarrow woda.
- $\eta \approx 1,5$ — powietrze \rightarrow szkło.
- $\sin \theta_t = \eta^{-1} \sin \theta_v$.
- Jeżeli $\eta^{-1} \sin \theta_v > 1$, to nie ma załamania, tylko całkowite wewnętrzne odbijanie

Podstawy

Model oświetlenia

Promienie odbijane

Promienie załamane

Całkowite oświetlenie

Algorytm

Techniki zaawansowane

- $v_{\text{lat}} = v - (v \cdot n)n$
- $\|t_{\text{lat}}\| = \sin \theta_t = \eta^{-1} \sin \theta_v = \eta^{-1} \|v_{\text{lat}}\|$
- $t_{\text{lat}} = -\eta^{-1} v_{\text{lat}}$
- $\cos \theta_t = \sqrt{1 - \sin^2 \theta_t} = \sqrt{1 - \|t_{\text{lat}}\|^2}$ ($\|t_{\text{lat}}\| < 1$)
- $t_{\text{perp}} = -\sqrt{1 - \|t_{\text{lat}}\|^2} \cdot n$
- $t = t_{\text{lat}} + t_{\text{perp}}$
- $t_{\text{perp}} = -\sqrt{1 - \eta^{-2} (1 - (v \cdot n)^2)} \cdot n$
- $t = \eta^{-1} ((v \cdot n)n - v) - \sqrt{1 - \eta^{-2} (1 - (v \cdot n)^2)} \cdot n$

Rozszerzenie modelu Phong

Podstawy

Model oświetlenia

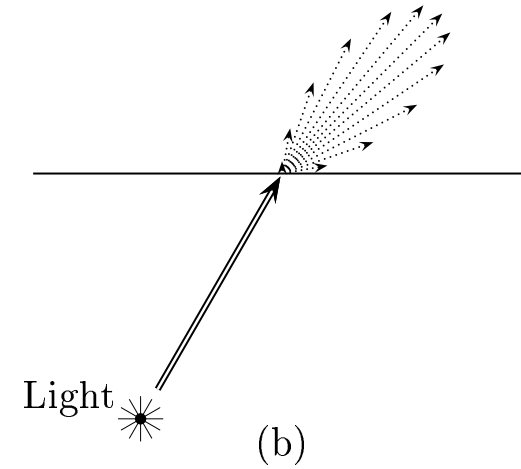
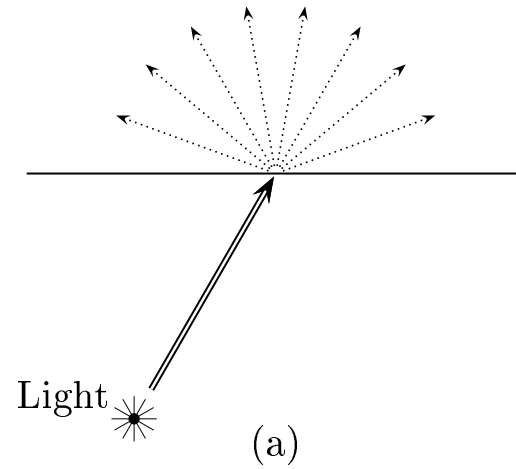
Promienie odbijane

Promienie załamane

Całkowite oświetlenie

Algorytm

Techniki zaawansowane



Rozszerzenie modelu Phong

Podstawy

Model oświetlenia

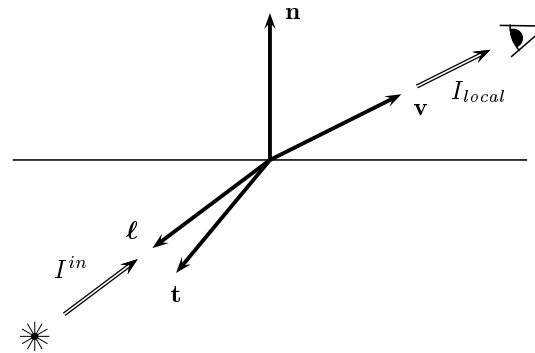
Promienie odbijane

Promienie załamane

Całkowite oświetlenie

Algorytm

Techniki zaawansowane



$$\blacksquare \quad I_{\text{local}}^i = \rho_a I_a^{\text{in},i} + \delta_i' \cdot \left(\rho_{dt} I_d^{\text{in},i} (\ell_i \cdot (-n)) + \rho_{st} I_s^{\text{in},i} (t \cdot \ell_i)^f \right)$$

