Politechnika Wrocławska

Animacje i symulacje zjawisk, obiektów i systemów

Wykład nr 9

Oświetlenie i zjawiska optyczne

Szymon Datko

szymon.datko@pwr.edu.pl

Wydział Informatyki i Telekomunikacji,

Politechnika Wrocławska

semestr zimowy 2021/2022

HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Słowem wstępu

"Jak powstaje klatka obrazu w GTAV | arhn.edu" – arhn.eu, 2017.

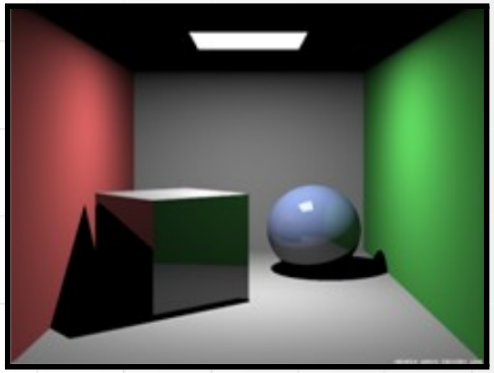
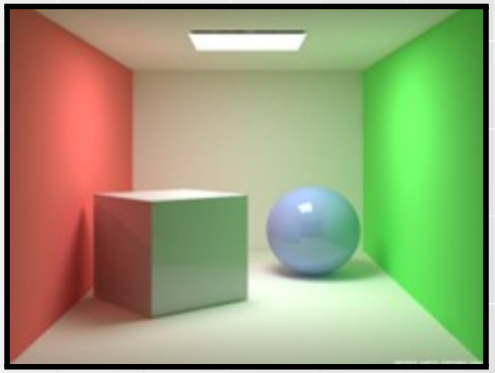
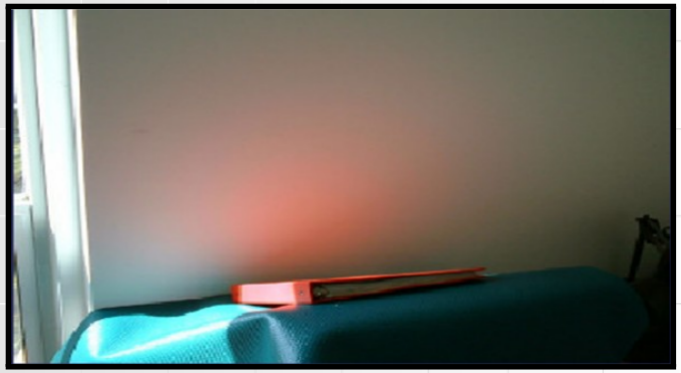
https://www.youtube.com/watch?v=g2pDsLG_x6s

Szereg złożonych zjawisk

- Temat oświetlenia obejmuje bardzo wiele zagadnień:
  - odwzorowanie kolorów obiektów,
  - uwzględnienie parametrów materiałowych,
  - półprzeźroczystość i efekty załamania,
  - cieniowanie i przesłanianie obiektów,
  - efekty cząsteczkowe i wolumetryczne,
  - paralaksa, rozmycia, rozproszenia, itp.
- Te zjawiska bardzo trudno realizować w czasie rzeczywistym.
- Dlatego stosuje się szereg odwzorowań uproszczonych...

