

Dariusz Pleśniak
Akademia im. J. Długosza
Częstochowa

**Współczynnik załamania światła wody i szkła
Fotografia vs. grafika 3d**

**The refractive index of water and glass
Photography vs. 3d graphics**

Streszczenie

Artykuł dotyczy kwestii, w jakim stopniu wirtualny aparat jest w stanie odwzorować obraz konkretnego szklanego obiektu, by był on zbliżony do oryginału. Proces odtworzenia obiektów przezroczystych tak, aby wyglądały wiarygodnie i realistycznie, stwarza liczne trudności, a ich poziom zdecydowanie wzrasta, gdy staramy się odwzorować realny przezroczysty obiekt, który utrwalony jest za pomocą tradycyjnej kamery. Odpowiedź na pytanie, jaki obraz uzyskamy z wirtualnego aparatu zaimplementowanego w programie 3dsMax w porównaniu do fotografii rzeczywistego szklanego obiektu, udzielona została na podstawie przeprowadzonych testów porównawczych, w których wykorzystany został wspomniany program i aparat fotograficzny Canon 550D.

Słowa kluczowe: 3dsMax, cyfrowy aparat, wirtualny aparat, wirtualna fotografia, odwzorowanie rzeczywistości, szkło w 3dsMax.

W chwili pojawienia się komputerów prawdopodobnie nikt nie spodziewał się, że będą one w stanie generować fotorealistyczne obrazy. Powolna przemiana urządzenia liczącego w generator obrazów i prostych rysunków powodował jednak coraz większy apetyt, zapotrzebowanie na obraz lepszej jakości, początkowo w formie gotowej bitmapy lub wykreślanych linii. Wraz z mocą komputerów rosły ich graficzne możliwości, co nie dotyczyło tylko ówczesnych superkomputerów, ale także komputerów domowych, takich jak np.: ZX Spectrum. Pomimo iż było to urządzenie 8-bitowe i posiadające pamięć operacyjną mniejszą niż niejeden dzisiejszy plik tekstowy z Word Office¹, to już na niej pojawiały się pierwsze grafiki 3D. Były bardzo proste i ze względu na niewielką szybkość komputera rysowane na tyle wolno, iż można było śledzić proces powstawania poszczególnych linii. Następcy, czyli 16-bitowe komputery radziły sobie już zdecydowanie lepiej, a każda kolejna generacja pozwalała uzyskać coraz lepsze efekty. W początkach grafiki 3D rysowano tylko kontury wieloboków. Dzisiaj taki typ grafiki określamy jako *wireframe*, czyli widok siatki obiektu. Kolejnym etapem było ukrywanie niewidocznych linii „zasłanianych” przez wieloboki. W procesie obliczeń powstawały one z trójkątów, ponieważ przy trzech punktach stanowiących wierzchołki trójkąta, zawsze można wyznaczyć płaszczyznę, na której spoczywają wspomniane wieloboki, co ułatwiało obliczenia. W ten sposób powstały konturowe bryły, których kontury siatki określały ich kształt. Kolejnym etapem było dążenie, aby nadać im głębię i dla każdego trójkąta obliczano jego ułożenie względem punktu oświetlenia. W okresie gdy grafika 3D pozwalała uzyskiwać bryły, problemem stanowiło stworzenie obiektów gładkich odbijających światło (na zasadzie lustra) lub przezroczystych. W pierwszej kolejności poradzono sobie z przezroczystymi obiektami, które rysowano na tle innych obiektów, na zasadzie farb wodnych. W wyniku takiego działania obiekty te przypominały bardziej „duchy” niż przezroczyste bryły. Ale w sposób umowny technika ta spełniała swoje zadanie. Z chwilą powstania bardziej zaawansowanych algorytmów renderowania wspomaganych coraz większą mocą obliczeniową komputerów pojawiła

¹ ZX Spectrum posiadał w zależności od wersji 16 kB lub 48 kB. https://pl.wikipedia.org/wiki/ZX_Spectrum [dostęp 02-02-2017].

się możliwość symulacji IOR², czyli współczynnika załamania światła. Algorytmy te także przeszły olbrzymią ewolucję: rozwijane i optymalizowane, coraz wierniej oddające zjawisko przeźroczystości³.