Podstawy

Model oświetlenia

Promienie odbijane

Promienie załamane

Całkowite oświetlenie

Algorytm

Techniki zaawansowane

$$\begin{aligned} I_{\text{local}} = & \rho_a I_a^{\text{in}} + \rho_d \sum_{i=1}^k \delta_i I_d^{\text{in},i} (\ell_i \cdot n) + \\ & + \rho_s \sum_{i=1}^k \delta_i I_s^{\text{in},i} (r_v \cdot \ell_i)^f + \rho_{dt} \sum_{i=1}^k \delta'_i I_d^{\text{in},i} (\ell_i \cdot (-n)) + \\ & + \rho_{st} \sum_{i=1}^k \delta'_i I_s^{\text{in},i} (t \cdot \ell_i)^f + I_e \end{aligned}$$

Podstawy

Model oświetlenia

Algorytm

Algorytm

Sprawdzenie
przecięcia

Techniki zaawansowane

Algorytm

Podstawy

Model oświetlenia

Algorytm

Algorytm

Sprawdzenie
przecięcia

Techniki zaawansowane

Dla każdego promienia:

- Znajdź pierwsze miejsce przecięcia ze sceną.
 - Jeśli promień nie przecina żadnego obiektu ze sceny, wykorzystuj „kolor tła”.
- Oblicz oświetlenia punktu zgodnie z modelem oświetlenia.
- Wypuść promienie odbijane oraz załamane.
- Zastosuj rekurencyjnie algorytm do każdego wypuszczonego promienia.
- Dodaj wyniki obliczenia oświetleń.

Warunek zakończenia rekurencji: ilość odbić.

Podstawy

Model oświetlenia

Algorytm

Algorytm

Sprawdzenie
przecięcia

Techniki zaawansowane

- Obiekty modeluje się za pomocą prostych figur: sfera, walec, stożek, torus, wielobok płaski, wielobok o bokach w postaci powierzchni Béziera, B-spline powierzchni.
- Sprawdza się dla każdego promienia, dla każdego czujnika cieni.
- Zależy od ilości uwzględnianych odbić.
- Najbardziej kosztowne względem obliczeń działanie.