Rodzaje oświetlenia

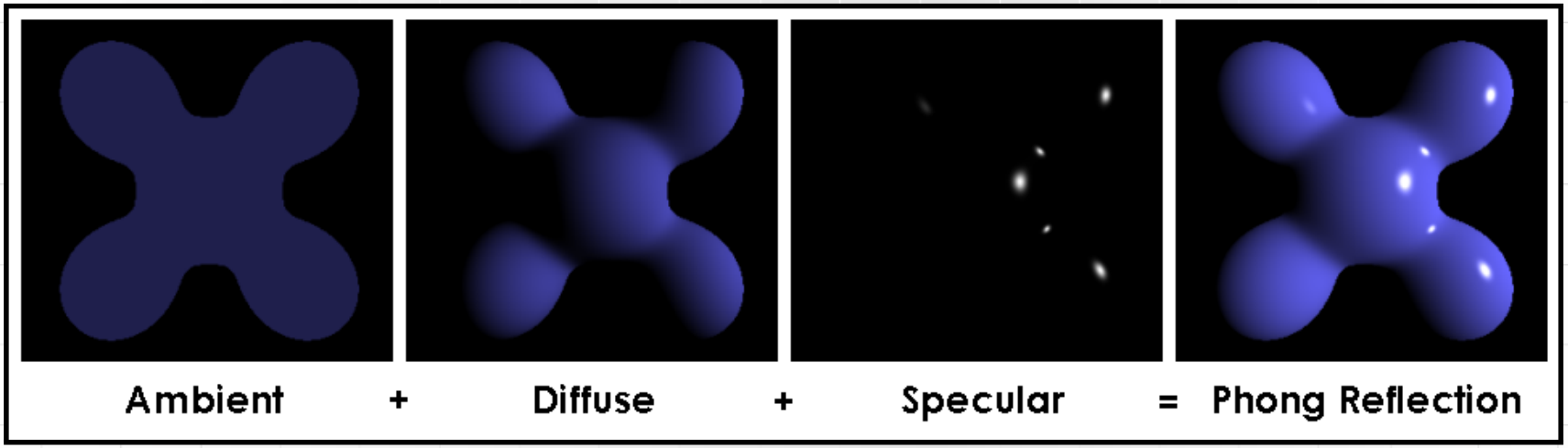
- Oświetlenie lokalne:
  - uwzględnia tylko bezpośredni wpływ źródła światła,
  - może uwzględniać elementy oświetlenia globalnego,
  - realizowane przez uproszczone modele oświetlenia.
- Oświetlenie globalne:
  - uwzględnia interakcje pomiędzy obiektami,
  - rzucanie cienia, załamania, wielokrotne odbicia, itp.,
  - realizowane na przykład metodami śledzenia promieni, śledzenia ścieżek, mapowania fotonowego i energetycznymi.

Źródło obrazów: https://slideplayer.com/slide/6399743/

Model Phonga

- Uwzględnia 3 rodzaje oświetlenia, aby odwzorować efekty:
  - światło **kierunkowe** – refleksy odbite zgodnie z prawem Snella,
  - światło **rozproszone** – wpływ bezpośredniego oświetlenia,
  - światło **otoczenia** – jednorodnie oświetlające cały obiekt,
- dobrze oddaje wygląd obiektów z tworzyw sztucznych.



Źródło: https://en.wikipedia.org/wiki/Phong_reflection_model

Model Phonga – formuła

- Każda składowa koloru C w modelu RGB jest obliczana jako

$$C = k_a \cdot I_a + \frac{k_d \cdot I_d \cdot (\vec{N} \circ \vec{L}) + k_s \cdot I_s \cdot (\vec{R} \circ \vec{V})^n}{a + b \cdot d + c \cdot d^2}.$$

- Parametry modelu i oznaczenia w powyższym równaniu:
  - I_s - kolor światła (składowa kierunkowa),
  - I_d - kolor światła (składowa rozproszona),
  - I_a - kolor światła (składowa otoczenia),
  - a, b, c - współczynniki strat natężenia.
  - $\vec{N}$ - wektor normalny w punkcie,
  - $\vec{V}$ - kierunek do obserwatora,
  - d - odległość punktu od obserwatora,
  - k_s - kolor materiału (składowa kierunkowa),
  - k_d - kolor materiału (składowa rozproszona),
  - k_a - kolor materiału (składowa otoczenia),
  - n - współczynnik połysku materiału,
  - p - położenie analizowanego punktu.
  - $\vec{L}$ - kierunek padania światła na punkt,
  - $\vec{R}$ - kierunek światła odbitego w punkcie,

  ($\vec{V}$ i d wyznaczamy na podstawie <u>położenia obserwatora</u>, $\vec{L}$ i $\vec{R}$ na podstawie <u>położenia źródła</u>).

- Powyższe równania implementuje się w shaderze fragmentów.

