

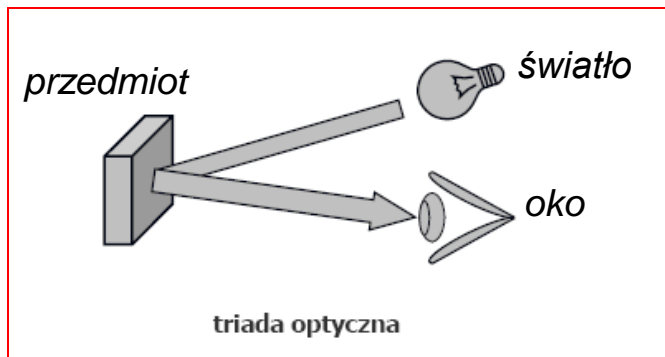
GRAKO: ŚWIATŁO I CIENIE

- Metody oświetlania
- Metody cieniowania
- Przykłady

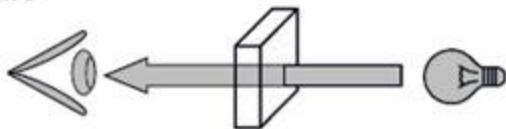


OŚWIETLENIE: elementy istotne w projektowaniu

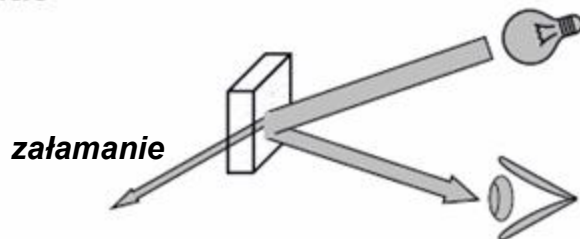
- Rozumienie fizyki światła w realnym świecie
- Rozumienie procesu percepcji światła
- Opracowanie sposobu ukazania świata realnego (modelowanie percepcji odbioru rzeczywistości)



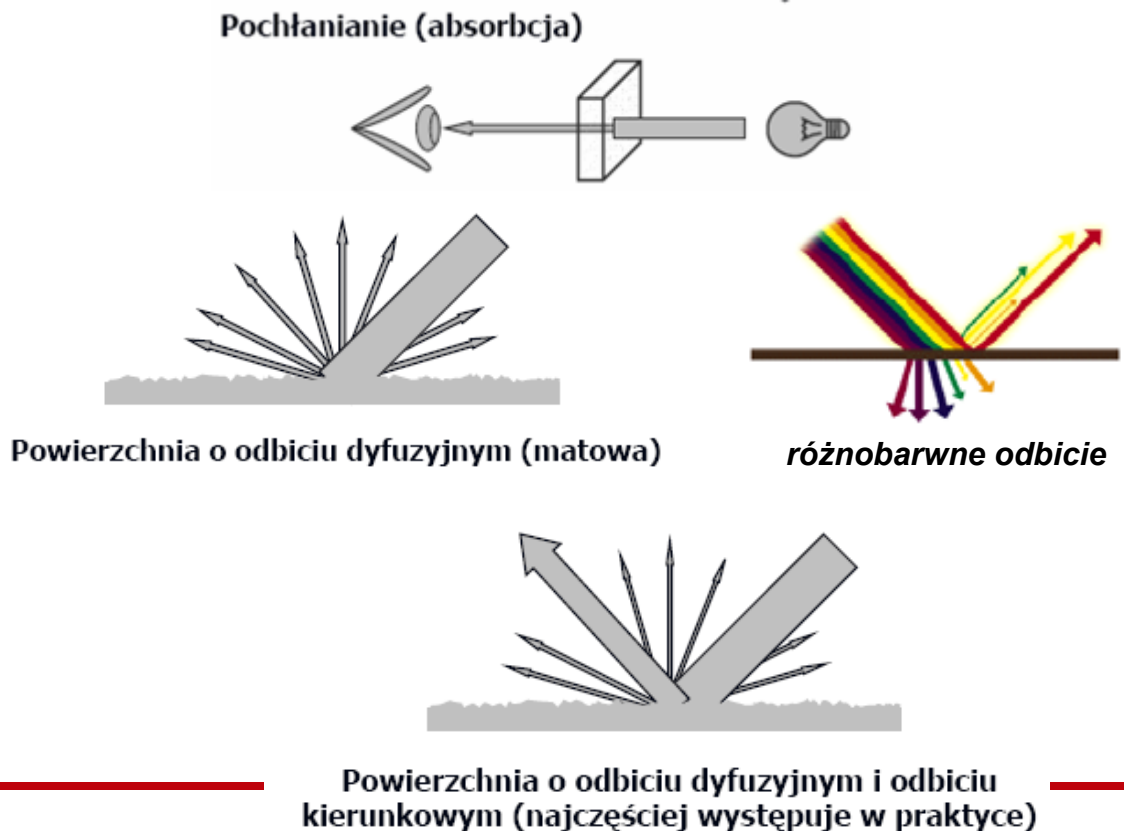
Przenikanie



Odbicie



załamanie



Trochę fizyki percepcji światła

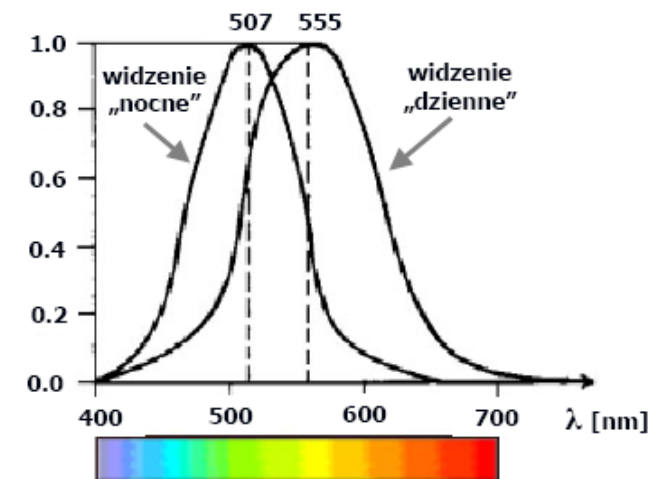
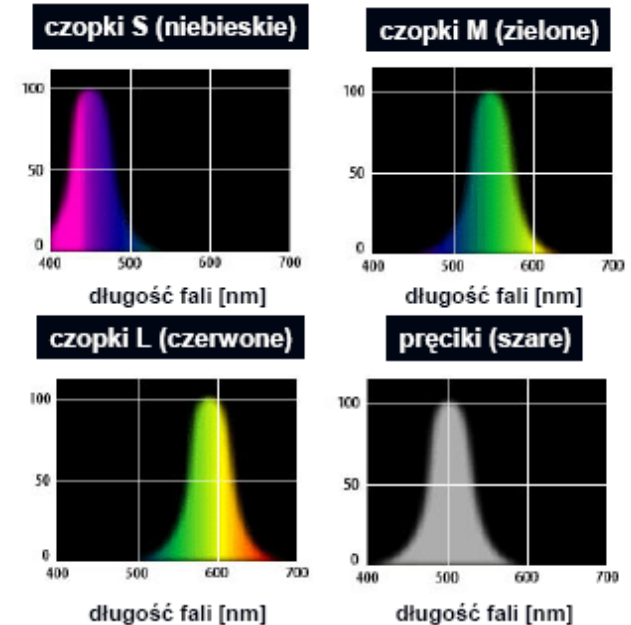
trzy rodzaje światłoczułych receptorów siatkówki – **czopków** o odmiennej charakterystyce widmowej:

- szybka reakcja na światło
- duża ostrość
- niewielka czułość (światło bezpośrednie)

pręciki:

- widzenie przy bardzo słabym oświetleniu (światło rozproszone, bez rozróżniania barw)
- postrzeganie kształtów i ruchu
- wolniejsza reakcja na światło
- ograniczona ostrość widzenia

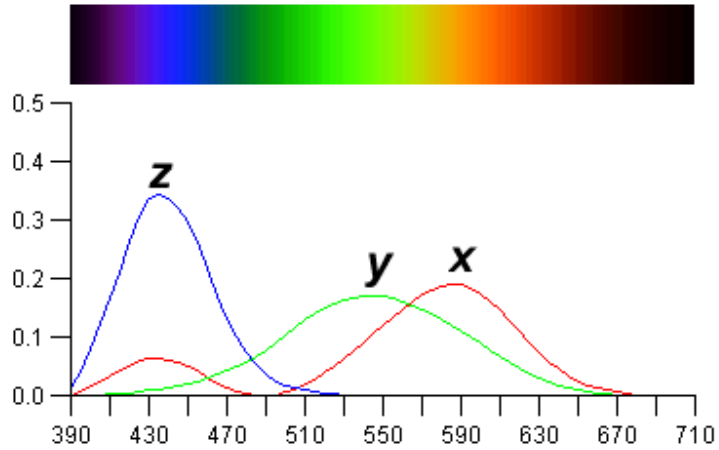
- najlepiej widzimy (z zakresu 380-780 nm) barwę żółtozieloną o długości fali 550 nm
- najgorzej widzimy barwę niebieską 440 nm
- potrafimy rozróżnić maksymalnie 128 nasyconych barw
- potrafimy rozróżnić do około 30 odcieni tej samej barwy



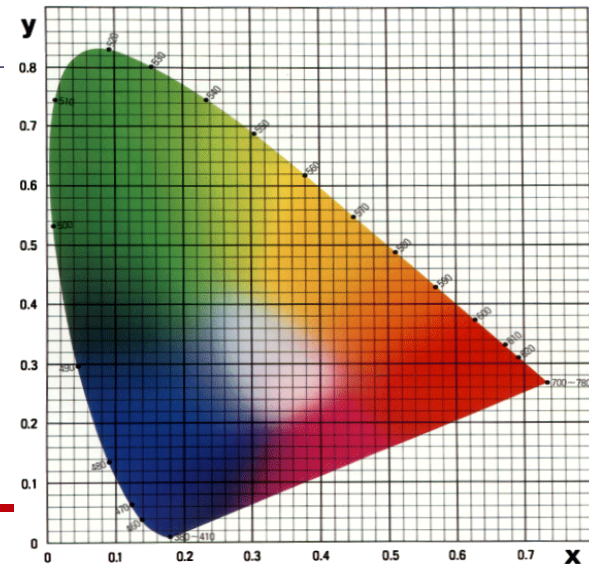
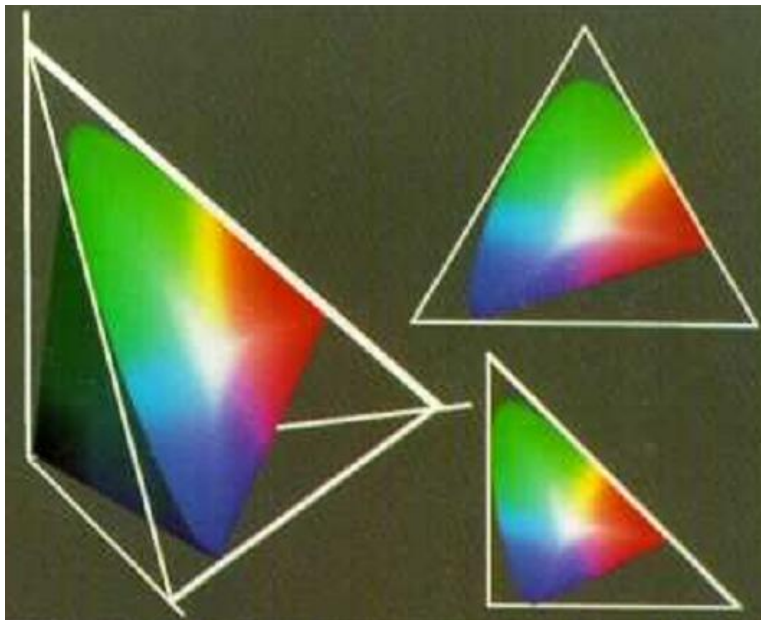
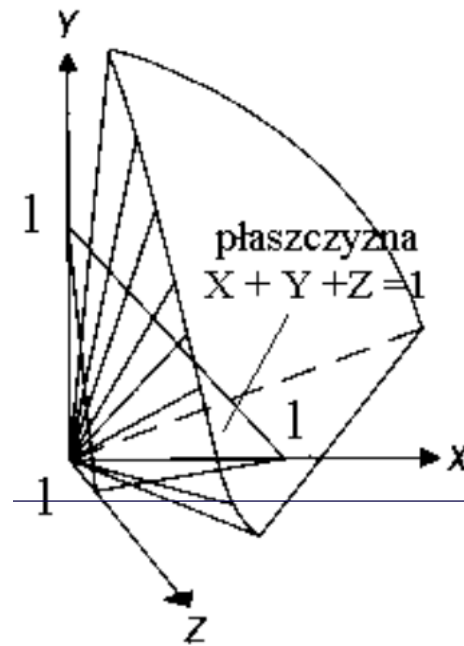
Przestrzenie barw

- sprzętowe
 - RGB (monitory - oko), nie pozwala na równomierny opis zdolności percepcji zmian barwowych, składowe zależne, opis niejednoznaczny
 - HSV (procesory grafiki), odpowiednik RGB we współrzędnych biegunowych, z korekcją gamma
 - CMY, CMYK (drukarki)
 - percepcji
 - XYZ (z 1931 roku, niezależna, pozwalające określać kolory w sposób bezwzględny, jednoznaczny)
 - YIQ (w tv NTSC)
 - YUV (w tv PAL)
 - YCrCb (JPEG, MPEG)
 - CIE Luv i CIE Lab (z nieliniowymi modelami dającymi równomierny rozkład percepcji barw)
 - wiele definicji określających poszczególne przestrzenie barw, szczególną pozycję zajmują normy międzynarodowego komitetu CIE (International Commission on Illumination)
-

XYZ

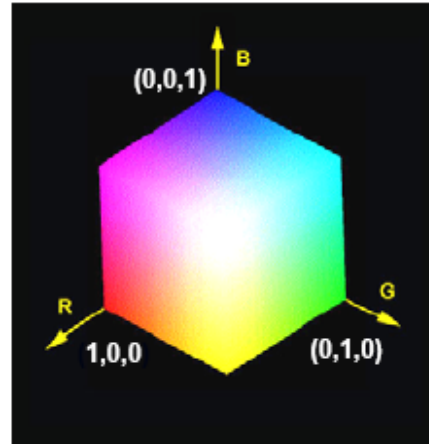
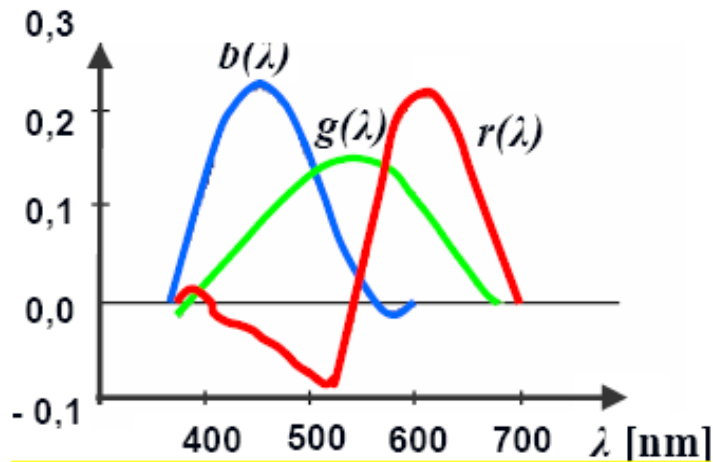


percepcja dowolnej czystej barwy może być uzyskana za pomocą dodatniej kombinacji X,Y,Z (model z 1931 r)



Modele barw - RGB

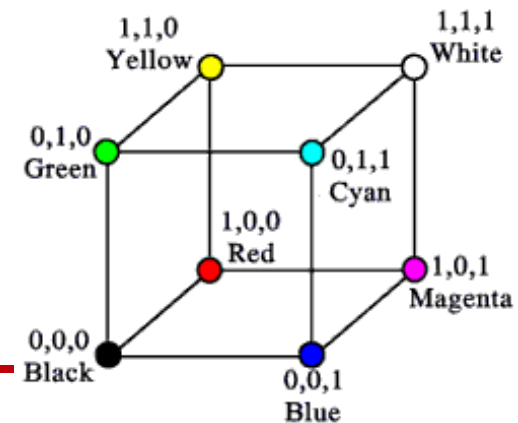
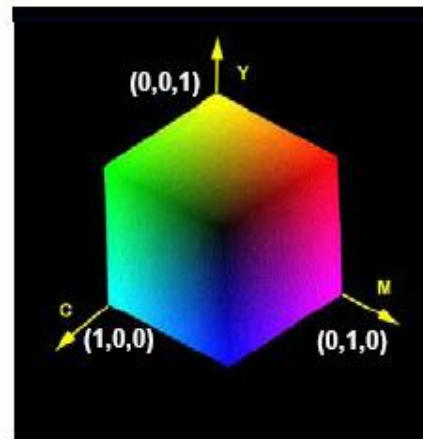
■ RGB



1. Barwa = $[R, G, B]$, $R, G, B \in [0, 1]$.
2. Przekątna sześcianu od $[0, 0, 0]$ do $[1, 1, 1]$ - oś szarości, od barwy czarnej do białej.
3. Pozostałe barwy jakie można utworzyć z barw podstawowych R, G, B - wewnątrz sześcianu.
4. Zachodzi sumowanie barw np. proces wyświetlania na monitorze ekranowym.
5. Zaleta - łatwość odtworzenia barwy opisanej.
6. Wada - trudność w opisaniu barwy wyobrażonej.

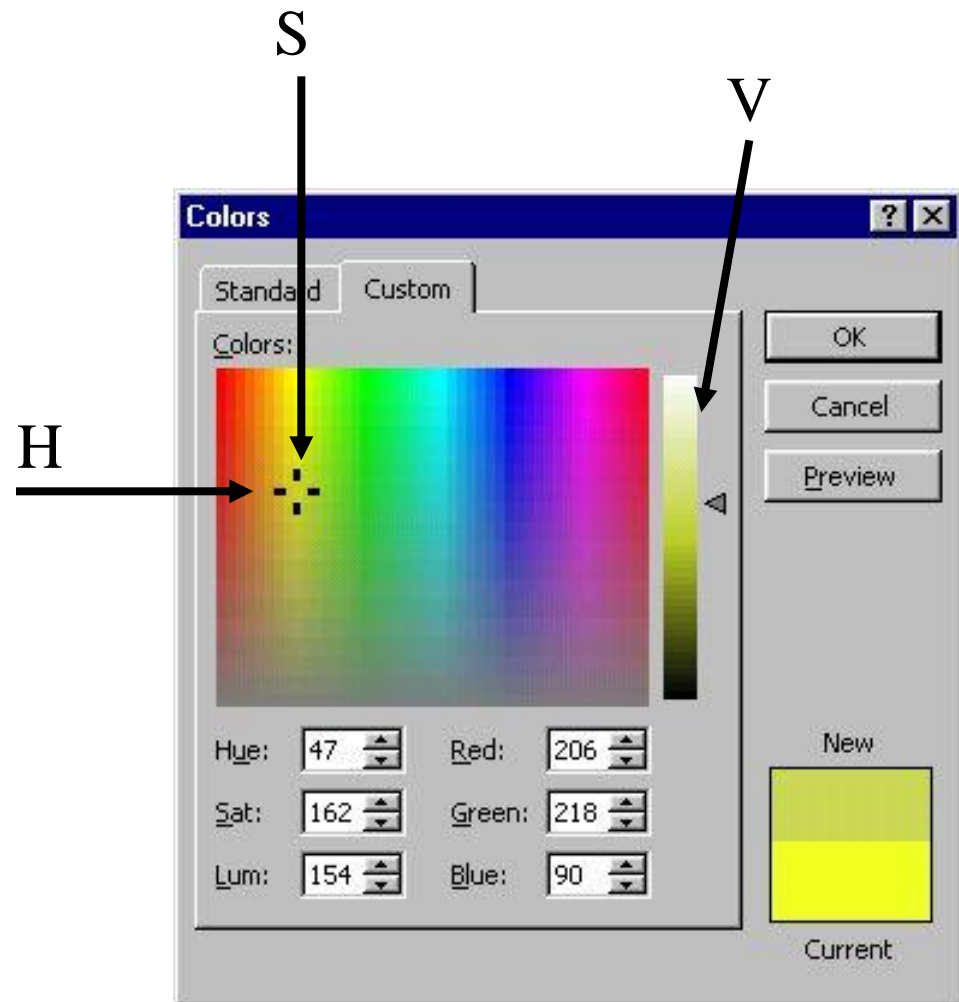
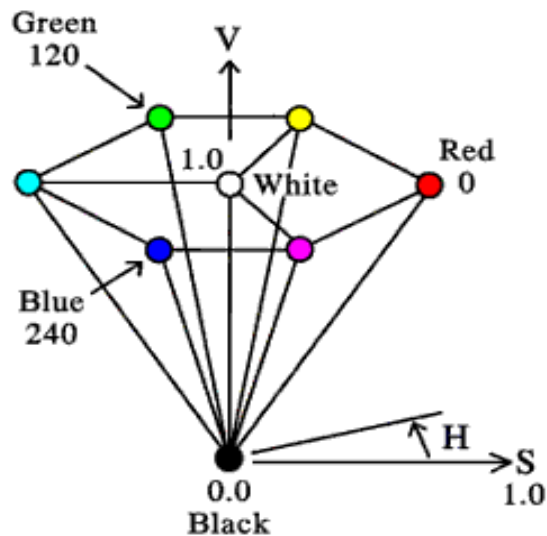
■ CMY

(cyan, magenta, yellow)



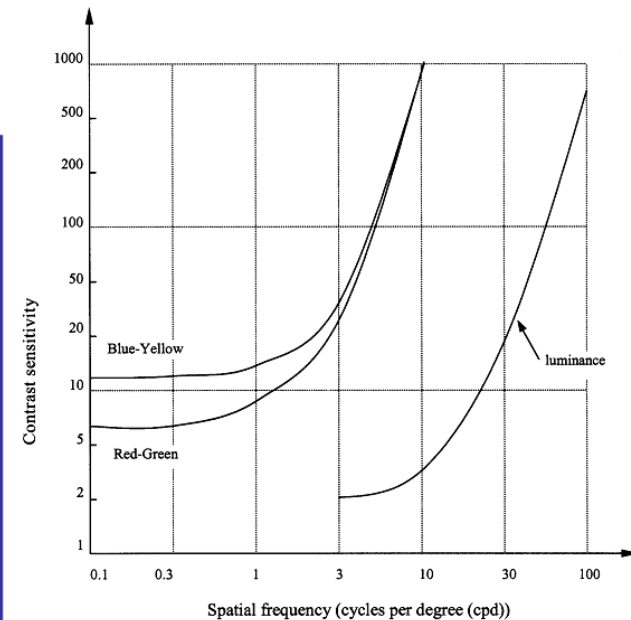
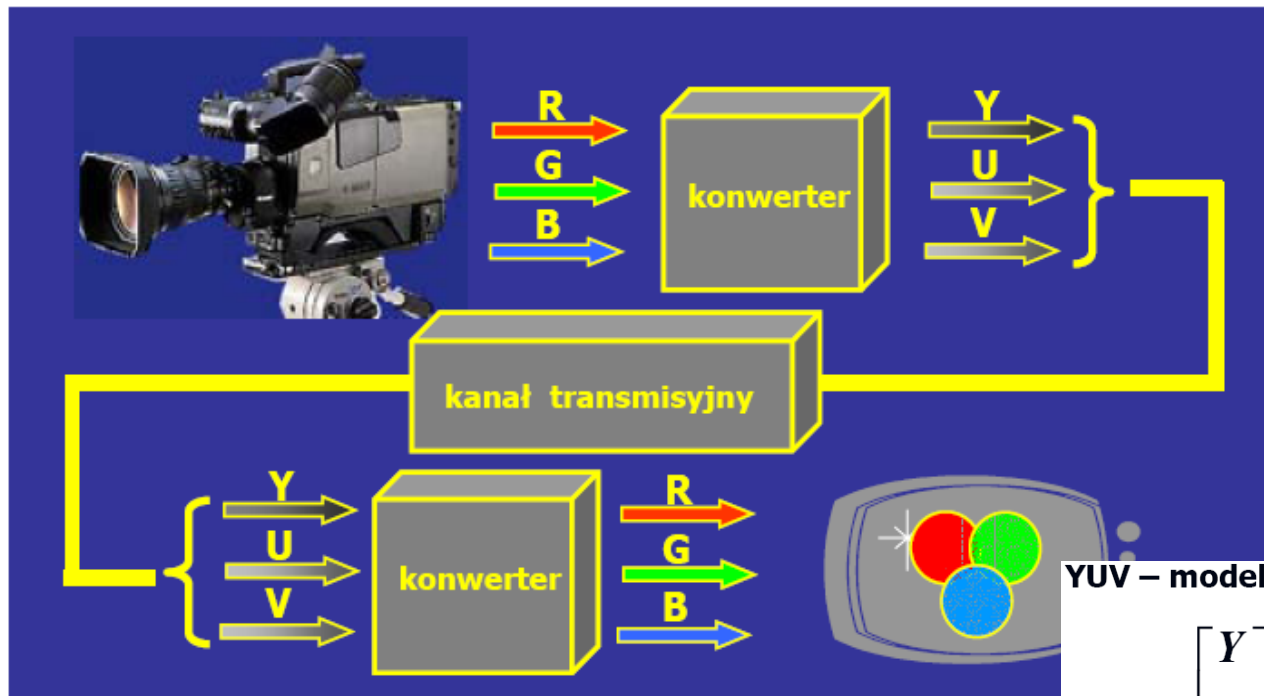
Przestrzeń kolorów HSV

- H = odcień
- S = nasycenie
- V = jasność



Wydzielenie luminancji

luminancja (Y) – informacja o jasności, obraz w szarości
chrominancja (UV, IQ) – informacja o barwie



YUV – model dla telewizji w systemie PAL

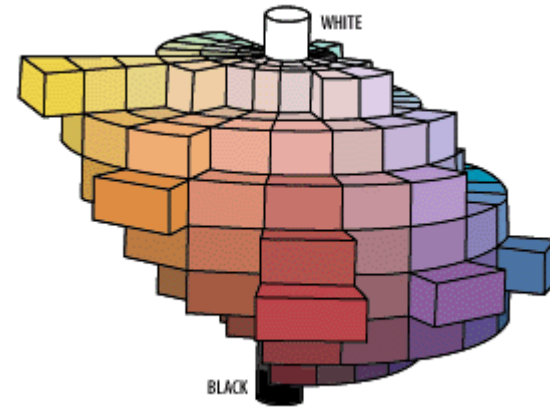
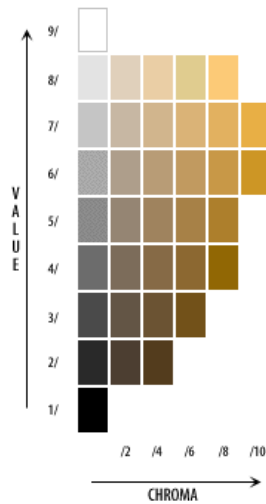
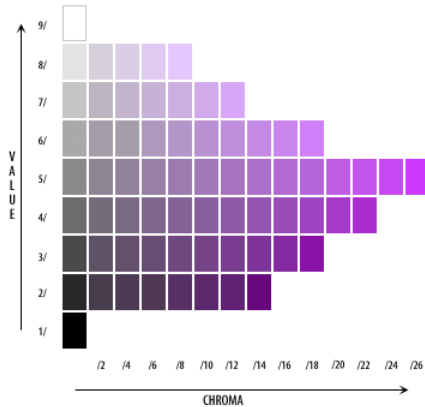
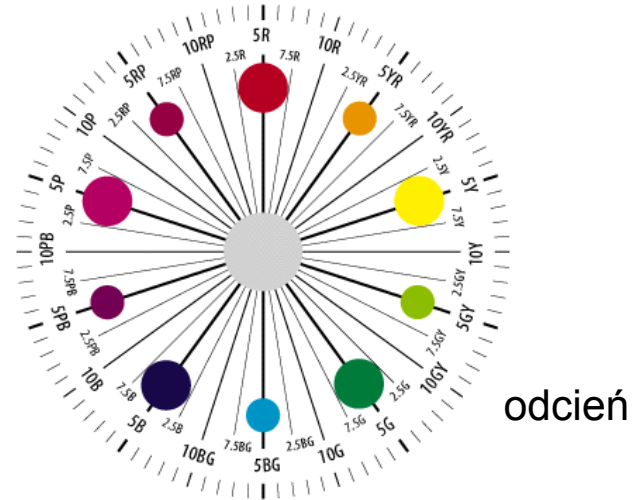
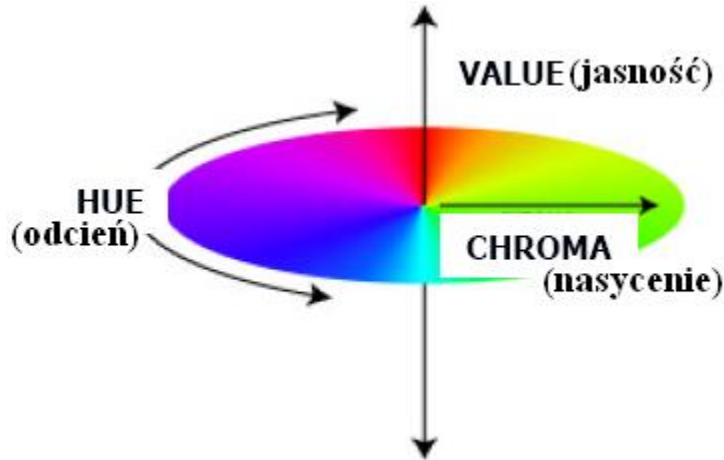
$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.229 & 0.587 & 0.114 \\ -0.146 & -0.288 & -0.434 \\ 0.617 & -0.517 & 0.100 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

YIQ – model dla telewizji w systemie NTSC

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.229 & 0.587 & 0.114 \\ -0.168 & -0.257 & -0.321 \\ 0.212 & -0.528 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Model Munsella

Percepcyjnie równomierny, niezależny

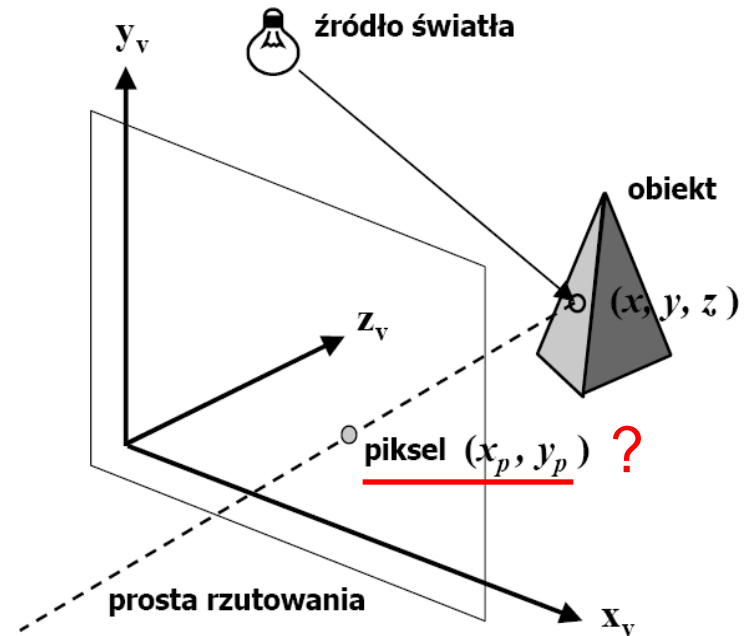


Munsell, A Color Notation, 1905

http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/munsell.html

Problem oświetlenia scen 3W

- Percepcja światła (barwa)
- Komputerowa generacja/reprezentacja koloru
- Oddziaływanie światła i obiektów



symulacja fizyki zjawiska (optyka)
plus komputerowe triki
przyspieszające symulację

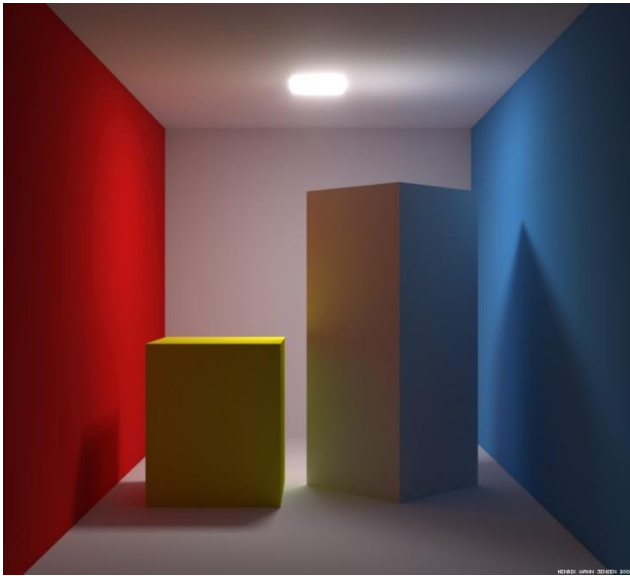
Od czego zależy jasność (x_p, y_p)

- Geometria układu źródło światła – obiekt – rzutnia
- Charakterystyka źródła światła (kolor, intensywność, kierunkowość, kształt, polaryzacja)
- Charakterystyka powierzchni obiektu (spektrum światła odbitego, pozycja, orientacja, mikrostruktura)
- Charakterystyka rozchodzenia się światła odbitego i rozproszonego
- Oświetlenie obiektów światłem odbitym i rozproszonym



Definicje

- **Iluminacja** (bezpośrednia i pośrednia): transport energii od źródeł światła do powierzchni i punktów

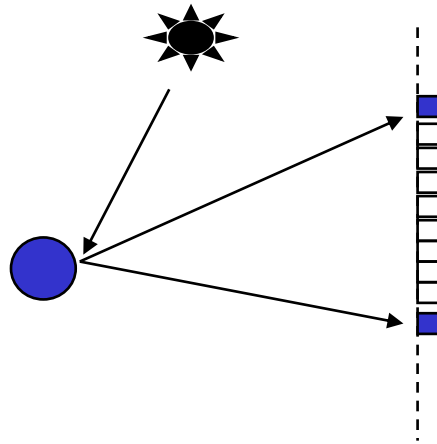


Images by Henrik Wann Jensen

- Modele iluminacji :
 - **empiryczne**: proste formuły przybliżające obserwowane zjawisko (stosowane w 'szybkiej' grafice interaktywnej - uproszczone źródła, tylko luminancja bezpośrednia)
 - **fizyczne**: modele wykorzystujące fizykę oddziaływania światła z materią (bardziej realistyczna grafika)

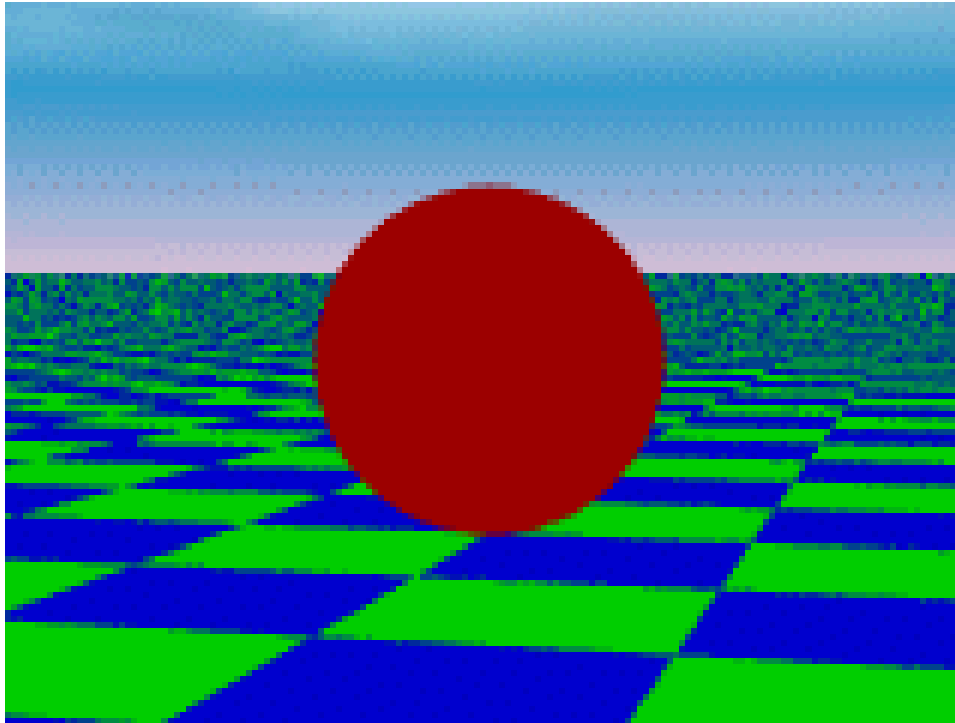
Definicje

- **Oświetlanie**: proces obliczania intensywności świecenia (światła wychodzącego) w punkcie (obiekcie) przestrzeni 3W, zwykle na powierzchni
- **Cieniowanie**: proces przypisania koloru pikselom



MODELE ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA

Światło otoczenia



Nieistotna pozycja źródła światła i obserwatora, nachylenie powierzchni

Modele źródeł światła: światło otoczenia (pośrednia iluminacja)

Model oświetlenia światłem otoczenia:

Założenia:

- Na scenie występuje jedynie światło rozproszone (bezkierunkowe).
- Powierzchnie obiektów odbijają światło

Model oświetlenia:

$$I = I_a \cdot k_a$$

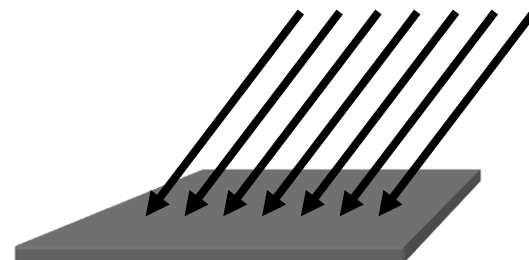
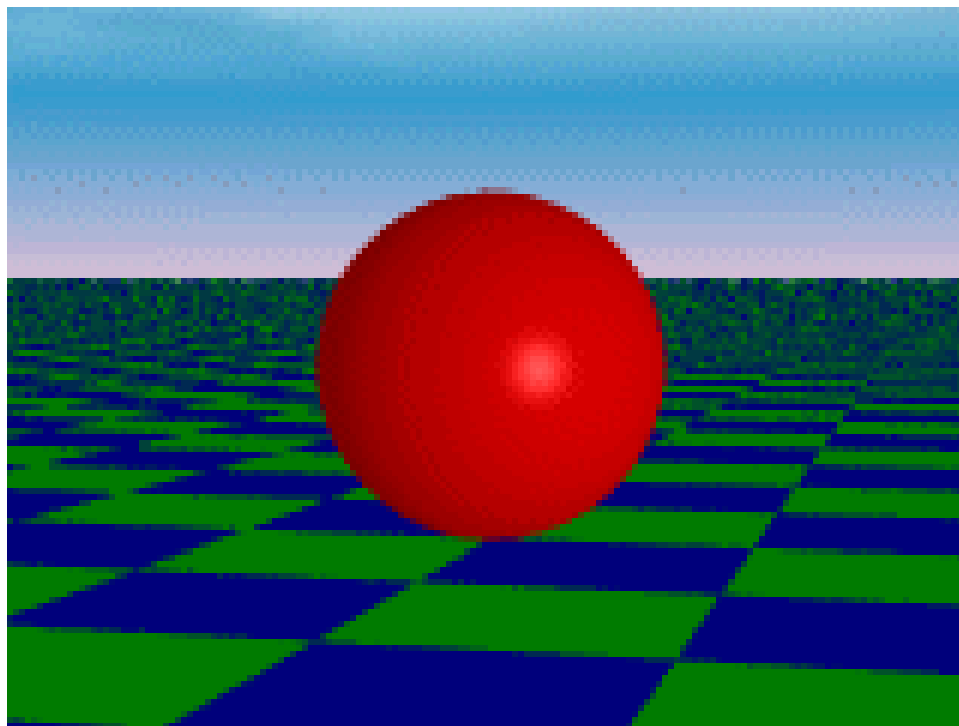
I - intensywność oświetlenia punktu powierzchni,