Jego ocenę jakościową w porównaniu z obrazem uzyskanym za pomocą aparatu fotograficznego umożliwi procedura badawcza zaproponowana przez autora.

Do pierwszego testu przygotowana została prosta martwa natura ustawiona na stoliku bezcieniowym, składająca się w jednej wersji z dwóch przedmiotów. Pierwszym z nich był kieliszek, a drugim drewniany sześcián, pozbawiony bocznych ścianek, który został ustawiony za kieliszkiem. Lokalizacja taka pozwalała lepiej zaobserwować, jak szkło wpływa na obraz przedmiotu oraz tła znajdującego się za nim. Dodatkowo na stoliku zostały położone wydruki tablic do testów rozdzielczości. Tak przygotowana martwa natura została sfotografowana, a następnie przygotowano jej drugą wersję, która pozbawiona była drewnianej kostki (ilustracja 1).

Kolejnym etapem było odtworzenie sceny w wirtualnym świecie. W tym wypadku stół bezcieniowy i podłóże były już wstępnie gotowe, ponieważ zostały stworzone przez autora do testu porównawczego jakości odtworzenia efektu głębi ostrości w wirtualnym aparacie względem Canona 550D⁴. Głównym elementem pozostało stworzenie kieliszka. Najpierw powstał jego przekrój boczny, a dokładniej mówiąc jego lewa połowa zgodnie z wymiarami oryginału, następnie ów przekrój obrócono wokół osi, wytłaczając wirtualny kieliszek. Pozostała tylko kwestia wyboru materiału i jego odpowiednich cech fizycznych, co sprowadzało się między innymi do wyboru odpowiedniego silnika renderującego.

Decyzja ta wynikała z faktu, że różne silniki renderujące odmiennie podchodzą do procesu tworzenia wirtualnego środowiska. W naszym realnym świecie światło, czyli widzialna część promieniowania elektromagnetycznego, pada na jakiś obiekt, a następnie najczęściej jest przez niego częściowo pochłaniana. Pozostała część, która odbiła się i dotarła do

2 Index of refraction.

3 https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_graphics [dostęp 02-02-2017].

4 Dariusz Pleśniak, *Canon 550D vs. wirtualny aparat w 3ds Max*, Prace Naukowe AJD, Edukacja Plastyczna, z. XI, Częstochowa 2016.

naszych oczu jest interpretowana przez nasz mózg jako konkretny kolor. W przypadku niektórych silników renderujących mamy wyraźne rozróżnienie na obiekty: „nieodbijające” światła (matowe), takie które je odbijają i obiekty przezroczyste. Przy czym za obiekty odbijające światło uznaje się te, które mają symulować efekt lustrzany, gdzie możemy zobaczyć odbicie otaczających ów obiekt przedmiotów. To podejście wynika z chęci uzyskania lepszej wydajności i skrócenia czasu renderowania, natomiast używane nazwy są umowne. W przypadku obiektów „nieodbijających światła” – matowych, oblicza się, w jaki sposób światło na obiekt pada, jak jest rozpraszane, ale nie uwzględnia się odbicia światła od otaczających go przedmiotów. Zabieg ten pozwala znacząco przyspieszyć proces renderingu⁵.

W realnym świecie, jeśli na białej kartce położymy zielony sześciąt, to padające na niego światło odbija się i wpływa na białą kartkę, nadając jej zielony odcień. W przypadku silnika renderującego działającego w opisywanym wcześniej schemacie, wirtualna kartka będzie niezmiennie biała, niezależnie od tego, czy jest na niej zielony sześciąt, czy go nie ma. Jest jednak cały szereg typów silników renderujących, które uwzględniają opisany przed chwilą przykład oddziaływań obiektów na siebie, opierają się np.: na emitowaniu wirtualnych fotonów. Im więcej się ich wyemituje, tym lepszej jakości jest końcowy efekt, jednak dzieje się to kosztem znacznego wydłużenia czasu renderowania. Nie jest to jedyny sposób stosowany przy renderingu, ponieważ używa się m.in. metody promieni śledzonych od kamery w kierunku sceny, tak aby określić, co będzie widoczne na ostatecznym obrazie. Często stosuje się tzw. metody hybrydowe, gdzie wykorzystuje się łączenie dwóch typów obliczeń. Ze względu na lepsze wyniki końcowe autor zdecydował się na silnik Vray stosujący między innym hybrydowe połączenie technik: Irradiance map + mapy fotonowe⁶.