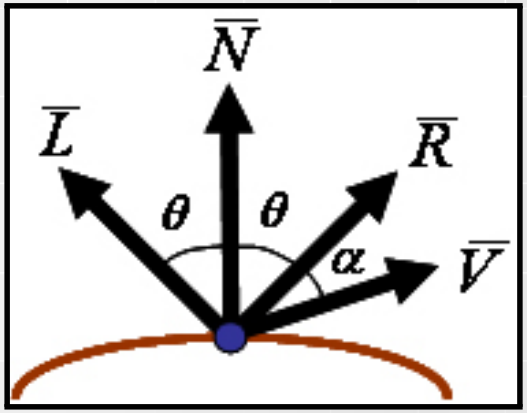
- Faktycznych parametrów w modelu jest 14.

Model Phonga – uwagi

- Aby uzyskać najlepsze efekty:
  - wartość składowej kierunkowej powinna być największa,
  - poziom składowej rozproszonej odrobinę mniejszy,
  - składowa otoczenia powinna być bardzo mała.
- Część obliczeń można przeprowadzić w shaderze wierzchołków,
  - typowo realizuje się je w shaderze fragmentów,
  - da nawet przenieść się wszystkie obliczenia,
  - uzyskuje się wtedy model Gourauda.
- Niektóre transformacje obiektu wpływają na wektory normalne.
- Model nie uwzględnia w ogóle cieniowania, pozwala jedynie określić kolor.
- Trudność może sprawić dobranie parametrów modelu tak, aby odwzorować dobrze powierzchnie metaliczne i anizotropowe.

Dygresja na temat wektorów normalnych

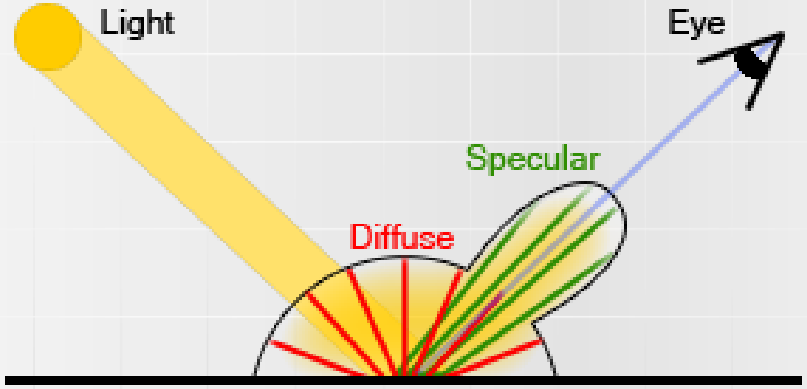
- Wskazują kierunek prostopadły do powierzchni w danym punkcie.
- Stosowane są do obliczenia kierunku światła odbitego $\vec{R}$.
- Poprawność obliczeń wymaga, aby $\vec{N}$ miał długość 1.



Źródło: http://www.zsk.ict.pwr.wroc.pl/zsk/dyd/intinz/gk/lab/cw_5_dz/

Inne modele oświetlenia

- Model Orena-Nayara.
- Model Cook-Torrence'a,
  - http://www.codinglabs.net/article_physically_based_rendering_cook_torrance.aspx.
- Model Ashikhmina – Shirleya,
  - https://www.researchgate.net/publication/2523821_An_Anisotropic_Phong_Light_Reflection_Model.
- Hasło ogólne: **physically based rendering**,
  - https://learnopengl.com/PBR/Theory.



Źródło: http://www.codinglabs.net/article_physically_based_rendering_cook_torrance.aspx

