

Grafika komputerowa

Adam Wojciechowski

Grafika komputerowa podstawowe pojęcia i zastosowania

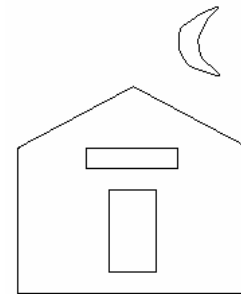
Grafika komputerowa - definicja

Grafika komputerowa - dział informatyki zajmujący się wykorzystaniem komputerów do generowania obrazów oraz wizualizacją rzeczywistych danych. Grafika komputerowa jest obecnie narzędziem stosowanym powszechnie w nauce, technice, kulturze oraz rozrywce.

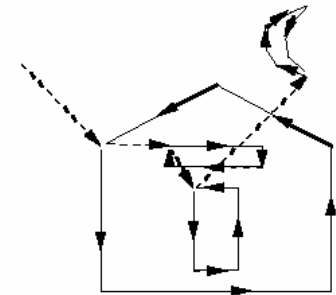
Grafika komputerowa - podział

Technika tworzenia obrazów

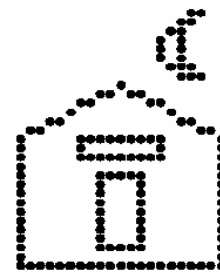
- **Grafika rastrowa** - obraz jest budowany z prostokątnej siatki leżących blisko siebie punktów (tzw. *pikseli*). Głównym parametrem w przypadku grafiki rastrowej jest wielkość bitmapy, czyli liczba pikseli, podawana na ogół jako wymiary prostokąta
- **Grafika wektorowa** - obraz jest rysowany za pomocą kresek lub łuków



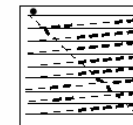
Ideal Drawing



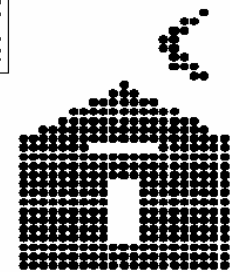
Vector Drawing



outline primitives



Raster



filled primitives

Grafika komputerowa - podział

Charakter przedstawianych danych

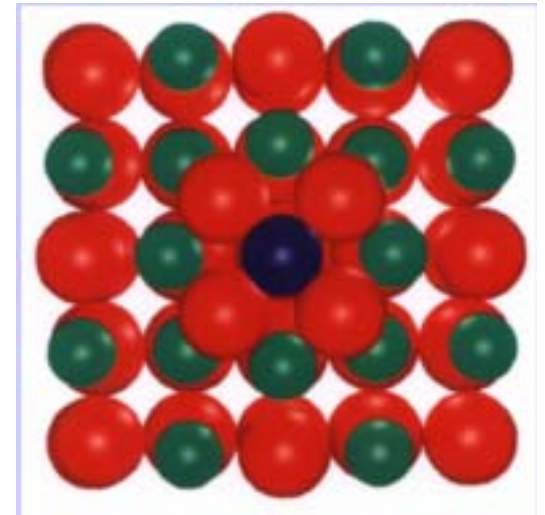
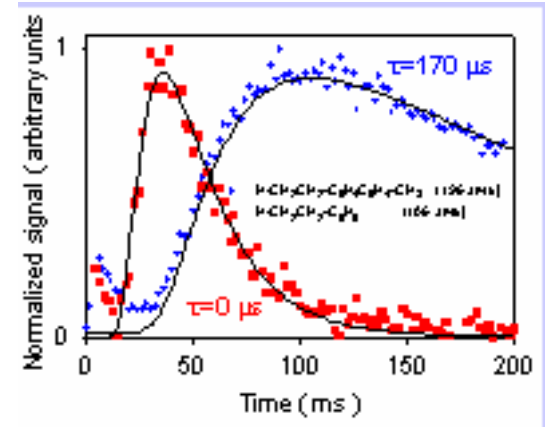
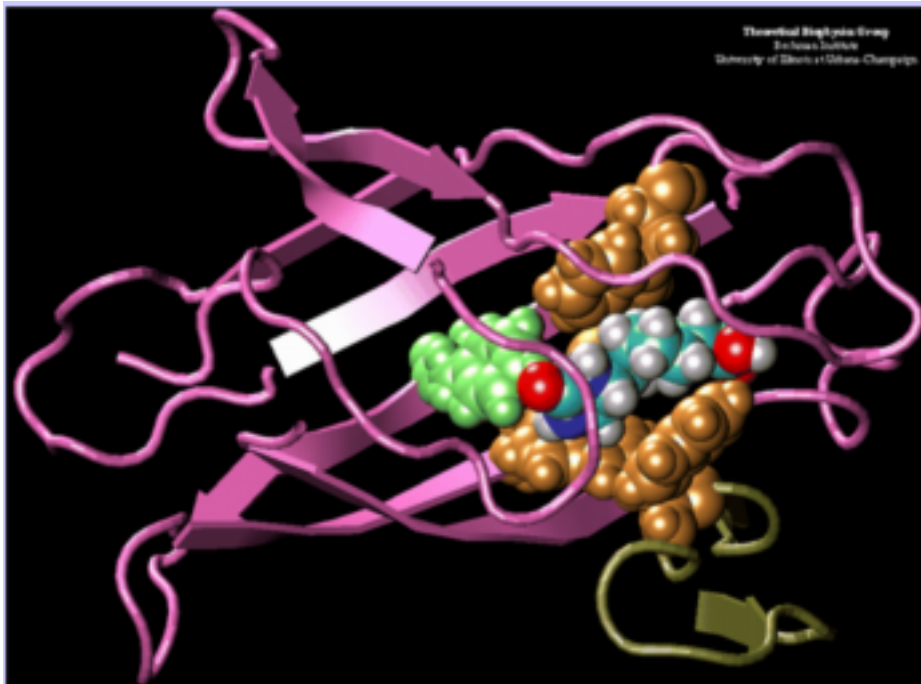
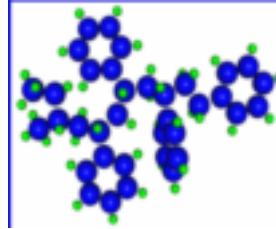
- **Grafika dwuwymiarowa 2D** - wszystkie obiekty są płaskie (w szczególności każdy obraz rastrowy wpada do tej kategorii).
- **Grafika trójwymiarowa 3D** - obiekty są umieszczone w przestrzeni trójwymiarowej i celem programu komputerowego jest przede wszystkim przedstawienie trójwymiarowego świata na dwuwymiarowym obrazie.

Cykl generacji obrazu

- **Grafika nieinterakcyjna**
- **Grafika interakcyjna**
- **Grafika czasu rzeczywistego**

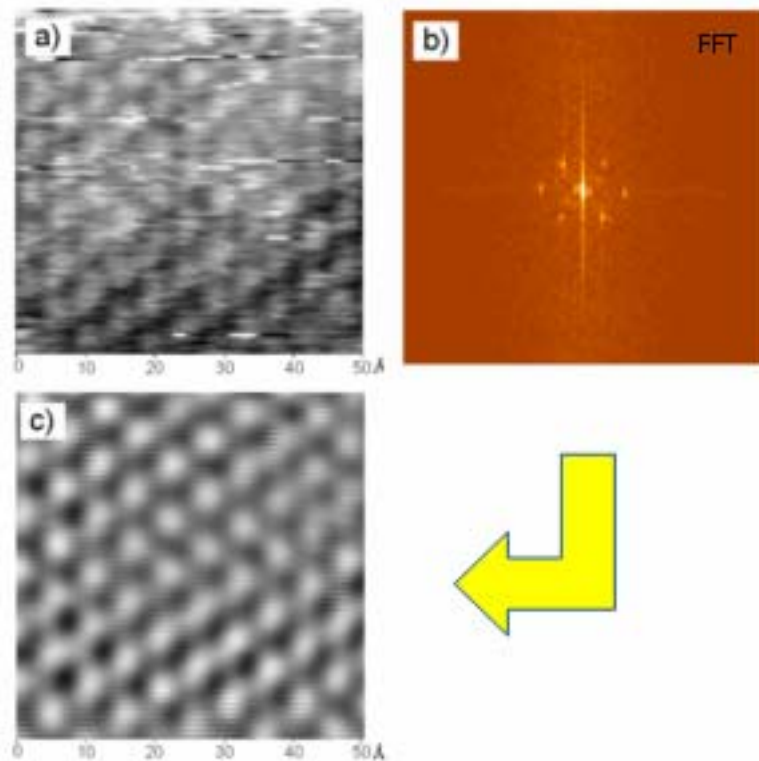
Grafika - zastosowania

Wizualizacja naukowa



Grafika - zastosowania

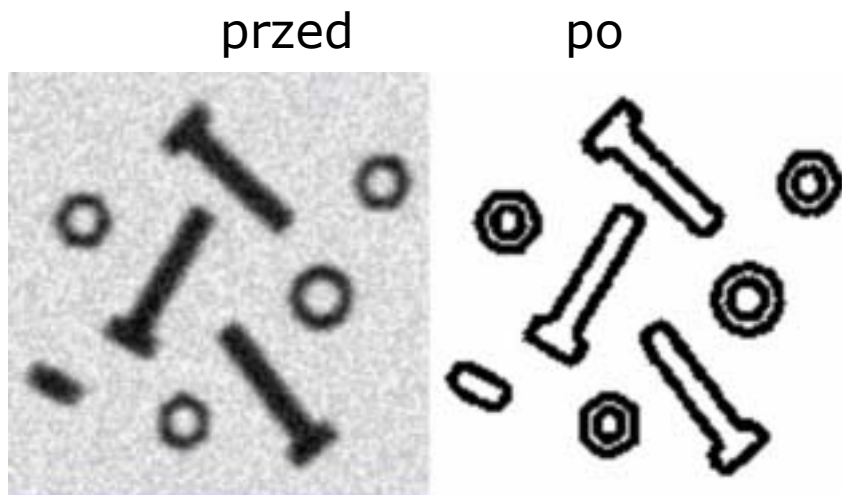
Obróbka obrazów - usuwanie szumów (analiza Fouriera)