Po dokonaniu wyboru wykonany został wstępny rendering, którego efekt nie był zbyt zadowalający. Wynikało to między innymi z faktu, że szklane naczynia nigdy nie są doskonałe. Mają szereg drobnych deforma-

5 https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_graphics [dostęp 02-02-2017].

6 <https://en.wikipedia.org/wiki/V-Ray> [dostęp 02-02-2017].

cji często niewidocznych na pierwszy rzut oka: drobne zabrudzenia i rysy, różne grubości ścianek i wady w samej geometrii obiektu. Tymczasem stworzony przekrój boczny kieliszka i wytłoczony wzdłuż osi obraz finalny dał perfekcyjny obiekt, lecz w odbiorze wizualnym bardzo nienaturalny (ilustracja 2).

Zmiana tego stanu rzeczy nie była prosta i subtelności kształtu kieliszka wraz z deformacjami nie udało się zrealizować. Powierzchnowe pomiary przy użyciu linijki nie były wystarczające. Dodatkowo przez nieuwagę przy wykonywaniu fotografii kieliszka oprócz dwóch lamp ustawionych po bokach świeciły się sufitowe jarzeniówki, które dawały dodatkowe odbłaski, a nie były uwzględnione w przestrzeni wirtualnej. Po dodaniu brakującego cyfrowego oświetlenia wykonanych zostało szereg prób i testów z różnymi deformacjami, ale nie dały satysfakcjonującego efektu, w stosunku do fotografii (ilustracje od 3–9).

W konsekwencji, z braku zadowalających efektów kieliszek został porzucony na rzecz wykonanego w teście drugim innego obiektu, którym była szklanka wypełniona do połowy wodą i z zanurzonym pędzelkiem. Cyfrowy model szklanki od początku został lekko zdeformowany i przybrudzony poprzez nałożenie odpowiedniej tekstury.

Już w trakcie pierwszych wstępnych renderingów efekt był znacznie bardziej obiecujący niż w przypadku cyfrowego kieliszka (ilustracje 10 i 11).

Porównując model cyfrowy oraz zdjęcie widać, że w pewnym przypadku woda w szklance odkształca obraz tła zupełnie inaczej niż na zdjęciu. Także „złamanie” pędzelka na pograniczu cieczy i powietrza wygląda inaczej. Uzyskano także wiarygodny wygląd zabrudzeń w cyfrowym modelu. Widoczny był także odmienny kształt szklanki cyfrowej w stosunku do sfotografowanej, co wynikało z pomiarów zrobionych na innej szklance (na pierwszy rzut oka wyglądały podobnie, ale nie były z tego samego kompletu). W kolejnych testowych renderingach wykorzystano nowy model szklanki. Pozytywne rezultaty w wyglądzie odkształceń obrazu uzyskano po zmianie parametru IOR. Podawane w Internecie wartości prawdopodobnie są uśrednione, a jego drobna zmiana daje zupełnie

inny obraz zniekształceń. Na ilustracjach od 12–18 widzimy trzy bryły o różnych kształtach, ale o tej samej wartości IOR dla danej substancji: alkoholu, diamentu, kryształu, lodu, szkła, tlenu (w formie cieczy) i wody. Co pozwala porównać, jak wpływa IOR na zniekształcanie obrazu na poszczególnych bryłach.

Tworząc wirtualny świat możemy robić rzeczy nieistniejące w realnym świecie, np.: obiekt, który odbija więcej światła niż na niego pada, przedmiot, który na renderingu jest niewidoczny, ale odbija się w lustrzanych powierzchniach, lub obiekt, na który nie pada nigdy żaden cień.