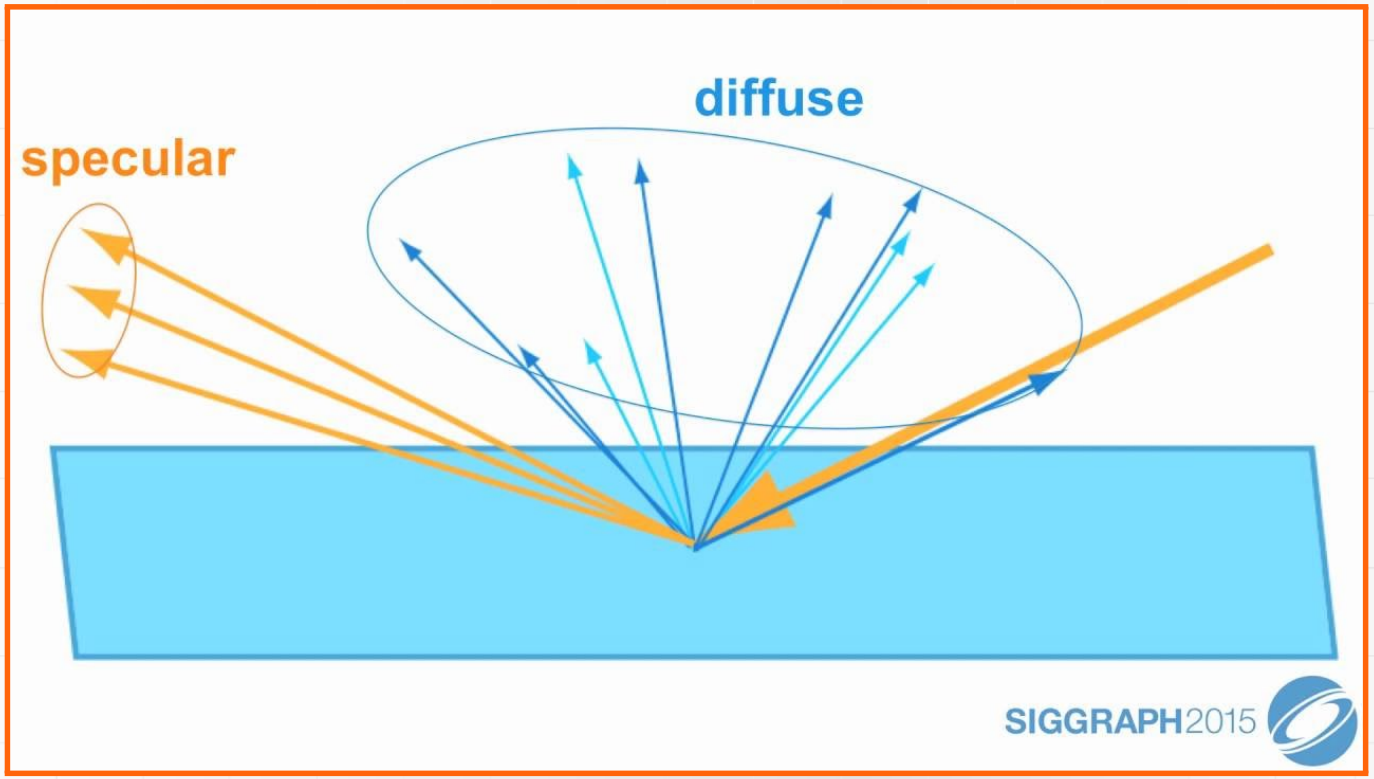
Krótko na temat PBR

"Real-Time Physically Based Rendering: A quick explanation"
– 3D ART PRODUCTION & APPRECIATION CHANNEL, 2017.

https://www.youtube.com/watch?v=GVNnfZG4riw

Więcej i dokładniej o PBR

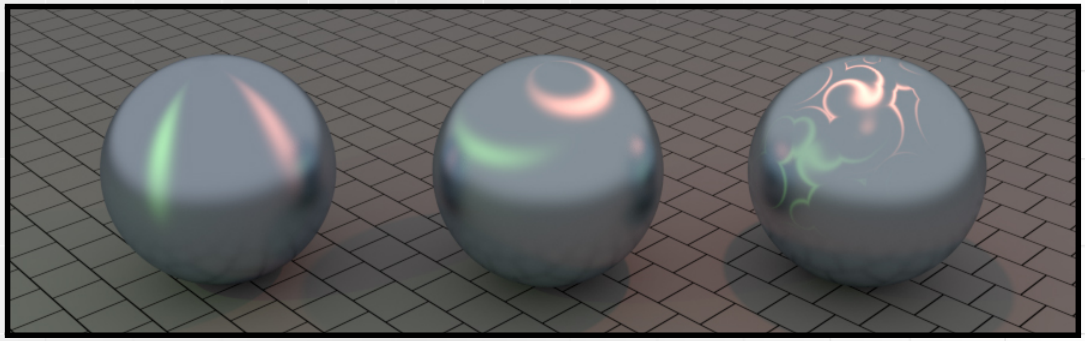
"SIGGRAPH University - Introduction to <Physically Based Shading in Theory and Practice>" – ACMSIGGRAPH, 2016.