Powierzchnia monokryształu Au

Grafika - zastosowania

Obróbka obrazów - wzmacnianie krawędzi
(transformata Laplace'a)



przed

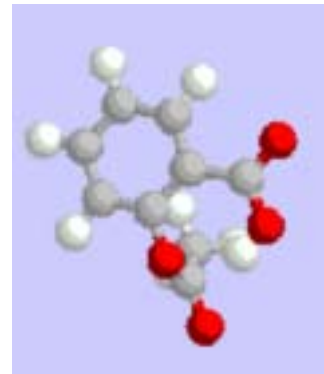
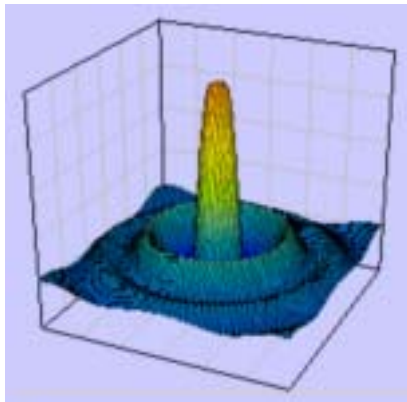
po

- szukanie krawędzi (metoda gradientów)

Grafika - zastosowania

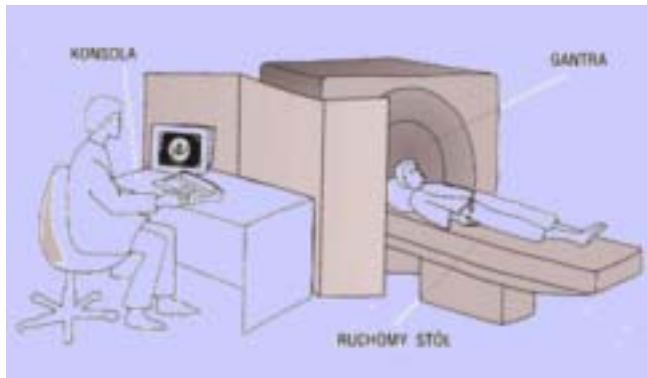
Edukacja - wizualizacja:

- kształtów brył i powierzchni (matematyka)
- związków chemicznych (chemia)
- mapy topograficzne i struktury geologiczne (geografia)



Grafika - zastosowania

Wizualizacja medyczna - tomografia komputerowa, rezonans magnetyczny



Grafika - zastosowania

Projektowanie komputerowe CAD



Grafika - zastosowania

Film i rozrywka

Pixar: Toy story 1995



Universal: Jurassic Park 1993

Grafika - zastosowania

Gry komputerowe stymulują rozwój oprogramowania i sprzętu



Microsoft: Age of Empire 1

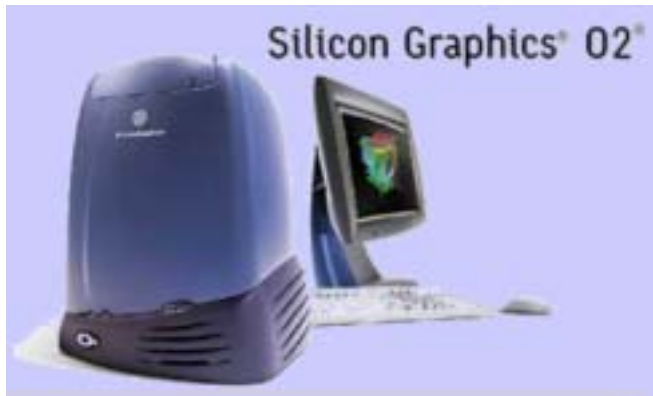
Grafika - oczekiwania a możliwości

Oczekiwania

Możliwość uzyskania najwierniejszego odtworzenia rzeczywistości w możliwie najkrótszym czasie

Środki

Komputery

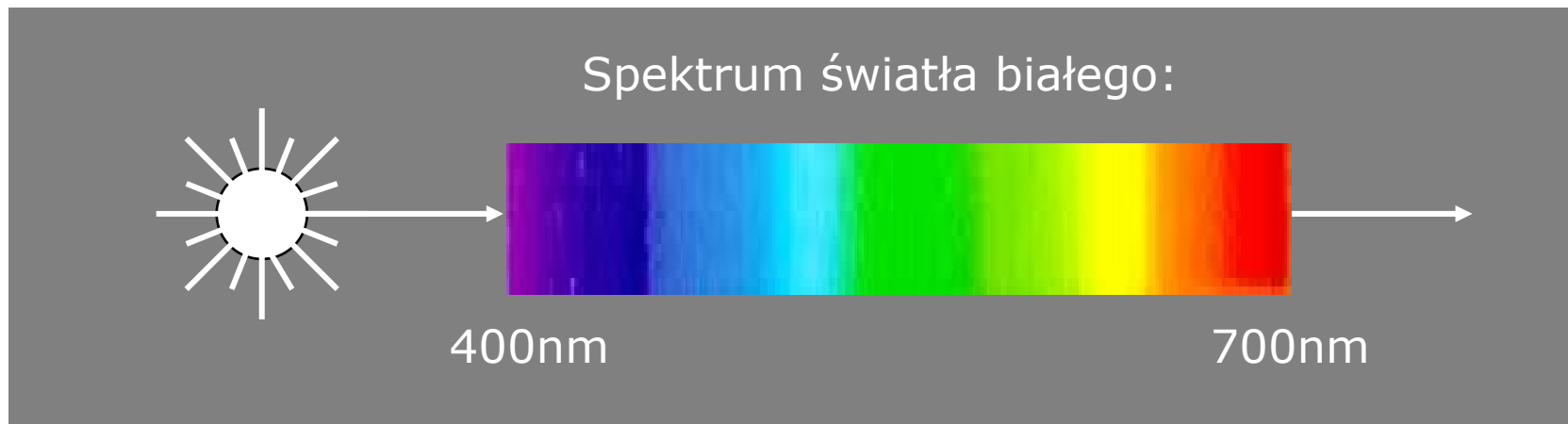


Oprogramowanie



Teoria światła i barwy

Światło



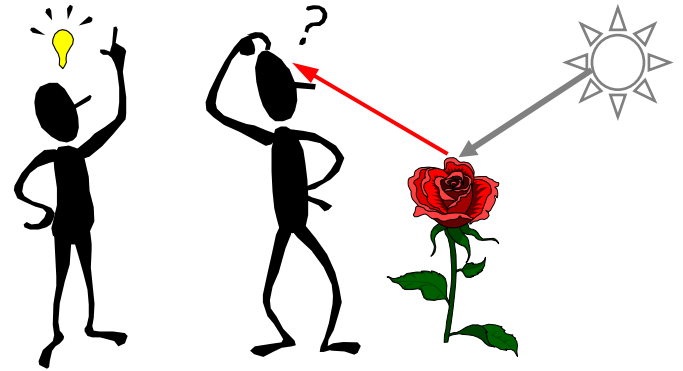
fiolet - **niebieski** - **cyan** - **zielony** - **żółty** - **pomarańczowy** - **czerwony**

Światło białe składa się ze wszystkich długości fal elektromagnetycznych z zakresu widzialnego (400nm ÷ 700nm), występujących w nim w równych ilościach.