Jedną z technik stosowanych do łączenia filmu z grafiką 3D jest mapowanie określonej powierzchni, czyli nakładanie na cyfrowy obszar zdjęcia lub filmu. Można na przykład nakręcić wewnątrz pustego pokoju i dodać w 3D robota, który jest błyszczący, a jego powierzchnia odbija przedmioty istniejące w prawdziwym pokoju. Realizujemy to przez stworzenie ich w miarę przybliżonego modelu wraz z pokojem. Na ten model rzutujemy mapę w postaci filmu lub zdjęcia i generujemy robota. Jego błyszczące powierzchnie odbijają cyfrowe obiekty, które jednak same w sobie nie są widoczne, bo zostały z renderingu wyłączone, a w ich miejsce widzimy obraz nakręconego wcześniej filmu. W konsekwencji otrzymujemy wiarygodne i udane połączenie filmu i grafiki 3D. W przypadku, gdy renderowany obiekt, który ma być dołączony do filmu, nie ma przezroczystych lub lustrzanych powierzchni, stosuje się często tylko płaszczyznę z materiałem zwanym „łapaczem cieni”, aby wygenerowany robot mógł rzucać cień na obiekty w filmie.

Ostania ilustracja prezentuje końcowy wynik testu, gdzie obok siebie umieszczone są dwie szklanki, z których jedna jest fotografią, a druga wygenerowana. Ich porównanie pozwala stwierdzić, że w obu wypadkach woda zniekształca obraz za nimi w dokładnie taki sam sposób (cyfrowa szklanka została wyrenderowana na tle z rzutowaną fotografią, w technice opisanej powyżej).

Bibliografia

Druki zwarte

Elliott S., Miller P., *3D Studio Max. Doskonałość i precyzja*, t. 1, Helion, Gliwice 1997.

Elliott S., Miller P., *3D Studio Max. Vademecum profesjonalisty*, t. 2, Helion, Gliwice 1997.

Murdock Kelly L., *3ds Max 2012. Biblia*, Helion, Gliwice 2012.

Netgrafia

<http://docs.autodesk.com/3DSMAX/15/ENU/3ds-Max-Help/>

<http://pl.wikipedia.org/wiki/V-ray>

https://forums.autodesk.com/td-p/352615906_r

https://pl.wikipedia.org/wiki/symulacja_komputerowa

https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_graphics

Summary

The article deals with the question to what extent a virtual camera is able to reproduce the image of a particular glass object in order to bring it closer to the original. The process of recreating transparent objects so that they look credible and realistic creates many difficulties, and their level definitely increases when we try to reproduce the real transparent object, which is fixed by means of a traditional camera. The answer to the question of what image we will get from a virtual camera implemented in 3dsMax compared to a real glass object was given on the basis of conducted comparative tests, which used this program and the camera Canon 550D.

Keywords: 3dsMax, digital camera, virtual camera, virtual photography, reality mapping, glass in 3dsMax



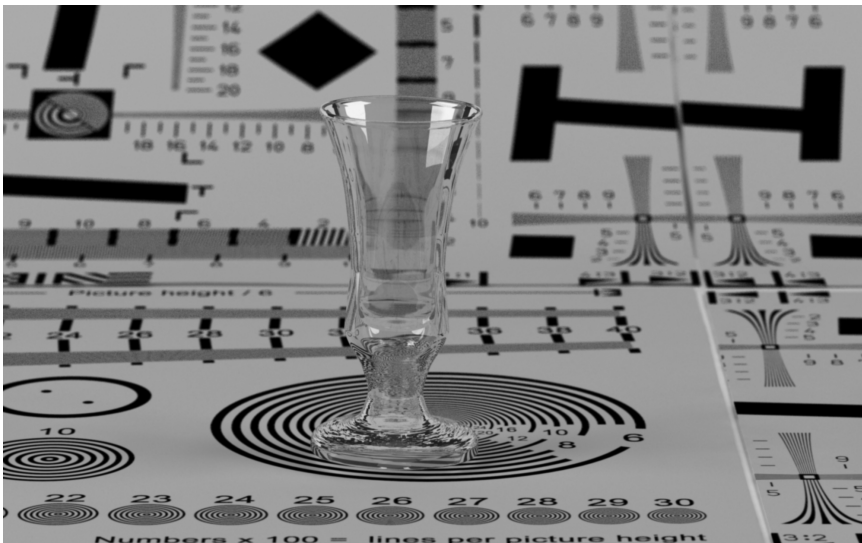
1. Kieliszek na stole bezcieniowym, przygotowany do pierwszego testu. Foto: autor