https://www.youtube.com/watch?v=j-AOmwsJRmk

Anizotropia

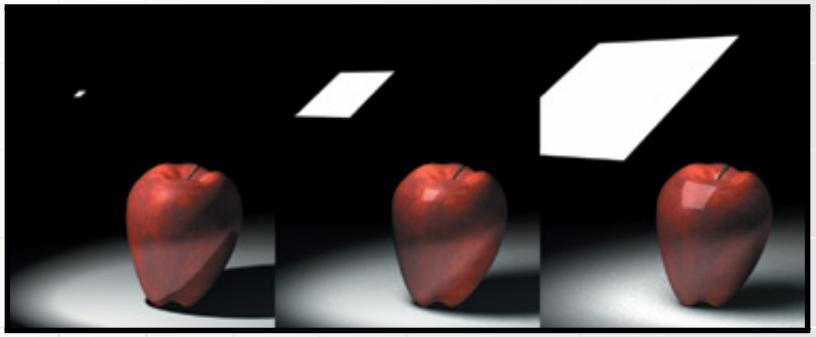
- pojęcie oznacza różne właściwości w zależności od kierunku,
- w szczególności chodzi o właściwości materiałowe,
- przykładowo:
  - niektóre materiały załamują światło niejednorodnie,
  - wzrost następuje szybciej w pewnych kierunkach,
  - papier drze się łatwiej w jednym kierunku,
  - opór powietrza może być mniejszy po obróceniu obiektu.

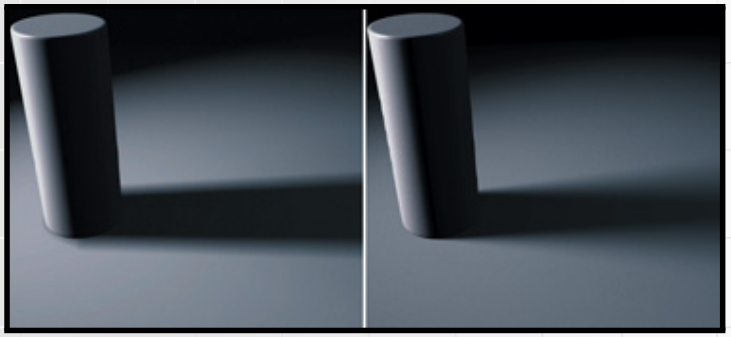


Źródła: https://docs.arnoldrenderer.com/display/A5AF3DSUG/Anisotropic+Brushed+Metal
https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/shader_nodes/shader/anisotropic.html

Cieniowanie

- Najprostsza idea – wykryć, czy na drodze od danego punktu p obiektu do wybranego źródła światła znajduje się nieprzezroczysta przeszkoda,
  - jeśli tak, to zamiast koloru źródła światła, ustawiamy czerń,
  - alternatywnie: uwzględniamy tylko składową otoczenia.
- Na krawędziach mogą pojawić się artefakty i zbyt ostre przejścia,
  - w celu poprawy stosuje się tak zwane miękkie cienie,
  - zależnie od warunków, czasem może to być jednak efekt pożądany!
- Niecała powierzchnia bywa jednorodnie oświetlona,
  - w zagłębienia i rogi dociera z reguły mniej światła,
  - ten efekt to tak zwana okluzja otoczenia,
  - ang. *Ambient Occlusion*.