I_a - intensywność dla światła rozproszonego,

k_a - współczynnik rozproszenia danej powierzchni, zależy od materiału powierzchni, $k_a \in [0,1]$

Kierunkowe źródło światła

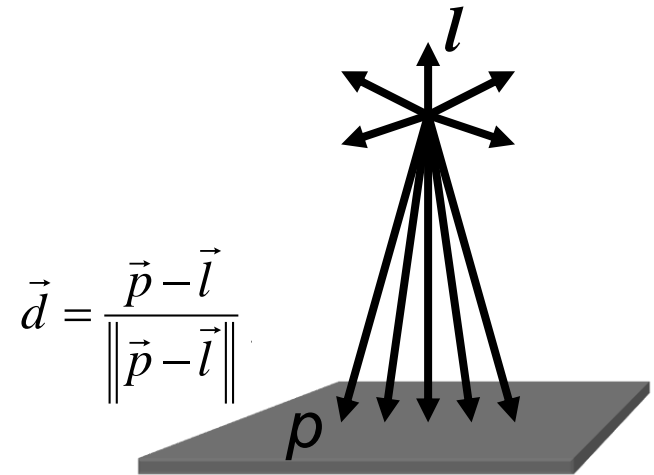
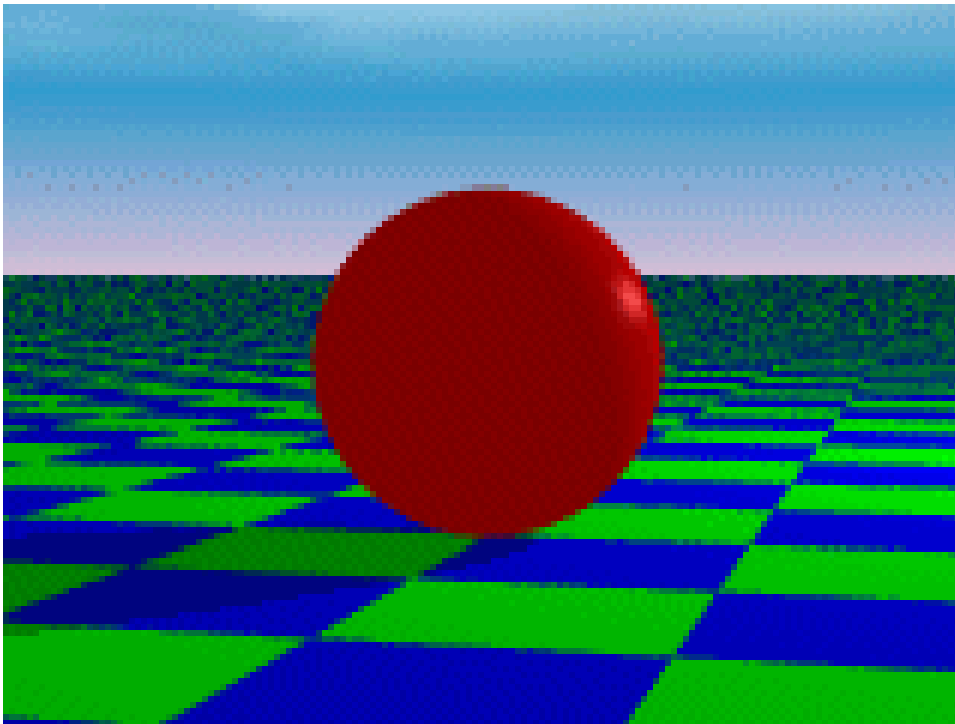
- Kierunek jest stały dla wszystkich powierzchni sceny
- Promienie źródła światła są równoległe
- Kąt pomiędzy powierzchnią a źródłem światła jest istotny



Nieistotna pozycja źródła światła i obserwatora

Punktowe źródło światła

- Równomierna emisja światła z pojedynczego punktu we wszystkich kierunkach
- Różne kierunki pomiędzy promieniami światła a poszczególnymi punktami powierzchni

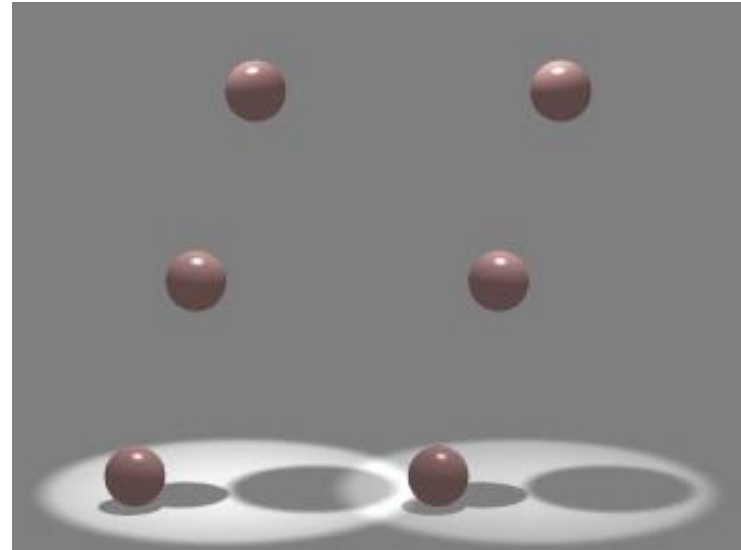


Normalizowany wektor kierunkowy

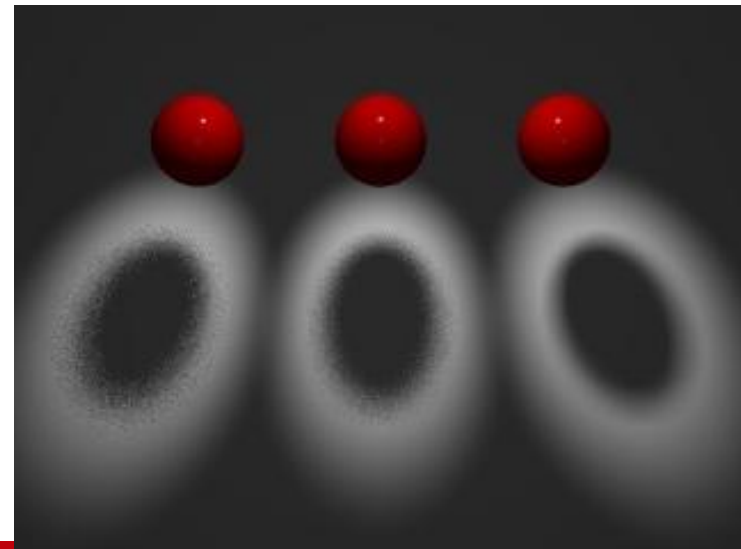
Istotna pozycja źródła światła i obserwatora oraz nachylenie powierzchni

Inne źródła światła

- Światła punktowe, których intensywność słabnie kierunkowo



- Powierzchniowe źródła światła (miękkie cienie)



**POWIERZCHNIE (PUNKTOWE
ŹRÓDŁO ŚWIATŁA)**

Powierzchnie rozpraszające



Powierzchnie rozpraszające oświetlanie pod różnym kątem

Odbicie przez powierzchnie rozpraszające

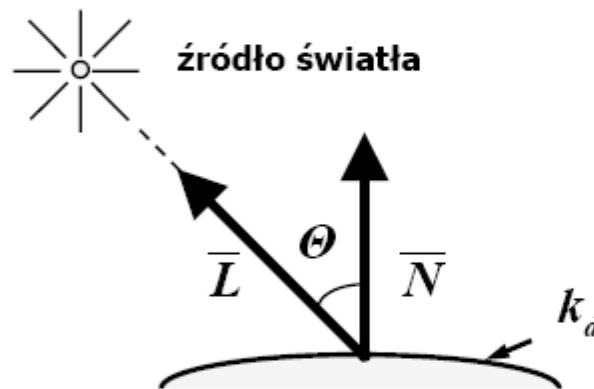
Model oświetlenia dla powierzchni rozpraszających (dyfuzyjnych):

Założenia:

- Na scenie występuje punktowe źródło światła emitujące światło tak samo we wszystkich kierunkach.
- Powierzchnie obiektów rozpraszają światło (są matowe).

Model oświetlenia:

$$I = I_p \cdot k_d \cdot \cos \Theta$$



I - intensywność oświetlenia punktu powierzchni,

I_p - intensywność świecenia punktowego źródła światła,

k_d - współczynnik odbicia powierzchni rozpraszającej, zależy od materiału powierzchni, $k_d \in [0,1]$

Suma otoczenia i źródeł punktowych, modyfikacje odległościowe

Te elementy sceny, na które nie padają bezpośrednio promienie wysyłane przez punktowe źródło światła nie będą widoczne.

Modyfikacja polega na połączeniu modelu opartego na prawie cosinusów z modelem dla światła rozproszonego **otoczenia**.

$$I = I_a \cdot k_a + I_p \cdot k_d \cdot \cos \Theta$$

dodajemy tłumienie

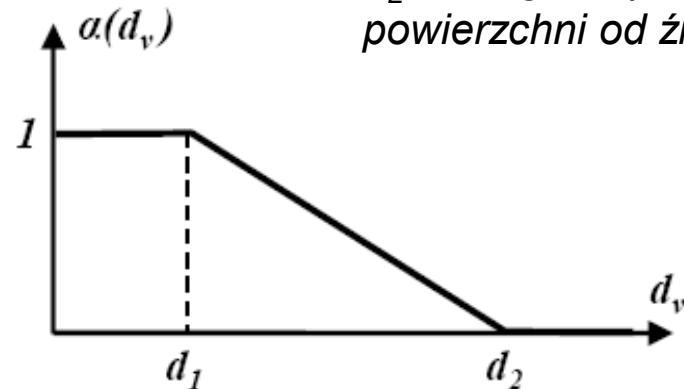
$$I = I_a \cdot k_a + f_{att} \cdot I_p \cdot k_d \cdot \cos \Theta$$

$$f_{att} = \frac{1}{d_L^2}$$

dodajemy odległość

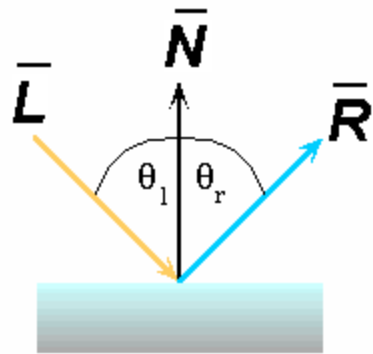
$$I' = I \cdot \alpha(d_v)$$

d_v - odległość oświetlanego punktu powierzchni od obserwatora

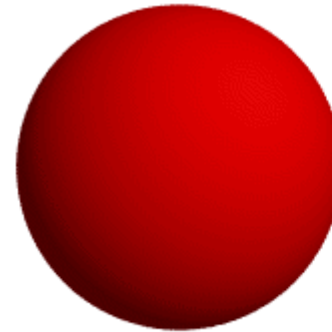


d_L - odległość punktu powierzchni od źródła

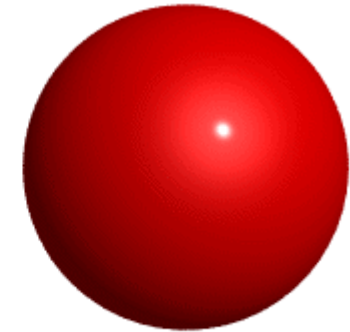
Lustrzane odbicia (gładkie powierzchnie) z rozpraszaniem (odbicie nieidealne)



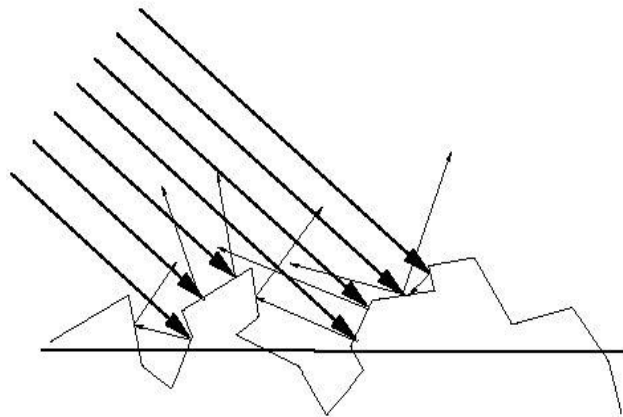
$$\theta_i = \theta_r$$



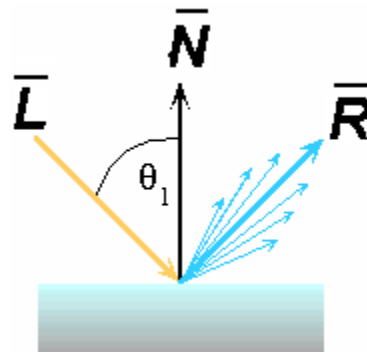
rozproszenie



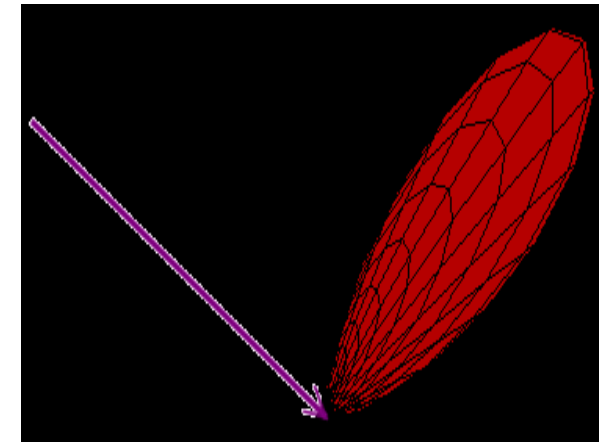
plus odbicie - świecący punkt



Nieidealne odbicie – osłabione odbicie



empiryczna aproksymacja



Model oświetlenia Phong (łączy rozpraszanie i odbijanie)

$$I = I_a \cdot k_a + f_{att} \cdot I_p \cdot k_d \cdot \cos \Theta$$

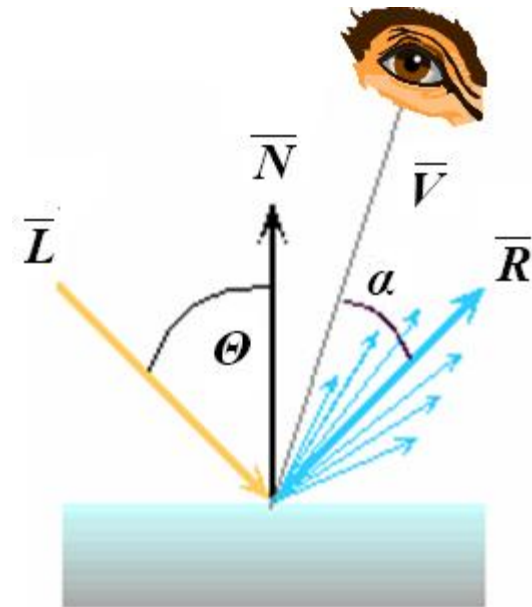
$$I = I_a \cdot k_a + f_{att} \cdot I_p \left[k_d \cdot \cos \Theta + W(\Theta) \cdot \cos^n \alpha \right]$$

odbicie nieidealne

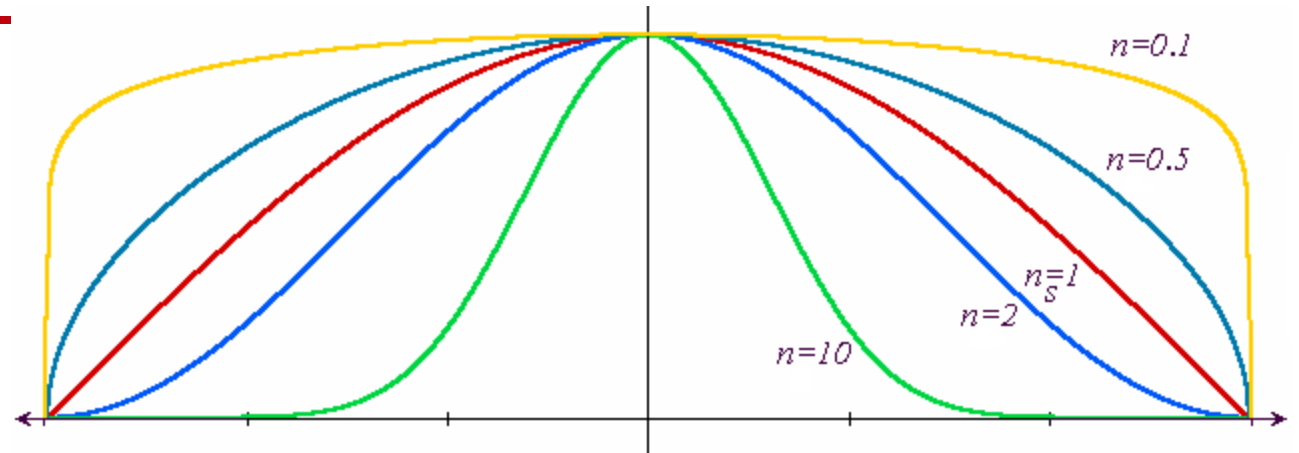
$W(\Theta)$ - pewna funkcja kąta Θ (zależy od własności materiału), często funkcję tą zastępuje się stałą k_s , czyli parametr nie zależy wtedy od kąta pod jakim światło pada na analizowany punkt powierzchni,

n - stała $n \in [1, 200]$

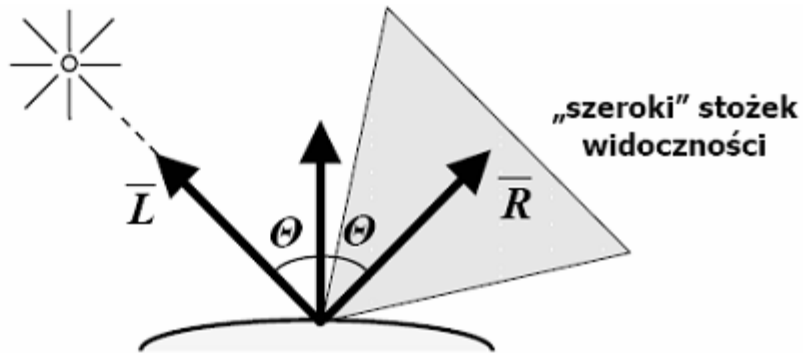
model empiryczny bez prostych odniesień do zasad fizyki



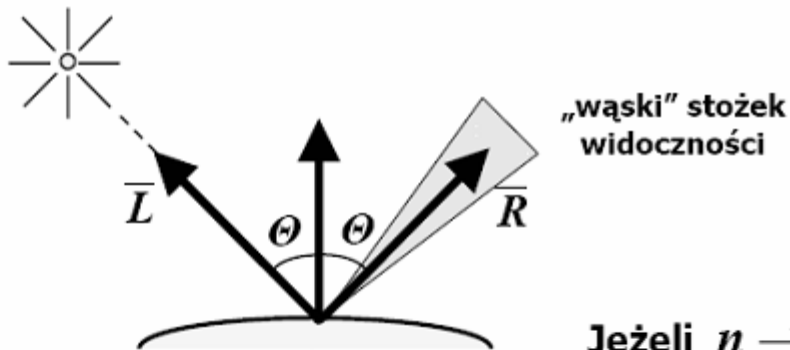
Dobór parametrów modelu Phong



małe n



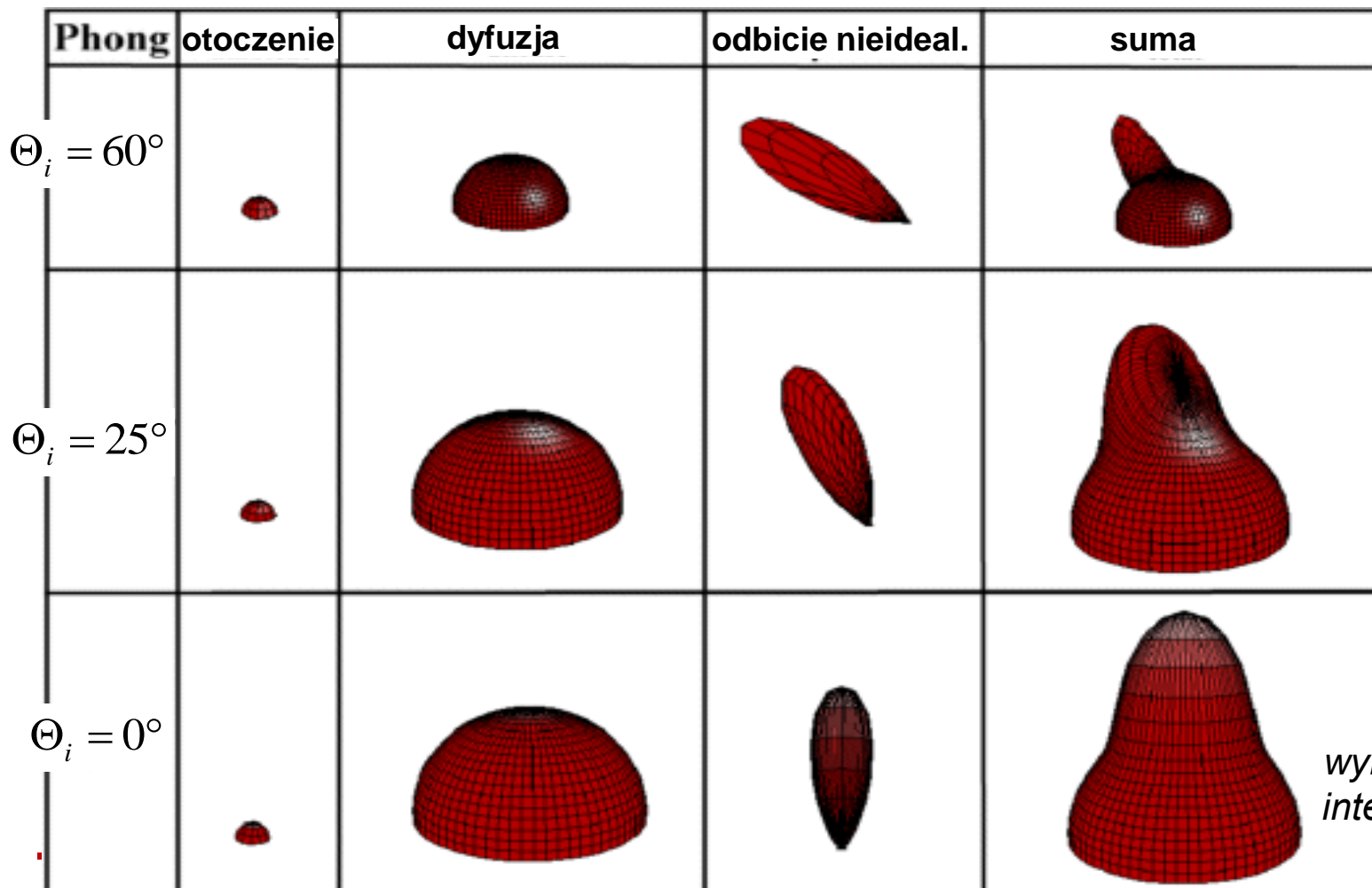
duże n



Jeżeli $n \rightarrow \infty$ uzyskuje się prawie idealne zwierciadło.

Model oświetlenia Phong

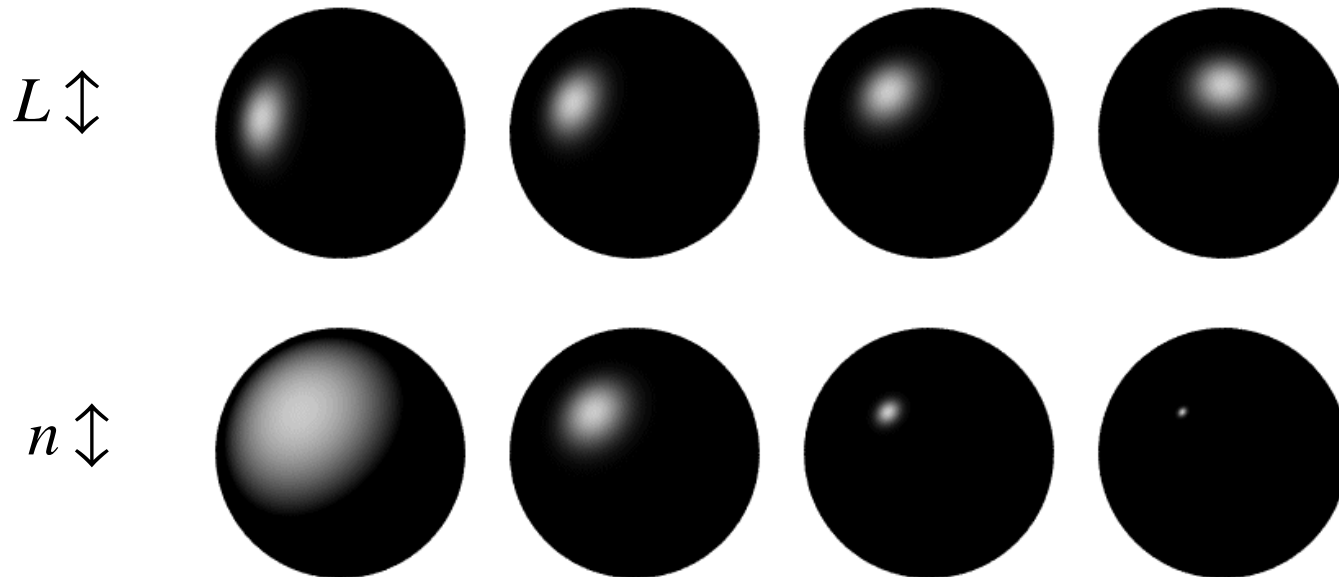
$$I_{total} = k_a I_a + \sum_{i=1}^{l.zr.św} I_i \left(k_d (\Theta_i) + k_s (\alpha_i)^n \right)$$



wykresy
intensywności

Przykład z oświetleniem Phongą

- oświetlenie sfery przy zmiennych wartościach parametrów L i n

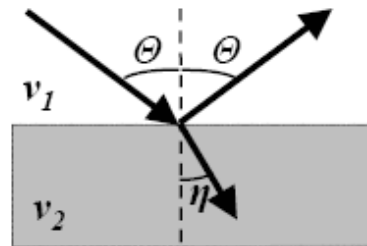


Załamanie światła

Modele oświetlania dla obiektów, które przepuszczają światło:

Podstawy fizyczne:

Przy przejściu z jednego ośrodka przezroczystego do drugiego promień świetlny ulega załamaniu.



Zjawisko jest opisane przez prawo Snella.

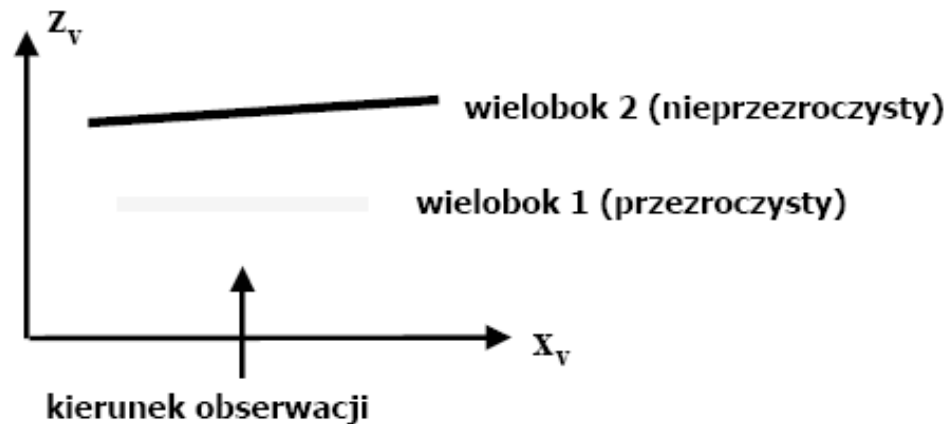
$$\frac{\sin \Theta}{\sin \eta} = \frac{v_1}{v_2}$$

gdzie v_1 i v_2 są odpowiednio prędkościami rozchodzenia się światła w pierwszym i drugim ośrodku.

Model przezroczystości

Najprostszy model przezroczystości:

Przezroczystość interpolowana



$$I = (1 - k_{t1}) \cdot I_1 + k_{t1} \cdot I_2$$

I_1 - intensywność oświetlenia wieloboku 1,

I_2 - intensywność oświetlenia wieloboku 2,

k_{t1} - współczynnik przezroczystości wieloboku 1, $k_{t1} \in [0, 1]$.

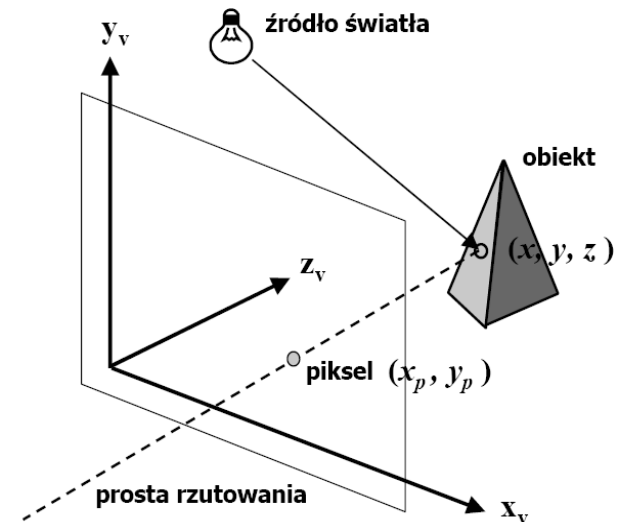
$k_{t1} = 0$ - wielobok 1 nieprzezroczysty,

$k_{t1} = 1$ - wielobok 1 całkowicie przezroczysty,

CIENIOWANIE

CIENIOWANIE

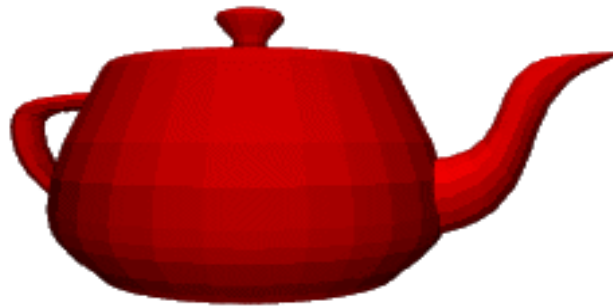
Obliczanie jasności (koloru) poszczególnych pikseli obrazu sceny (na rzutni) z uwzględnieniem (między innymi) wybranych efektów oświetlenia



Generalnie: algorytm kosztowny obliczeniowo

Cieniowanie jednotonowe

Efekt nierealistyczny bo:



zamiast

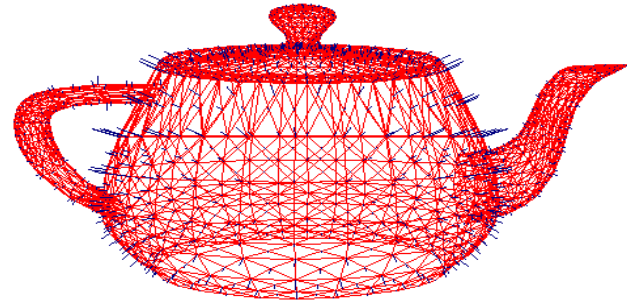


Udoskonalenia:

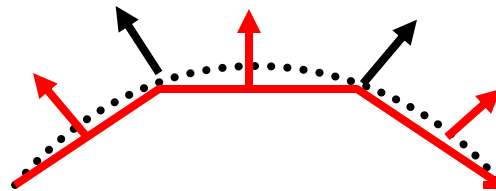
- Model oświetlenia Phong w każdym punkcie wielokąta



- Liczenie normalnych jedynie w wierzchołkach może uprościć



- Gładszy model zamiast wielokątów



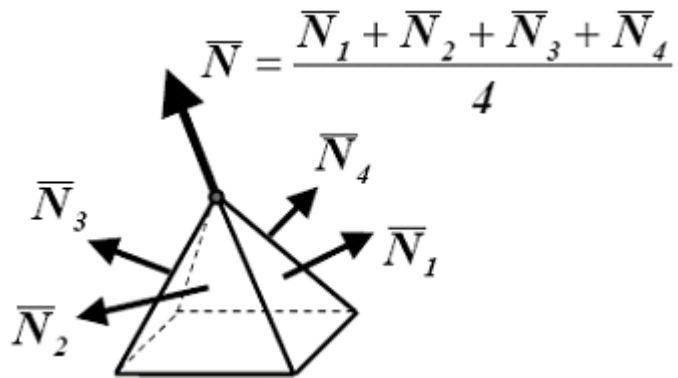
Algorytm interpolacji intensywności (Gourauda)

Założenie:

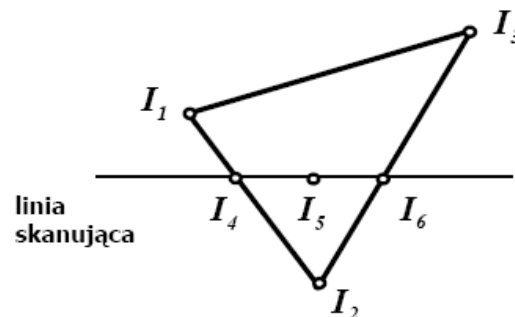
- Obiekty sceny opisane są jako siatki wieloboków.

Algorytm:

1. Dla każdego wierzchołka siatki wieloboków wyliczyć „wektor normalny”, jako średnią arytmetyczną wektorów normalnych dla ścian, do których należy analizowany wierzchołek .



2. Dla każdego wierzchołka siatki stosując wybrany model oświetlenia i obliczony „wektor normalny”, obliczyć intensywność oświetlenia I_j .
3. Wypełniać rzuty widocznych wieloboków, używając algorytmu linii skanującej, w następujący sposób



$$I_4 = I_1 \cdot \frac{y_4 - y_2}{y_1 - y_2} + I_2 \cdot \frac{y_1 - y_4}{y_1 - y_2}$$

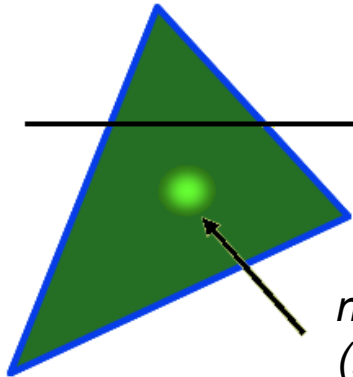
$$I_6 = I_3 \cdot \frac{y_6 - y_2}{y_3 - y_2} + I_2 \cdot \frac{y_3 - y_6}{y_3 - y_2}$$

$$I_5 = I_4 \cdot \frac{x_4 - x_5}{x_6 - x_4} + I_6 \cdot \frac{x_5 - x_4}{x_6 - x_4}$$

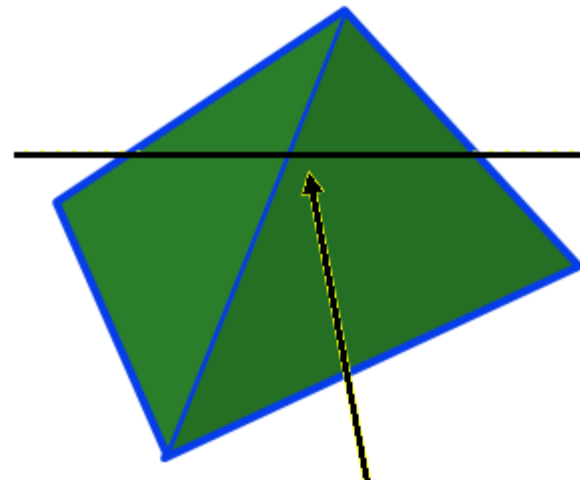
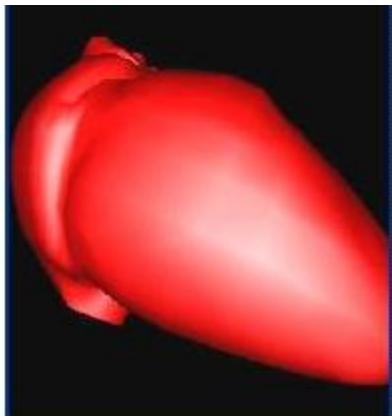
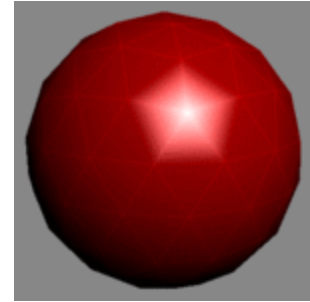
Zaleta: ograniczenie ilości obliczeń, obiekty aproksymowane siatkami wieloboków wyglądają „gładko”, bowiem krawędzie siatki przestają być widoczne.

Wada: nienaturalne obrazy w przypadkach odbicia światła od powierzchni lustrzanych.

Ograniczenia metody Gourauda



*nie sposób wycieniować takiego efektu
(lustrzane odbicie)*



miejsca nieciągłości

Algorytm interpolacji wektorów normalnych (Phonga)

Założenie:

- Obiekty sceny opisane są jako siatki wieloboków.

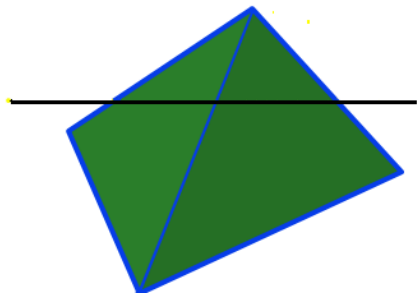
Algorytm:

1. Obliczyć „wektory normalne” do wierzchołków wieloboków siatki tak samo jak w poprzednim algorytmie.
2. Wypełniać rzuty widocznych wieloboków używając algorytmu linii skanującej, lecz interpolując nie intensywności a „wektory normalne” obliczone dla wierzchołków.

Intensywność oświetlenia dla kolejnych pikseli jest obliczana przy pomocy modelu oświetlenia, lecz dla interpolowanego a nie „prawdziwego” wektora normalnego.

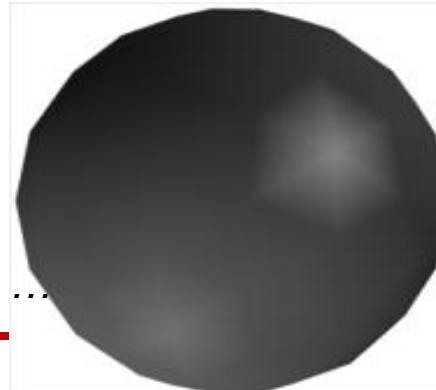
Zaletą: znacznie lepsze obrazy niż dla poprzedniego algorytmu.

Wada: dość dużo obliczeń (dla każdego piksela obrazu wykorzystywany jest model oświetlenia).

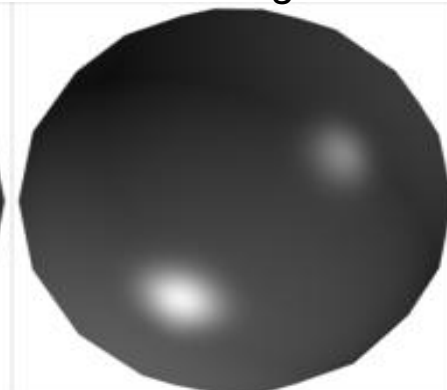


Zarys wielokątów zostaje ...