2. Dwa obiekty po prawej stworzone są bez jakichkolwiek skaz i deformacji.
Rendering: autor



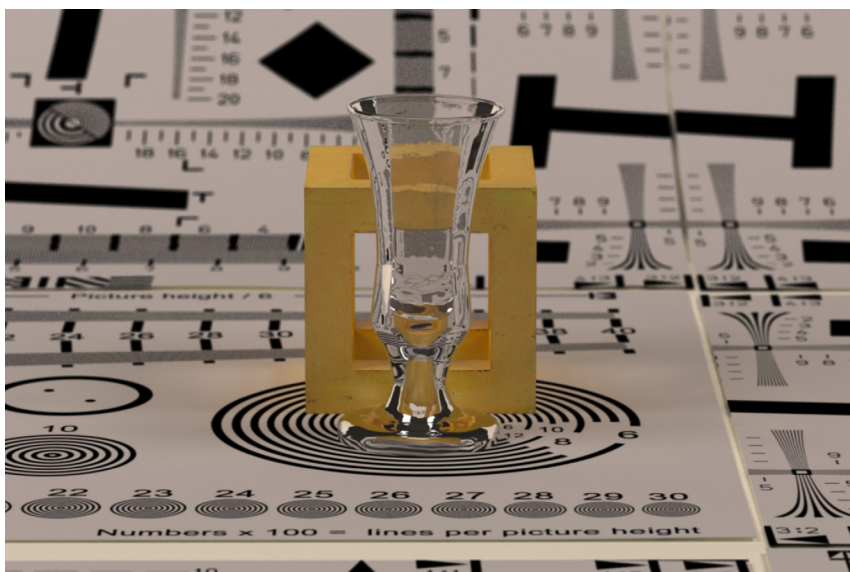
3. Fotografia aparatem Canon 550D. Foto: autor.