Podstawy

Model oświetlenia

Algorytm

Techniki zaawansowane

Supersampling
i Antialiasing

Głębia ostrości

Rozmazywanie ruchu

Miękie cienie

Wiele kolorów

Path tracing

Backwards

Techniki zaawansowane

Supersampling i Antialiasing

Podstawy

Model oświetlenia

Algorytm

Techniki zaawansowane

Supersampling
i Antialiasing

Głębia ostrości

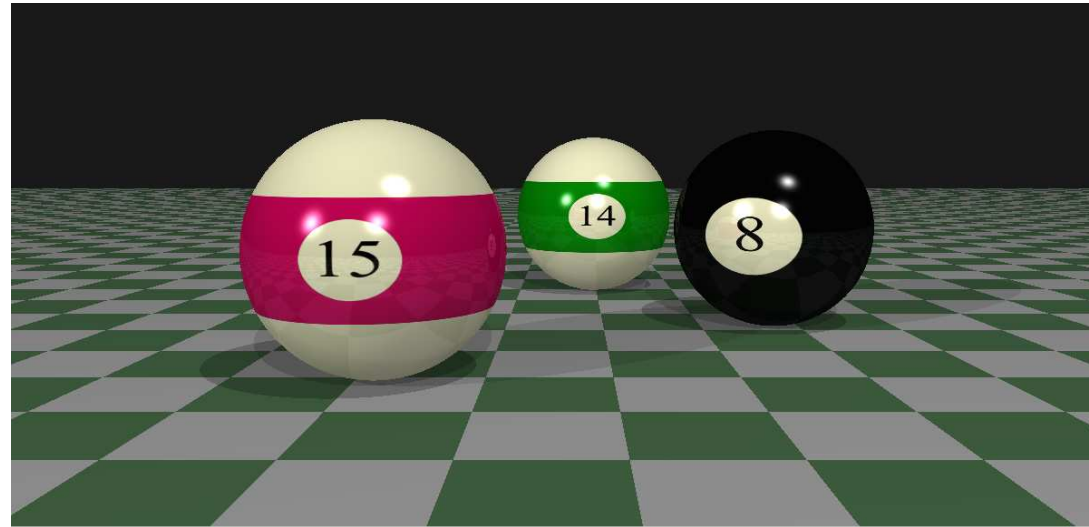
Rozmazywanie ruchu

Miękie cienie

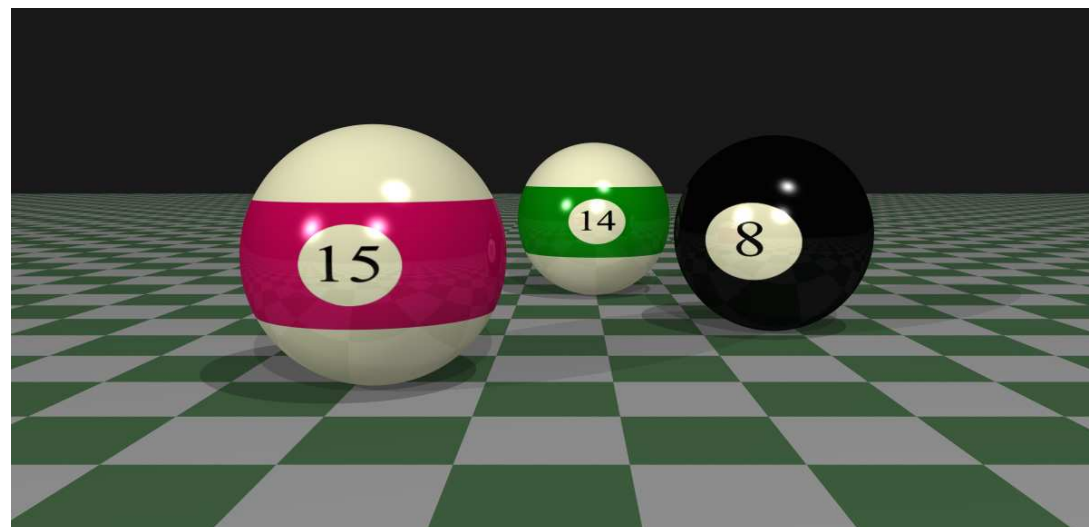
Wiele kolorów

Path tracing

Backwards



(a) No supersampling.



(b) Supersampling with jittered subpixel centers.

Supersampling i Antialiasing

Podstawy

Model oświetlenia

Algorytm

Techniki zaawansowane

Supersampling
i Antialiasing

Głębia ostrości

Rozmazywanie ruchu

Miękie cienie

Wiele kolorów

Path tracing

Backwards



(a) No supersampling.



(b) Supersampling with jittered subpixel centers.