Gorauda

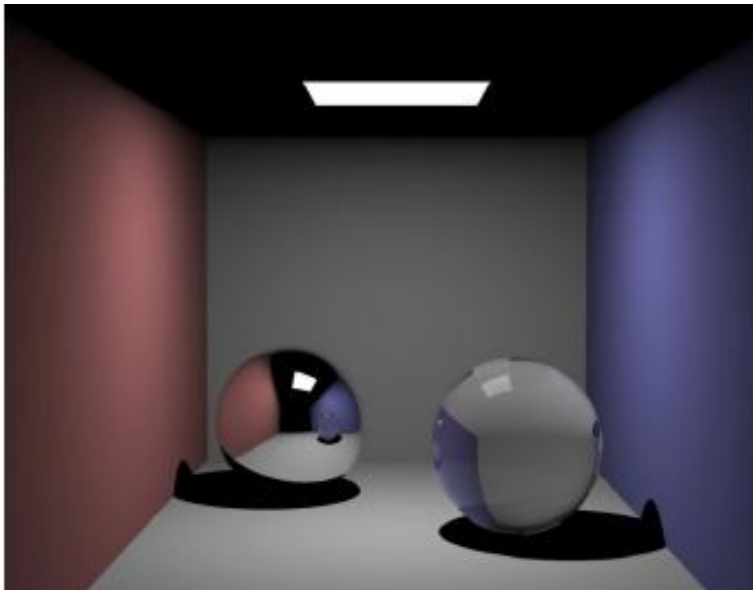


Phonga

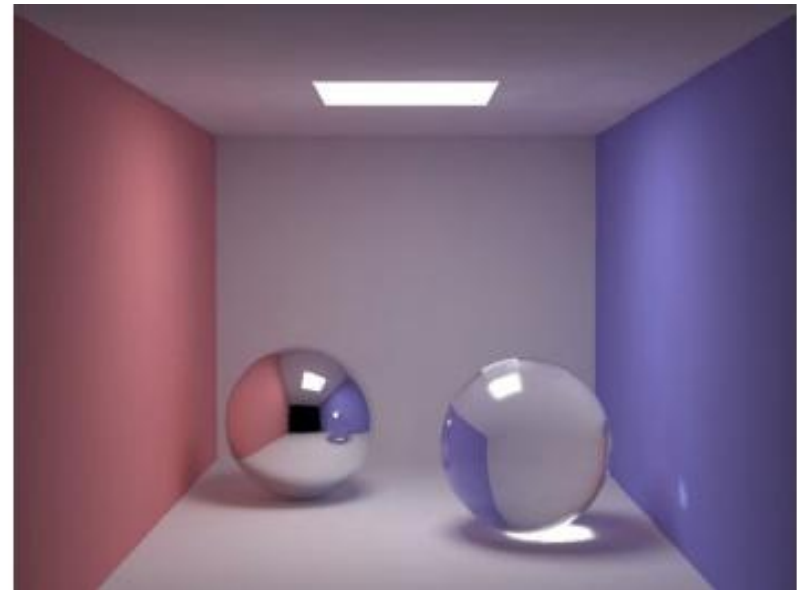


Realistyczne sceny 3W: metody globalnej iluminacji

Zakładamy, że punkt jest oświetlony nie tylko poprzez zbiór lokalnych źródeł światła, ale przez wszystkie emitery i reflektory sceny globalnej



tylko źródło światła



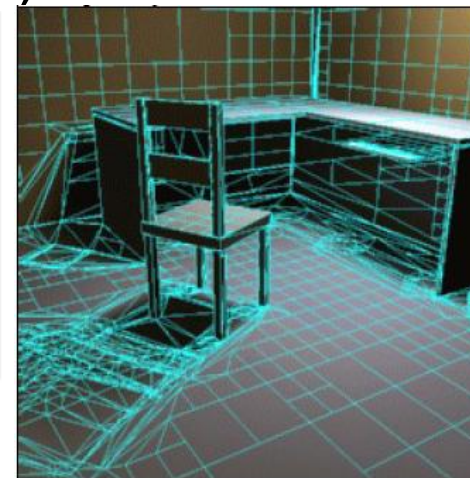
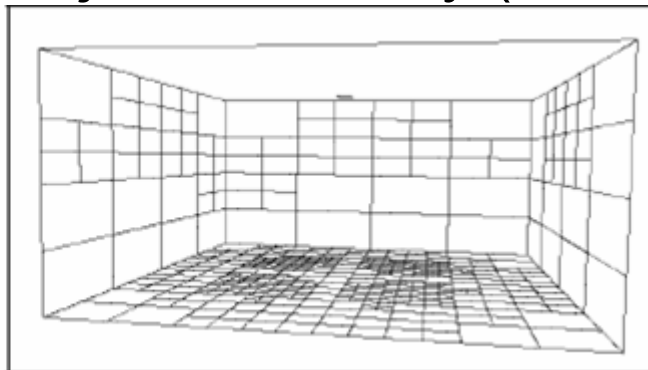
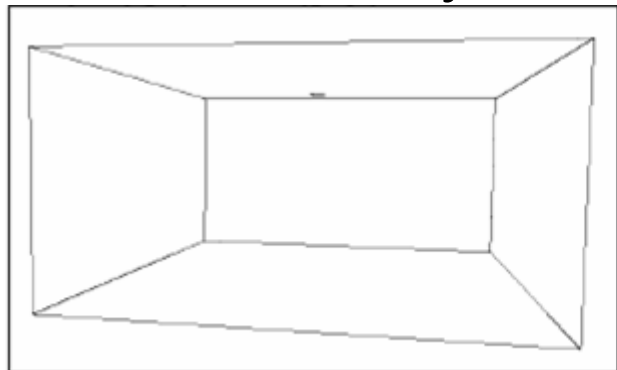
uwzględnienie rozprożeń

Metody:

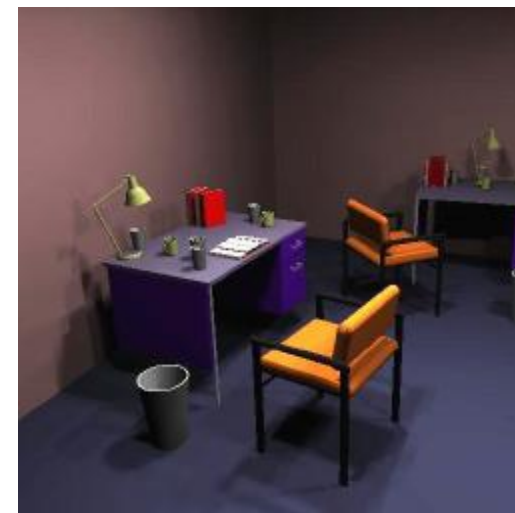
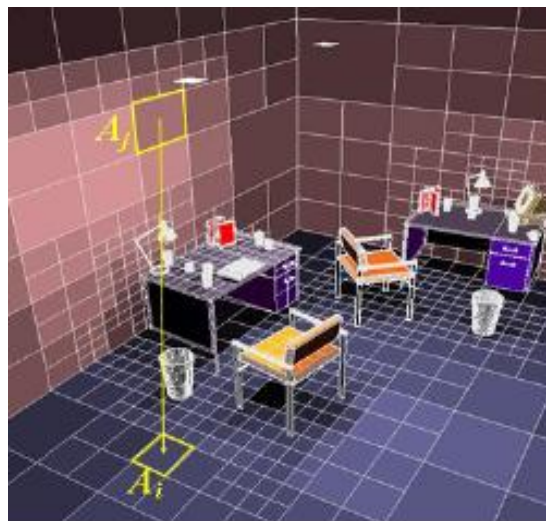
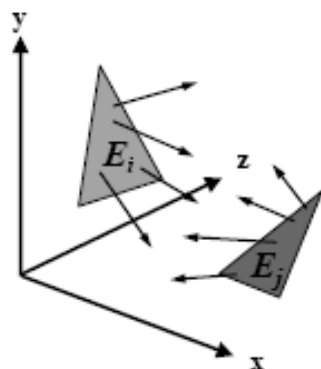
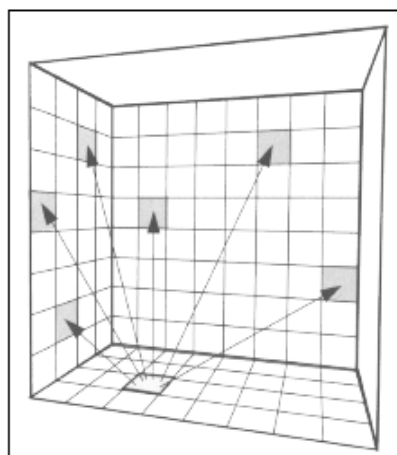
- Energetyczna
- Śledzenia promieni

Metoda bilansu energetycznego

- Podział sceny na mniejsze elementy (siatka)



- Wzajemna iluminacja elementów sceny



Metoda energetyczna: algorytm

■ Równanie

$$E_i = W_i + \rho_i \sum_{j=1}^n F_{ij} E_j$$

$$\begin{bmatrix} 1 - \rho_1 F_{11} & -\rho_1 F_{12} & \dots & -\rho_1 F_{1n} \\ -\rho_2 F_{21} & 1 - \rho_2 F_{22} & \dots & -\rho_2 F_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -\rho_n F_{n1} & -\rho_n F_{n2} & \dots & 1 - \rho_n F_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \dots \\ E_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \dots \\ W_n \end{bmatrix}$$

E_i - natężenie promieniowania i - tego płata (W/m^2 , lx),

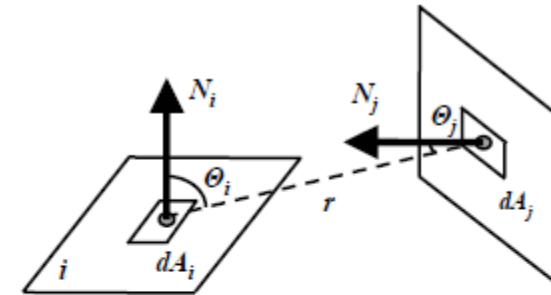
E_j - natężenie promieniowania j - tego płata (W/m^2 , lx),

W_i - emisja własna energii z i - tego płata (W/m^2 , lx),

ρ_i - współczynnik odbicia światła dla i - tego płata,

F_{ij} - współczynnik sprzężenia optycznego i - tego płata z j - tym płatem,

n - liczba płyt powierzchni na scenie,



$$dF_{d_i d_j} = \frac{\cos \theta_i \cos \theta_j}{\pi r^2} H_{ij} dA_j$$

przy czym

$$H_{ij} = 1 \quad \text{gdy } dA_i \text{ jest widoczne z } dA_j,$$

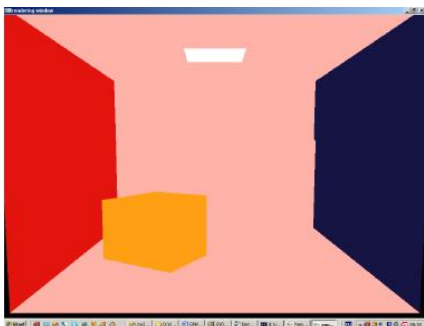
$$H_{ij} = 0 \quad \text{w przypadku przeciwnym}$$

wyznaczanie współczynników sprzężenia

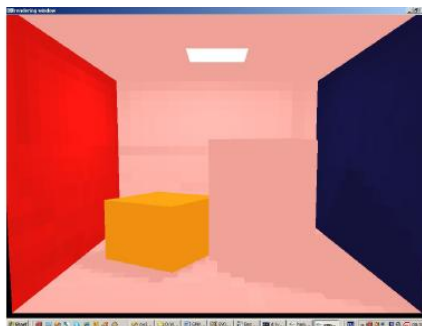
■ Algorytm iteracyjny wyznaczania E_i (aż do minimalnego przyrostu E_i)

Metoda energetyczna: interpolacja kolorów

■ Bez interpolacji (rozwiązanie przybliżone)



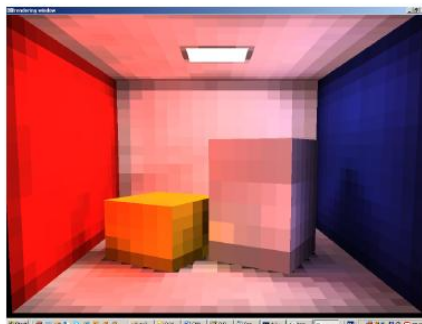
Ilość iteracji: 0



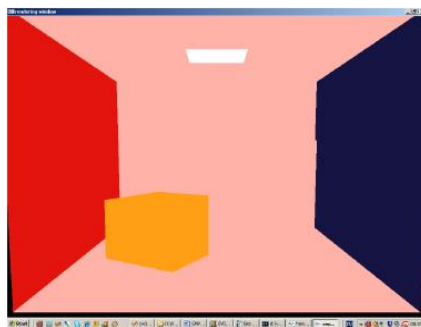
Ilość iteracji: 1



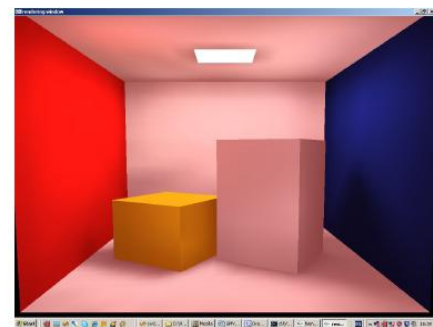
Ilość iteracji: 20



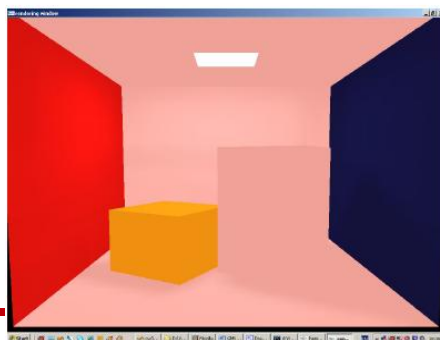
Ilość iteracji: 341



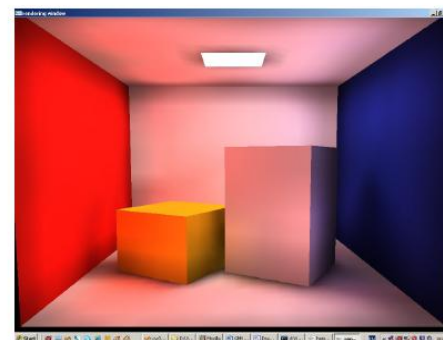
Ilość iteracji: 0



Ilość iteracji: 20



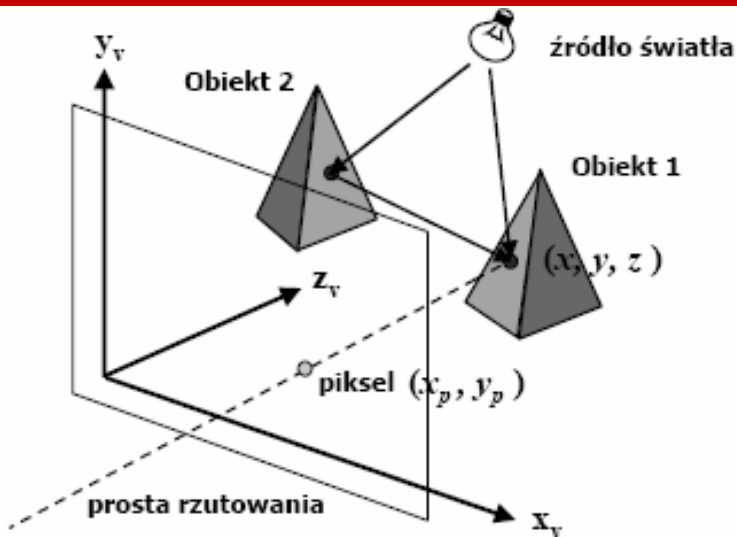
Ilość iteracji: 1



Ilość iteracji: 342

■ Z interpolacją

Metody z wiązką promieni (idea)



Punkt (x, y, z) na ścianie obiektu 1 jest oświetlany bezpośrednio przez źródło światła a także przez światło odbite od obiektu 2.

Jak obliczyć jasność lub kolor punktu (piksel) (x_p, y_p) , będącego rzutem punktu (x, y, z) ?

Założenie:

Źródło światła reprezentowane jest przez pęk promieni biegnących w różnych kierunkach (dyskretyzacja źródła światła).

Algorytm :

1. Analizuje się poszczególne promienie emitowane przez źródło światła w kierunku od źródła światła do rzutni.
2. Wylicza się kolejne kierunki odbicia analizowanego promienia od ścian obiektów, aż do wyznaczenia kierunku ostatniego odbicia promienia.
3. Prosta wyznaczona przez ostatni kierunek odbicia analizowanego promienia przecina rzutnię, bądź nie.

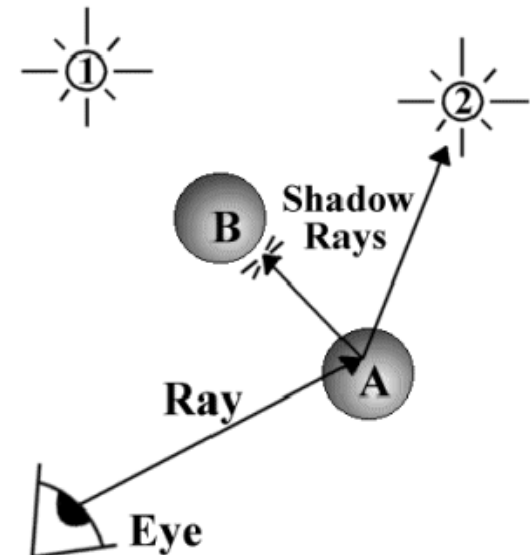
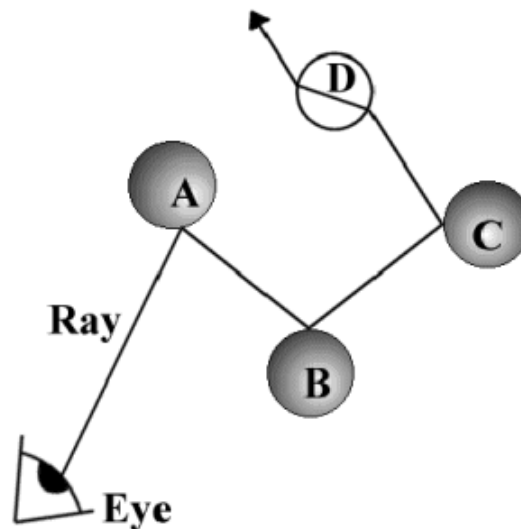
Metody śledzenia promieni (ray-tracing)

Założenia:

- Na scenie może znajdować się wiele obiektów i wiele źródeł światła.
- Możliwe jest obliczenie punktu przecięcia prostej (promienia) i powierzchni obiektu.
- Opisany jest sposób oddziaływania powierzchni obiektów i światła (zadane są modele oświetlenia).

Idea metody

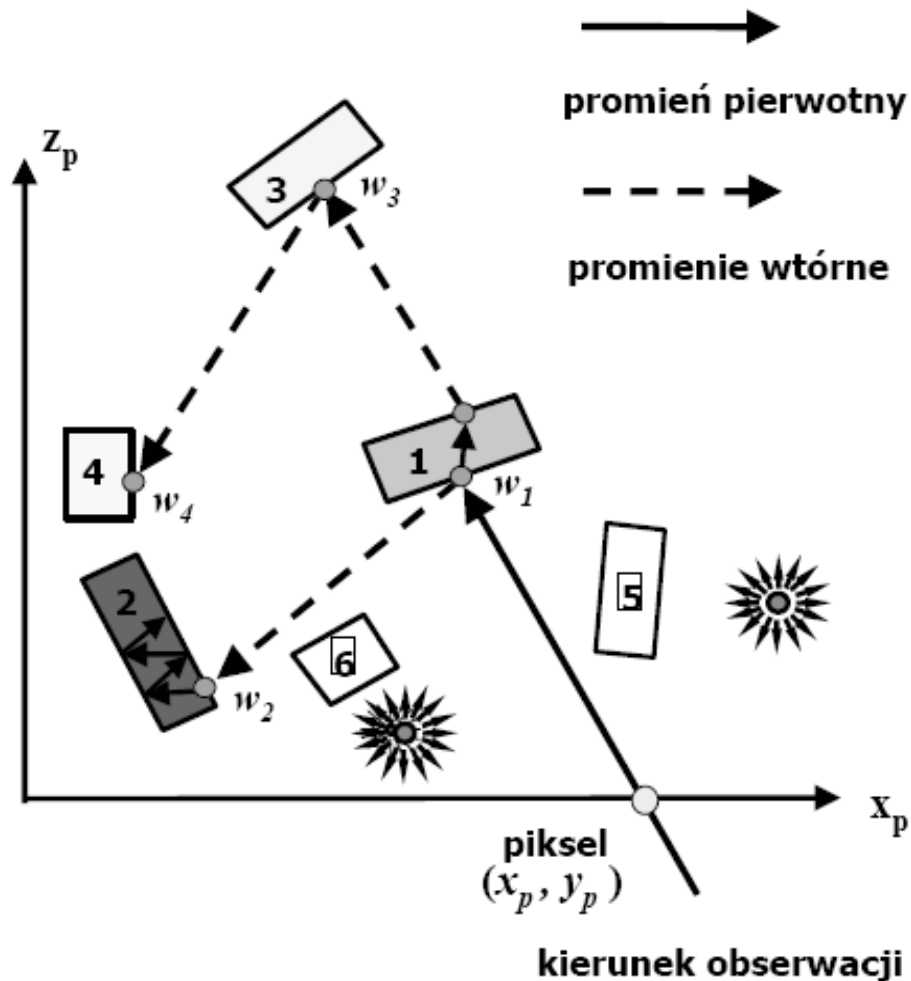
Bada się drogę fikcyjnego promienia biegnącego od obserwatora, przez piksel ekranu w głąb sceny, czyli odwrotnie niż w rzeczywistości.



Śledzenie promieni

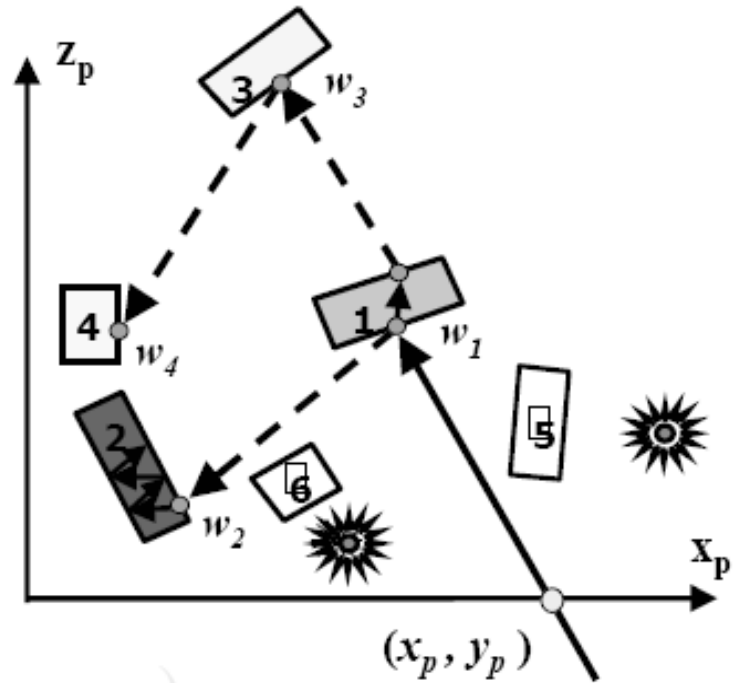
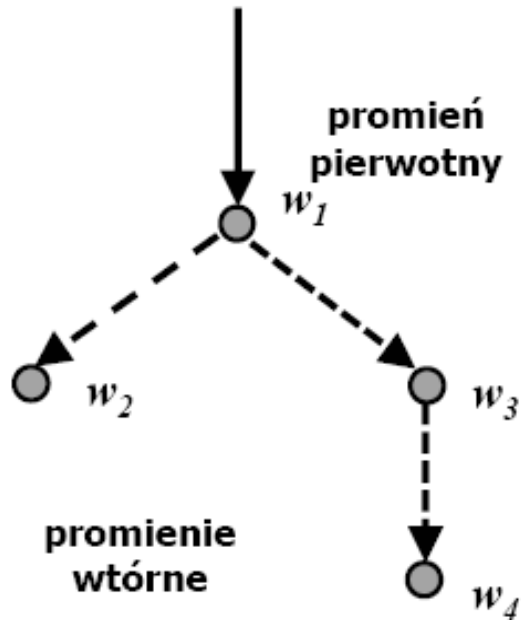
Na scenie jest sześć obiektów
i dwa źródła światła

- 1 - odbija i załamuje promień,
- 2 - występuje całkowite odbicie wewnętrzne,
- 3 - odbija promień,
- 4 - rozprasza promień,
- 5 - zasłania źródło światła,
- 6 - tłumi promień, ale nie zasłania źródła



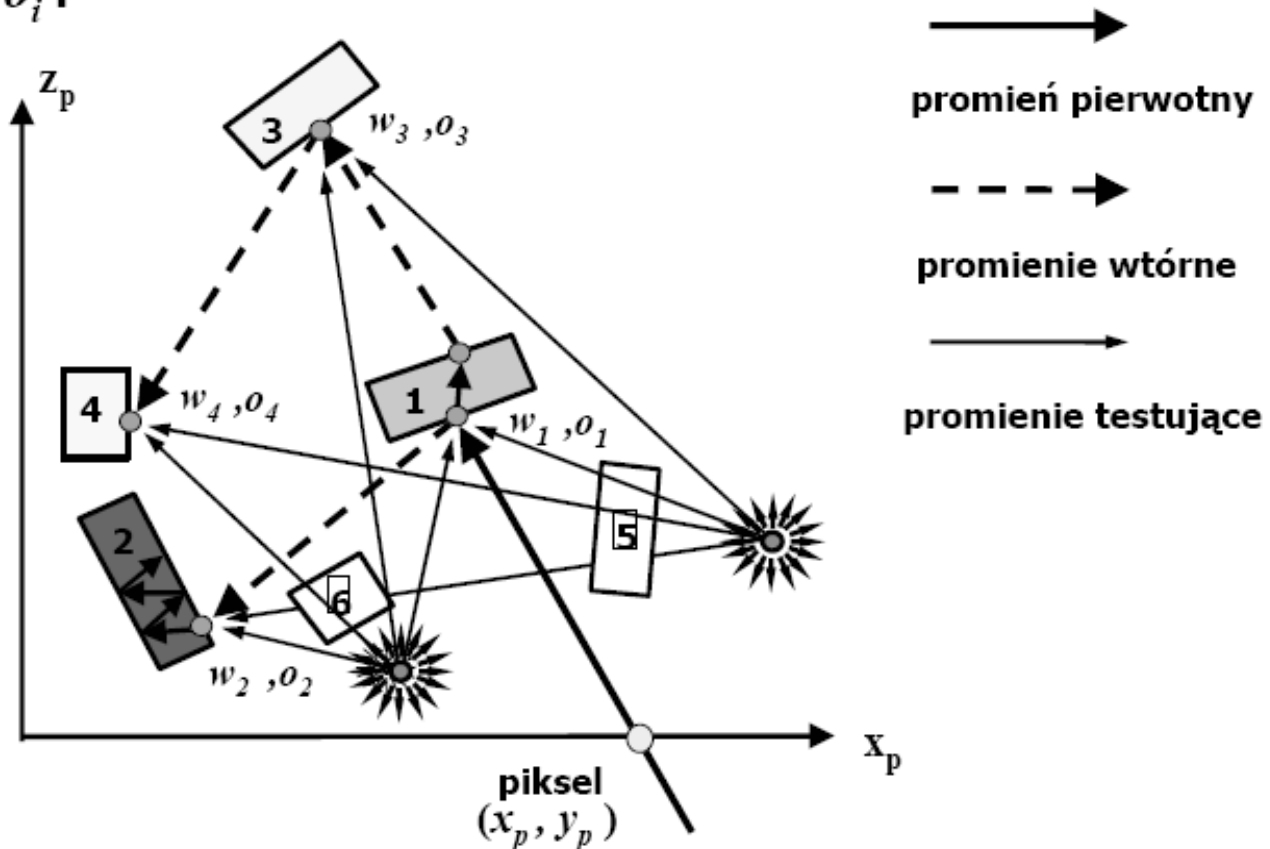
Śledzenie promieni

Krok1 Przez każdy punkt (piksel) ekranu przeprowadza się promień pierwotny i wyznacza promienie wtórne (śledzenie).
Następnie dla analizowanego punktu ekranu buduje się graf w postaci drzewa.



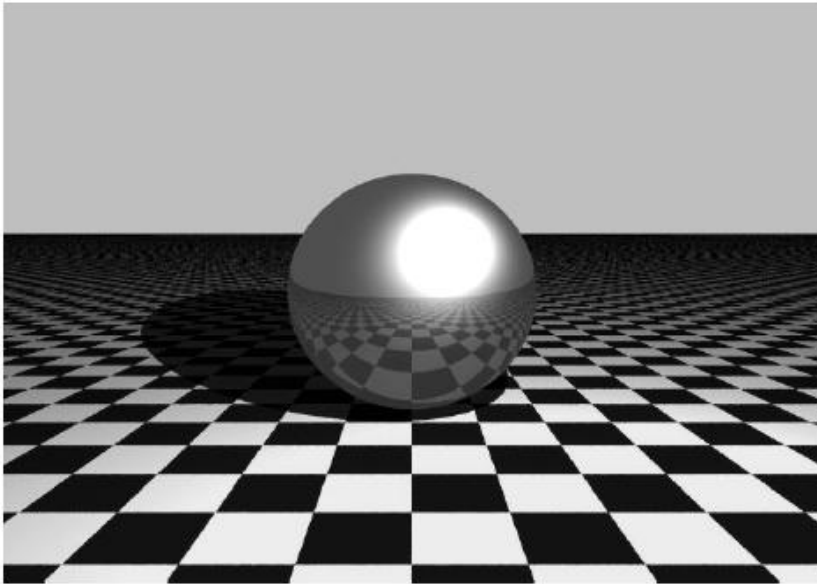
Śledzenie promieni

Krok 2 Dla każdego węzła w_i drzewa, na podstawie analizy promieni testujących (łączyjących bezpośrednio źródło światła i węzeł), wyznacza się oświetlenie lokalne węzła o_i .

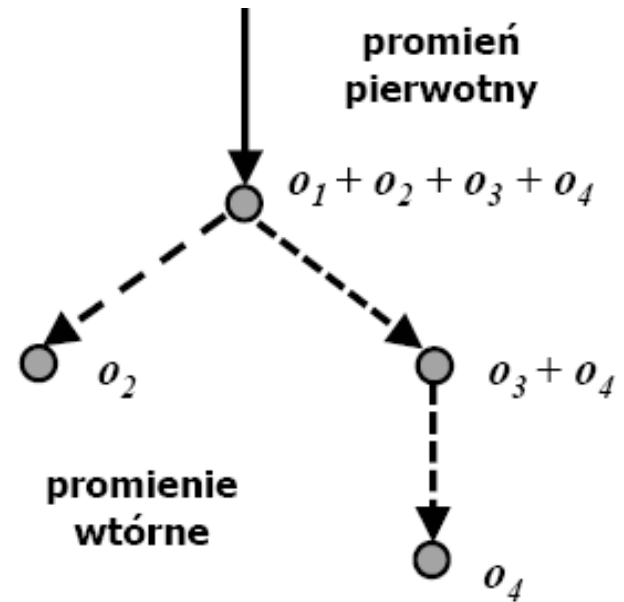
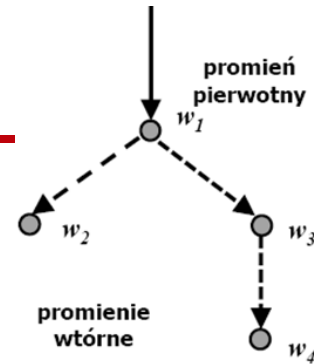


Śledzenie promieni

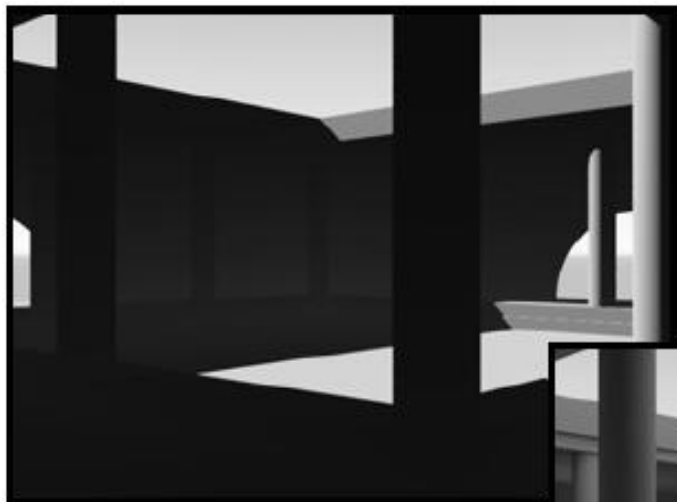
Krok 3 Sumuje się oświetlenia lokalne przypisane węzłom grafu. Oświetlenie węzła „wyższego” uzyskuje się przez dodanie do jego oświetlenia lokalnego, oświetlenia węzłów „niższych”.



efekt końcowy



Porównanie



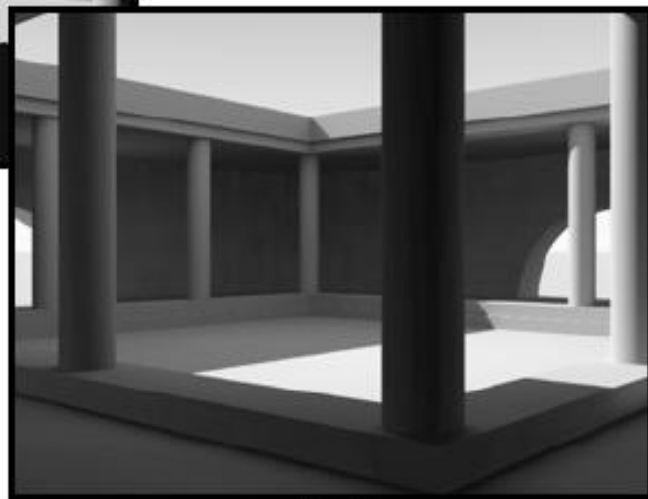
Śledzenie promieni



Śledzenie promieni

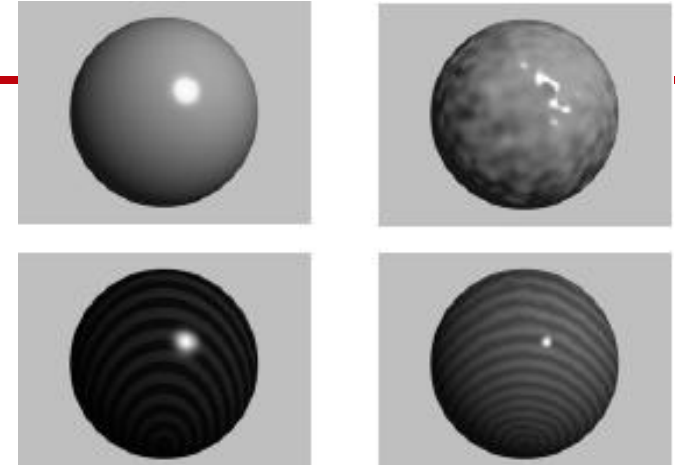
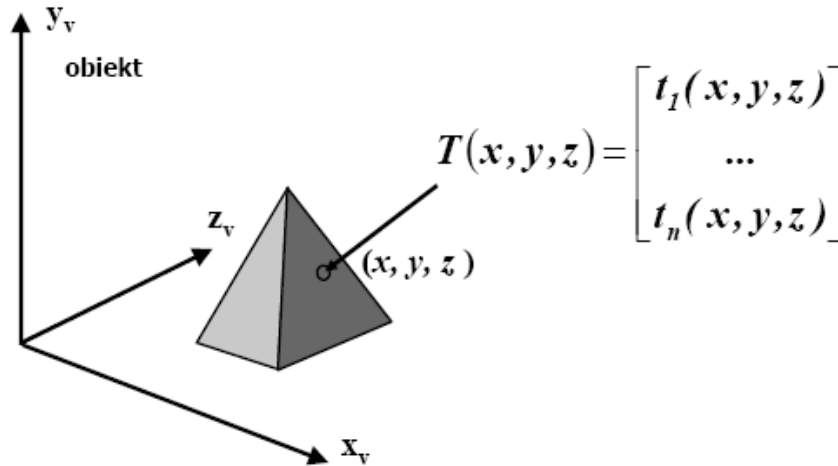


M.energetyczna



M.energetyczna

Realistyczne sceny 3W: metody nakładania tekstur



Tekstura jest funkcja $T(x, y, z)$, (w ogólności wektorowa) określona dla punktów leżących na powierzchni obiektu.

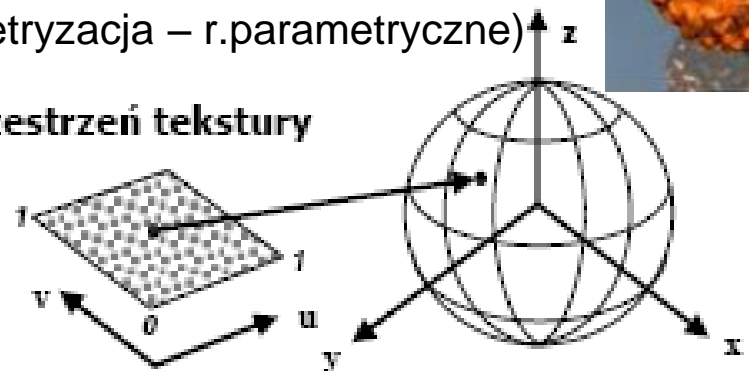
Funkcja $T(x, y, z)$ opisuje kolor, współczynniki materiałowe, normalne do powierzchni itp..

Metody: analityczne, okresowe, fraktalne, fotograficzne, probabilistyczne (modele Markowa, losowanie, bomby) itp..