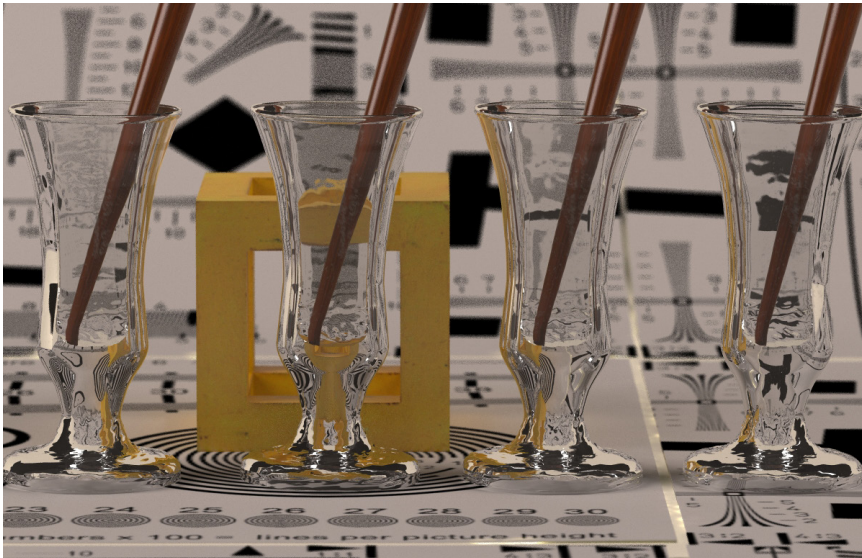
4. Grafika 3D



5. Fotografia aparatem Canon 550D. Foto: autor.



6. Grafika 3D



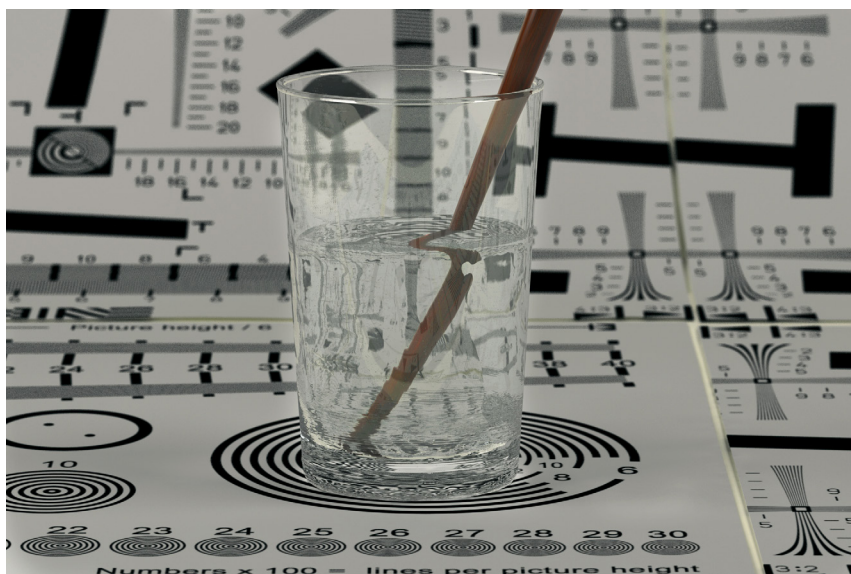
7. Grafika 3D



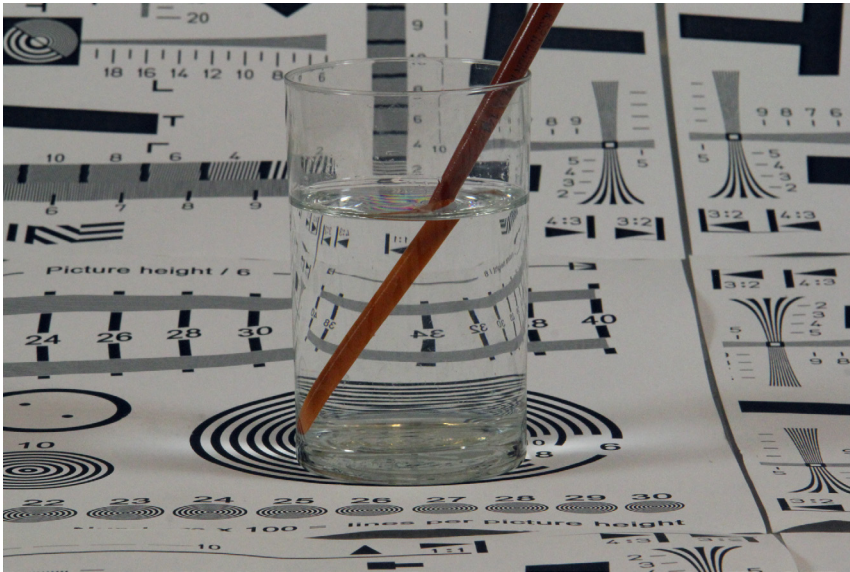
8. Grafika 3D



9. Grafika 3D



10. Grafika 3D



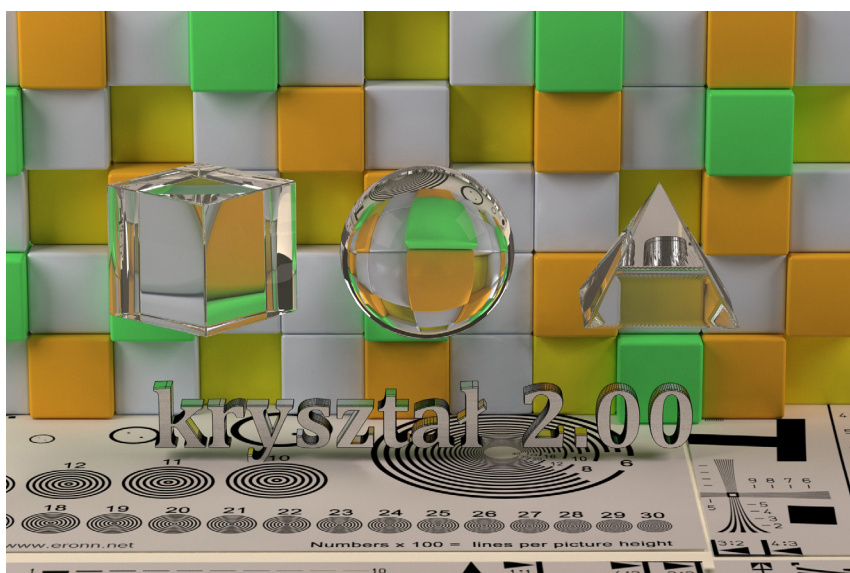
11. Fotografia aparatem Canon 550D. Foto: autor.