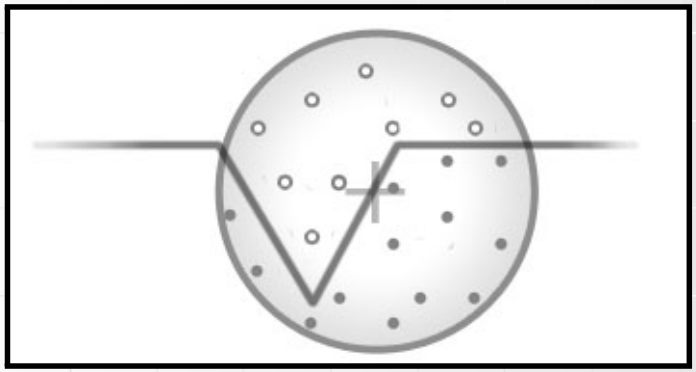


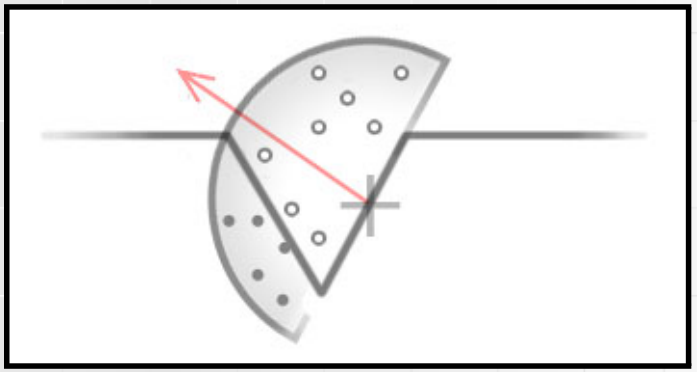
Źródło obrazów: https://www.peachpit.com/articles/article.aspx?p=486505&seqNum=6