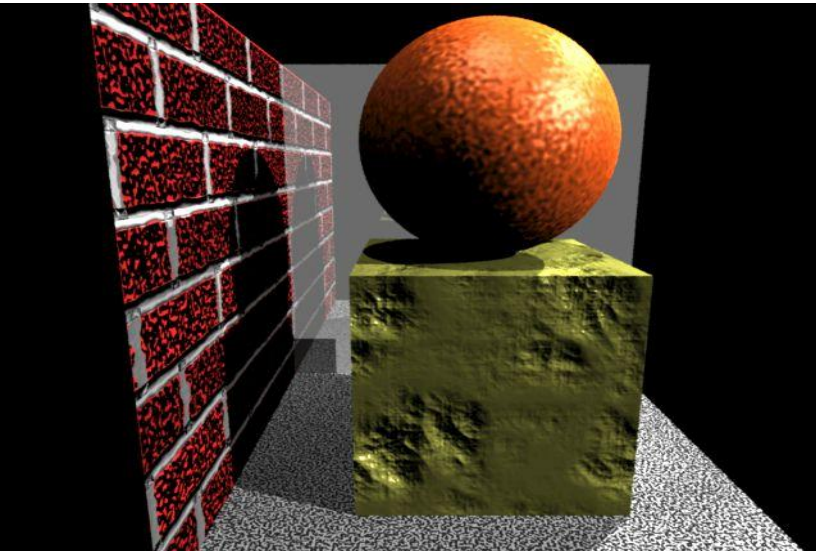
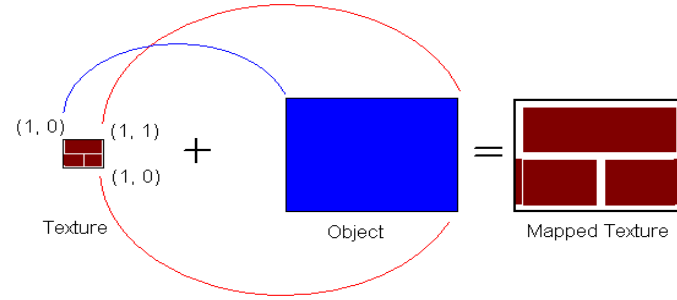
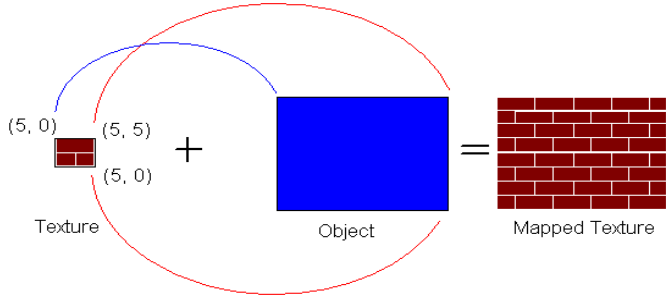
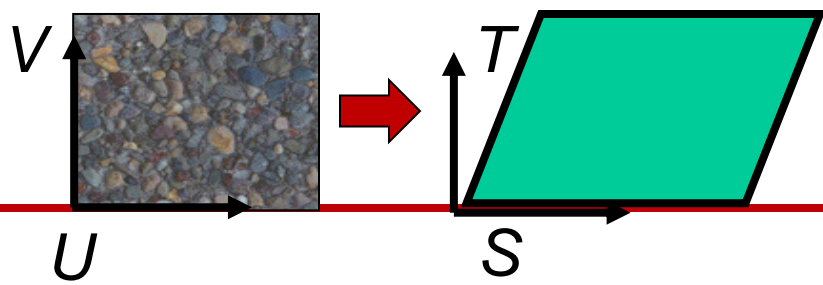
Nanoszenie (odzworowanie) tekstury na obiekt (parametryzacja – r.parametryczne)

$$\begin{aligned}
 x &= R_s \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot u) \cdot \sin(v - \pi/2) \\
 y &= R_s \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot u) \cdot \sin(v - \pi/2) \\
 z &= R_s \cdot \cos(v - \pi/2)
 \end{aligned}$$

przestrzeni tekstury



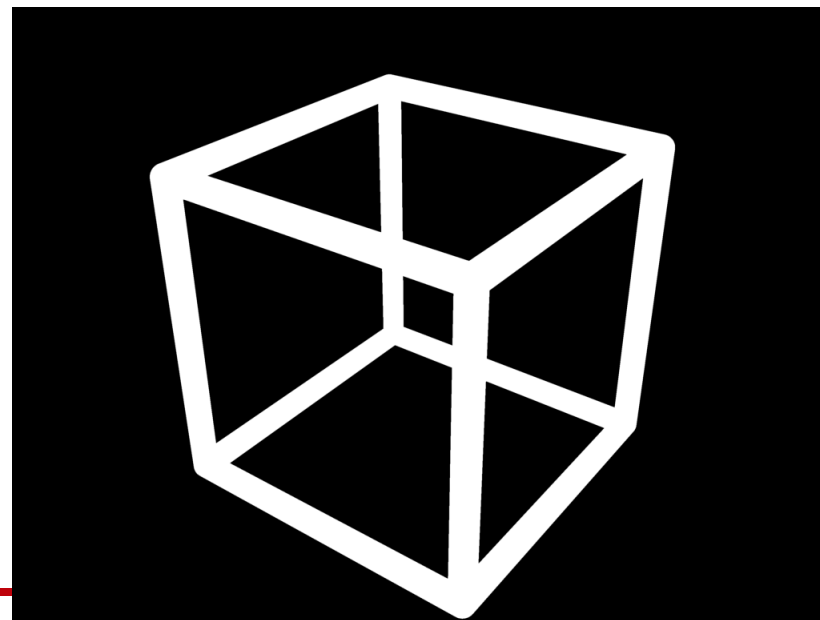
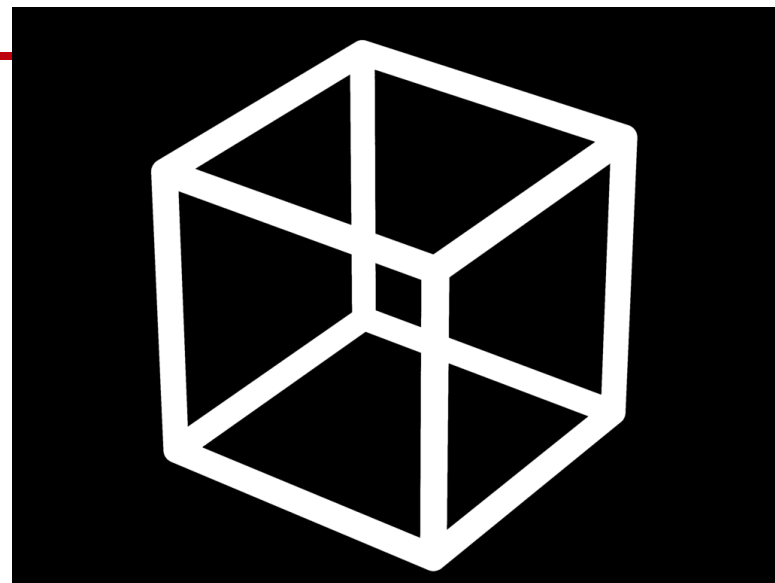
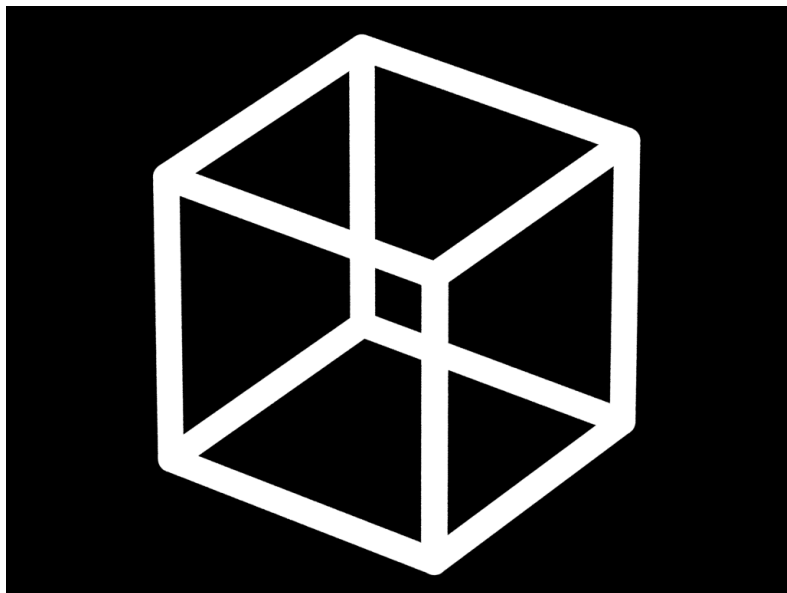
Teksturowanie - przykłady

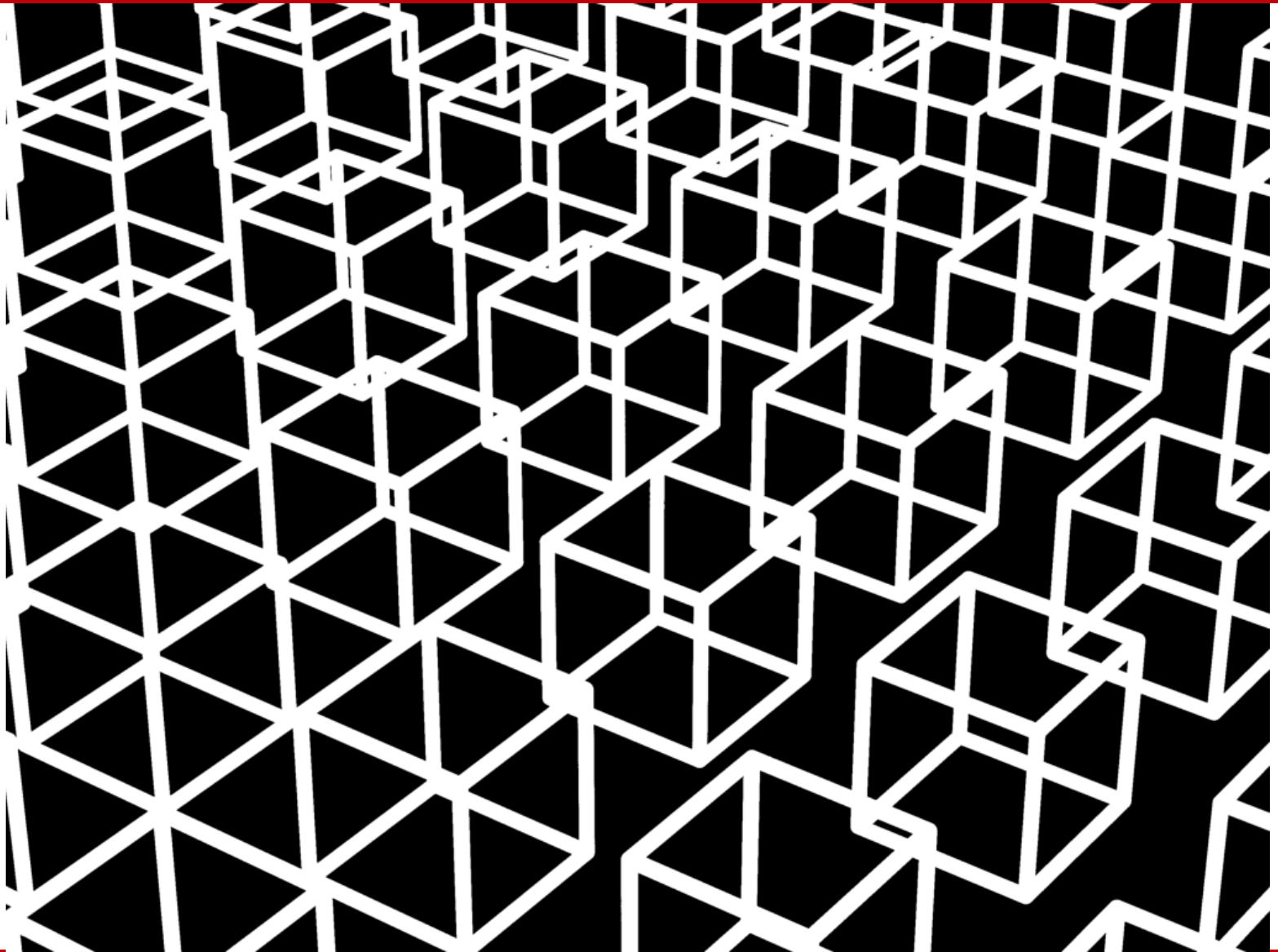


Przykład przestrzeni na płaskim obrazie
(materiał – Przemysław Kiciak)

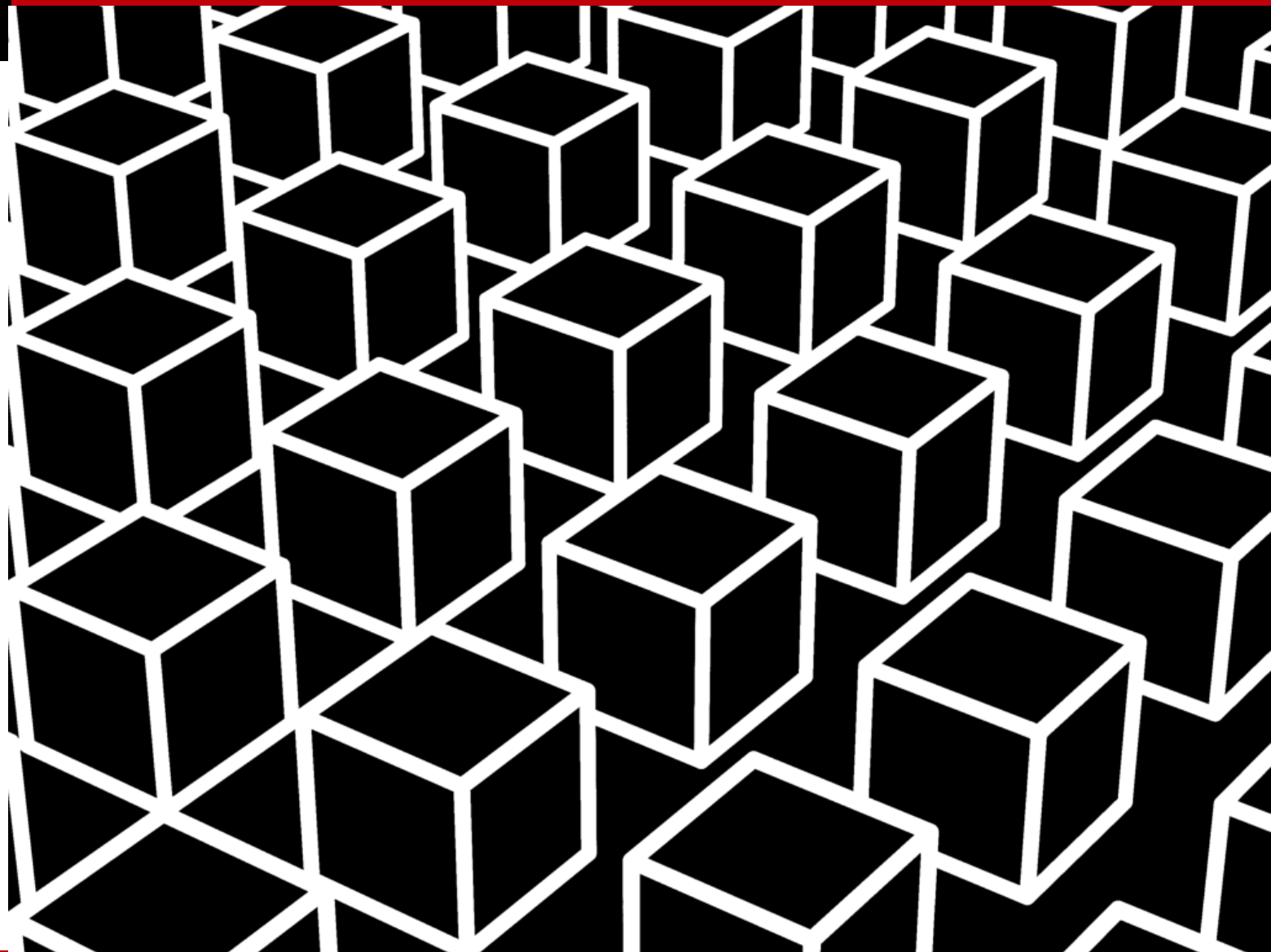
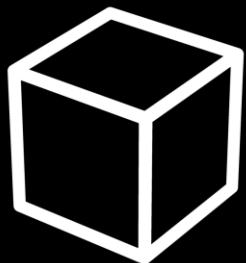
UREALNIANIE SCEN - PRZYKŁADY

Perspektywa geometryczna

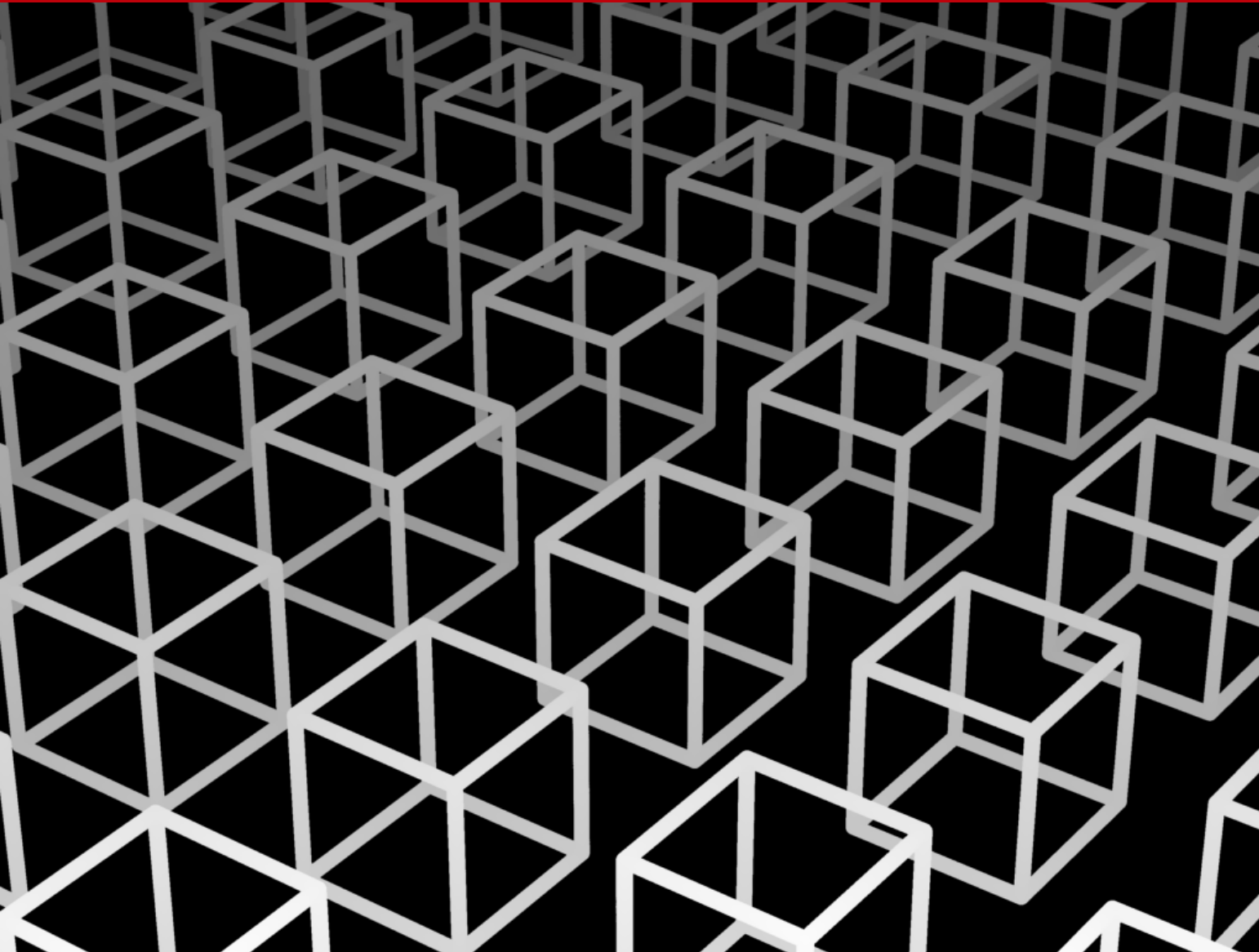


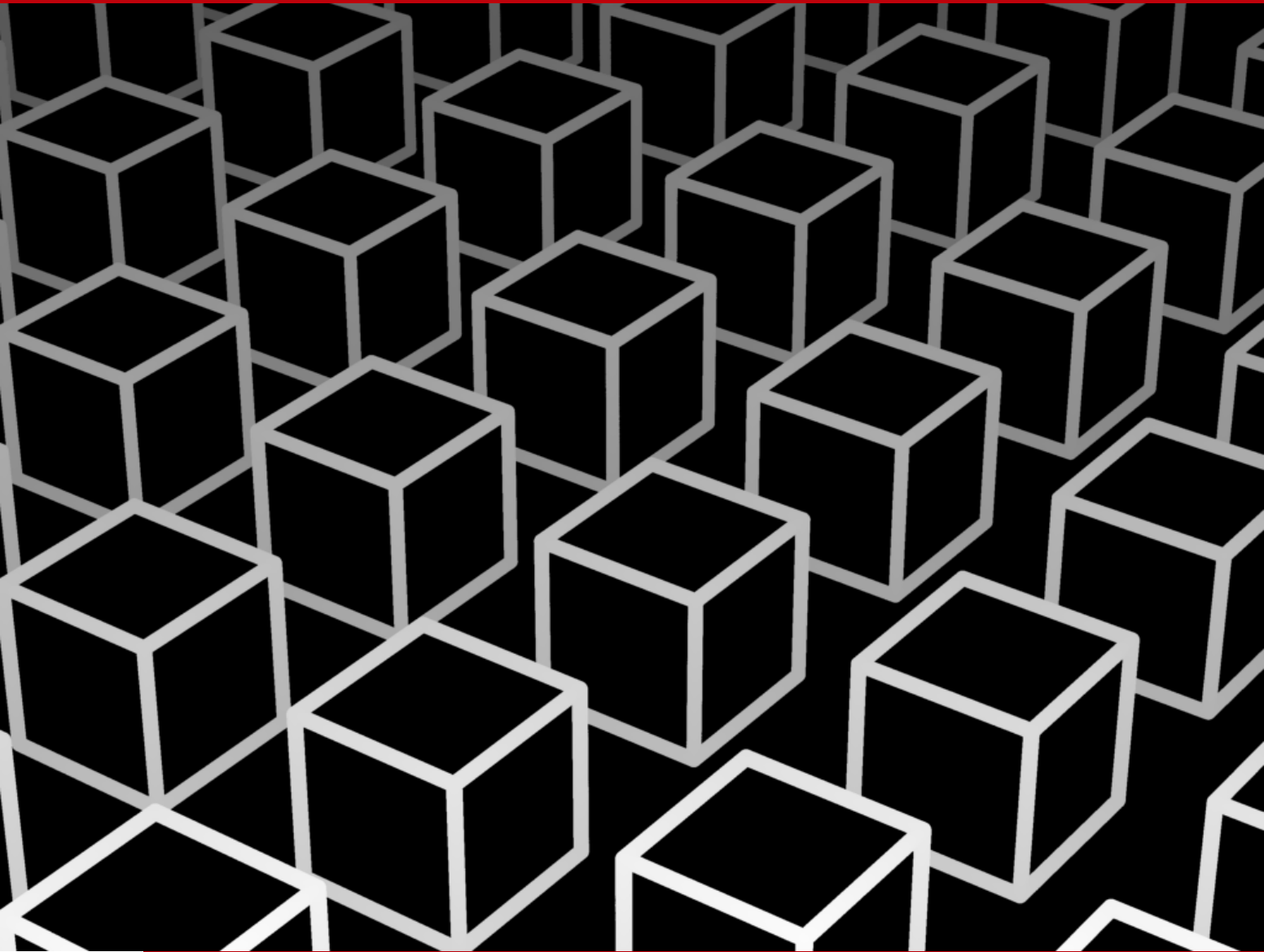


Widoczność

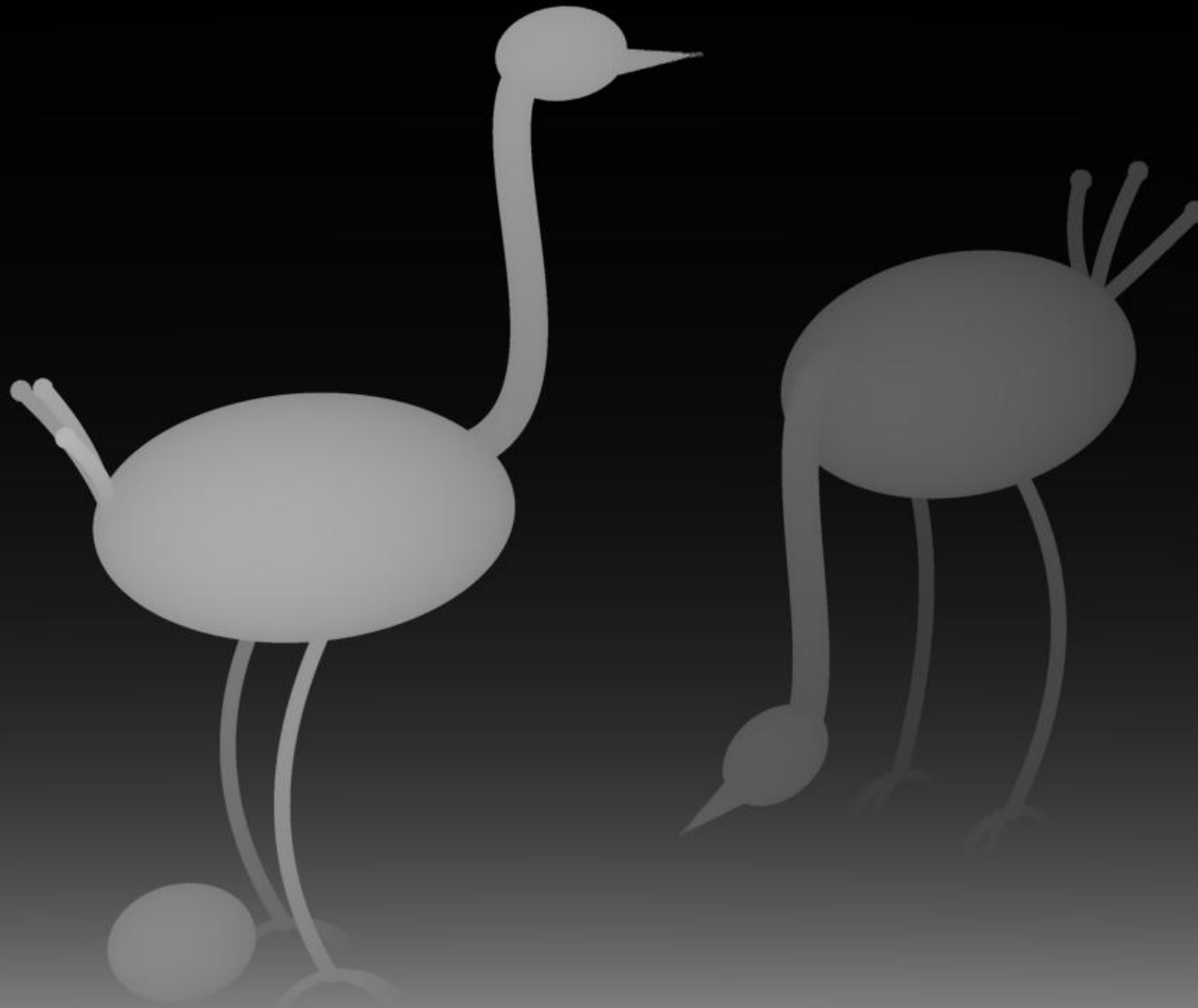


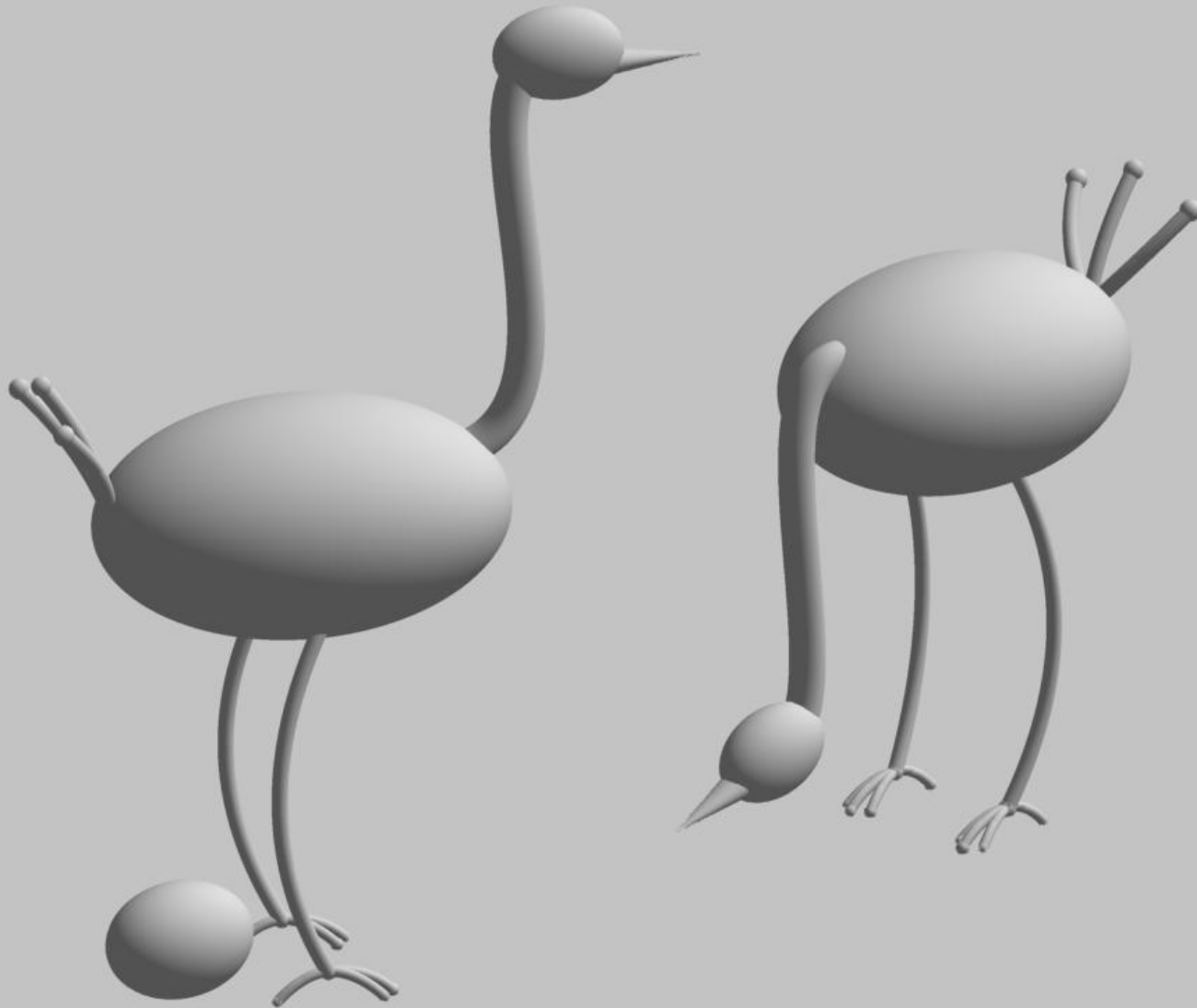
Perspektywa powietrzna (mgła)