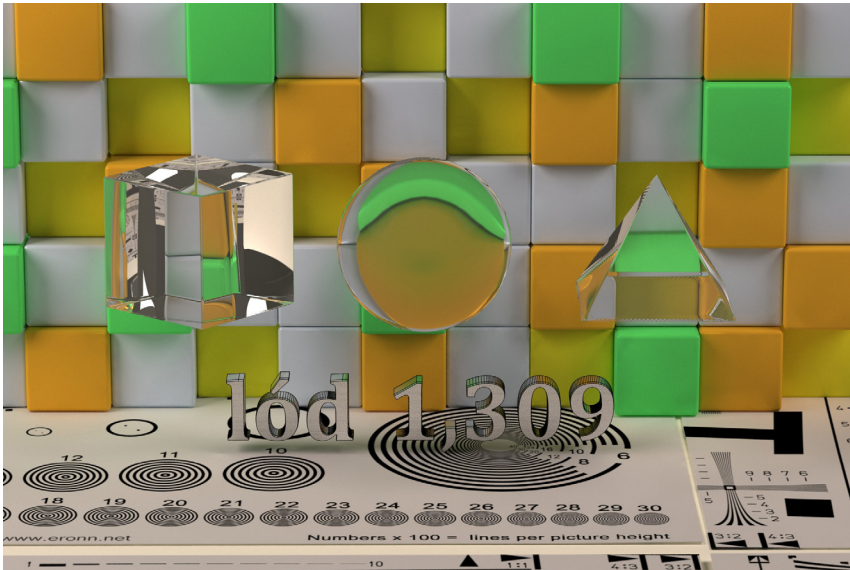
12. Grafika 3D (IOR dla alkoholu)



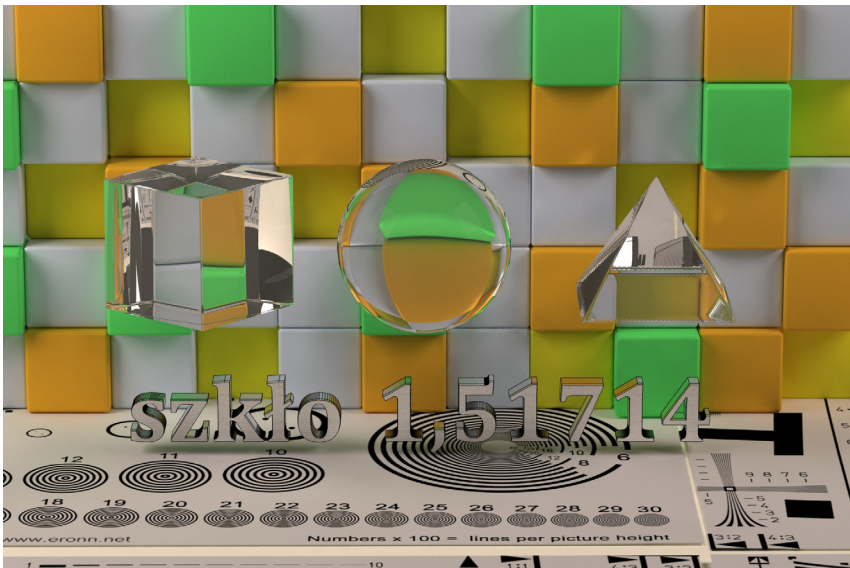
13. Grafika 3D (IOR dla diamentu)



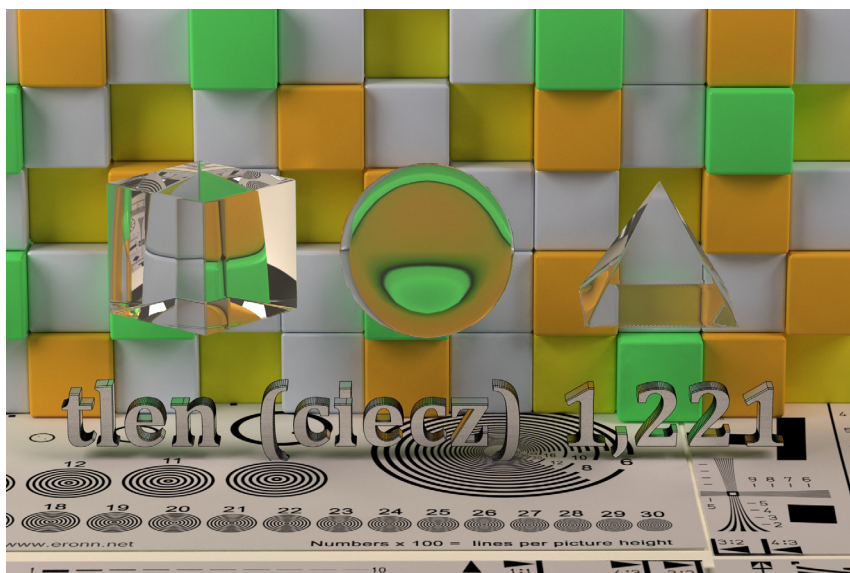
14. Grafika 3D (IOR dla kryształu)