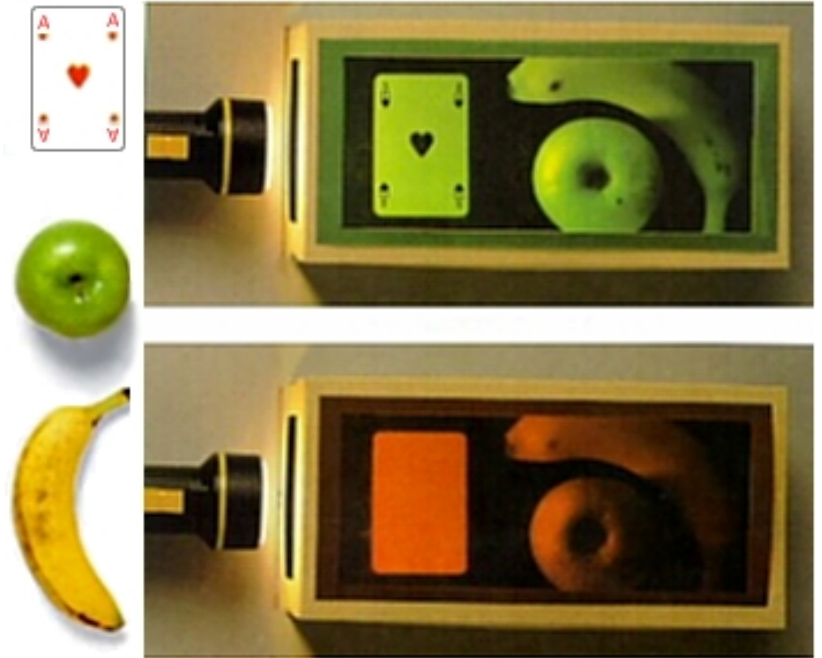
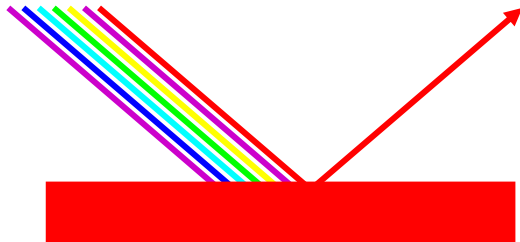
Powstawanie wrażenia barwy

1. Od źródła światła do człowieka

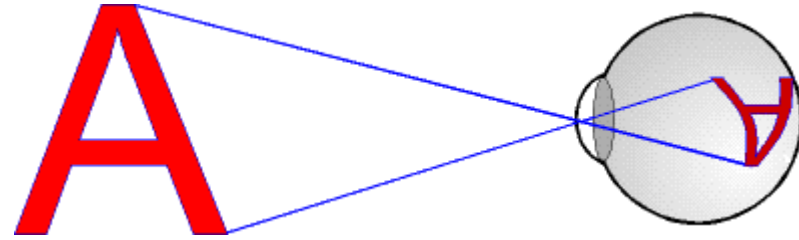
Światło może docierać do oka bezpośrednio ze źródła światła lub po odbiciu od obiektu.



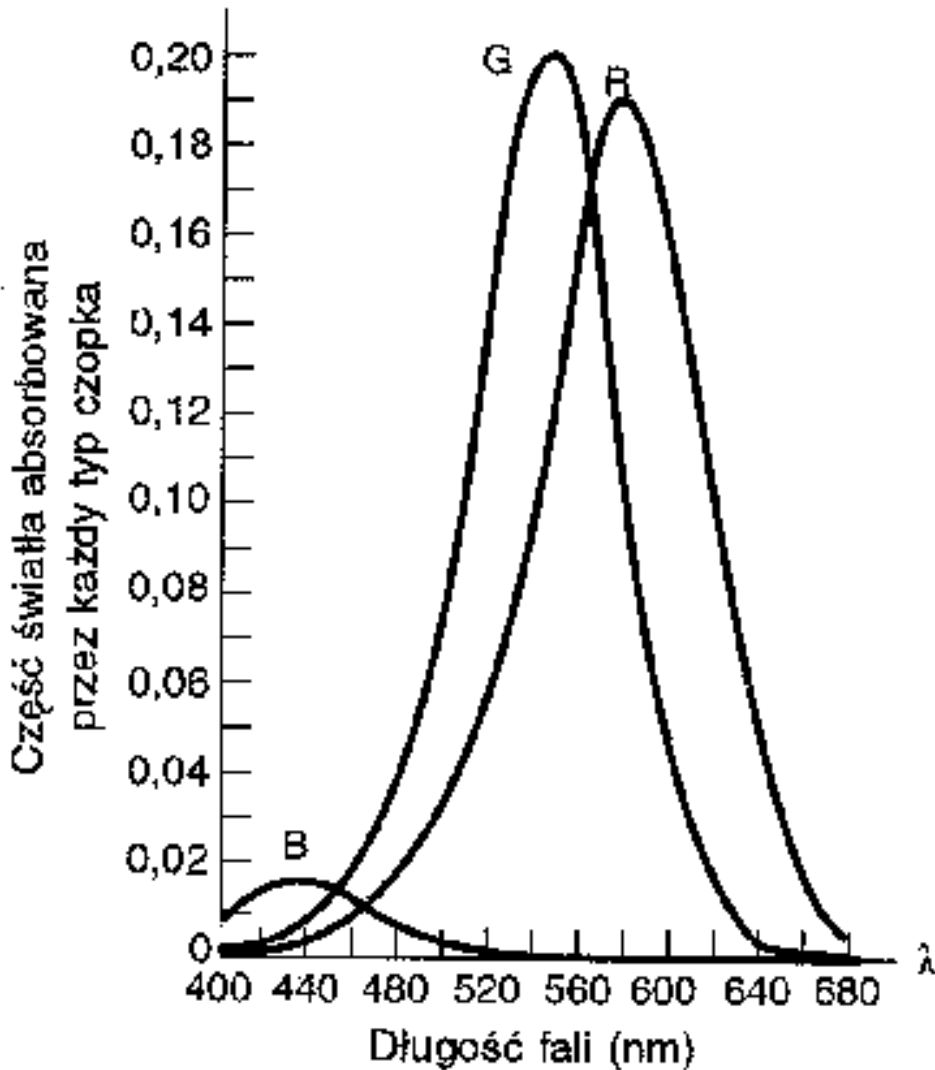
Postrzegana barwa obiektu zależy od barwy światła i od tego, które długości fal potrafi odbijać.



2. Z oka do mózgu



- Na siatkówce oka tworzony jest pomniejszony i odwrócony obraz obserwowanego obiektu.
- Receptory siatkówki przekształcają informację o natężeniu światła i długości fal świetlnych na impulsy, które przez nerw wzrokowy przesyłane są do mózgu.
- Mózg interpretuje te informacje jako jasność i barwę.



Rodzaje receptorów siatkówki:

Pręciki (120 milionów) rozpoznają poziomy jasności i odpowiadają za widzenie o zmroku.

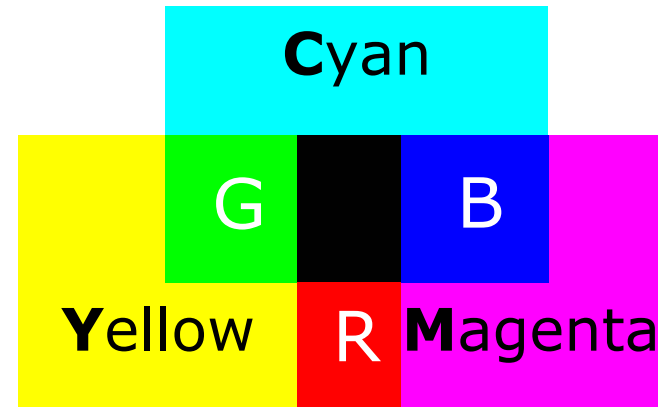
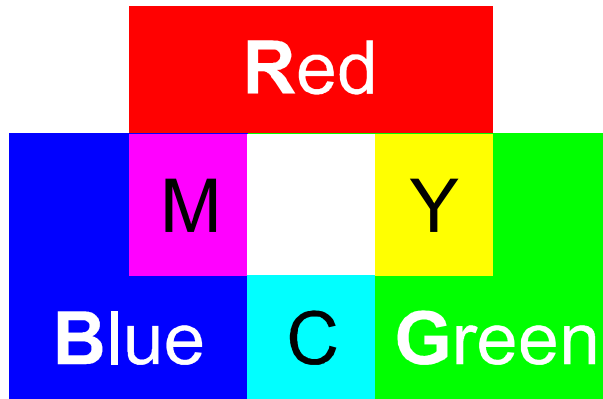
Czopki (6,5 miliona) reagują na kolor. Istnieją trzy typy czopków, przy czym każdy osiąga wysoką czułość dla innego zakresu widma optycznego.

Funkcja czułości czopków na kolor [FOLE95]

Trzecie prawo Grassmana

Każdą dowolnie wybraną barwę można otrzymać za pomocą trzech liniowo niezależnych barw.