Podstawy

Model oświetlenia

Algorytm

Techniki zaawansowane

Supersampling
i Antialiasing

Głębina ostrości

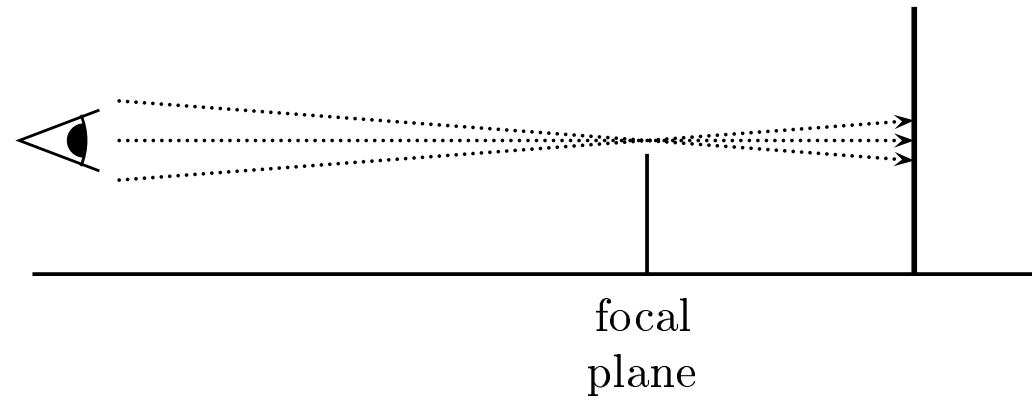
Rozmazywanie ruchu

Miękie cienie

Wiele kolorów

Path tracing

Backwards



Podstawy

Model oświetlenia

Algorytm

Techniki zaawansowane

Supersampling
i Antialiasing

Głębina ostrości

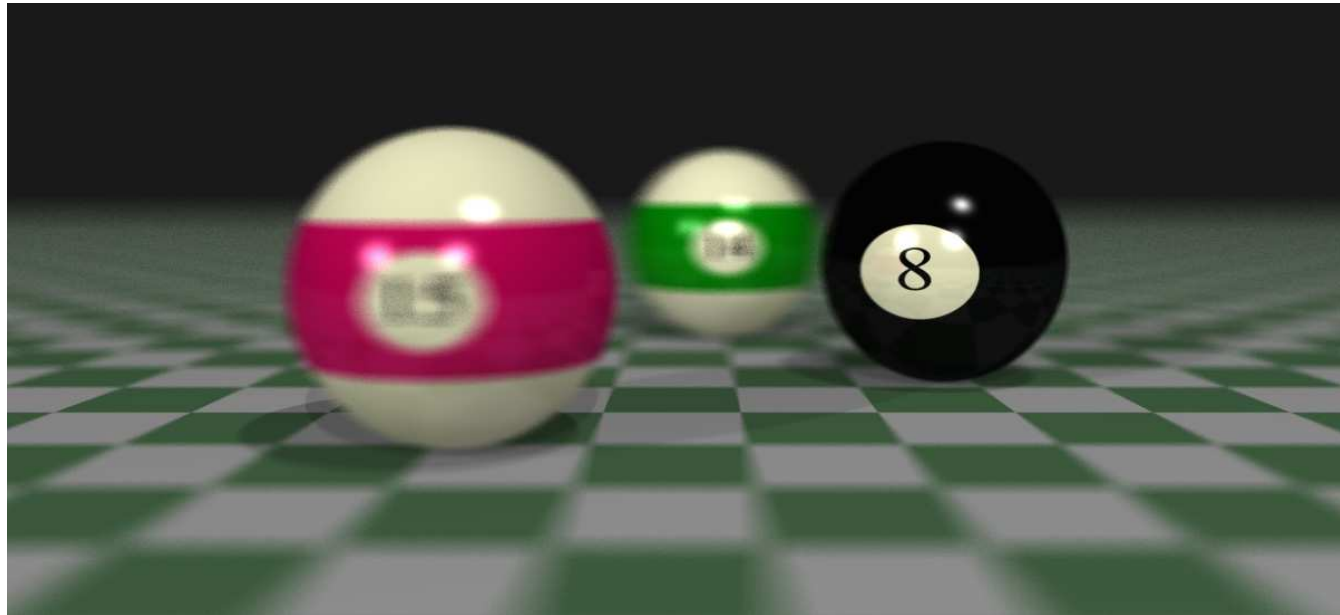
Rozmazywanie ruchu

Miękie cienie

Wiele kolorów

Path tracing

Backwards



Podstawy

Model oświetlenia

Algorytm

Techniki zaawansowane

Supersampling
i Antialiasing

Głębia ostrości

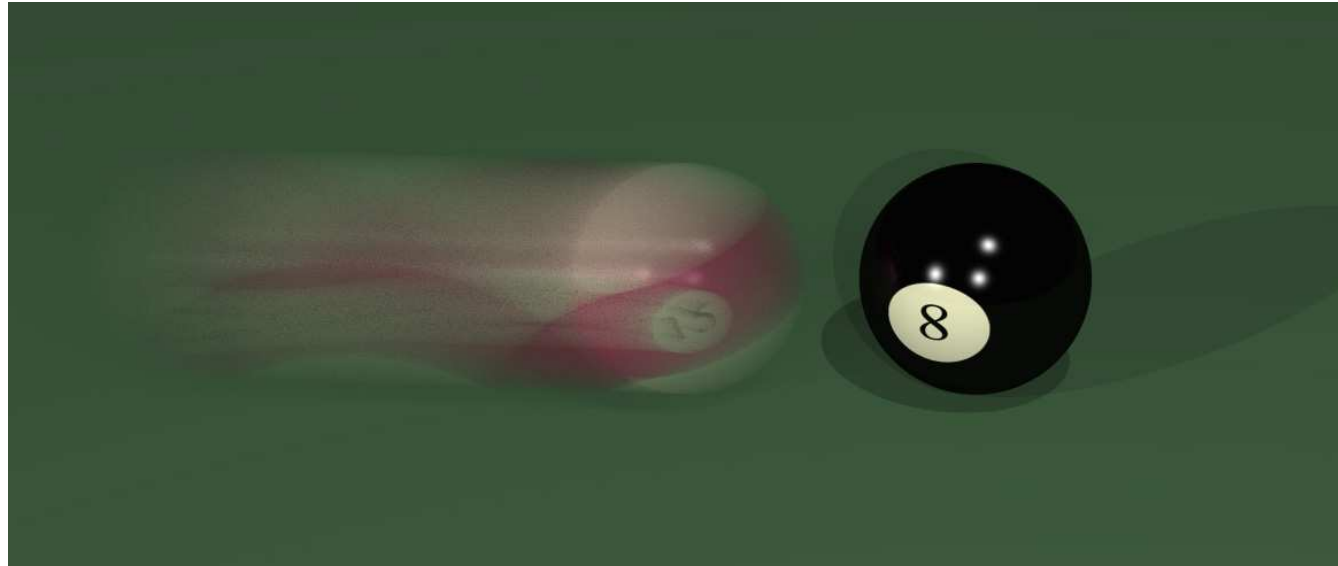