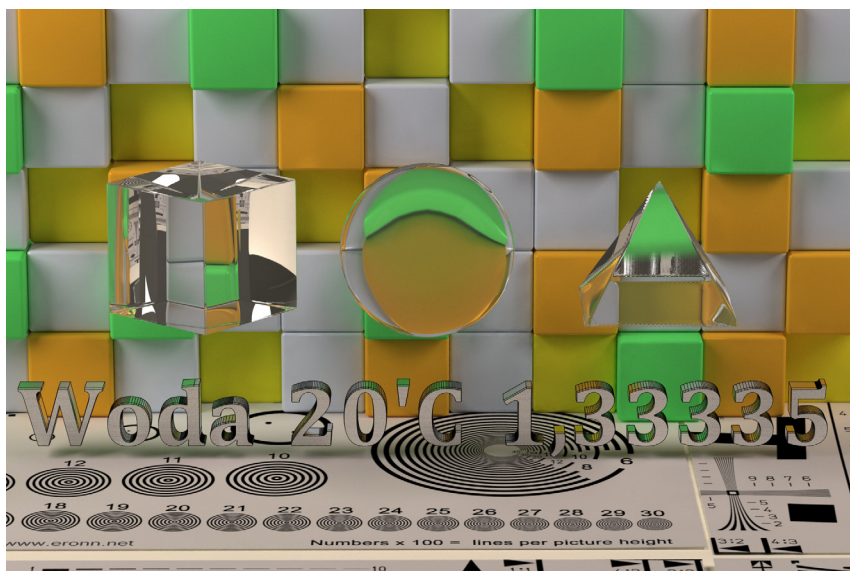
15. Grafika 3D (IOR dla lodu)



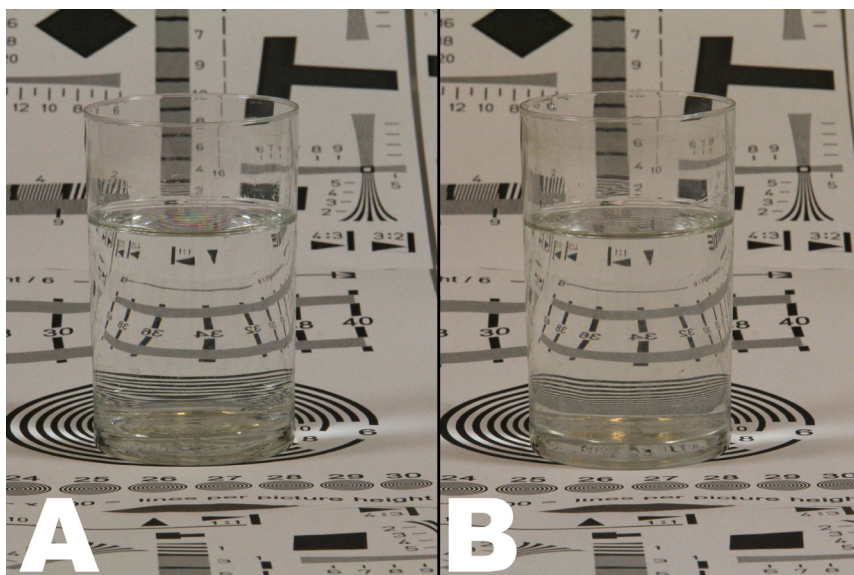
16. Grafika 3D (IOR dla szkła)



17. Grafika 3D (IOR dla ciekłego tlenu)



18. Grafika 3D (IOR dla wody)



19. Porównanie: fotografia (A) vs. grafika 3D (B)