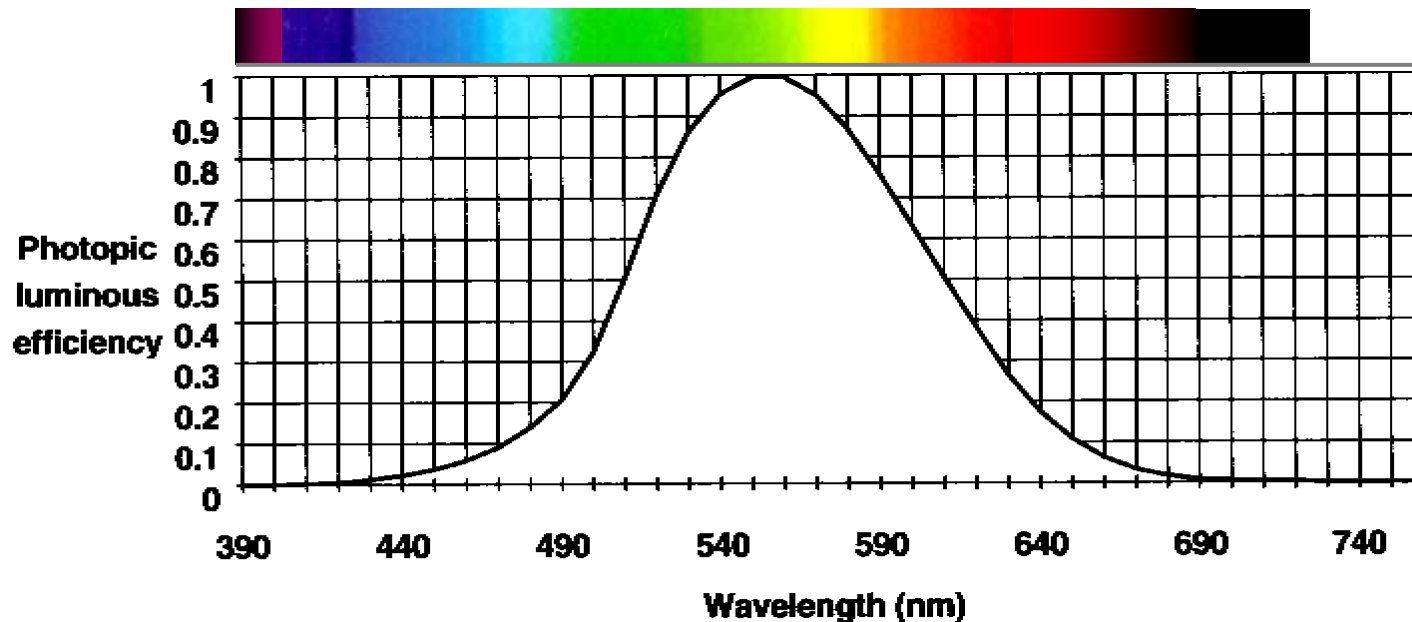
Trzy barwy tworzą układ niezależnych liniowo barw, jeżeli dowolne zsumowanie dwóch z nich nie może dać trzeciej barwy układu.



Czułość oka na jasność światła

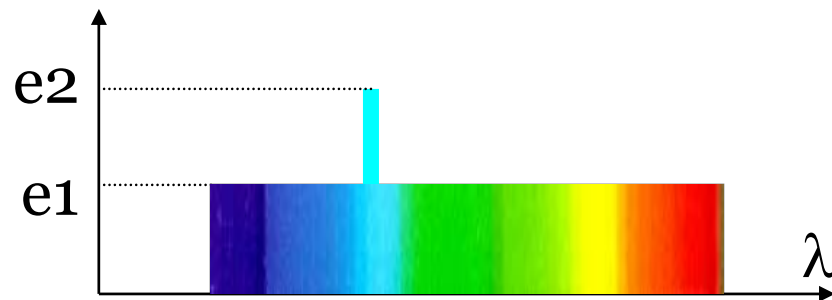
Zmienia się wraz z długością fali

$$L = 0,299R + 0,587G + 0,114B$$



Krzywa fotometryczna CIE. Statystyczny wynik eksperymentu dopasowania jaskrawości światła pochodzącego ze źródła monochromatycznego do różnych długości fali (1924r., 100 obserwatorów)

Atrybuty barwy



Odcień barwy (kolor, ton, *Hue*) - różnica jakościowa barwy (np. czerwony, zielony), określana w fizyce przez dominującą długość fali.



Nasycenie (*Saturation*) - odstępstwo barwy od bieli (np. czerwień, róż, biel), określane w fizyce przez czystość pobudzenia ($e_2 - e_1$)



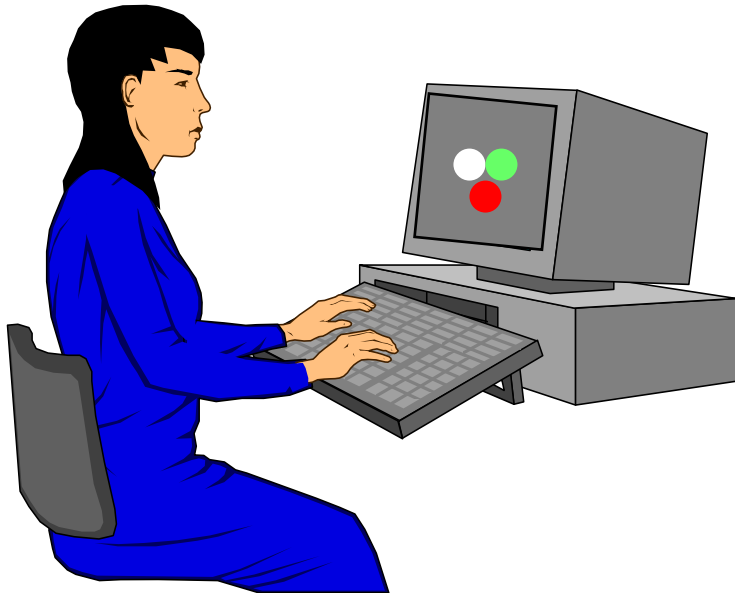
Jasność (wartość, *Value*) - wskazuje czy barwa jest bliższa bieli czy czerni (np. czysta biel, szarości, czerń), w fizyce jest proporcjonalna do całki z widmowego rozkładu energii.

Modele barw

„Jeżeli w grafice komputerowej chcemy korzystać z barw w sposób precyzyjny, to musimy umieć je określić i mierzyć.”

J. Foley

1. Model barw RGB



Ukierunkowany jest na sprzęt tworzący barwę w wyniku emisji światła: monitory, skanery, cyfrowe aparaty fotograficzne.

Spektrum monitora:

czzerwony (Red) - **zielony (Green)** - **niebieski (Blue)**

Grupa trzech plamek luminoforów emituje światło o barwach **R**, **G**, **B**. Barwa piksela jest addytywną mieszaniną tych barw.

B

Barwa piksela = (r,g,b)

R = (1,0,0)

G = (0,1,0)

B = (0,0,1)

C = (0,1,1)

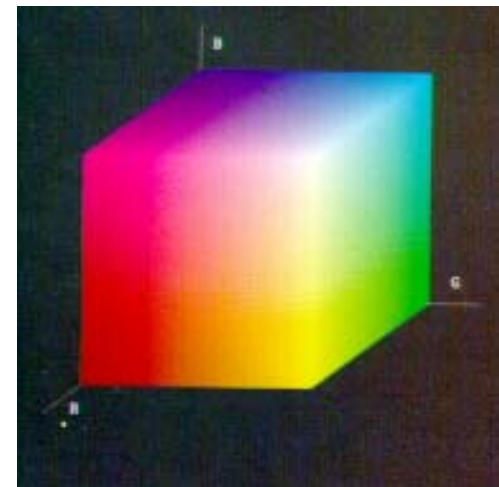
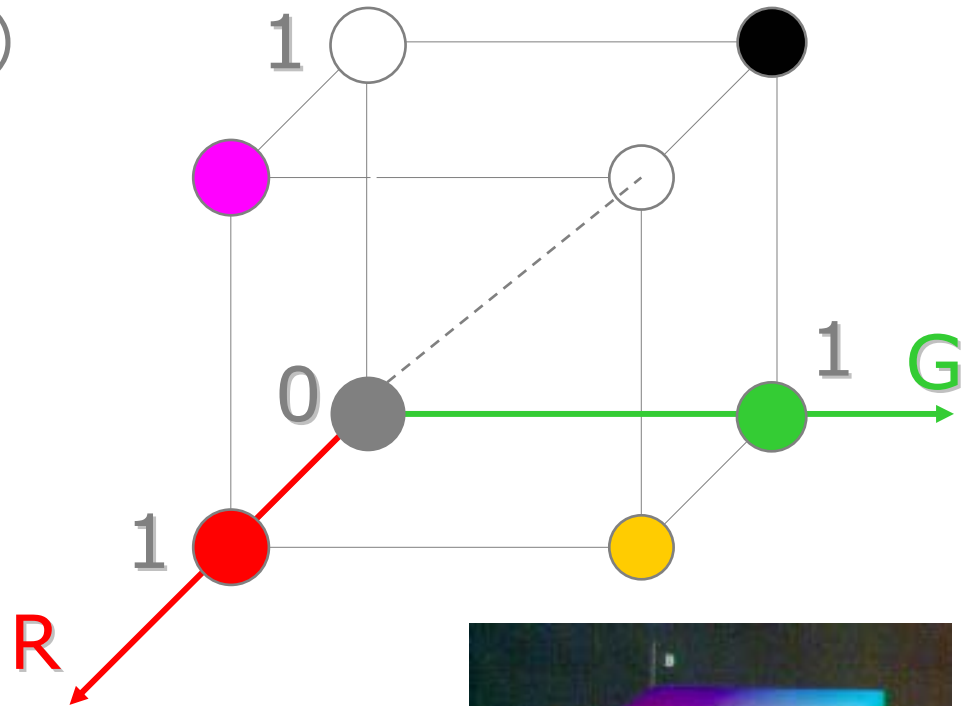
M = (1,0,1)