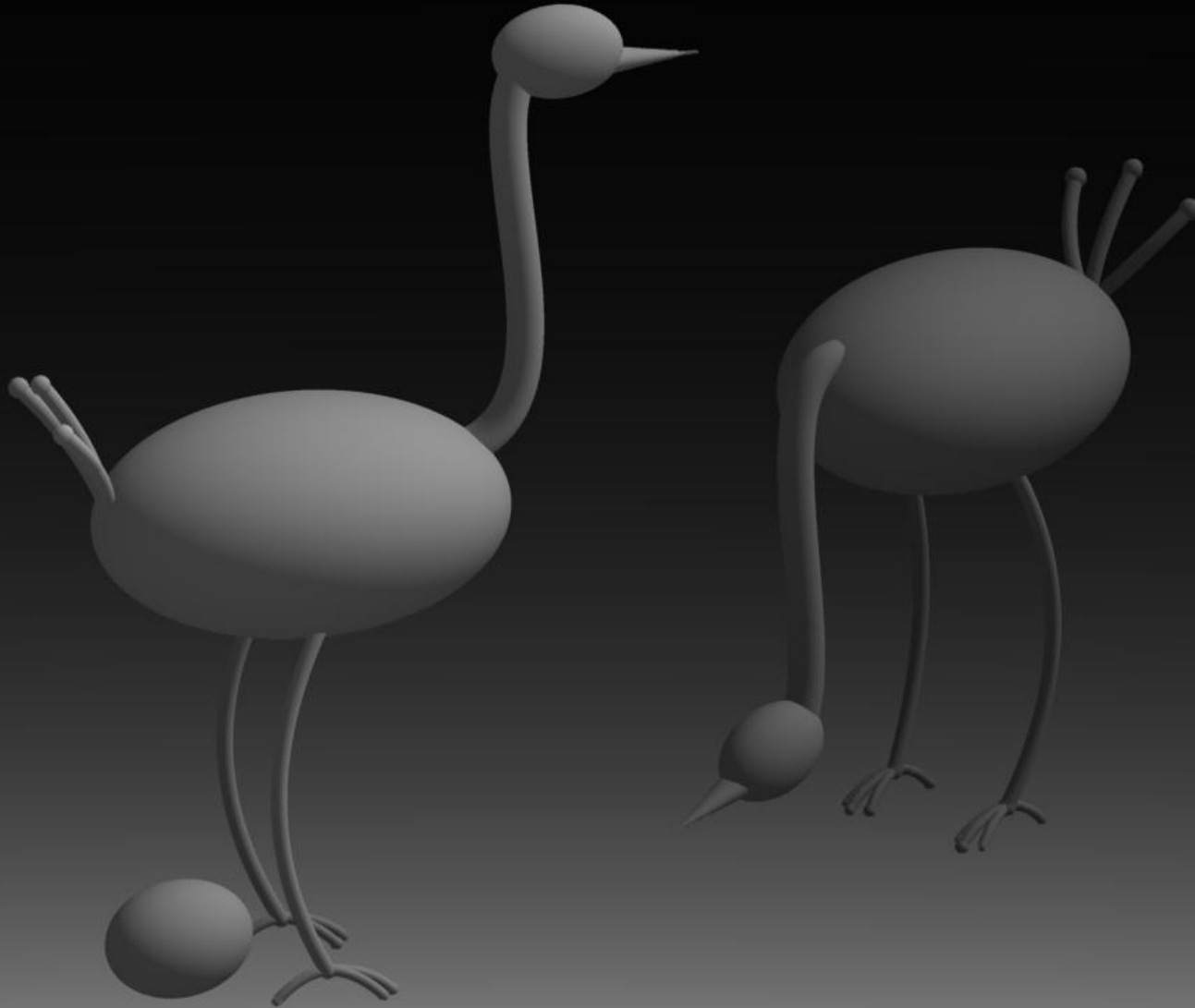




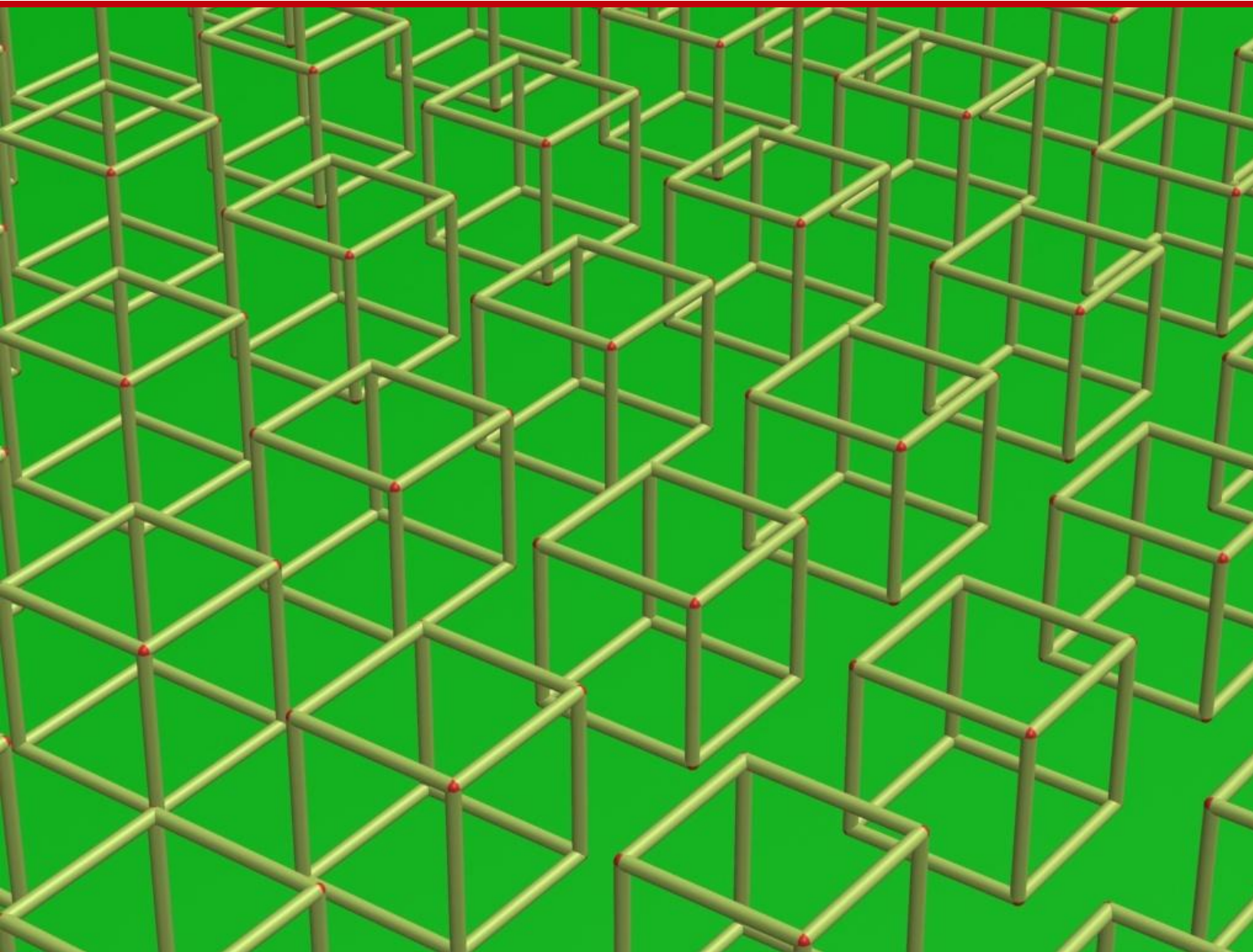
Oświetlenie



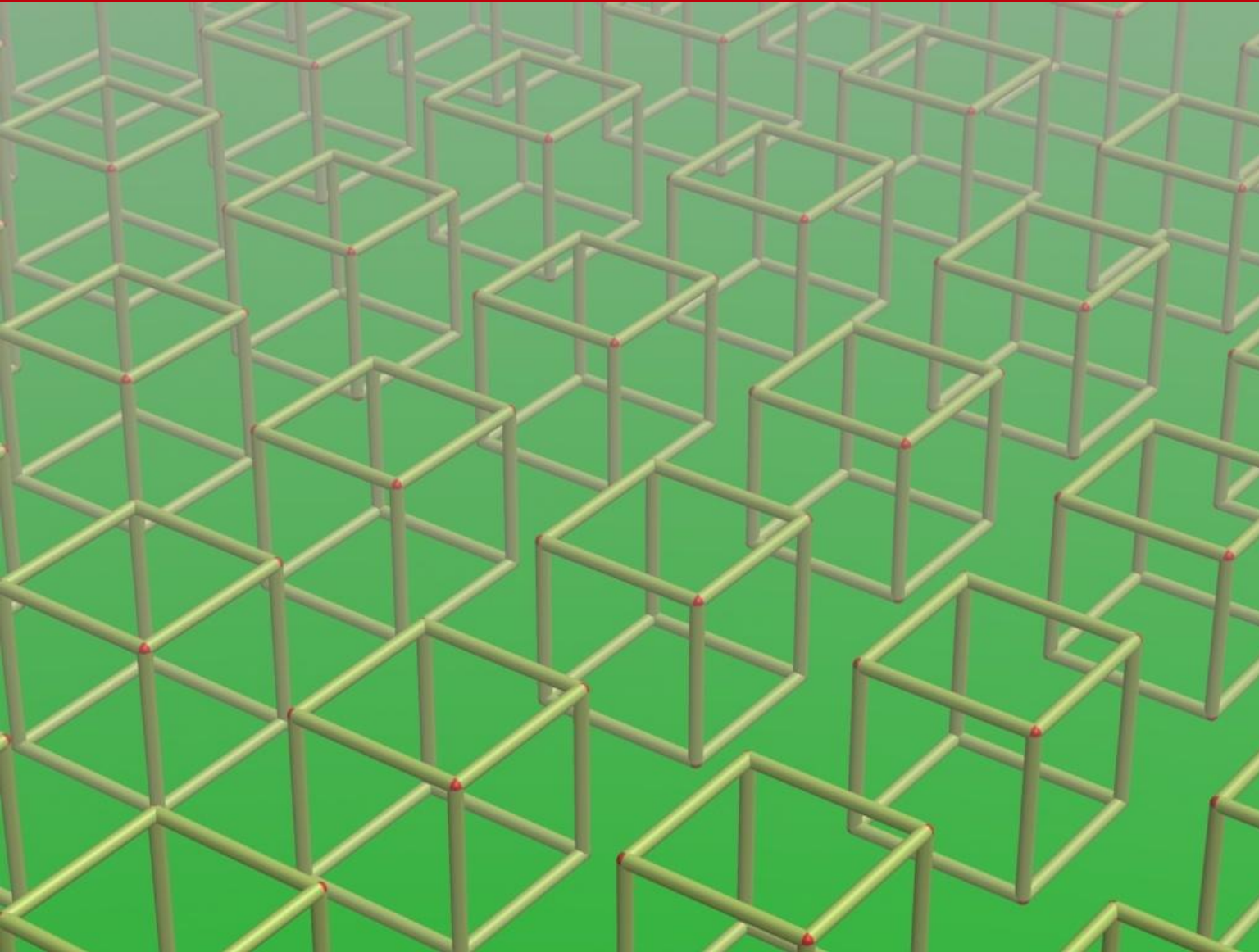




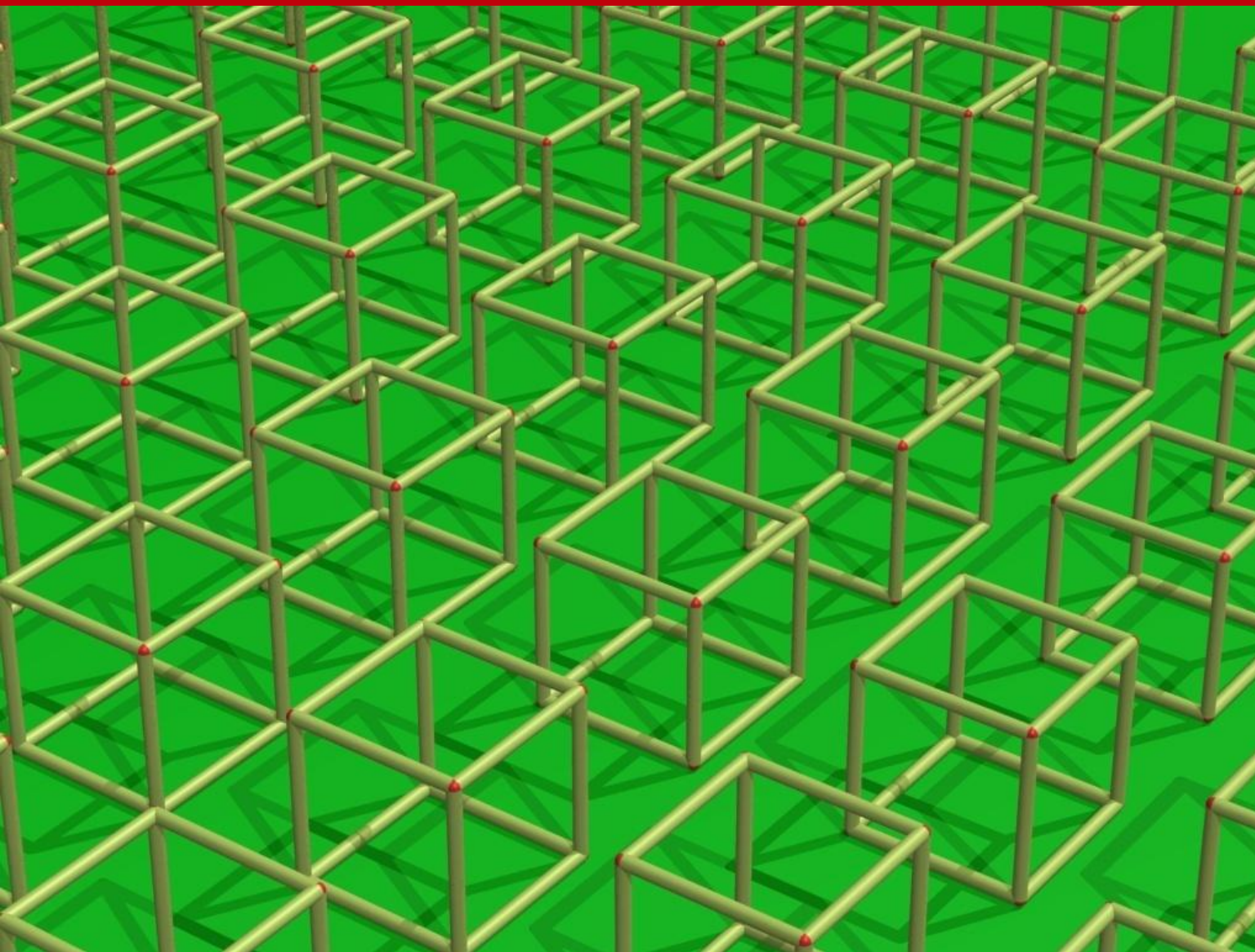
Tekstury



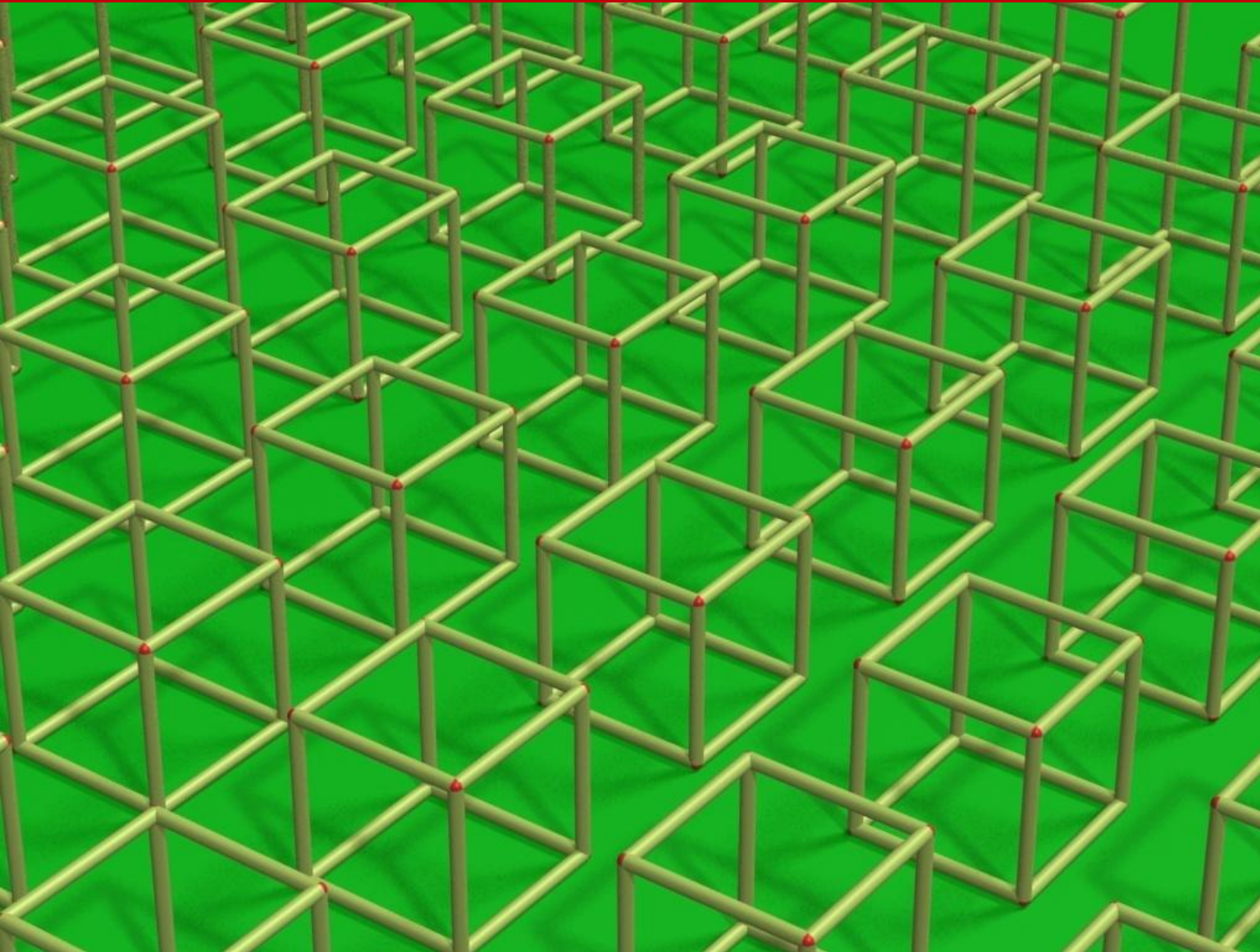
Mgła



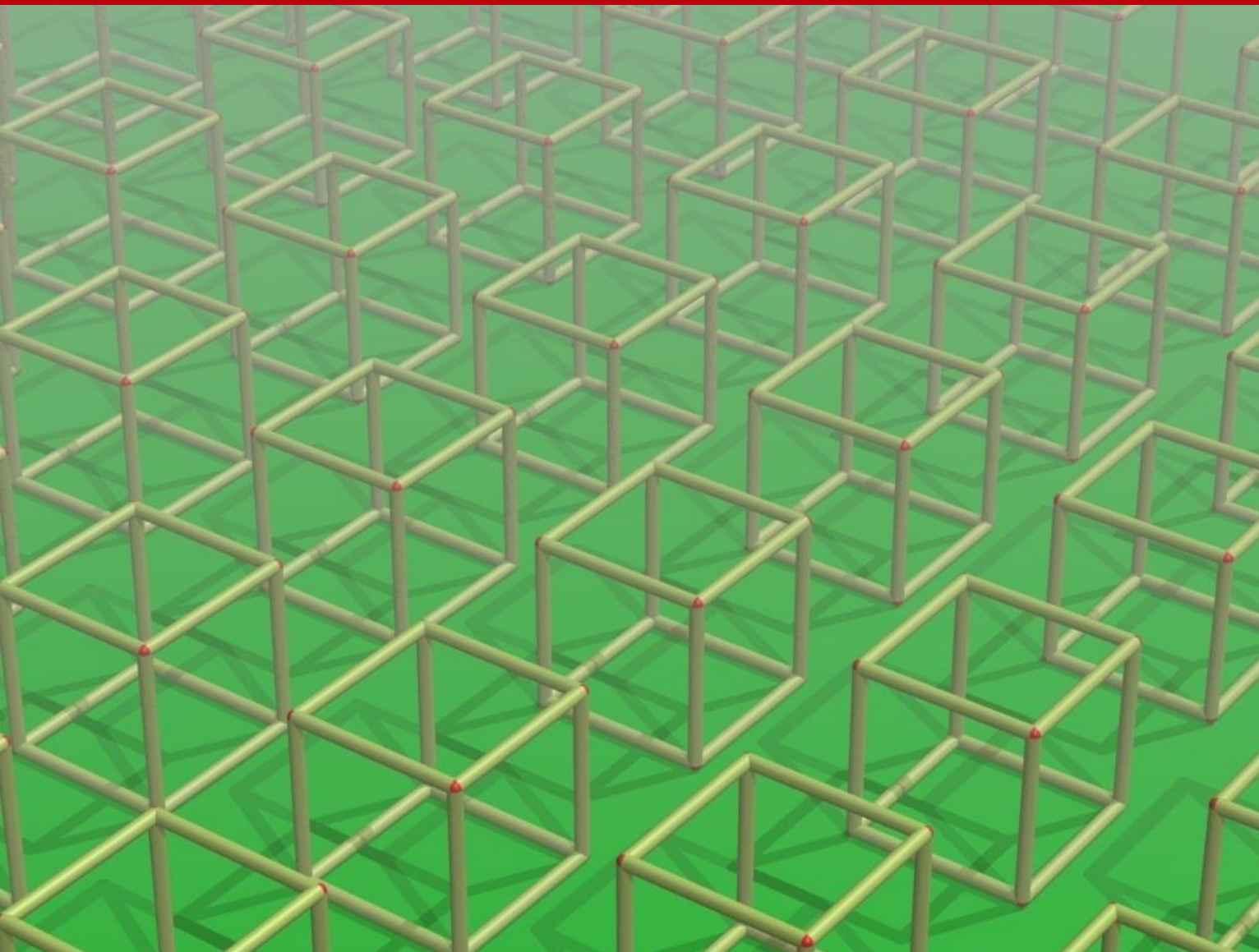
Cienie



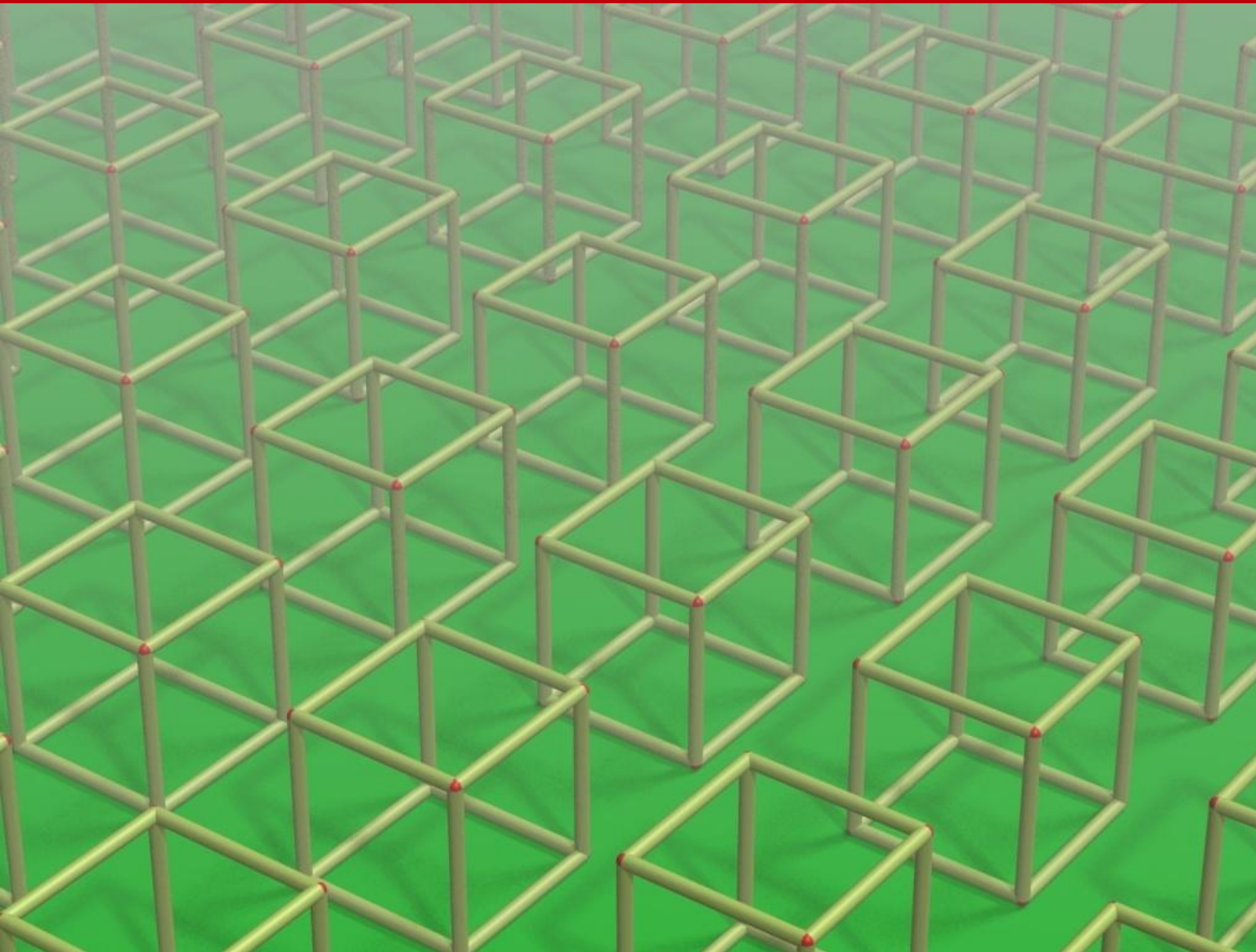
Cienie rozmyte – zmiana modelu źródła światła