Screen Space Ambient Occlusion

without ambient occlusion

with ambient occlusion

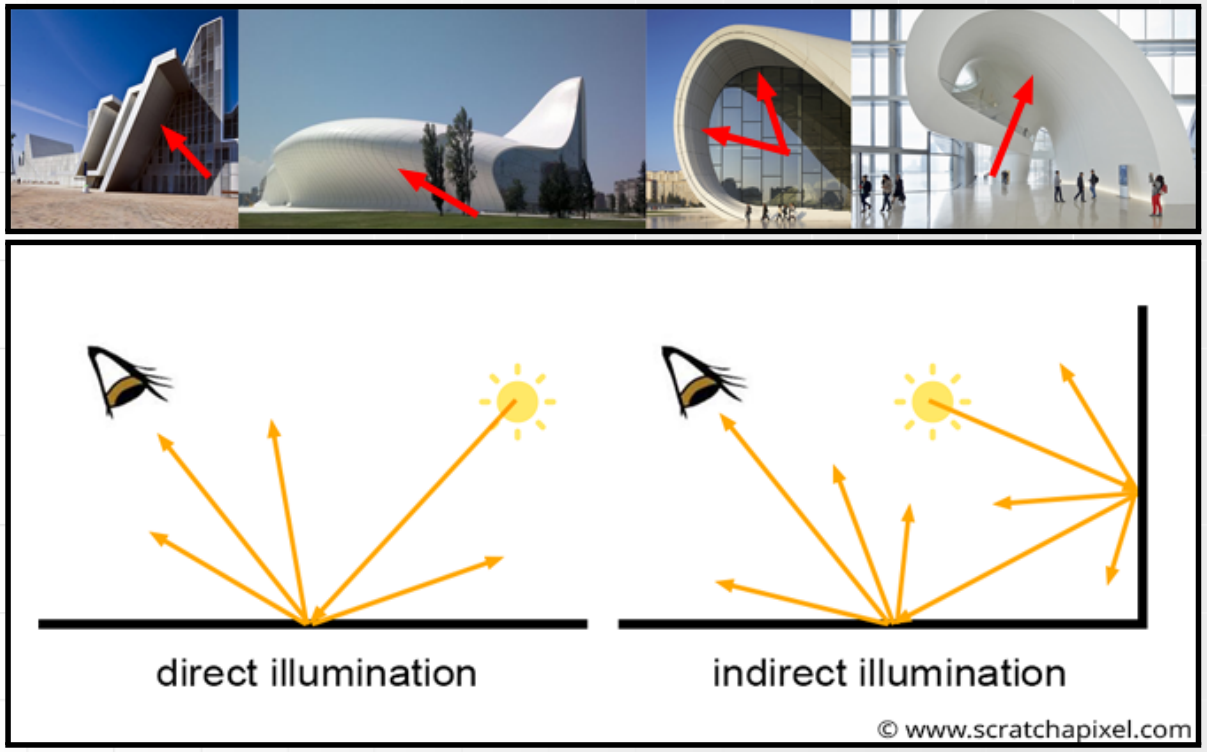




Źródło: http://john-chapman-graphics.blogspot.com/2013/01/ssao-tutorial.html

Oświetlenie globalne – przykłady

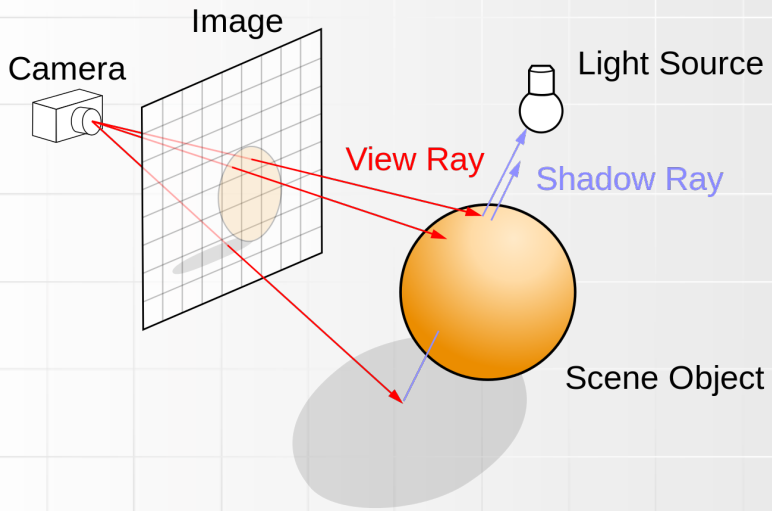
- W efekcie widoczne są fragmenty brył, które pozornie są nieoświetlone.
- Dodatkową zaletą jest uzyskanie realistycznych odbić na powierzchniach.
- Znane są różne metody realizacji, m.in. śledzenie promieni i ścieżek.

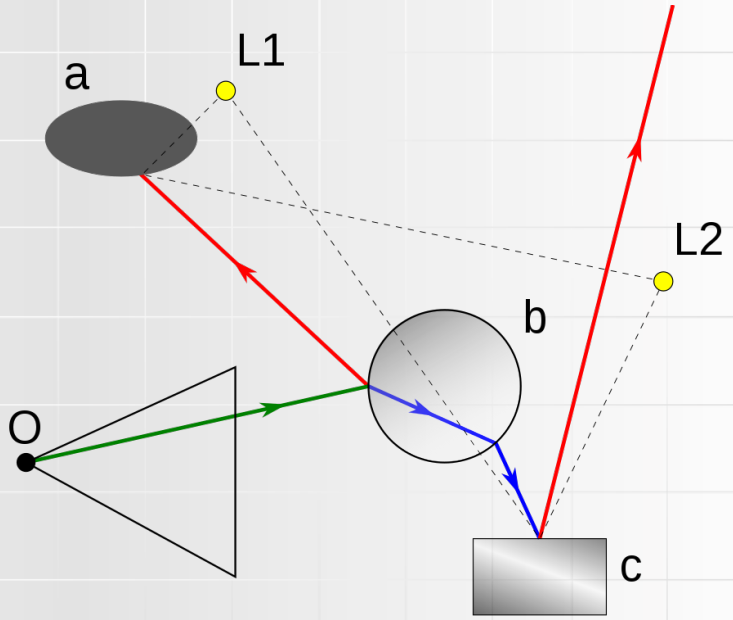


Źródła obrazów: https://www.scratchapixel.com/lessons/3d-basic-rendering/global-illumination-path-tracing/introduction-global-illumination-path-tracing, https://en.wikipedia.org/wiki/Diffuse_reflection

Śledzenie promieni – idea

- Od strony rzutni wystrzeliwujemy promienie w kierunku sceny.
  - Na przykład jeden promień dla każdego piksela wynikowego obrazu.
- Badamy punkty, w które wystrzelone promienie trafiły.
  - Ustalamy kolor danego fragmentu sceny, uwzględniając parametry materiałowe oraz położenie i bezpośredni wpływ źródeł światła.
- Należy uwzględnić promienie wtórne – dalsze odbicia każdego promienia.
  - W przypadku materiałów półprzeźroczystych dochodzi do rozszczepienia.