Y = (1,1,0)

czarna = (0,0,0)

biała = (1,1,1)

neutralna 50% szarość =
(0.5, 0.5, 0.5)



Sprzętowe tryby barwy RGB

Wartość barwy - liczbowa reprezentacja barwy piksela.

Głębokość bitowa - liczba bitów przeznaczona w danym trybie RGB do zapisu wartości barwy.

Obraz dwubarwny:

- liczba możliwych do uzyskania barw: 2,
- wartość barwy: $\{0, 1\}$,
- głębokość bitowa: 1.



Obraz w skali szarości (256 odcieni)



Skale szarości:

$$2^8 = 256$$



$$2^5 = 32$$



$$2^4 = 16$$



$$2^3 = 8$$



$$2^2 = 4$$



$$2^1 = 2$$



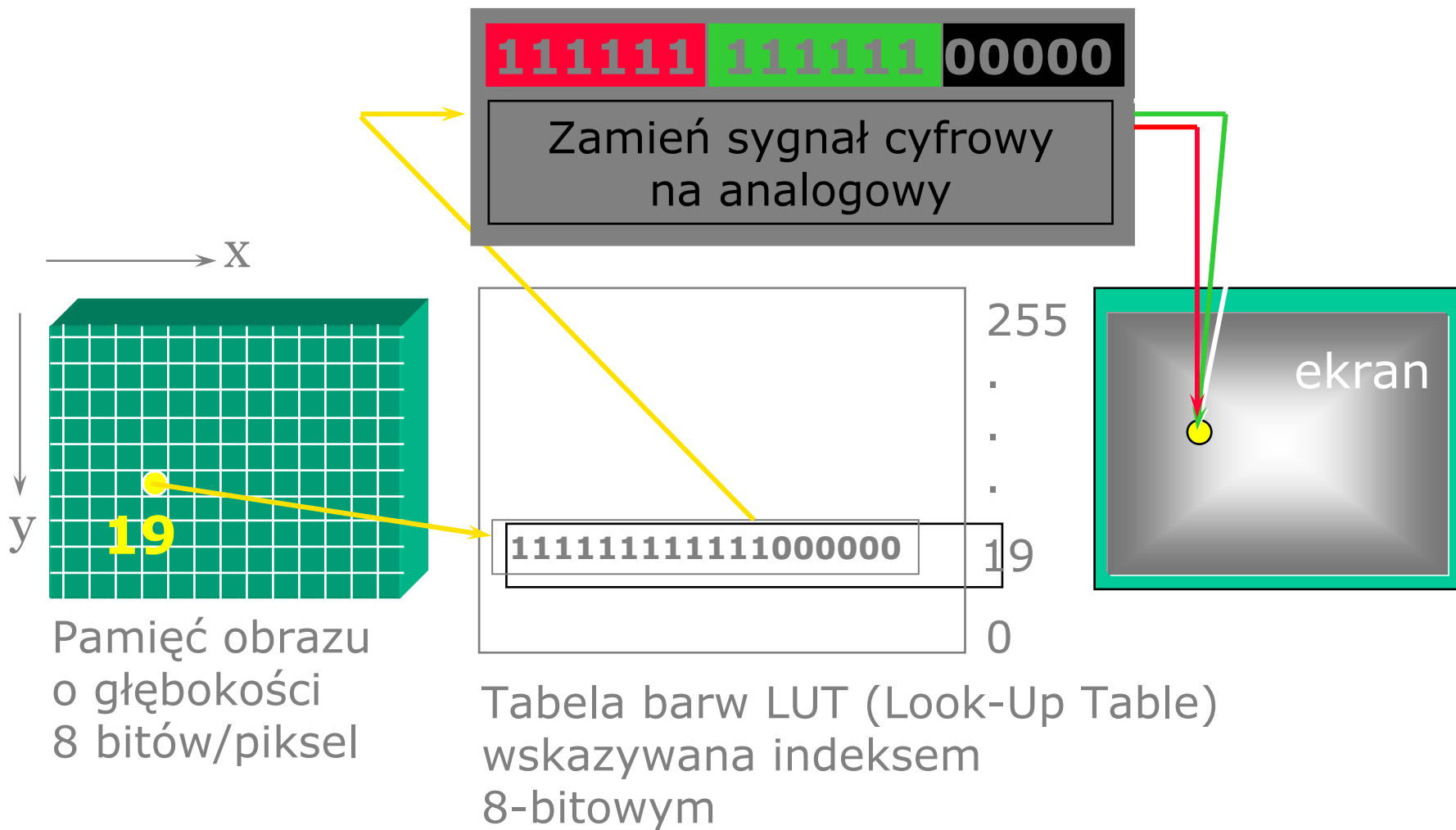


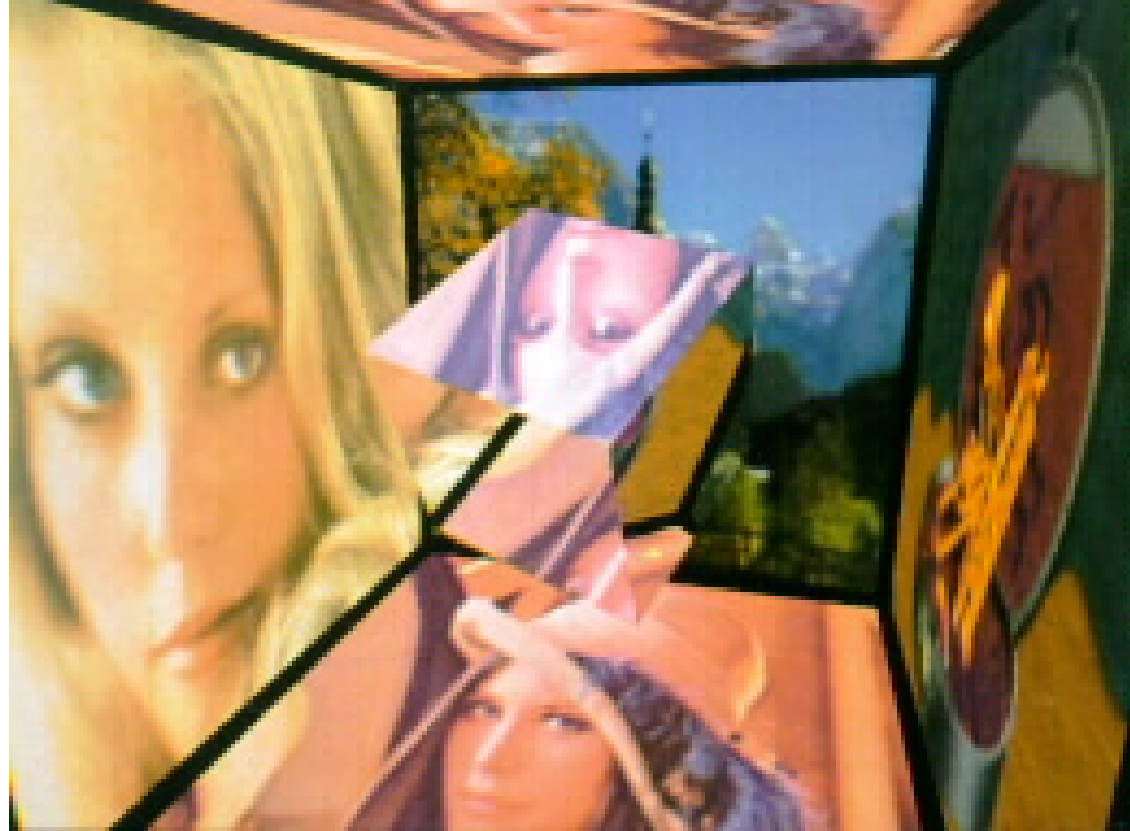
Paleta barw:

- liczba możliwych do uzyskania barw: wybrana z określonej gamy barw, np. $2^8 = 256$,
- wartość barwy: $\{ 0, 1, 2, \dots, 255 \}$,
- głębokość bitowa: 8.