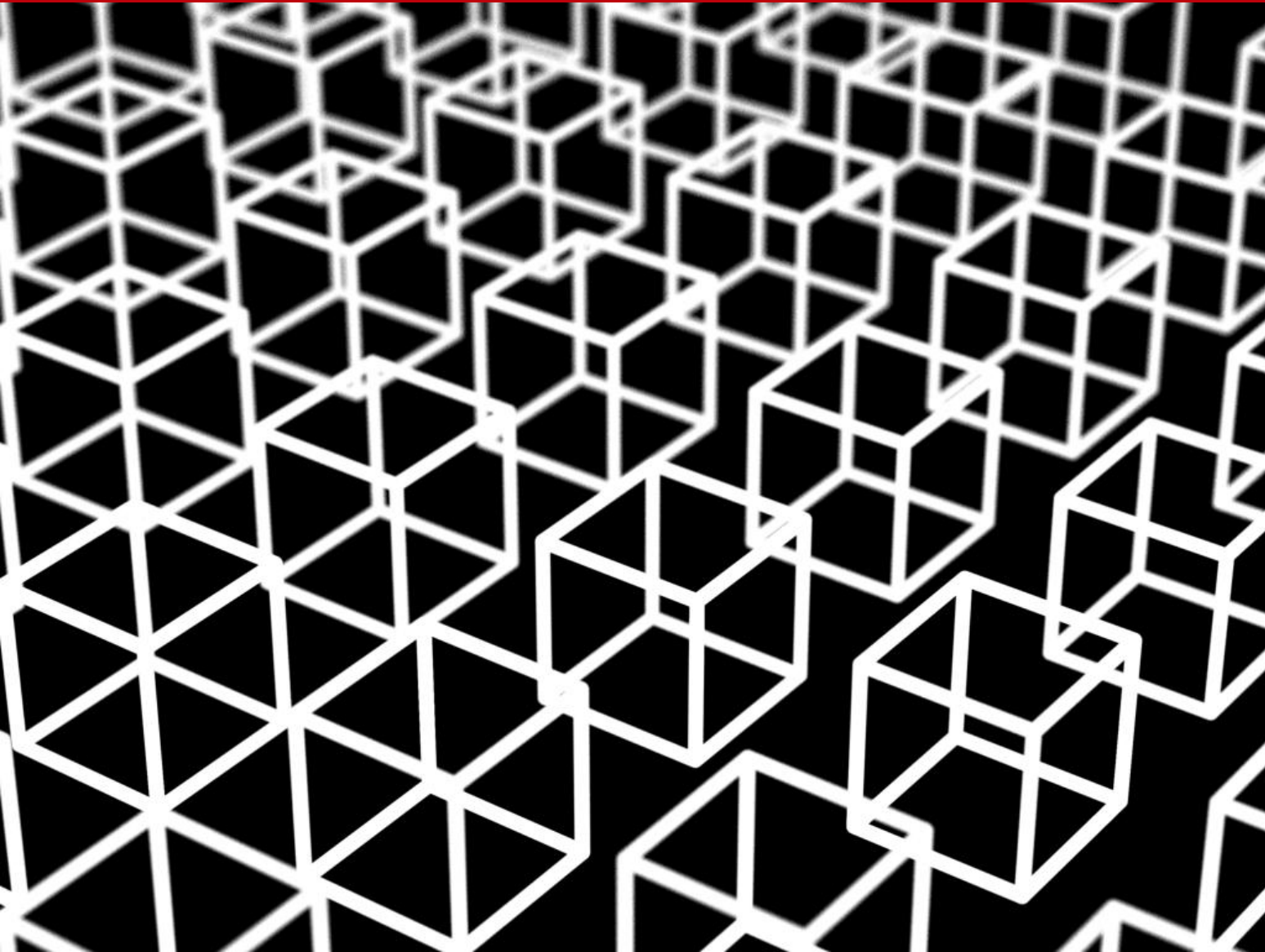
Mgła i cienie

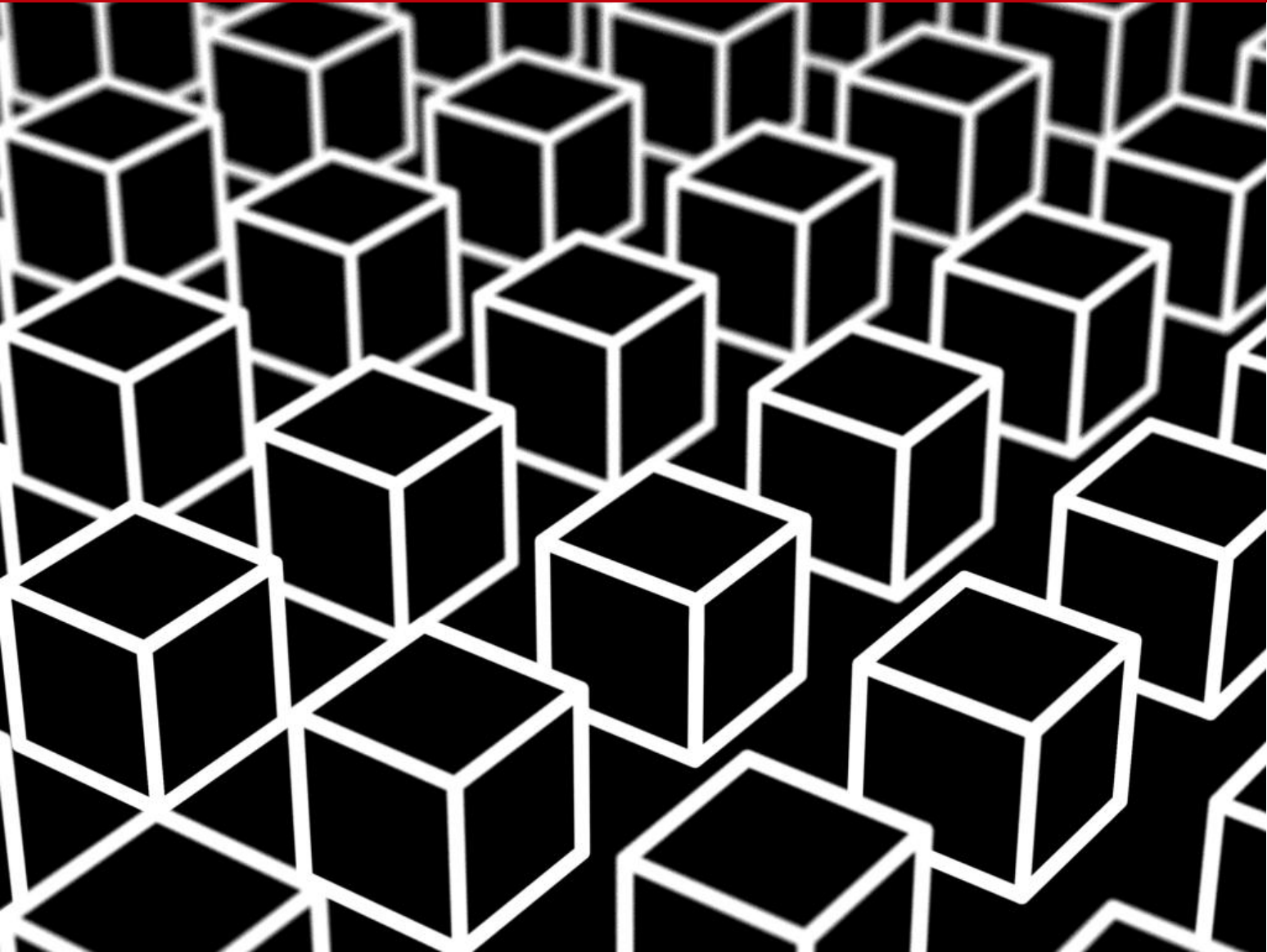


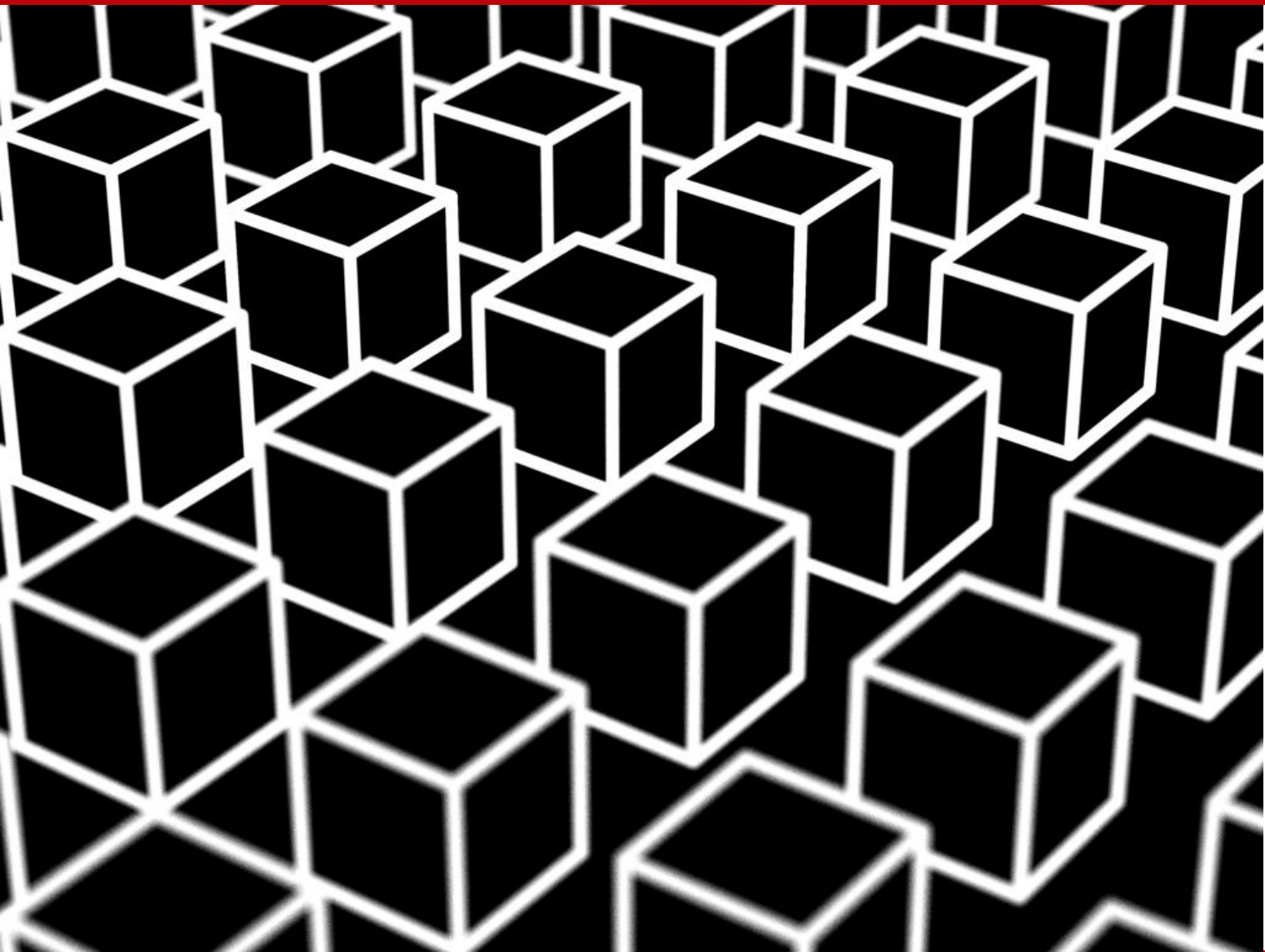
Mgła z cieniami rozmytymi

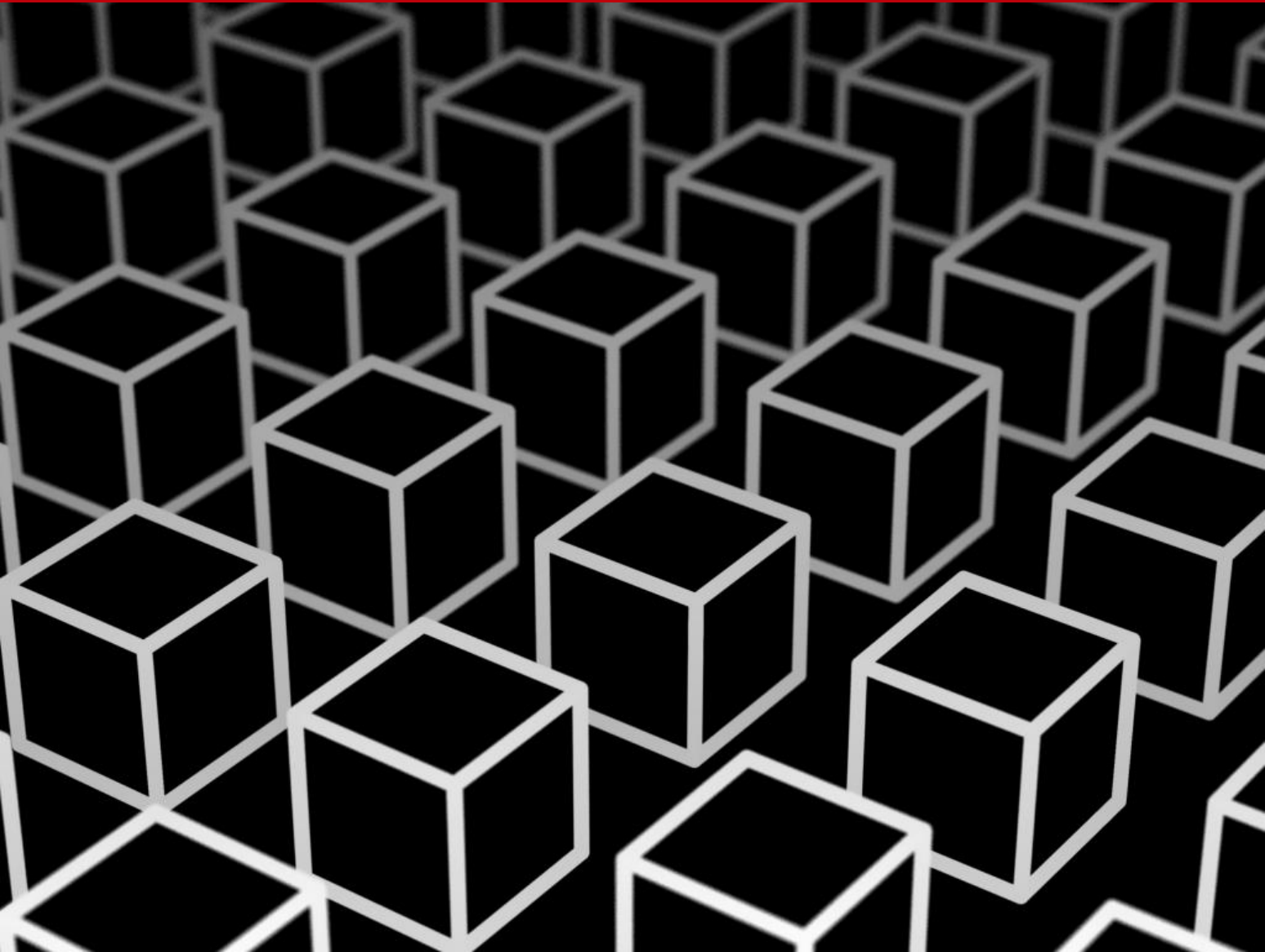


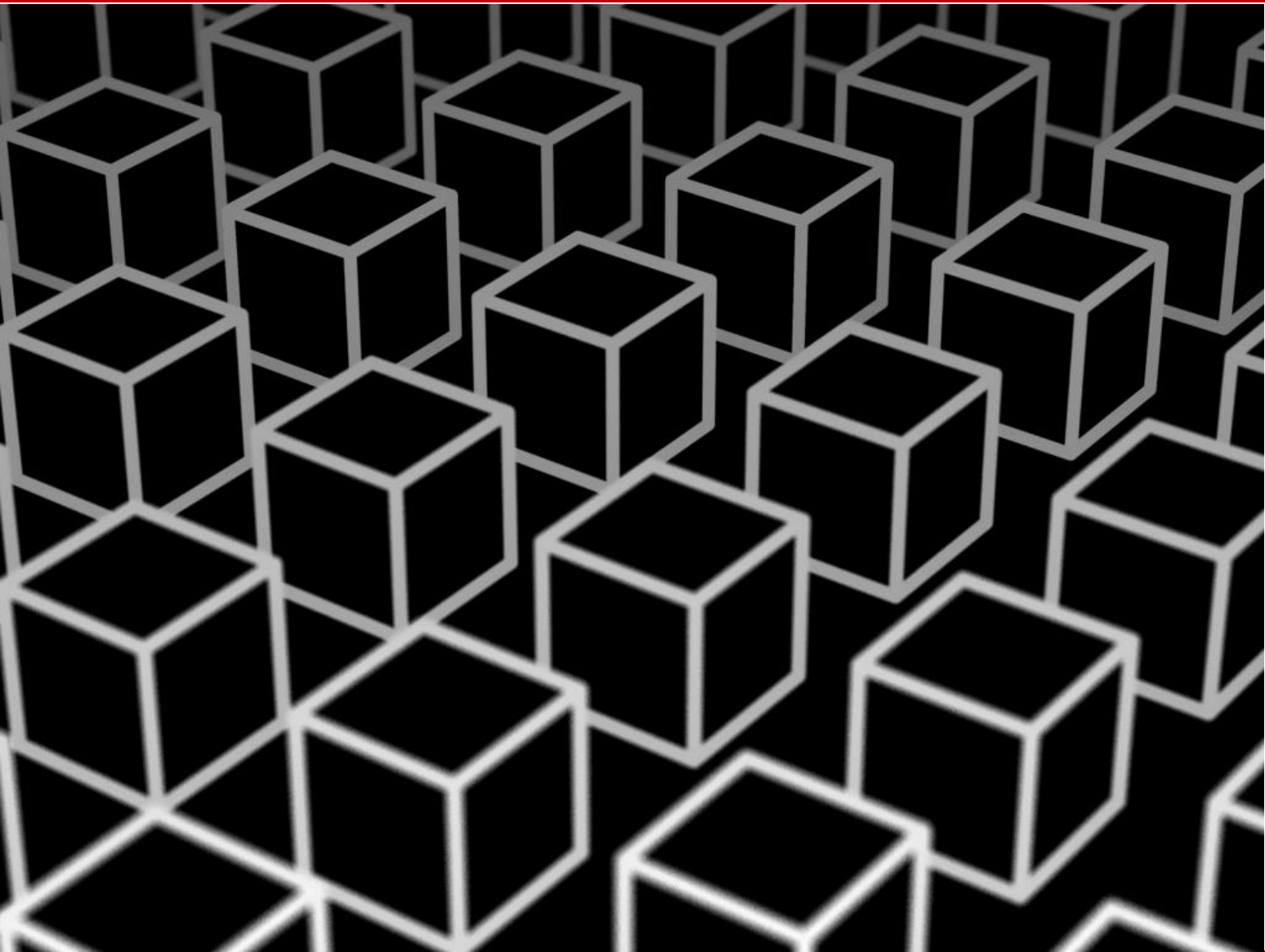
Głębia ostrości



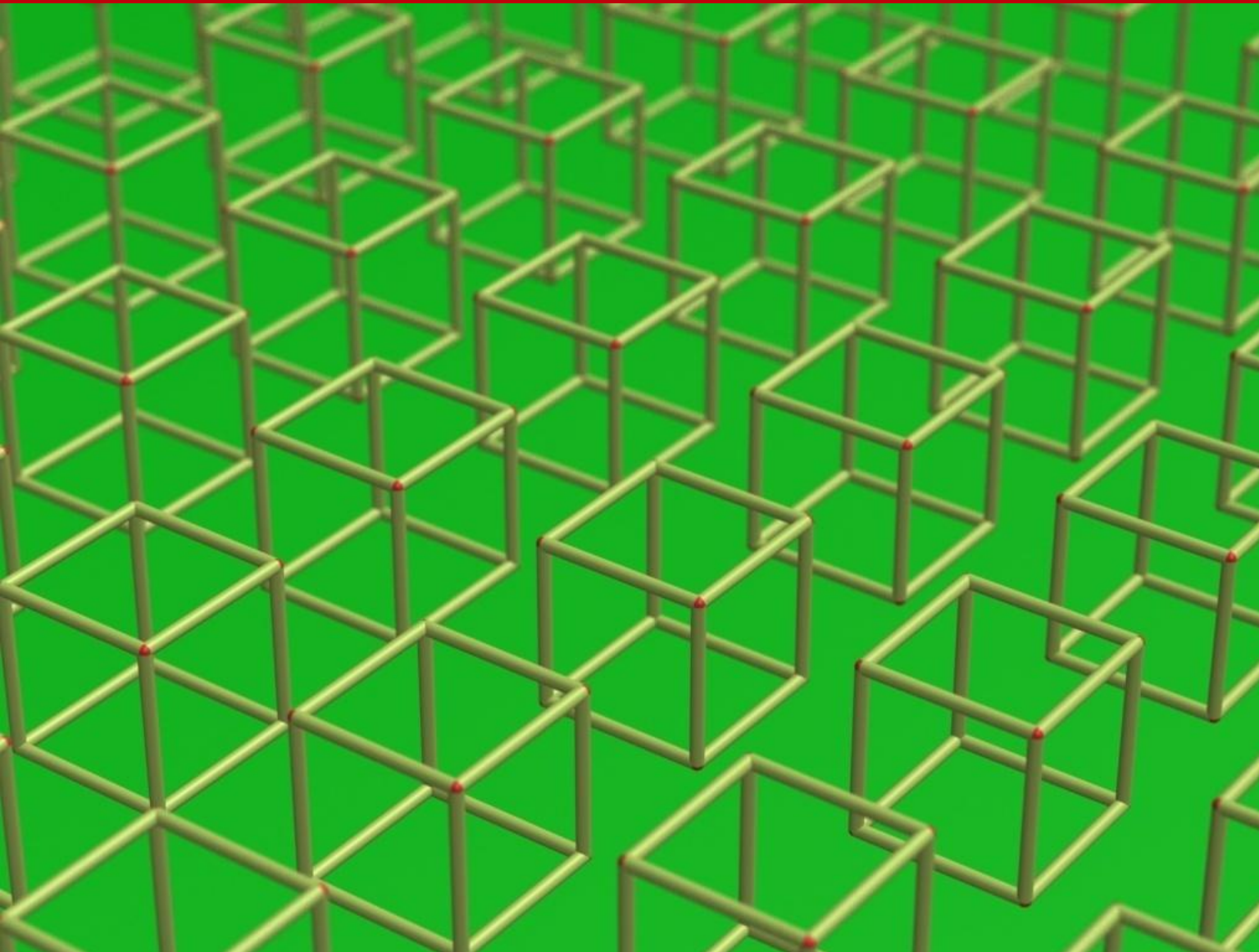


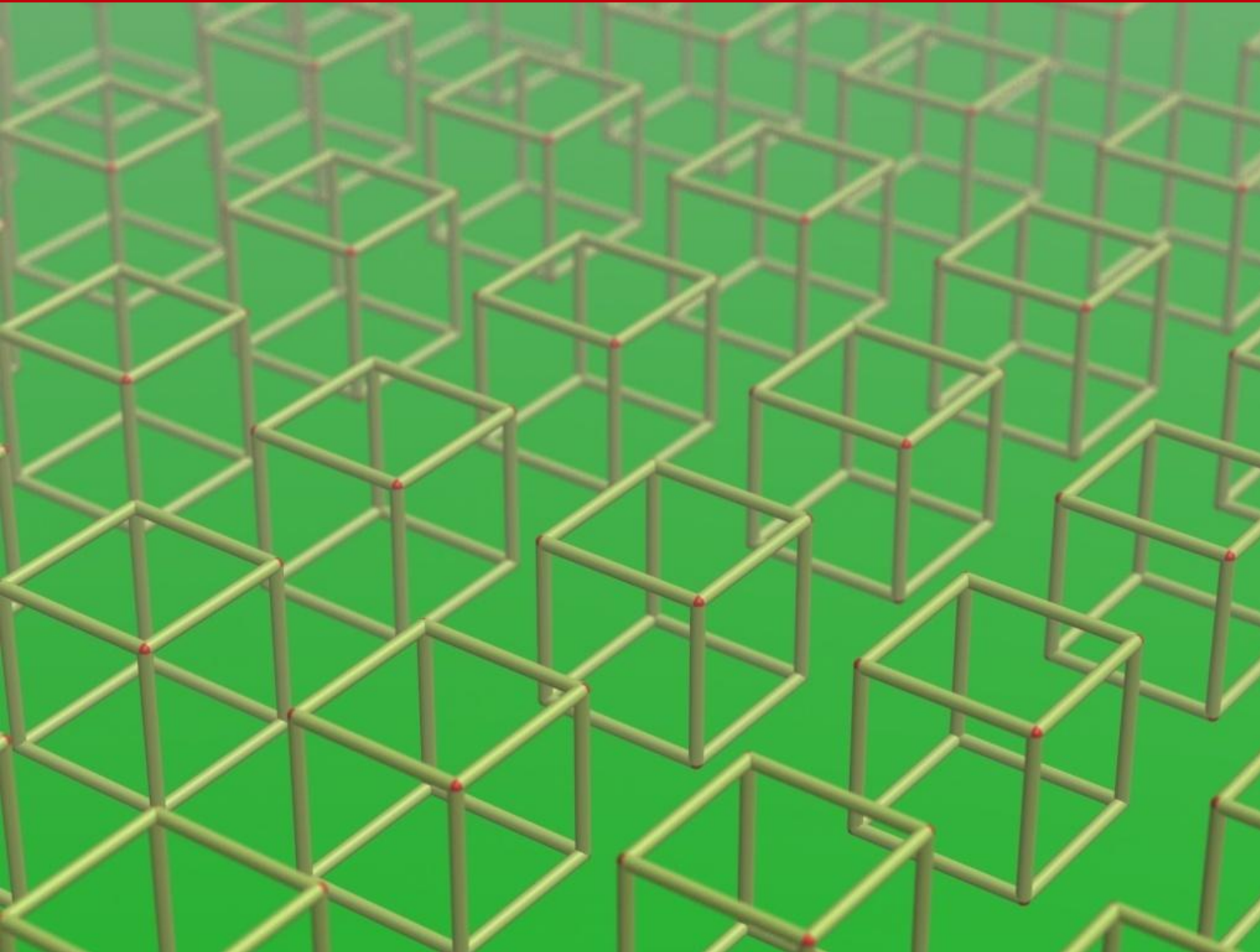


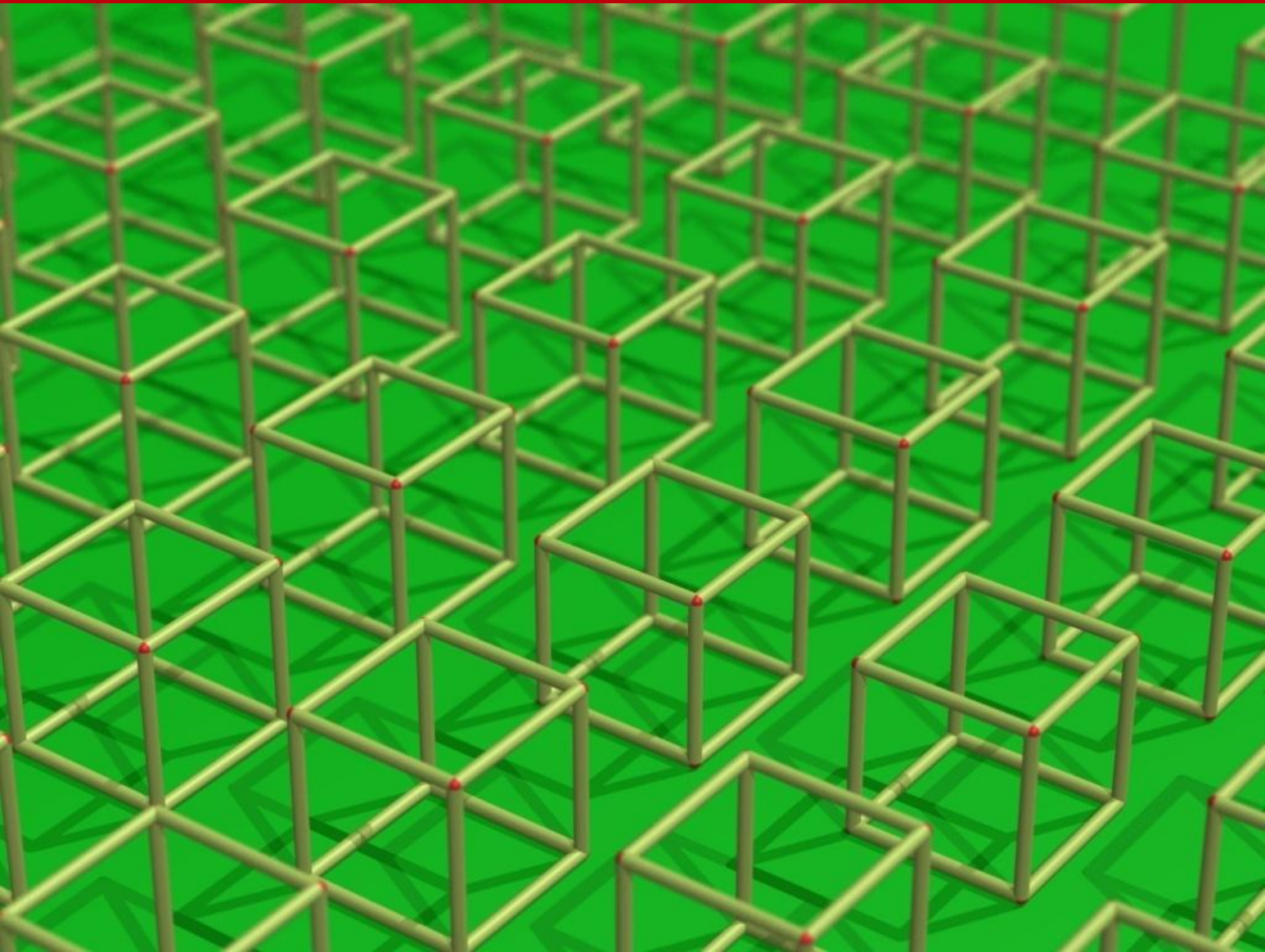


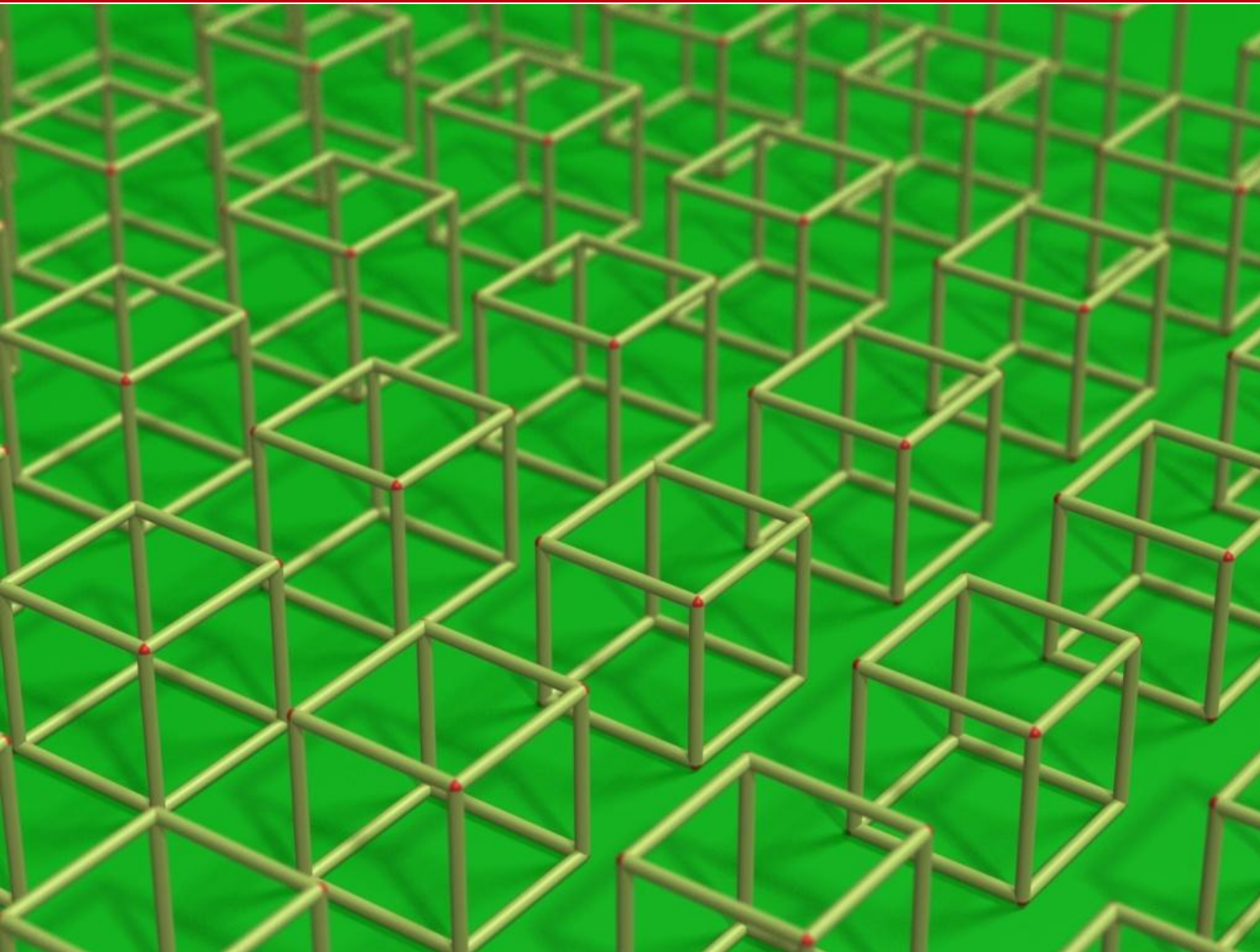


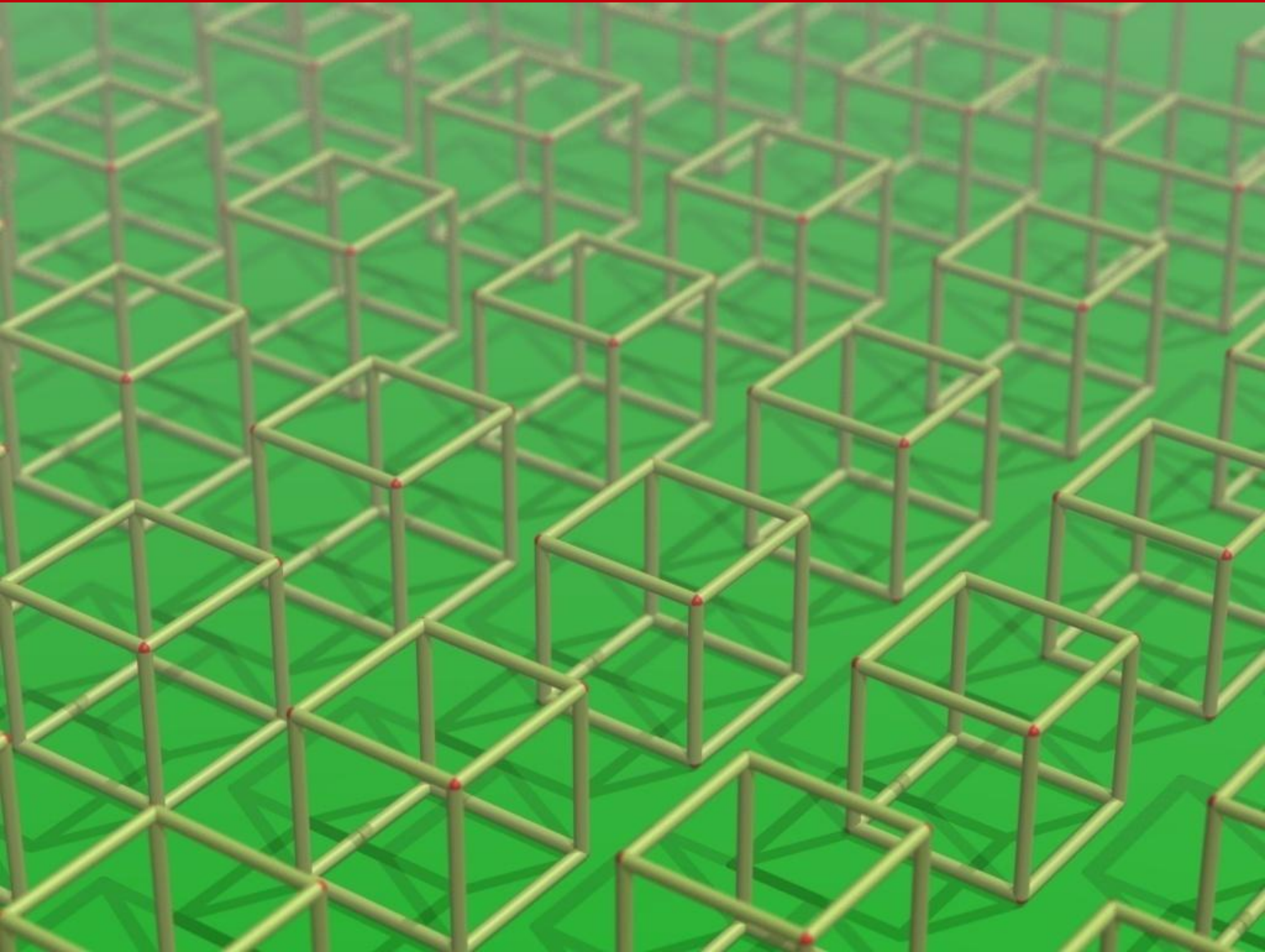
Głębina ostrości ...



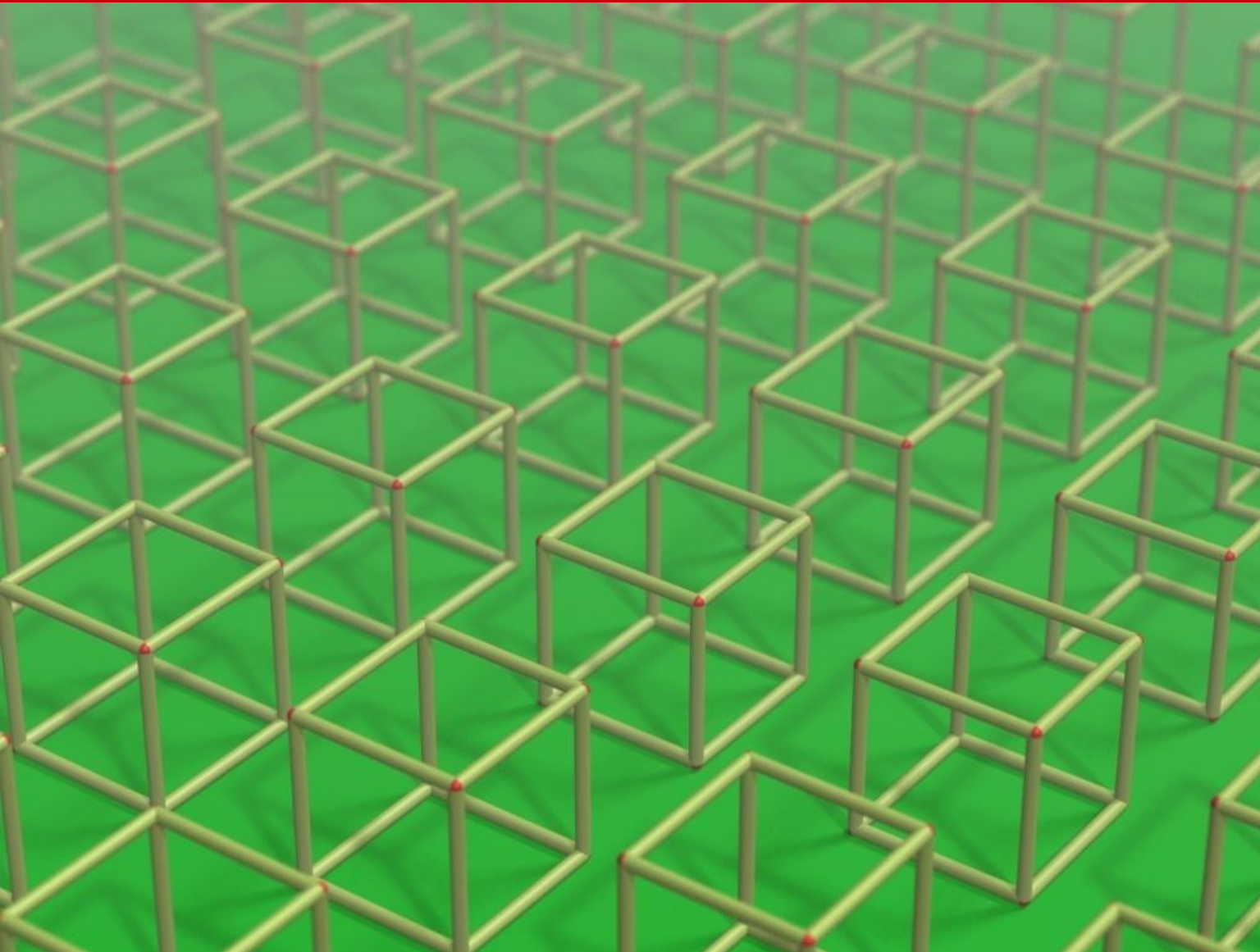




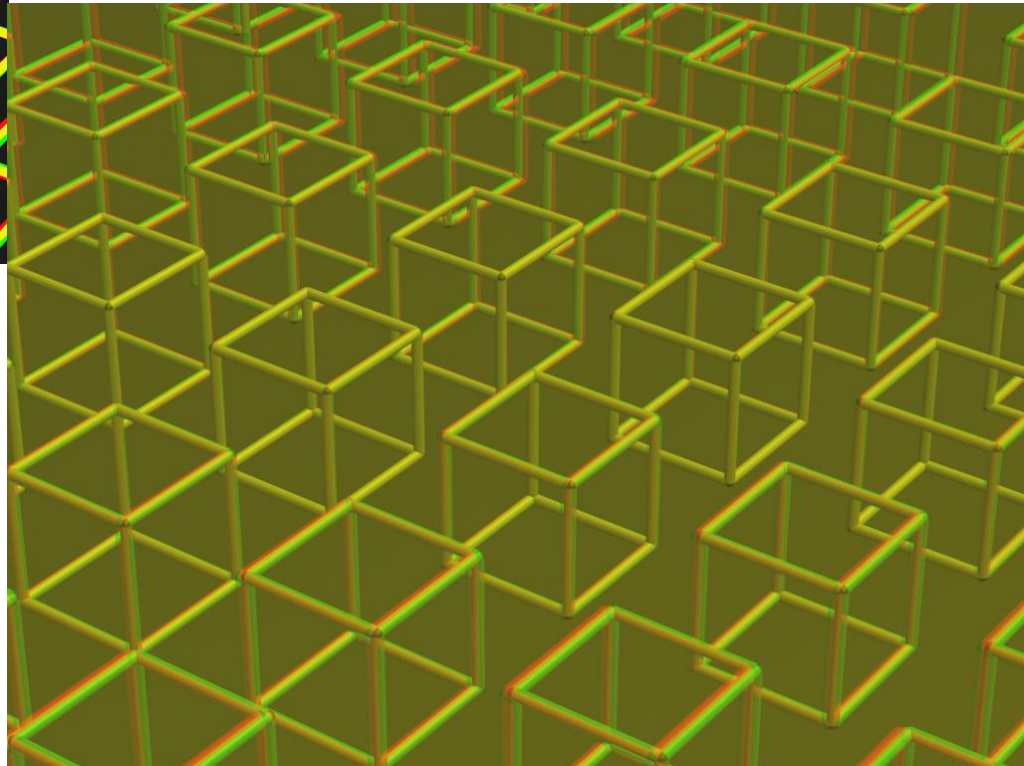
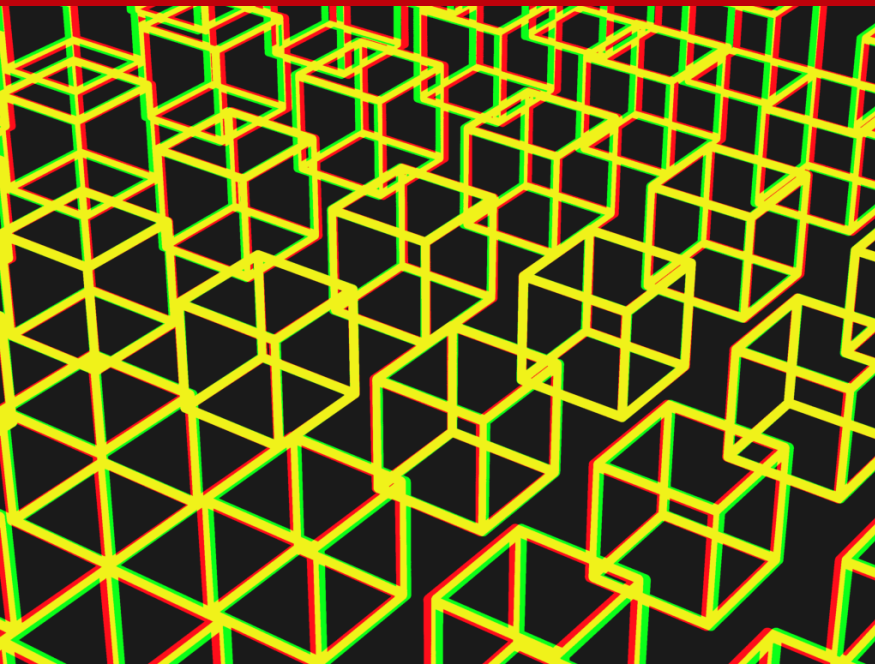