Rozmazywanie ruchu

Miękie cienie

Wiele kolorów

Path tracing

Backwards



Podstawy

Model oświetlenia

Algorytm

Techniki zaawansowane

Supersampling
i Antialiasing

Głębia ostrości

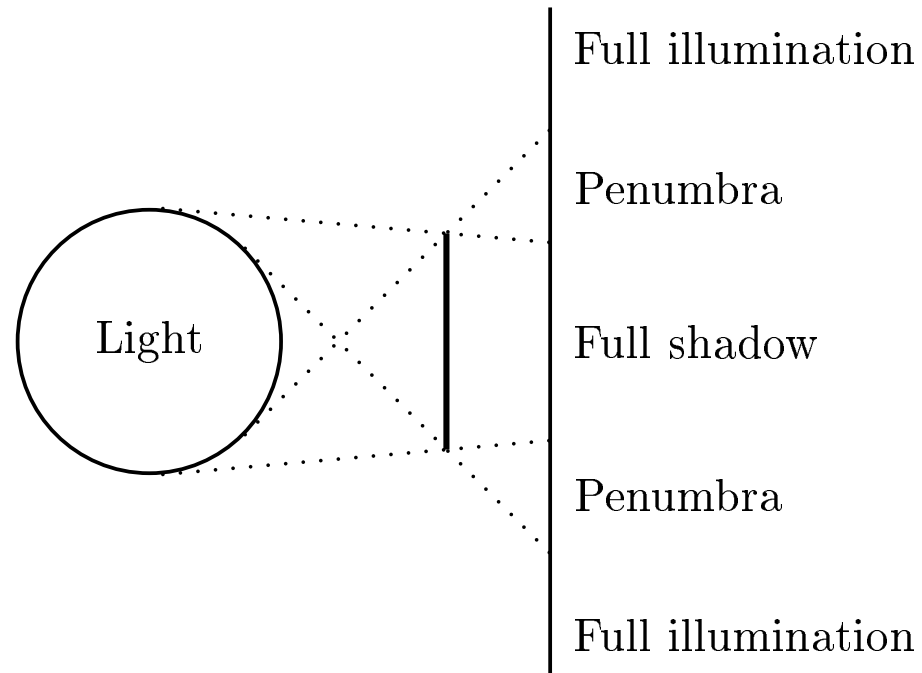
Rozmazywanie ruchu

Miękie cienie

Wiele kolorów

Path tracing

Backwards



Podstawy

Model oświetlenia

Algorytm

Techniki zaawansowane

Supersampling
i Antialiasing

Głębia ostrości

Rozmazywanie ruchu

Miękie cienie

Wiele kolorów

Path tracing

Backwards

- Nie tylko RGB,
- Odbicie i załamanie zależy od barwy (częstotliwości fal).