RAMDAC = LUT + DAC

DAC (Digital to Analog Converter)





True Color:

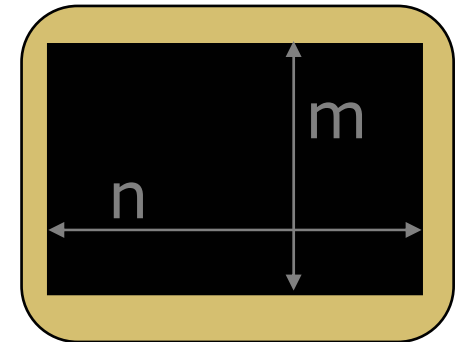
- liczba możliwych do uzyskania barw:
 $2^{8 \times 3} = 16\,777\,216$,
- wartość barwy: $\{ R, G, B \}$, gdzie $R, G, B \in \langle 0, 255 \rangle$,
- głębokość bitowa: 24.

Palety pośrednie:

- liczba możliwych do uzyskania barw:
 $2^3 \times 5 = 32\ 768$
lub $2^{(5+6+5)} = 65\ 536$,
- wartość barwy: { R, G, B },
- głębokość bitowa: 15 lub 16.

Obliczenie wielkości pamięci obrazu:

$(n \times m) \times \text{głębokość bitowa barwy}$



Obraz dwubarwny:

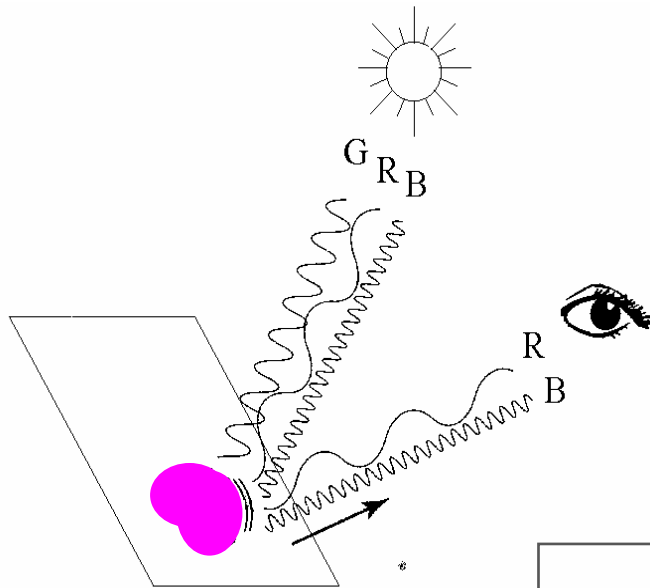
$800 \times 600 \text{ bitów} = 60000\text{B} = 60000/1024 \text{ KB} = 58,6\text{KB}$

Obraz True Color:

$800 \times 600 \times 24 = 1,37 \text{ MB}$, $1024 \times 768 \times 24 = 2,25 \text{ MB}$

1B = 8 bitów, 1KB = 1024B, 1MB = 1024KB

2. Model barw CMY



Ukierunkowany jest na sprzęt drukujący: drukarki, maszyny drukarskie.

Barwy podstawowe:

Cyan - Magenta - Yellow

Pigment farb/atramentów pochłania określone długości fali, a odbija pozostałe. Dlatego farby druku C, M, Y nazywa się subtraktywnymi.

Barwa piksela = (c,m,y)

C = $(1,0,0)$

M = $(0,1,0)$

Y = $(0,0,1)$

R = $(0,1,1)$

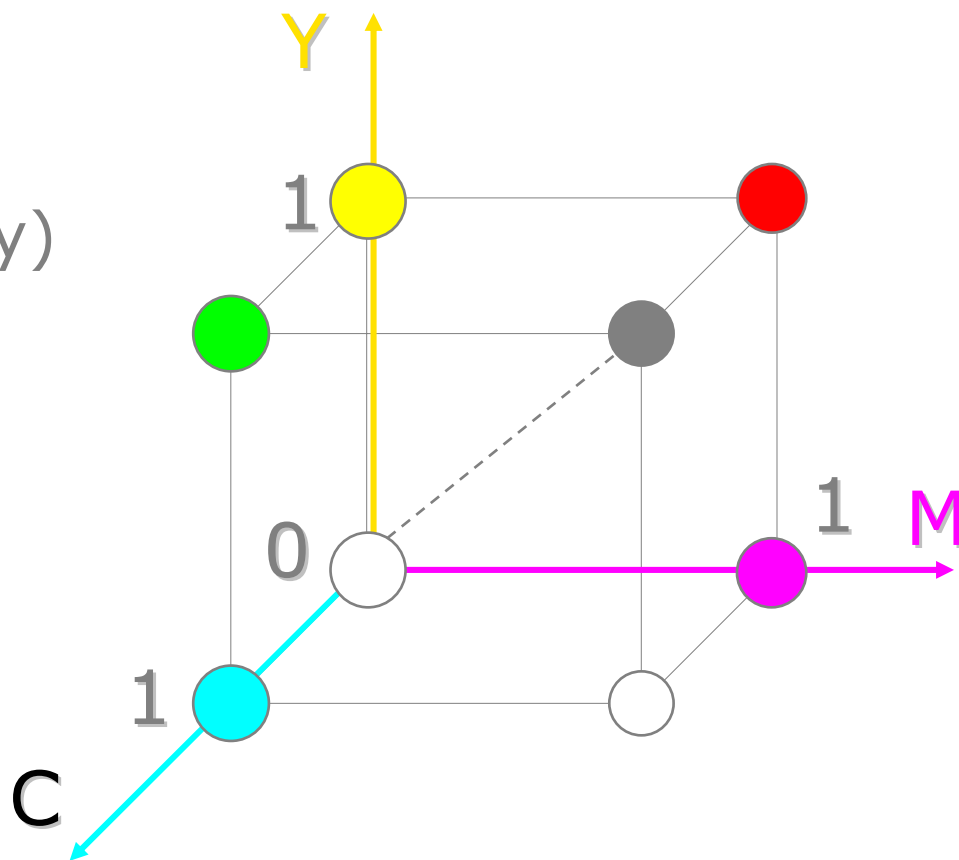
G = $(1,0,1)$

B = $(1,1,0)$

czarna = $(1,1,1)$

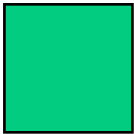


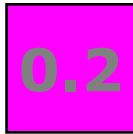

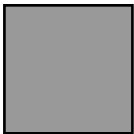




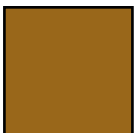



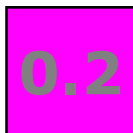


biała = $(0,0,0)$

neutralna 50% szarość = $(0.5, 0.5, 0.5)$



3. Model barw CMYK

W modelu CMY równe ilości trzech barw podstawowych ($c=m=y$) tworzą neutralną szarość, która w modelu CMYK jest generowana przez czwartą barwę podstawową **K** (black - czarny).

	C	M	Y		C	M	Y	K	
		 0.2	 0.5)		 0.2	 0.5)	
	+	 0.4	 0.4	 0.4	+			 0.4	
		 0.4	 0.6	 0.9			 0.2	 0.5	 0.4

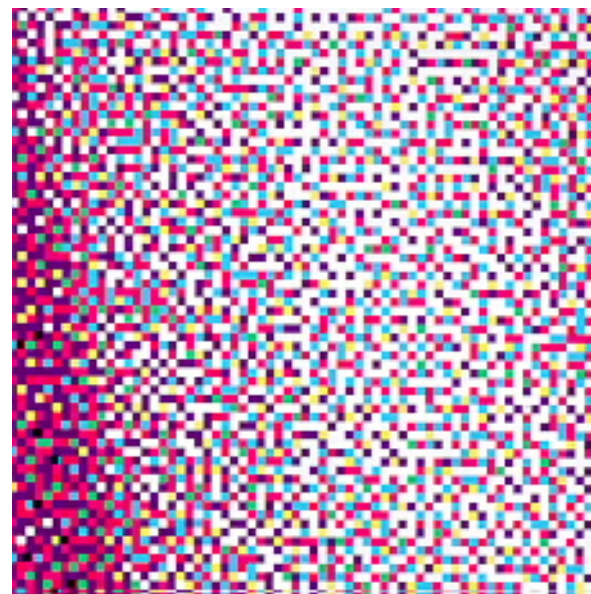
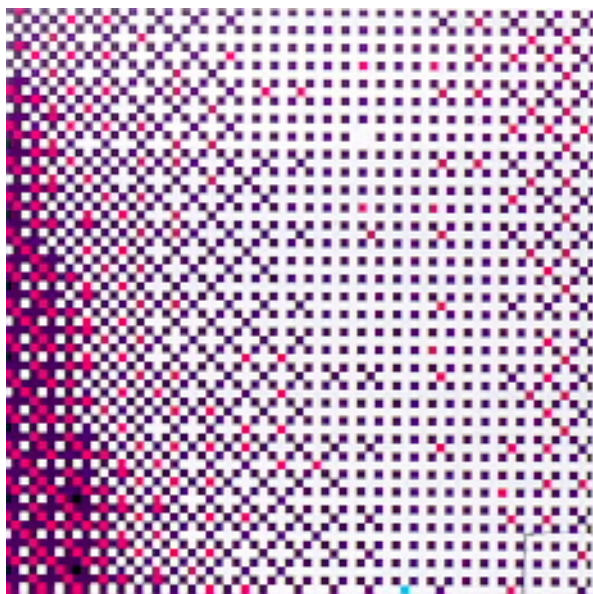
$$\text{CMY} = (c, m, y) \rightarrow \text{CMYK} = (c - k, m - k, y - k, k)$$