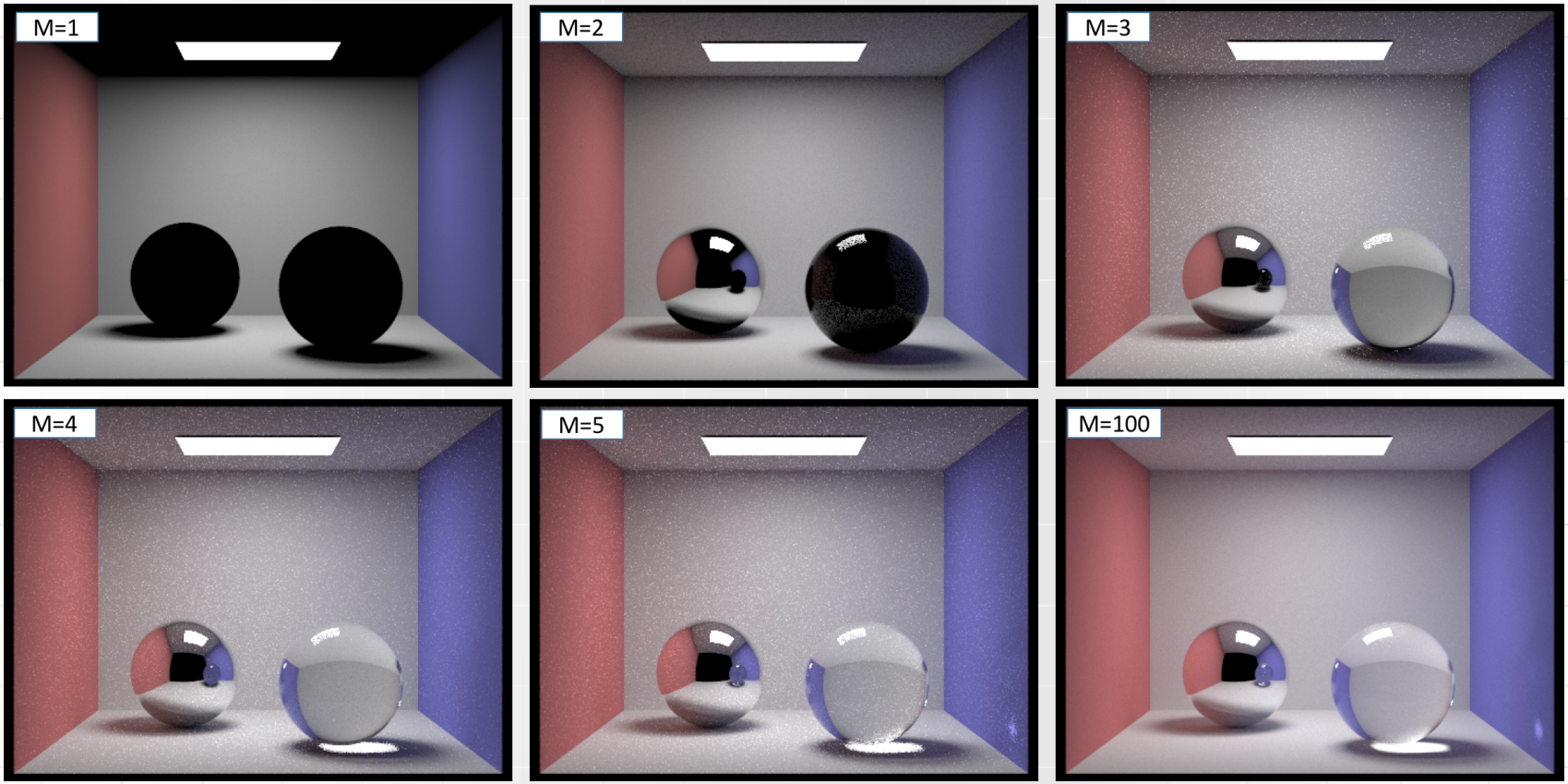




Źródła obrazów: https://en.wikipedia.org/wiki/Ray_tracing_(graphics)
https://pl.wikipedia.org/wiki/%C5%9Aledzenie_promieni

Liczba uwzględnianych odbić

- Im więcej promieni odbitych rozpatrujemy, tym wierniejsze odwzorowania.
- Jednocześnie jednak znacząco wzrasta koszt obliczeniowy dla obrazu.



Źródło obrazu: https://ceciliavision.github.io/graphics/a3/

Politechnika Wrocławska

To wszystko na dziś.

Do zobaczenia za tydzień!