Podstawy

Model oświetlenia

Algorytm

Techniki zaawansowane

Supersampling
i Antialiasing

Głębia ostrości

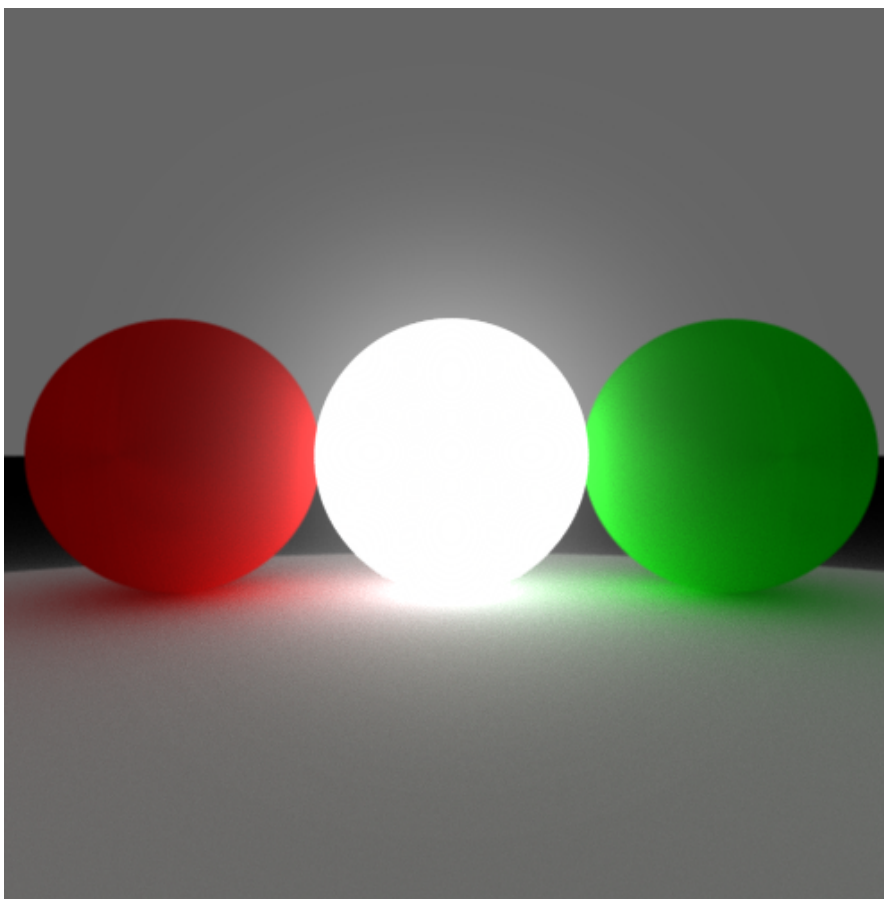
Rozmazywanie ruchu

Miękie cienie

Wiele kolorów

Path tracing

Backwards



■ Cycles