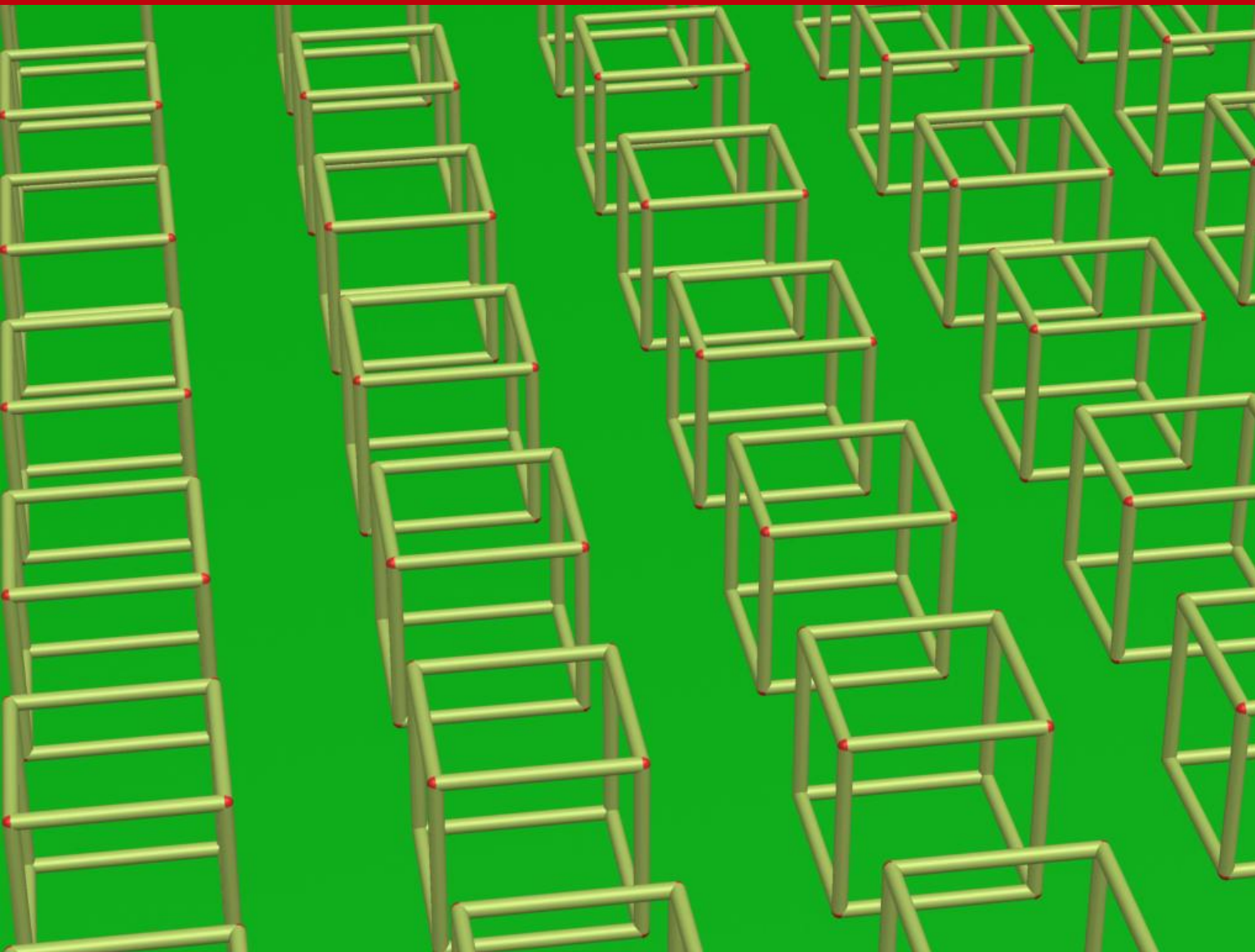
Połączenie efektów

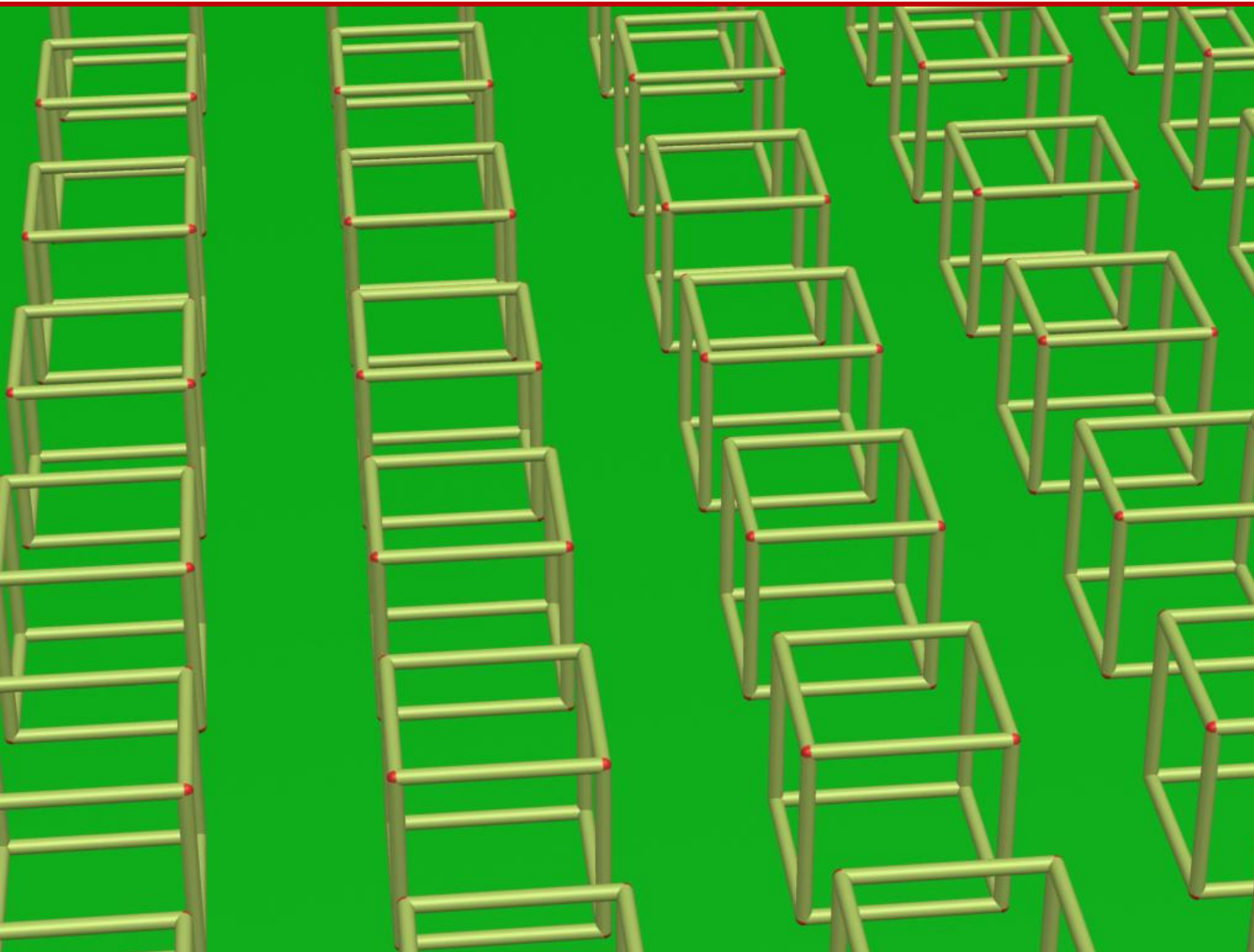


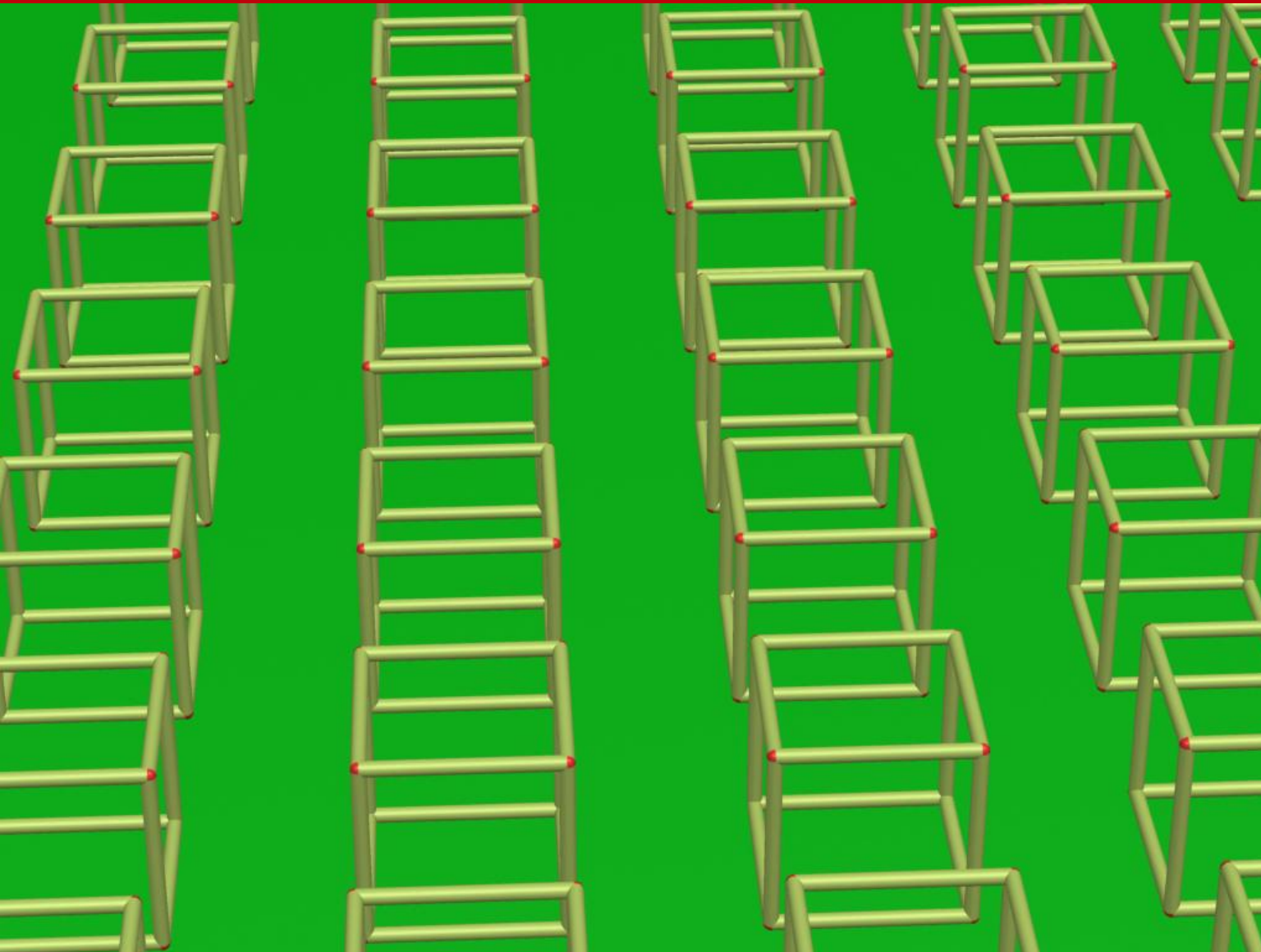
Stereoskopia

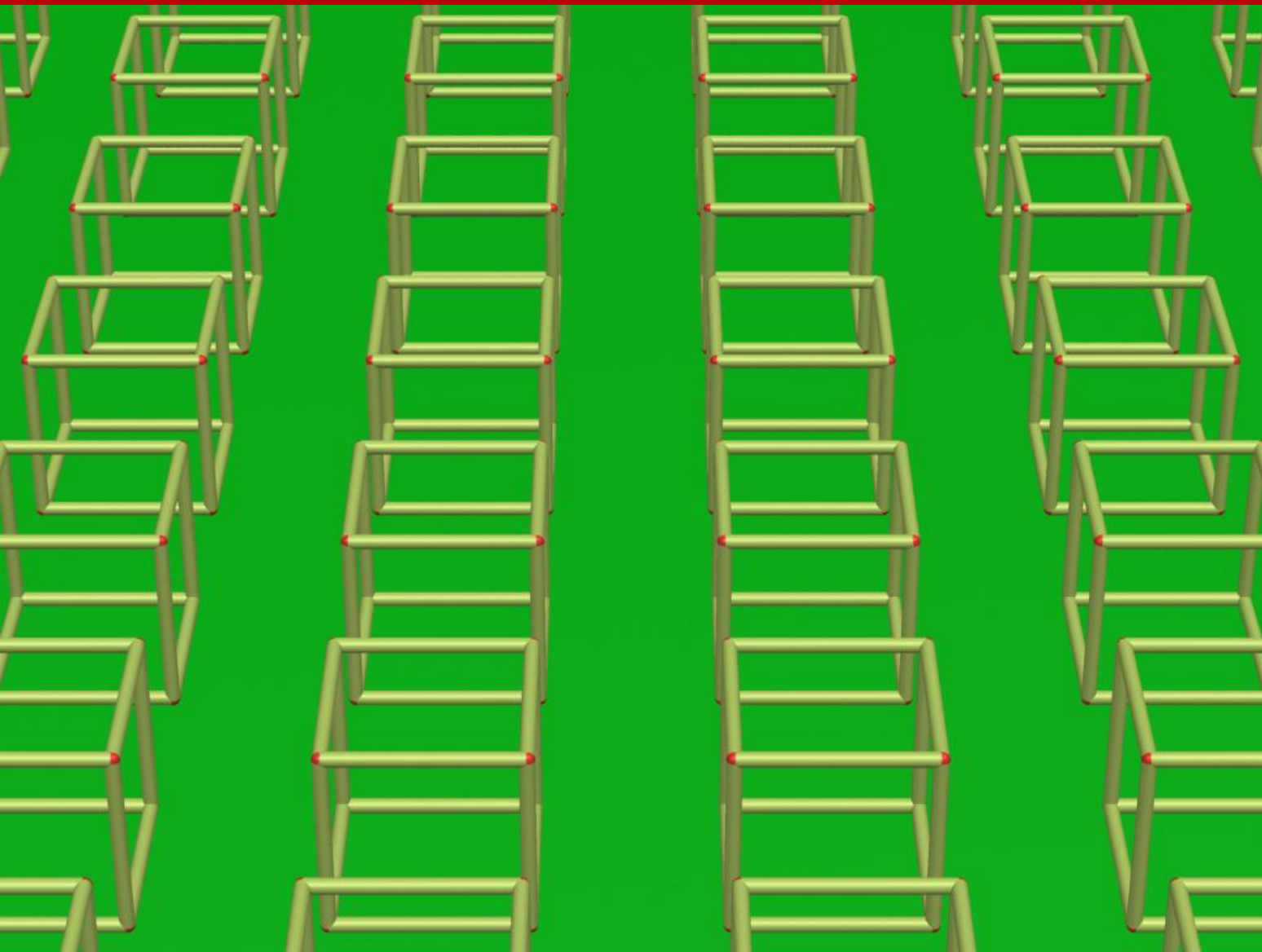


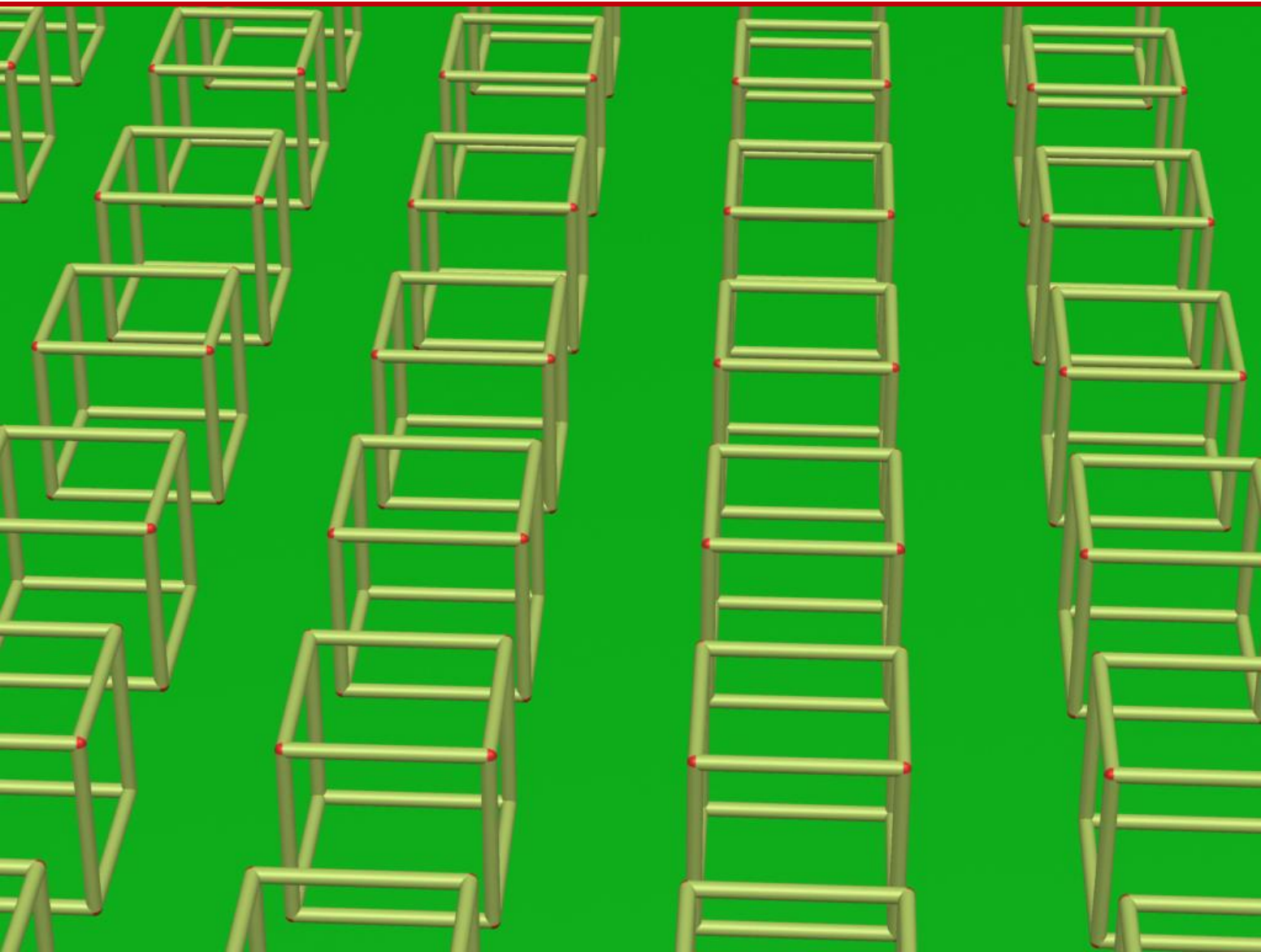
Ruch

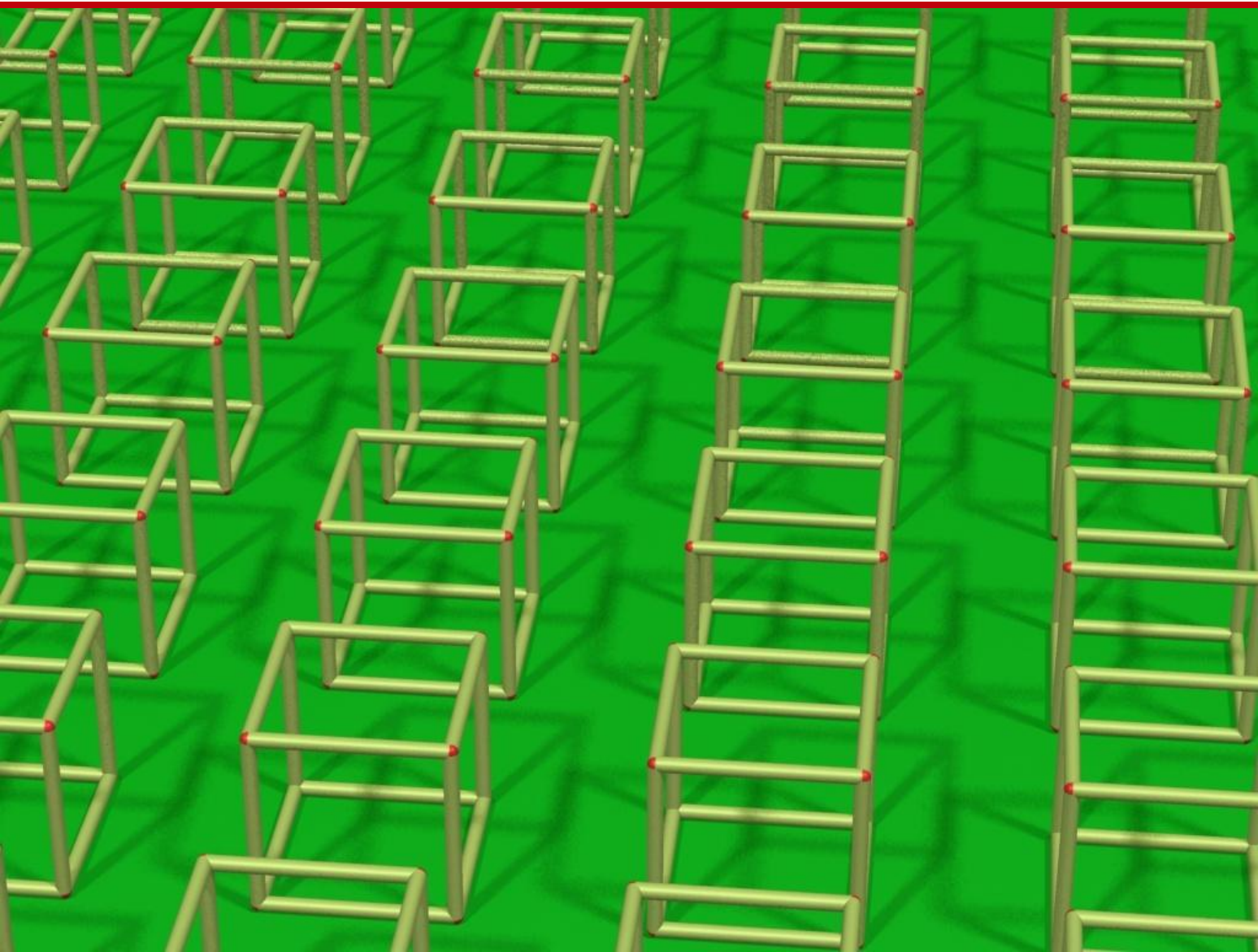


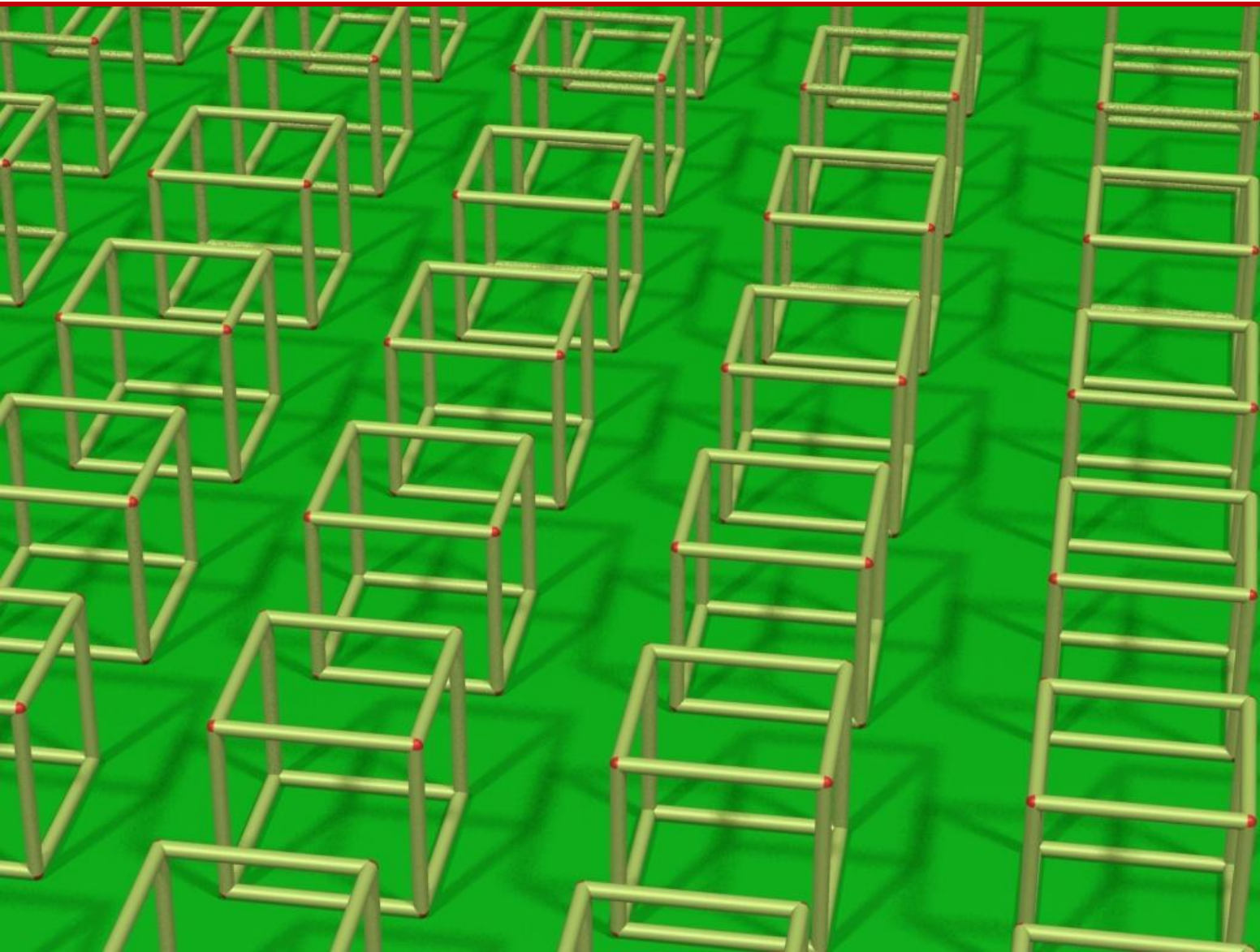


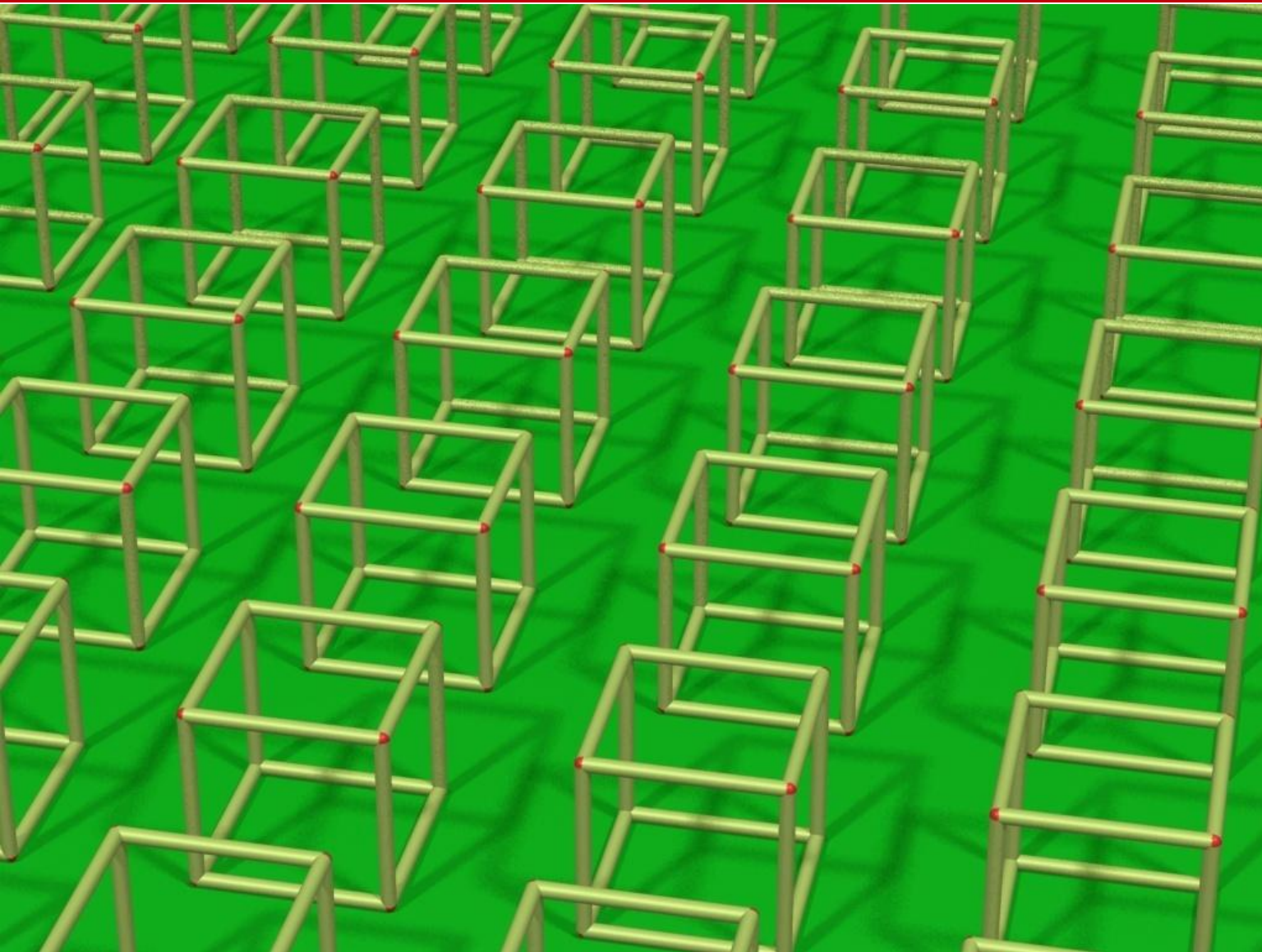


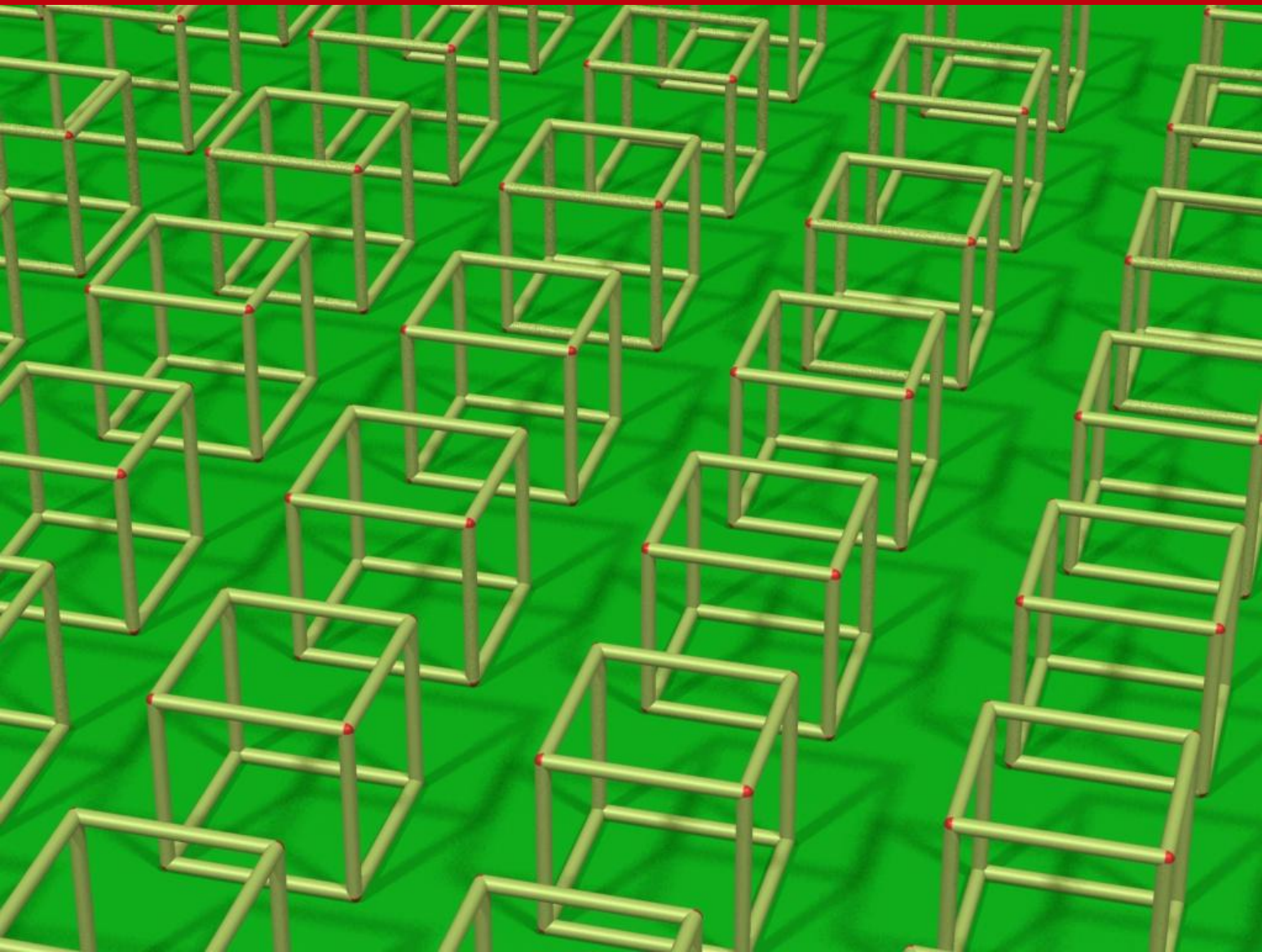


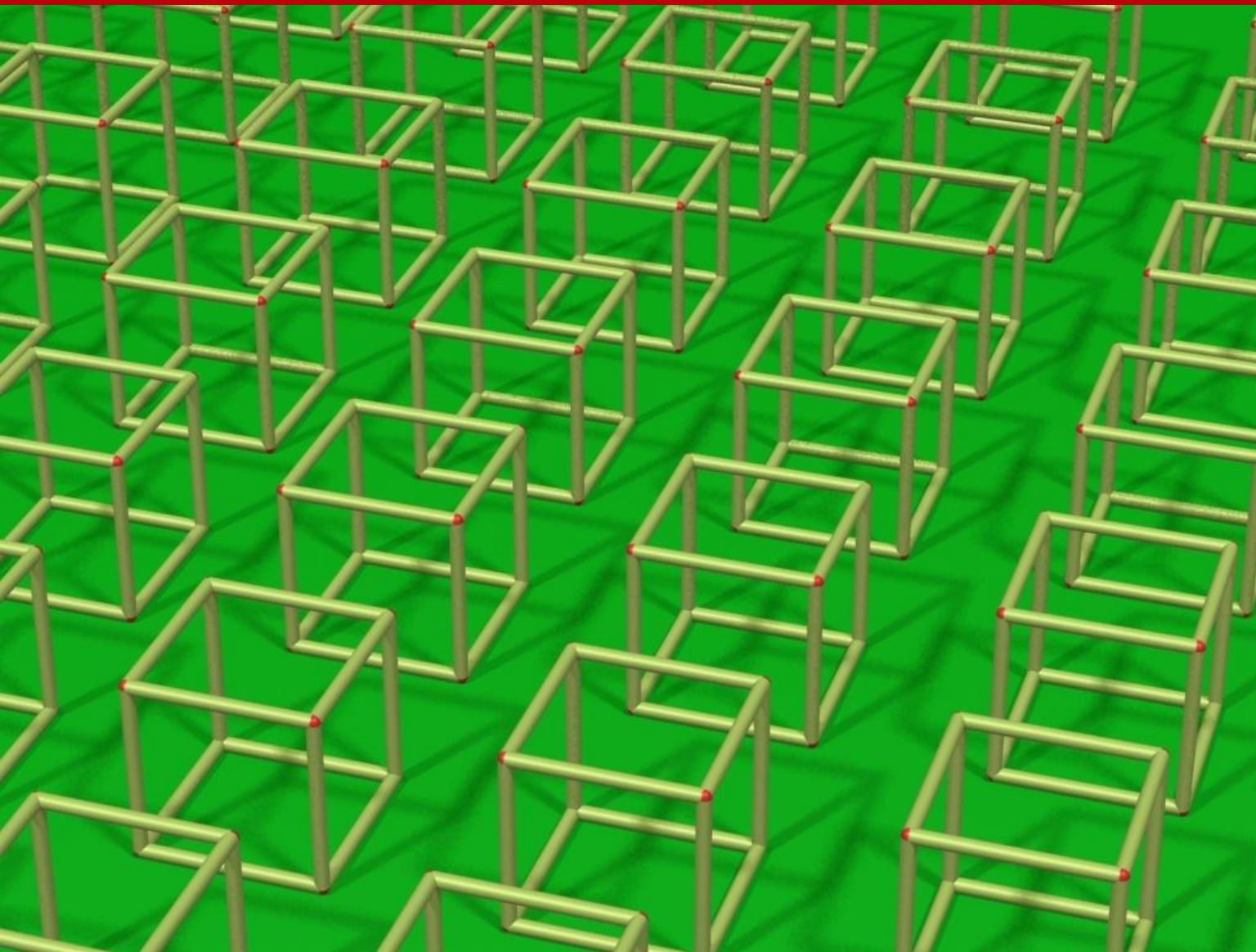


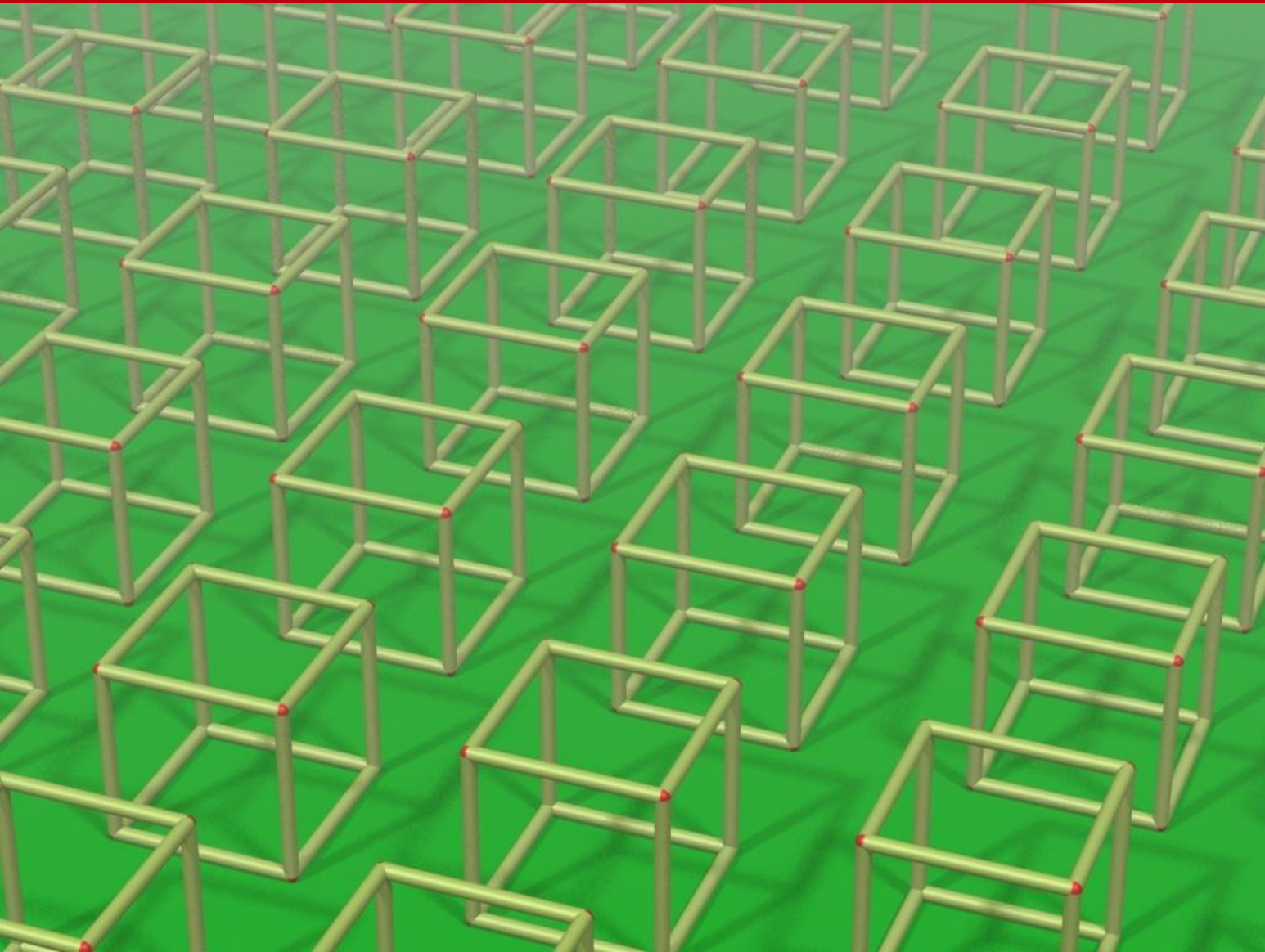


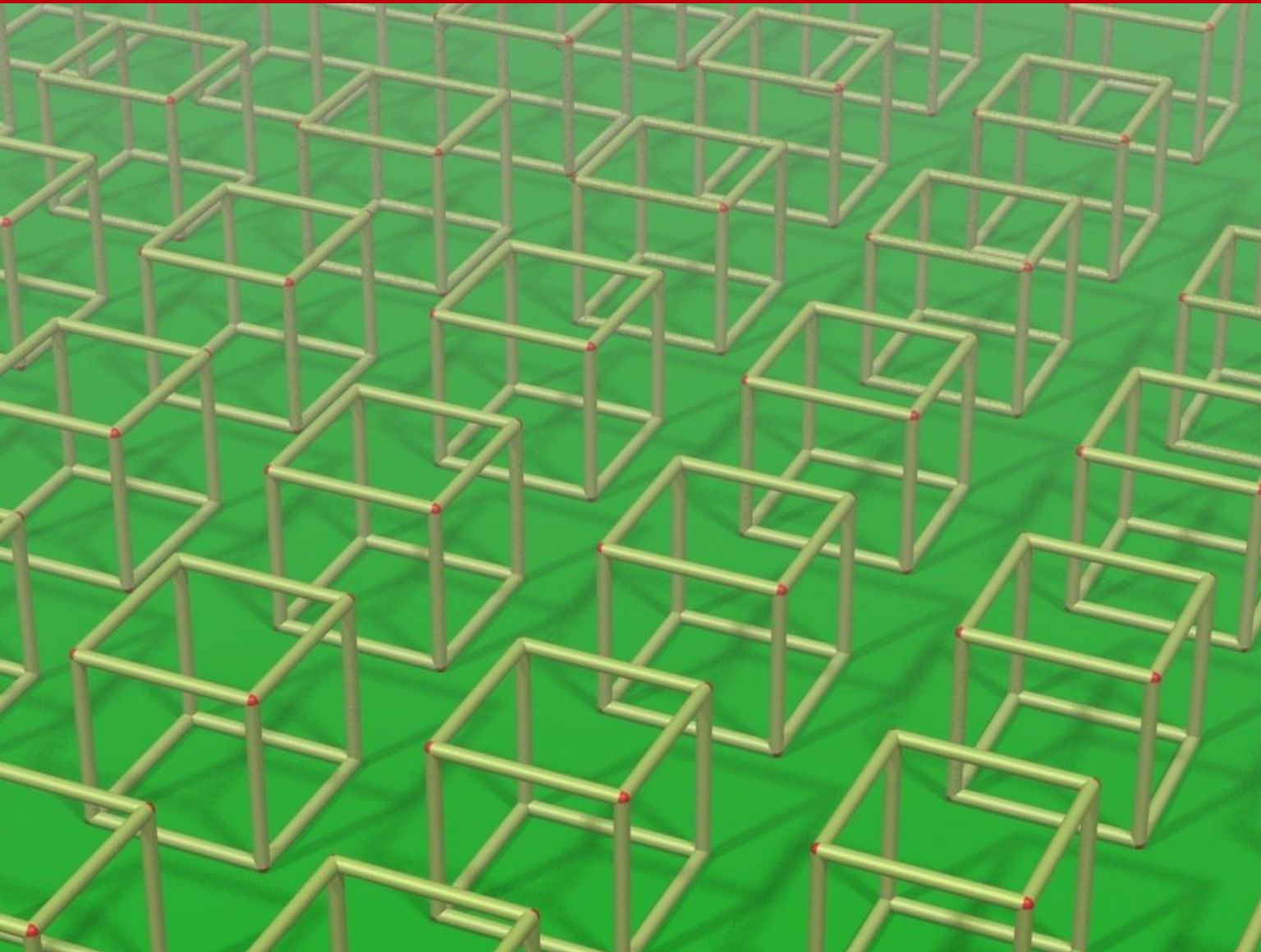


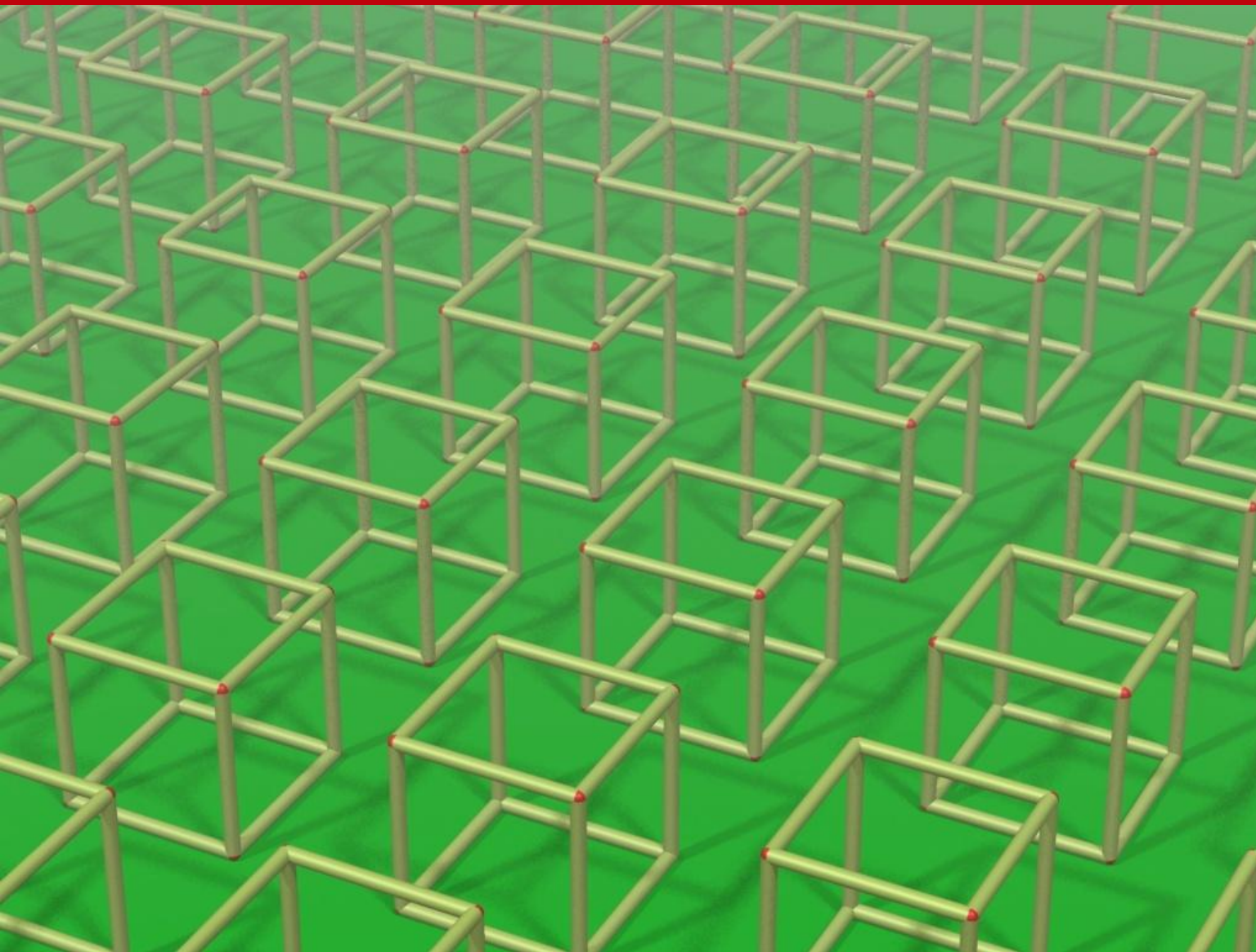


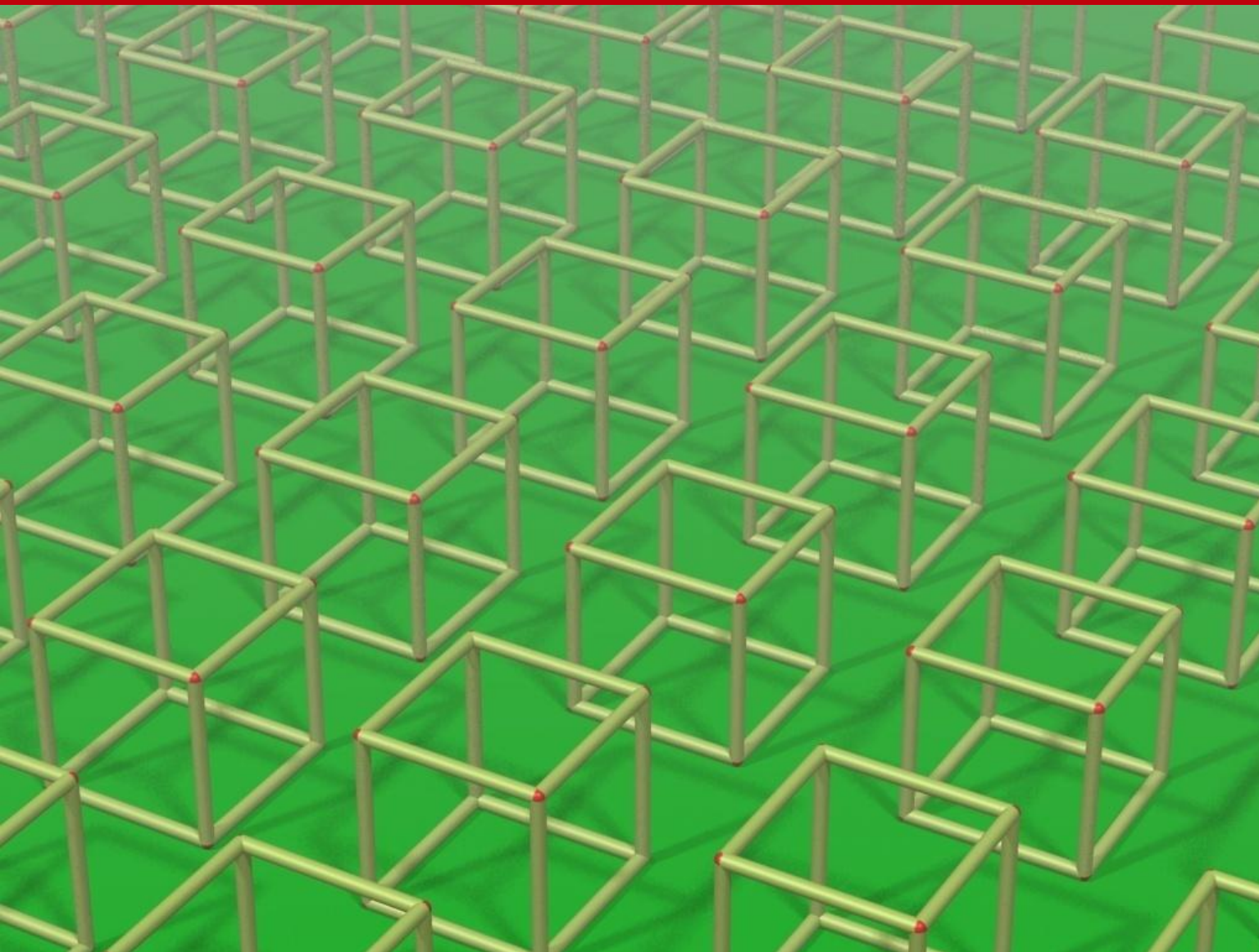


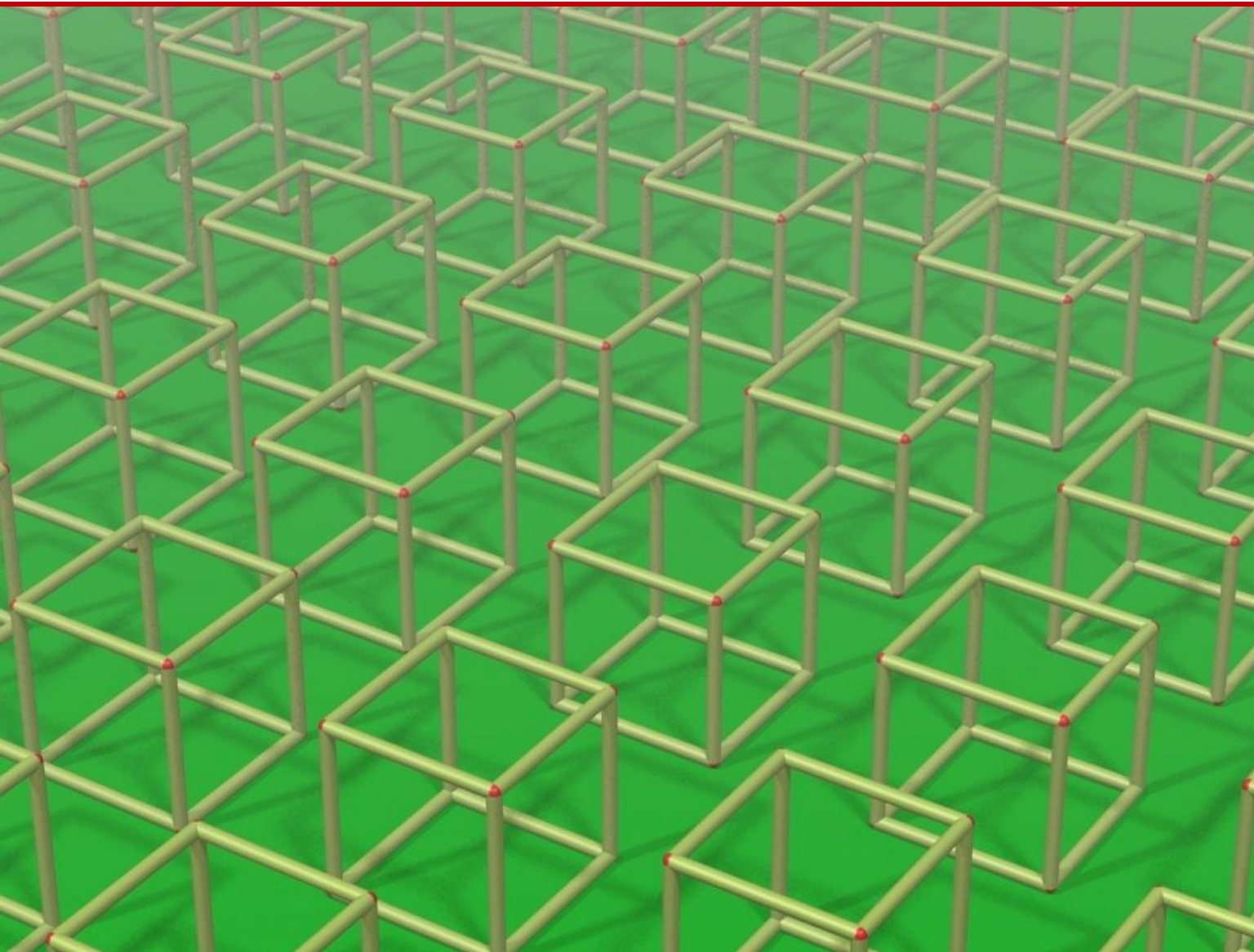


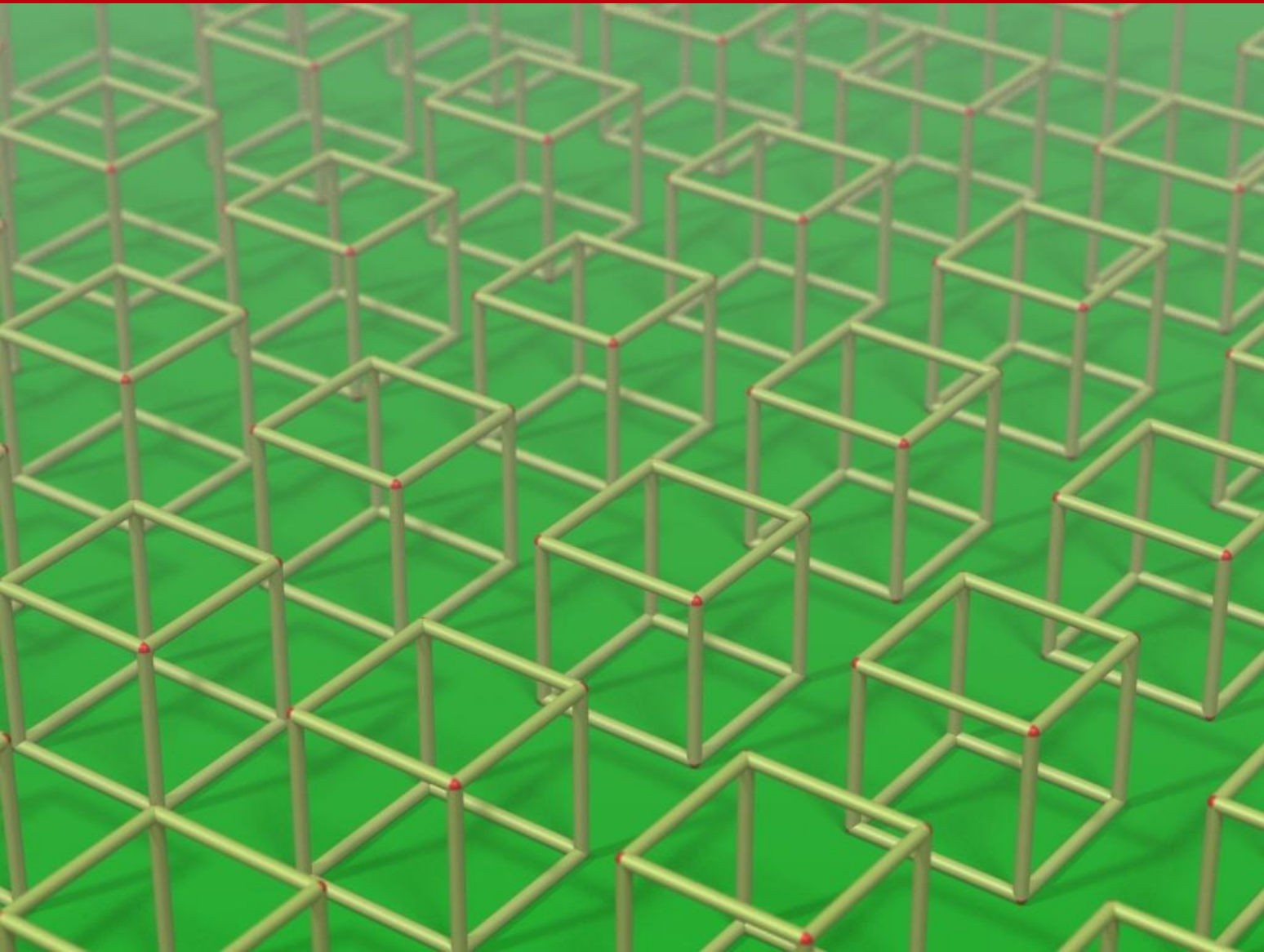


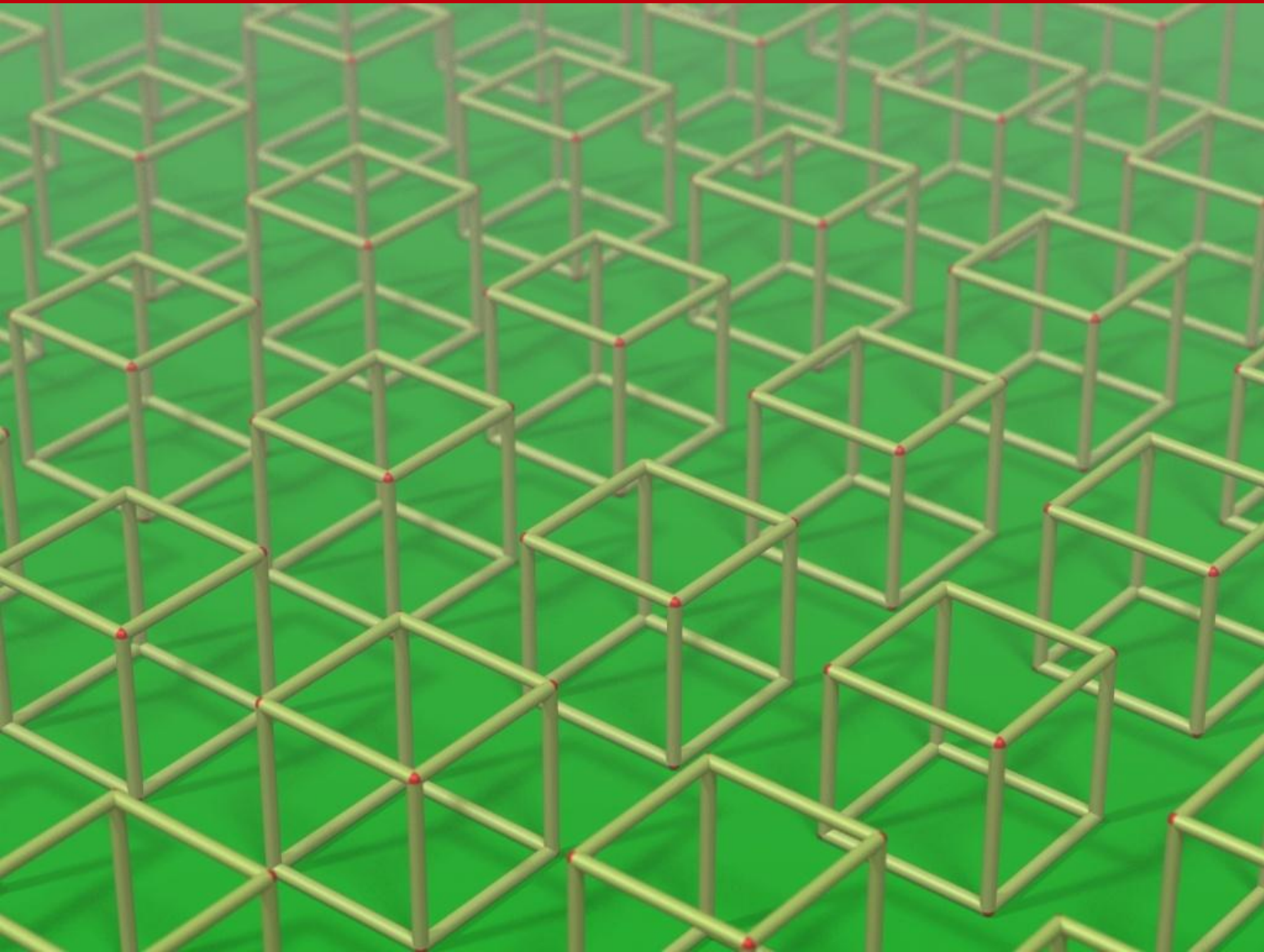


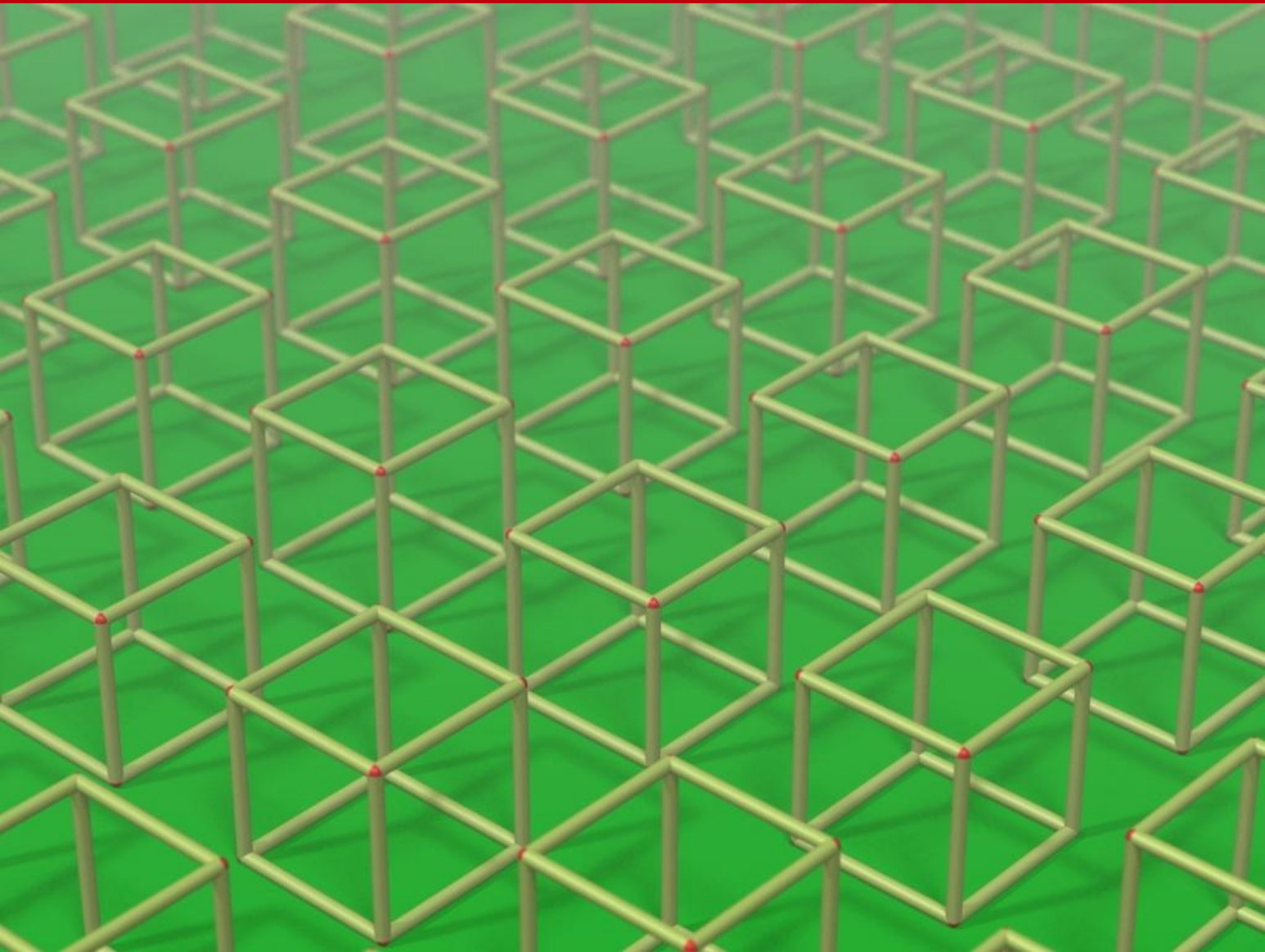


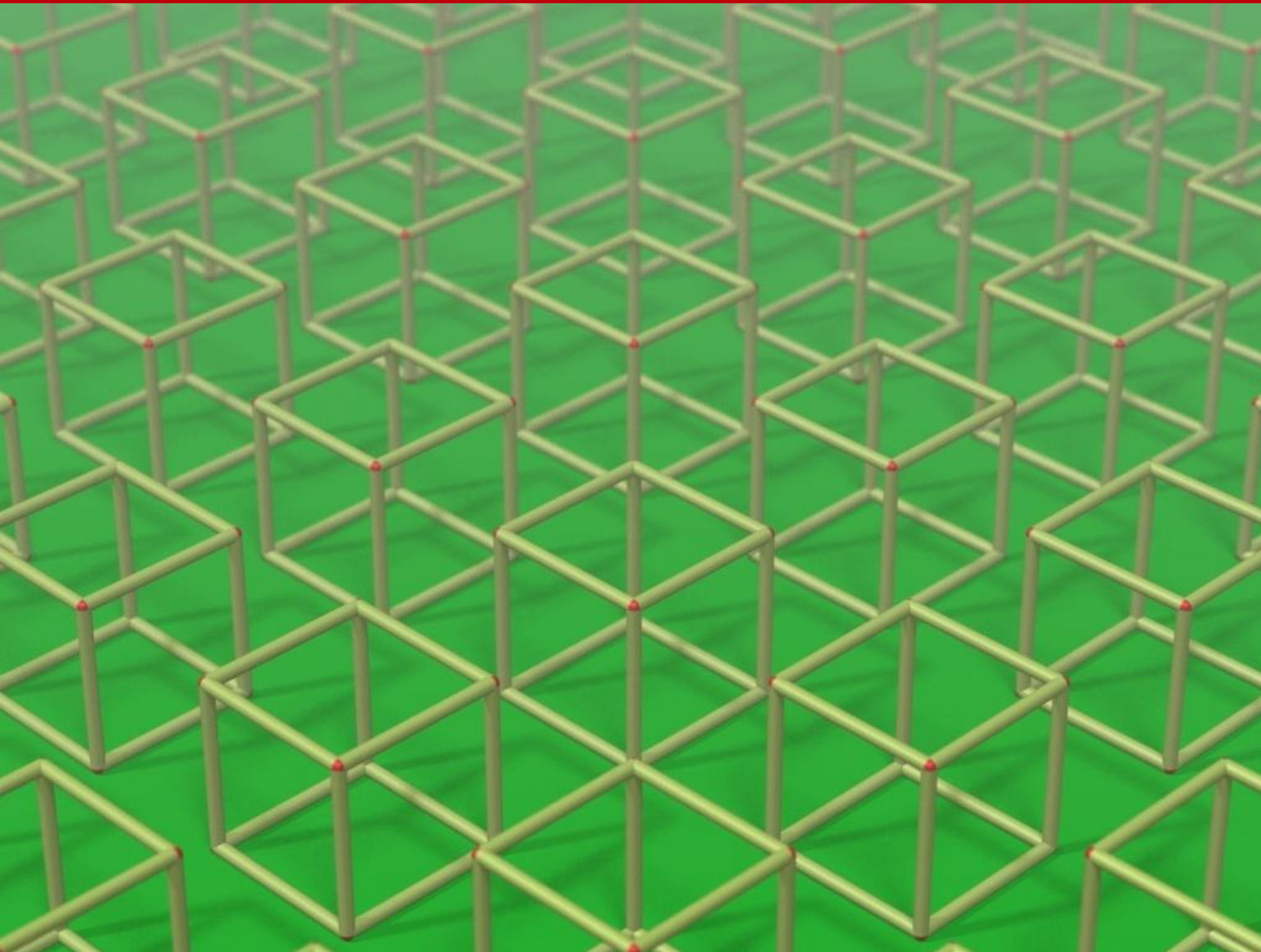


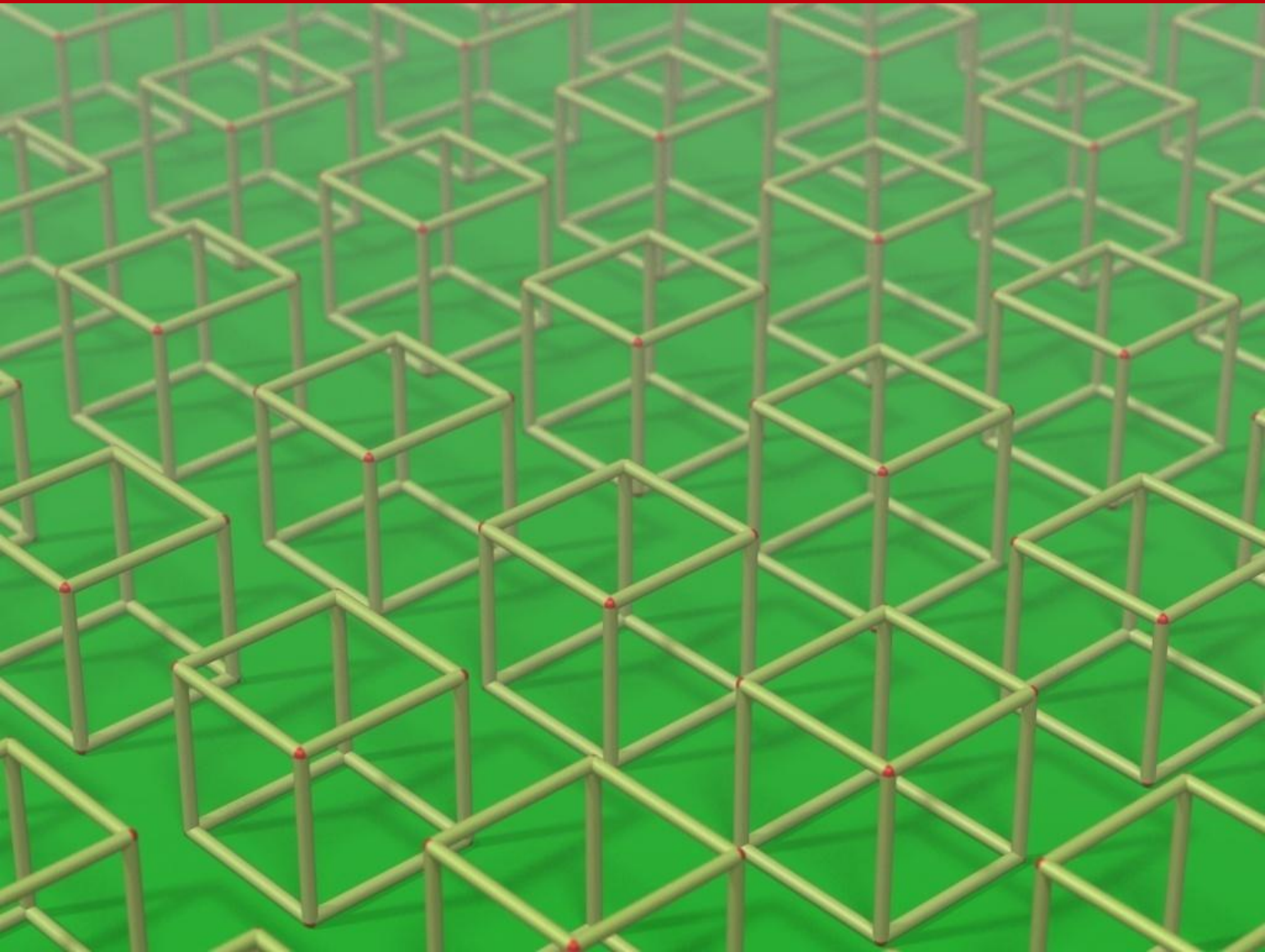


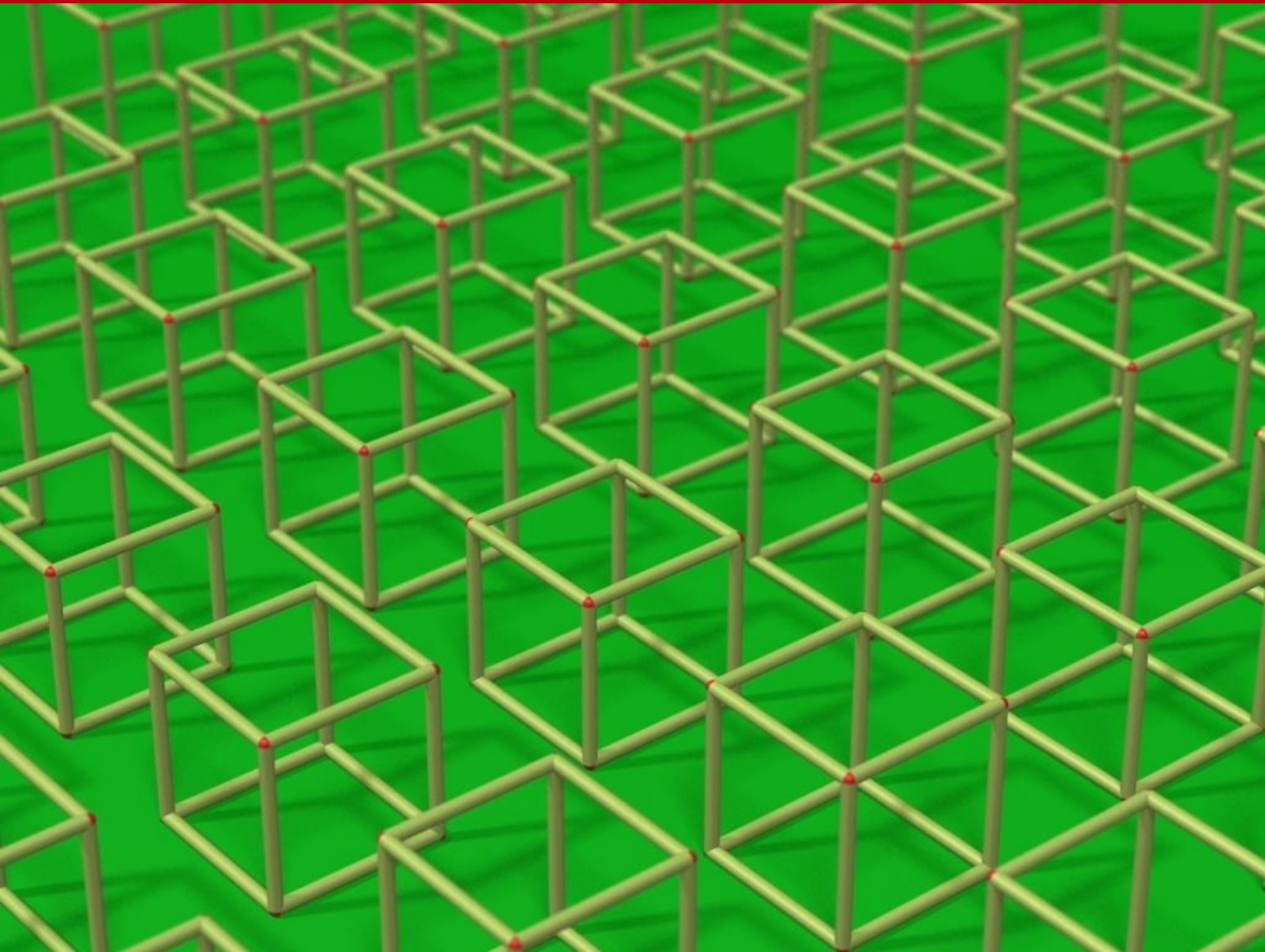


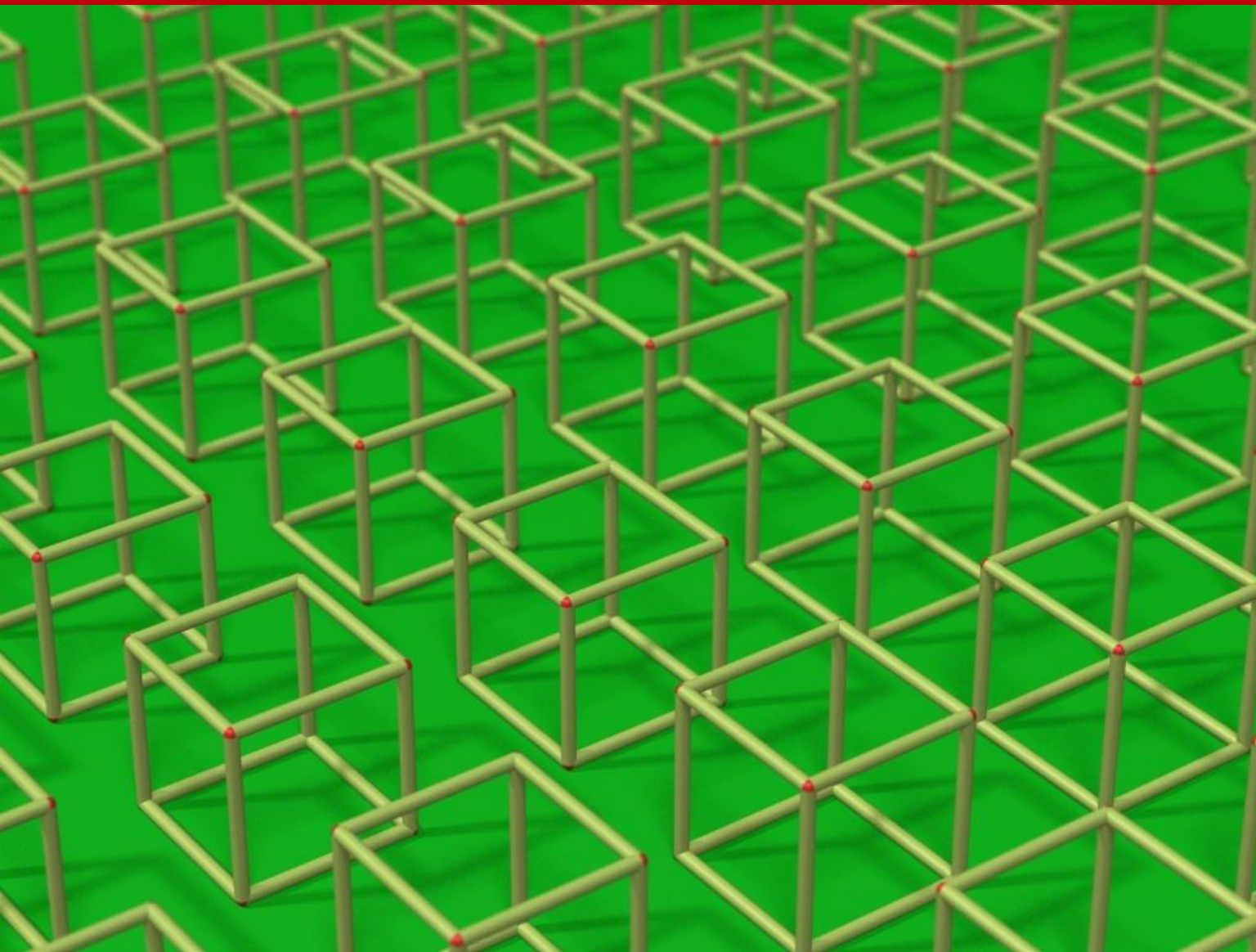


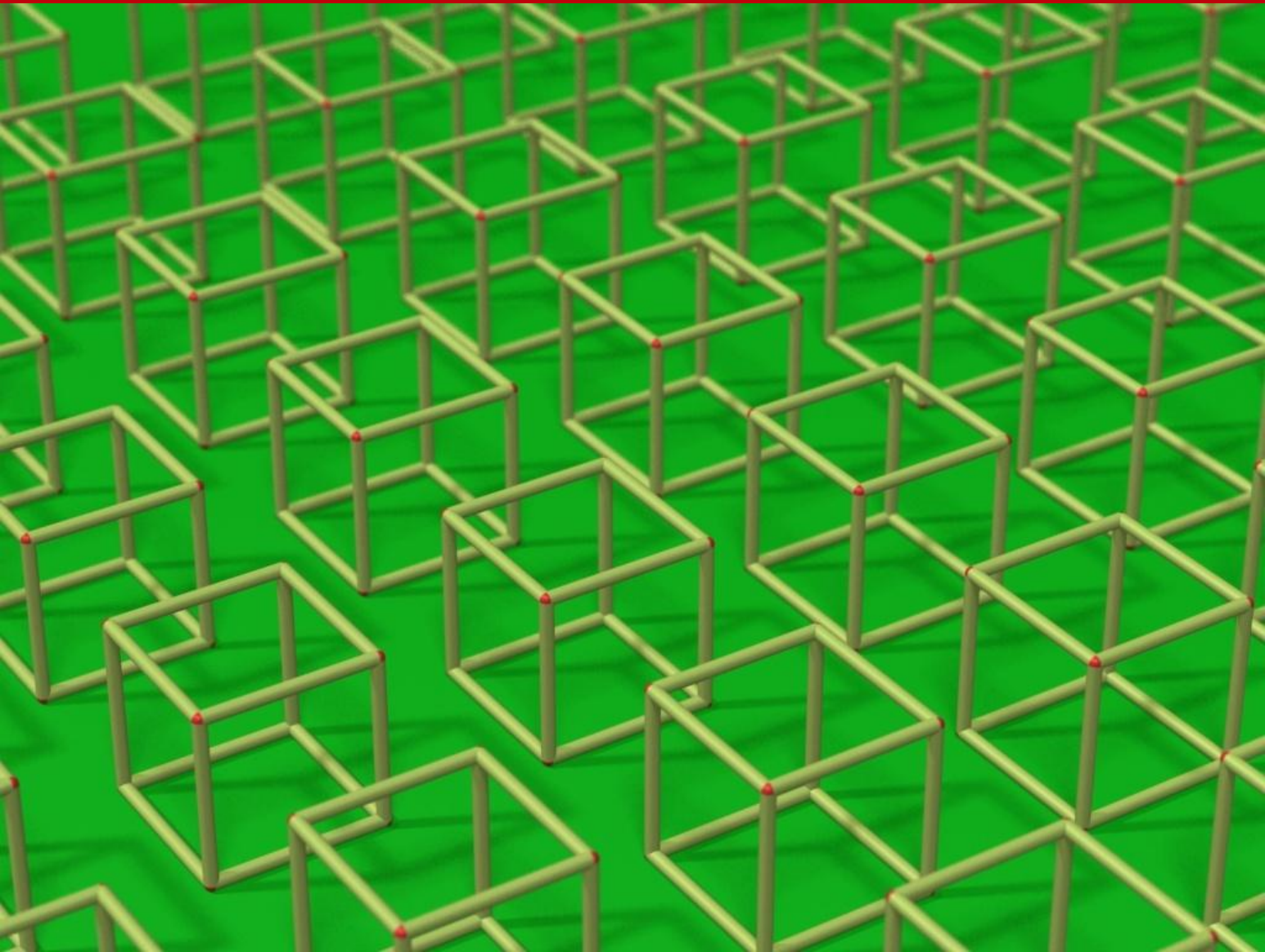












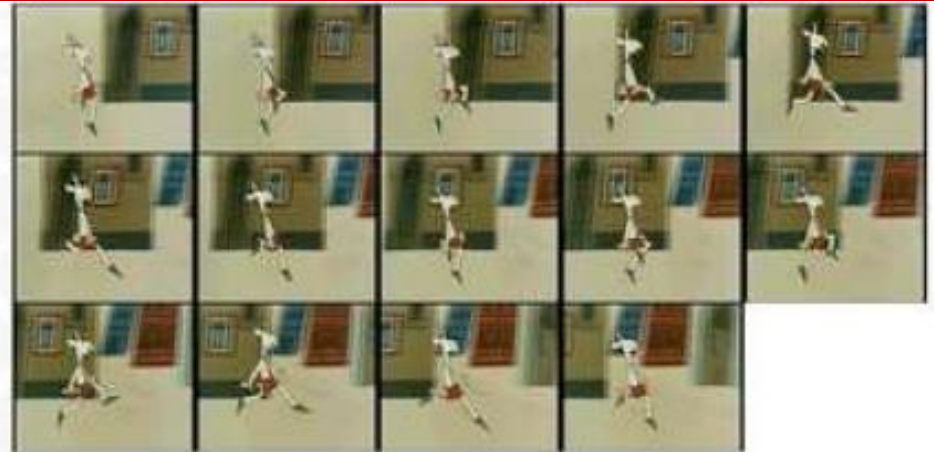
ANIMACJE

Animacja (tworzenia obrazów ruchomych metodami komputerowymi)

- Animacje on-line (interakcja) i off-line
 - Animacja realistyczna i stylizowana
 - Animacja formalna (algorytmy modelujące procesy, symulacja zjawisk fizycznych)
 - Animacja zderzeń
 - Animacja behawioralna (zachowanie - wzajemne oddziaływanie obiektów, opis na wyższym poziomie abstrakcji, uwzględnia indywidualne zachowania istot żywych – metody losowe, **inteligencja obliczeniowa**)
 - Animacja hierarchiczna (złożona)