Podstawy

Model oświetlenia

Algorytm

Techniki zaawansowane

Supersampling
i Antialiasing

Głębia ostrości

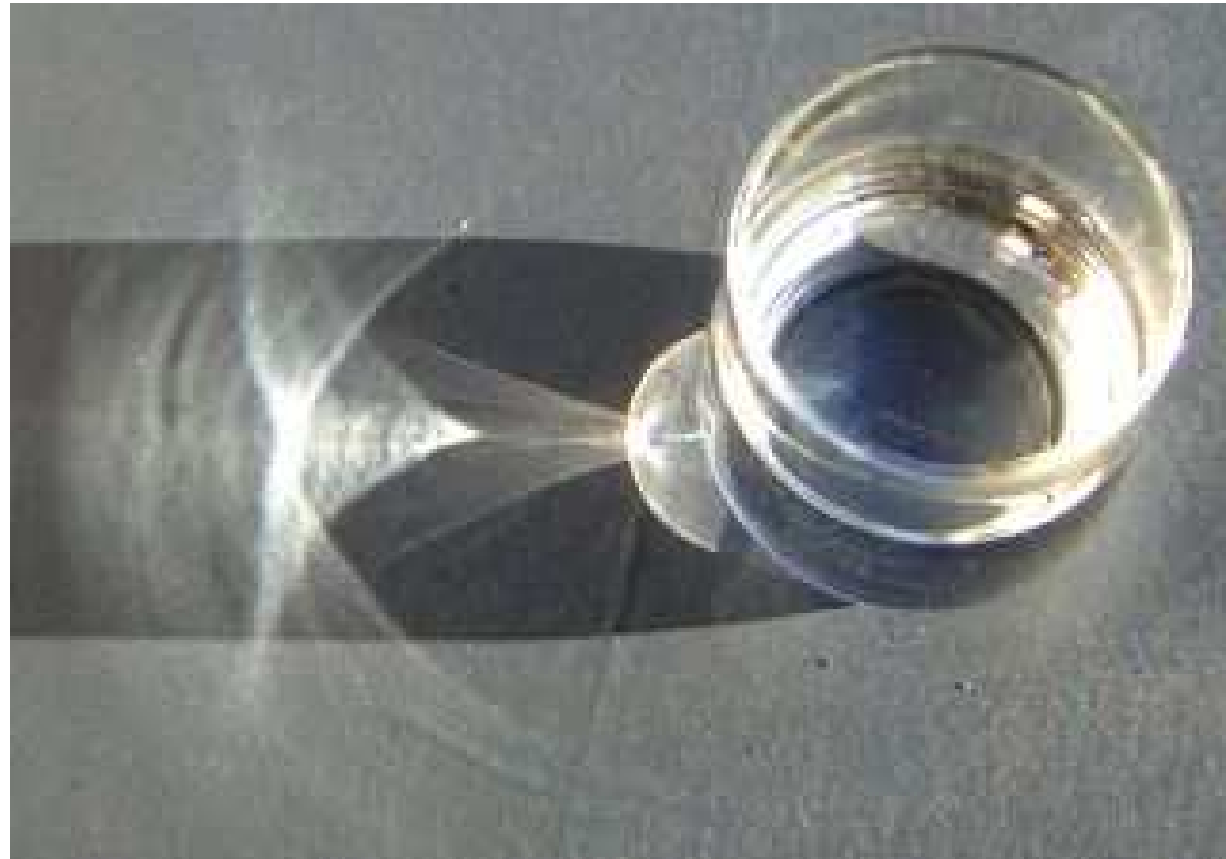
Rozmazywanie ruchu

Miękie cienie

Wiele kolorów

Path tracing

Backwards



- Skupienie światła