 - Animacja kamery i światła
-

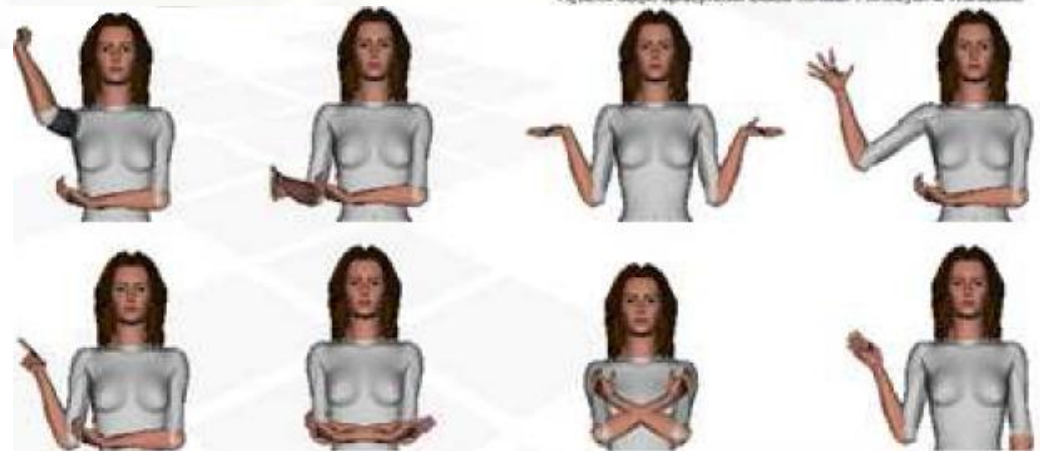
Animacja

- Poklatkowe, kluczowe, szkieletowe
- Kinematyka prosta (odwrotna)
- Przechwytywanie ruchu



Dziwne przygody
Koziołka Matołka
(1969-1971)

Rysunki dzięki uprzejmości Stowca Miniatur Filmowych w Warszawie

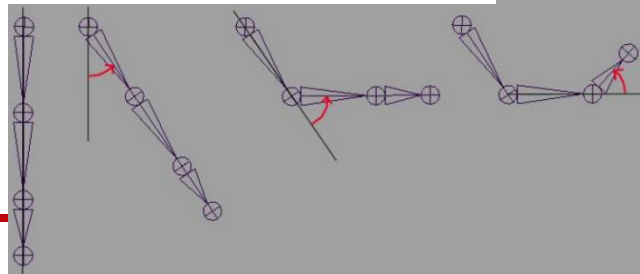
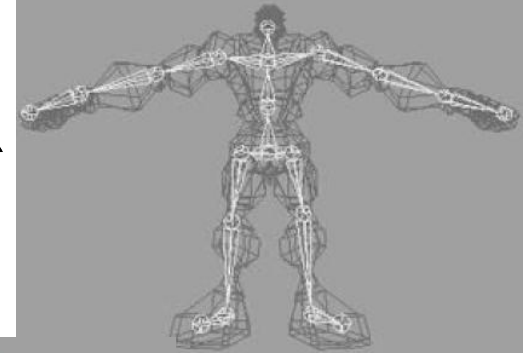
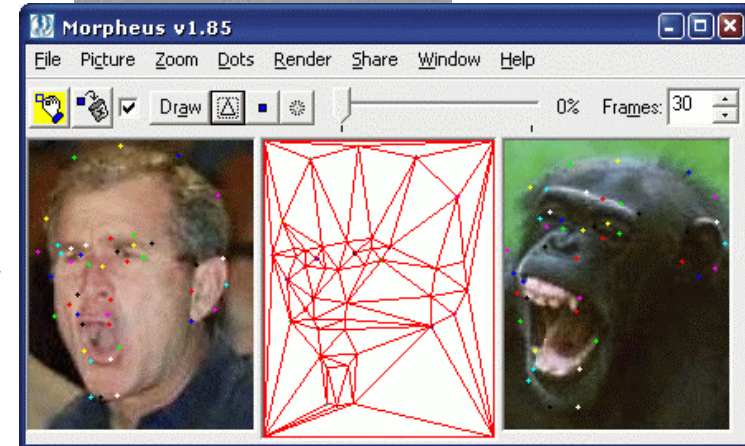
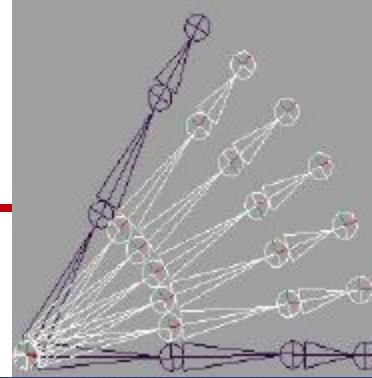


Rysunki dzięki uprzejmości Z. Rutkay, University of Twente

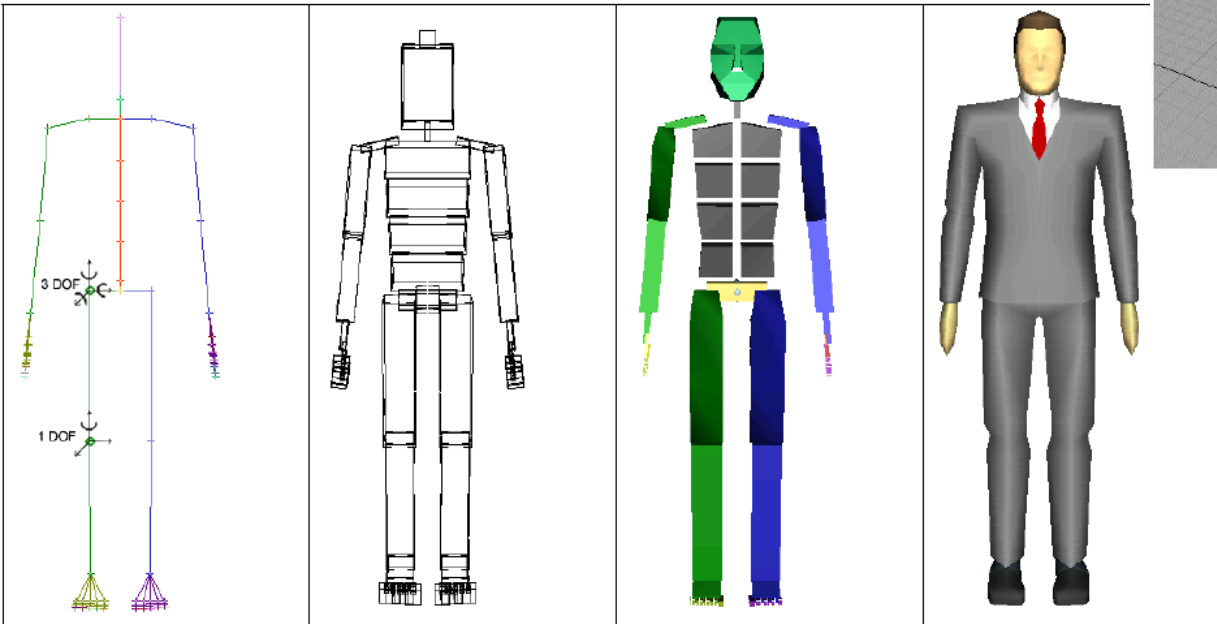
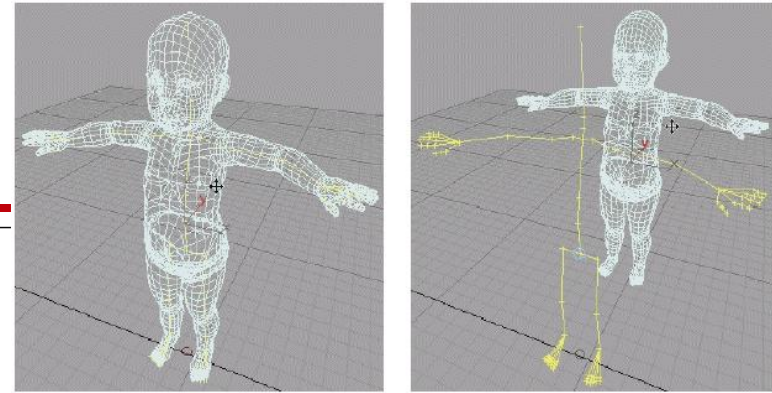


Animacje

- Animacja bezpośrednia (explicit) – przygotowane wszystkie klatki
 - Poklatkowa, stałe odstępy czasowe
 - Z ujęciami kluczowymi (interpolacja klatek pośrednich – liniowa lub nieliniowa, morfing)
- Animacja domyślna (implicit)
 - Szkieletowa (szkielet plus powłoka)
 - Kinematyka prosta i odwrotna
 - Dynamika (prawa fizyki)
 - Animacja behawioralna
(zachowanie - wzajemne oddziaływanie obiektów, opis na filmie na wyższym poziomie abstrakcji)
 - Konstrukcja
 - Model parametryczny w 3D
 - Ustalenie ruchu (animowanie)
$$\forall_i p_i(t_k) = f_j(p_i(t_{k-1}))$$
 - Rendering



Przykłady



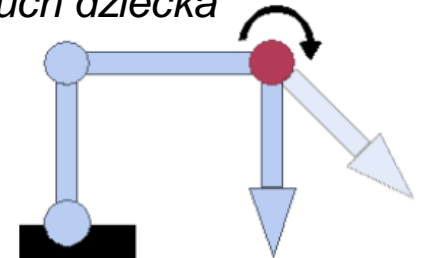
szkielet

model uproszczony

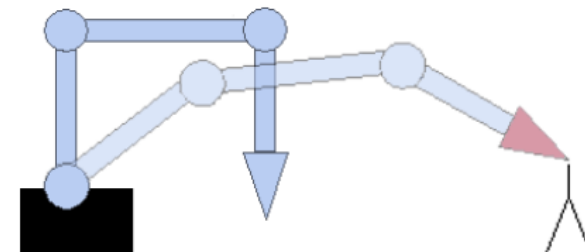
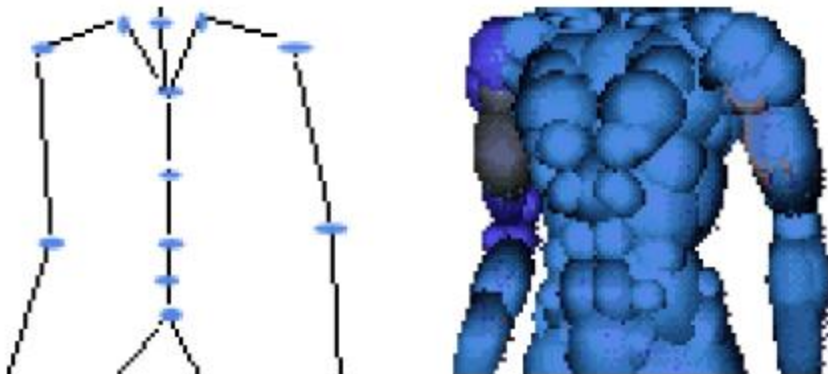
prosty rendering modelu

rendering mężczyzny

ruch rodzica powoduje ruch dziecka



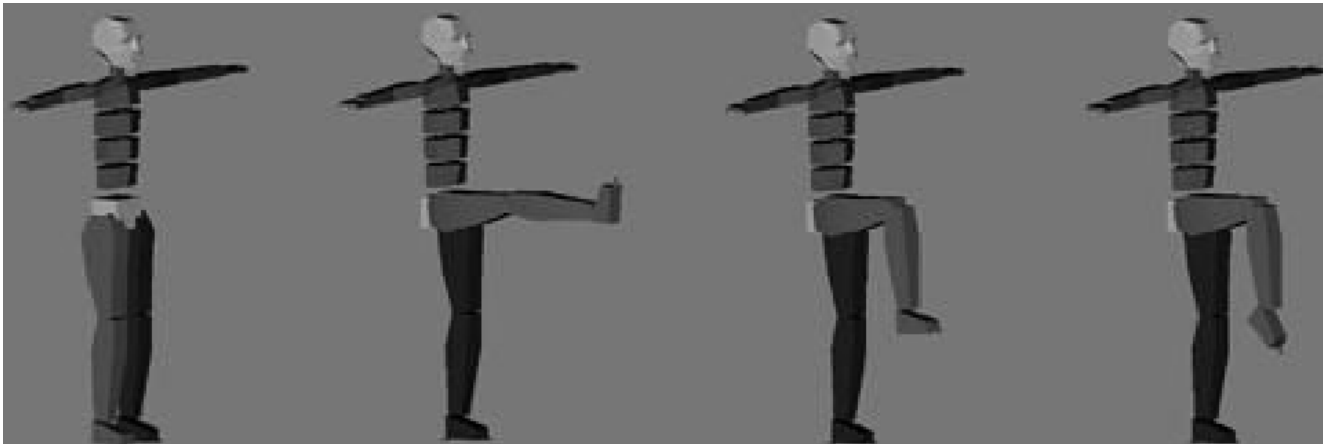
kinematyka prosta



kinematyka odwrotna

Test

- Wykonaj ruch do postaci:



Efekt kinematyki prostej