$$k_{\max} = \{c, m, y\}_{\min}$$

Reprodukcja barwy CMYK

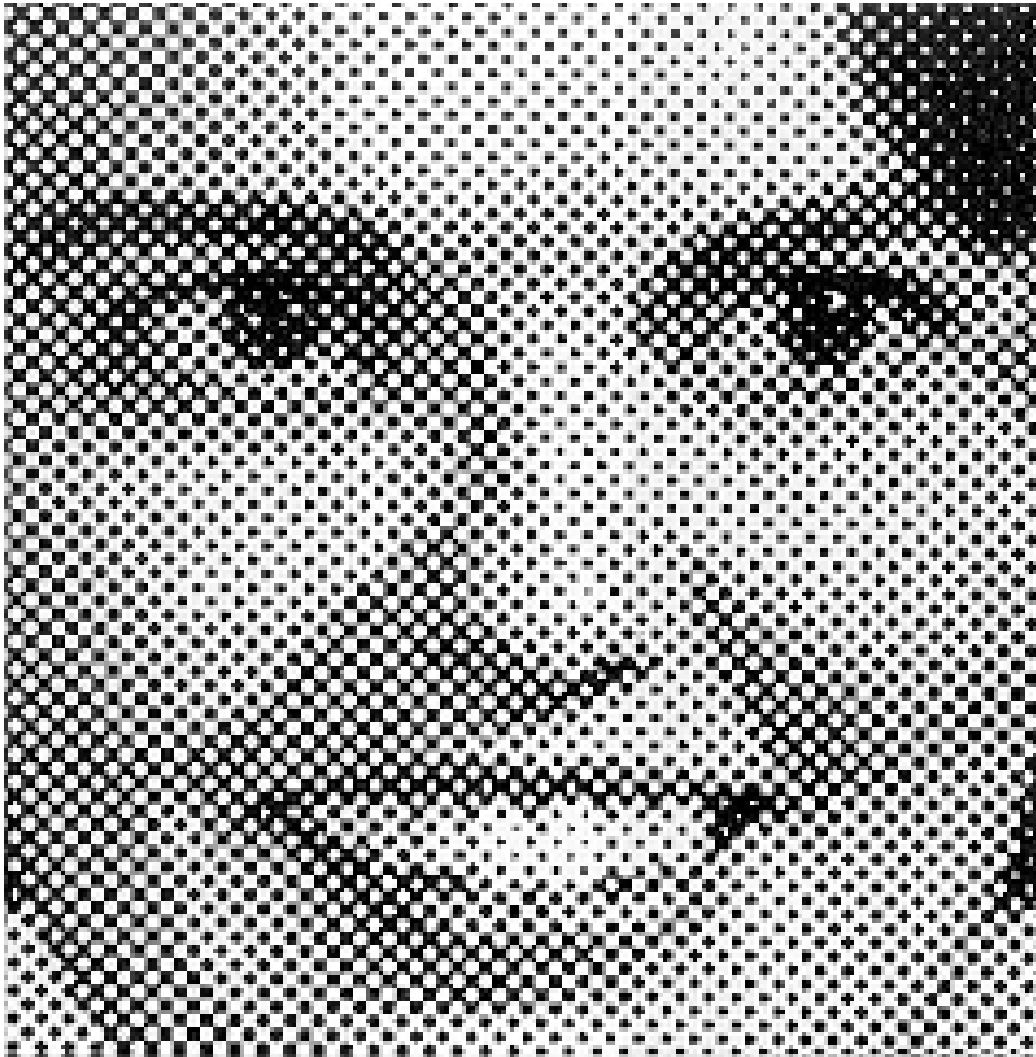
1. Drukarki komputerowe

Drukarki komputerowe drukują na rastrze małe punkty o stałej wielkości. Aby uzyskać odcienie koloru stosuje się rastrowanie bazujące na mikrowzorach lub stochastyczne.



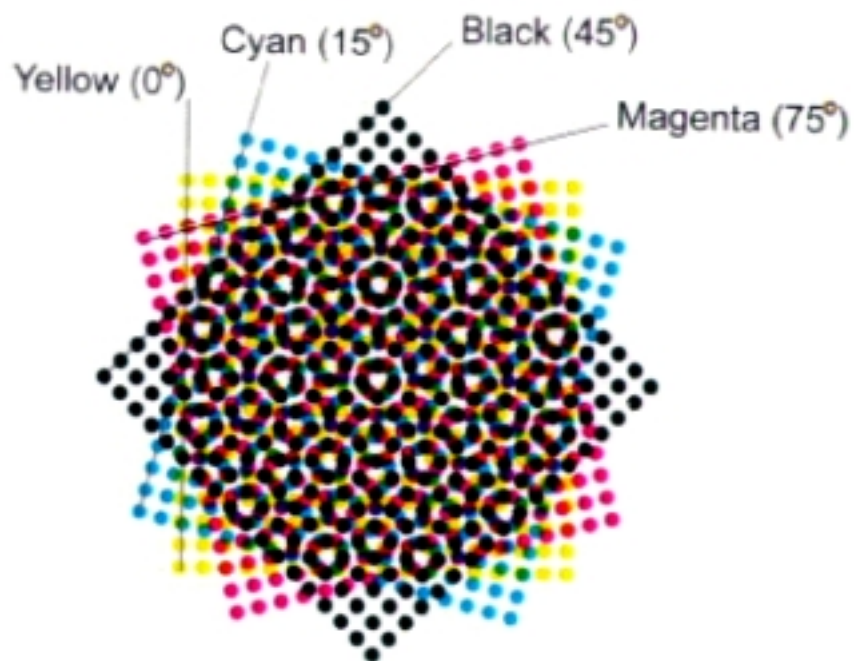
Mikrowzory po lewo, rastrowanie stochastyczne po prawo (powiększenie)
[„The theory and practice of color”, dokumentacja drukarki Epson Stylus Color].

2. Maszyny drukarskie



Maszyny drukarskie drukują w oczkach rastra punkty o różnej wielkości, nazywane półtonami.

Kolorowe materiały ilustracyjne CMYK rozbija się dla druku nakładowego na cztery obrazy, tzw. wyciągi (separacje) barwne. Każdy wyciąg jest utworzony na oddzielnym rastrze.



3. Podsumowanie

1. Ze względu na zanieczyszczenie atramentów wydrukowana barwa CMYK różni się od barwy CMY.

2. Drukarki stosują własne procedury generowania czerni, więc nie mamy kontroli nad tym procesem. Uzyskuje się ją przy tworzeniu wyciągów barwnych dla druku w drukarni:

UCR (*Under Color Removal*) - odtwarza neutralną szarość jedynie przy pomocy czarnego atramentu, $k = k_{\max}$:

CMY = (0.4, 0.6, 0.9), $k_{\max} = 0.4$,

CMYK = (0.0, 0.2, 0.5, 0.4)

ilość atramentu:

CMY = 40% + 60% + 90% = 190%

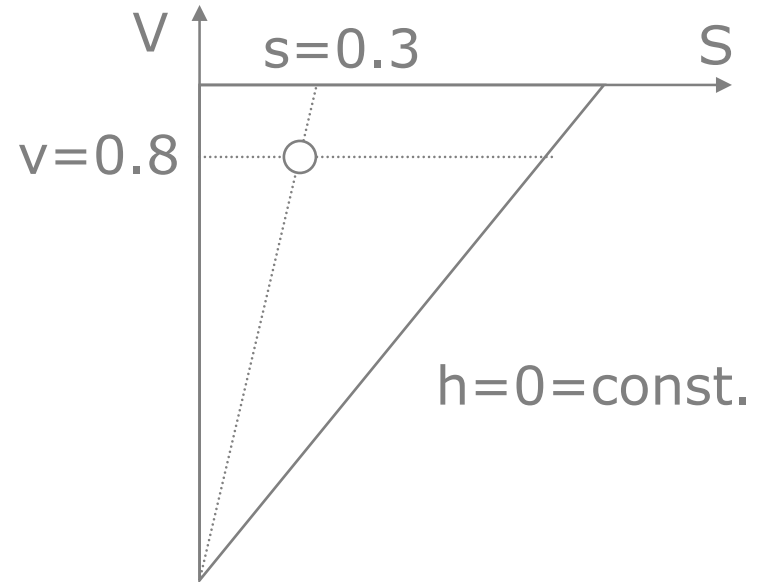
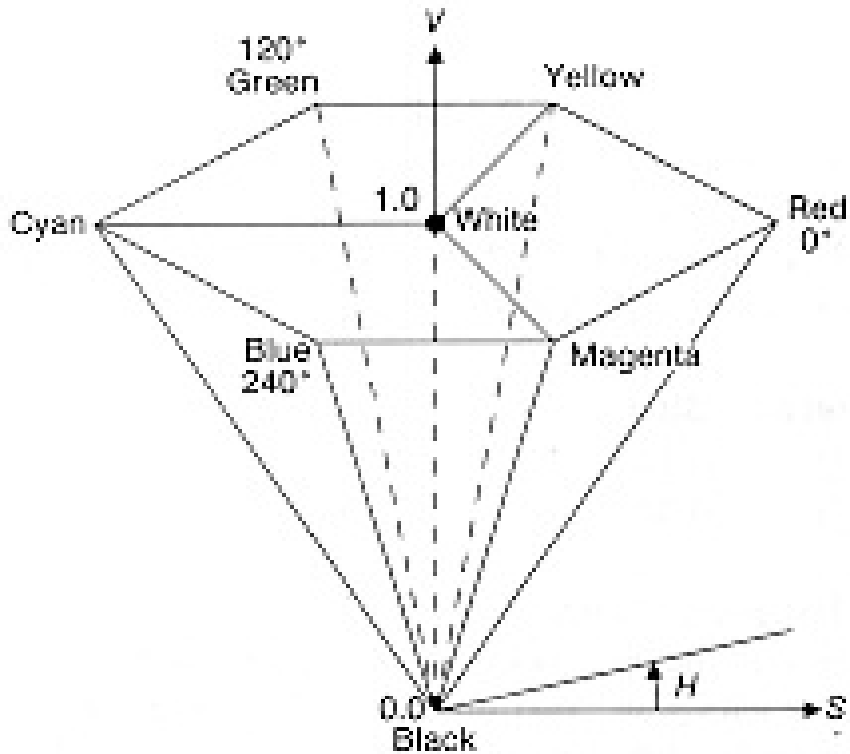
CMYK = 0% + 20% + 50% + 40% = 110%

GCR (*Gray Component Replacement*) - zamienia na atrament **K** tylko część szarego składnika, $k < k_{\max}$

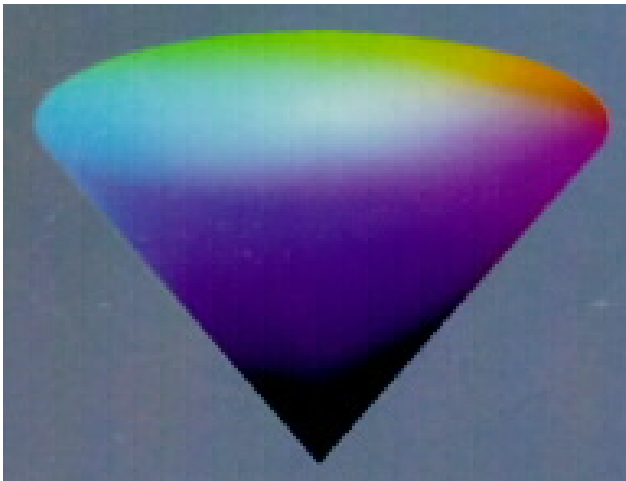
- 3.** Czerń dodaje się tylko do ciemnych obszarów obrazu.
- 4.** Przy tworzeniu koloru neutralnego urządzenia drukujące posługują się krzywymi mieszania atramentów uwzględniającymi ich zanieczyszczenie.

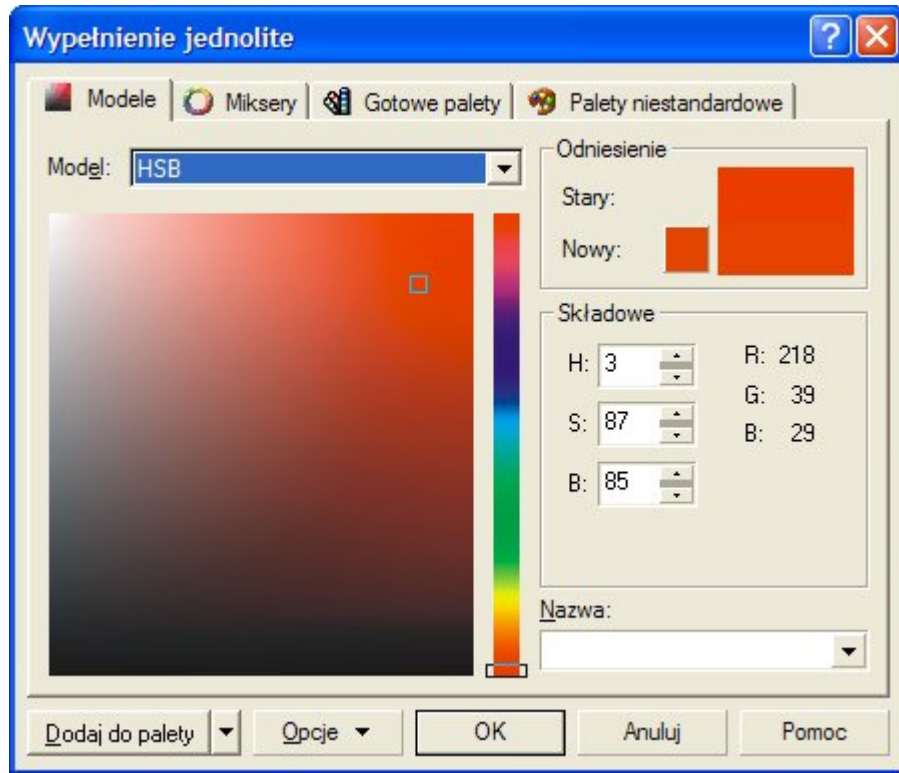
4. Model barw HSV

Hue - Saturation - Value

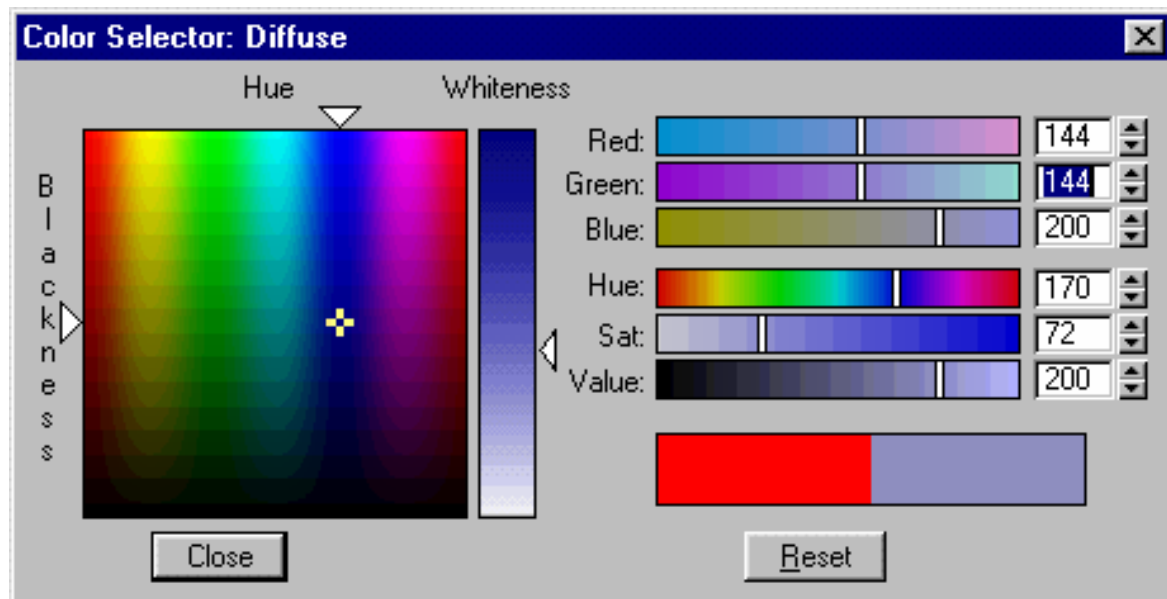


Barwa HSV = (0, 0.3, 0.8)





Corel Draw

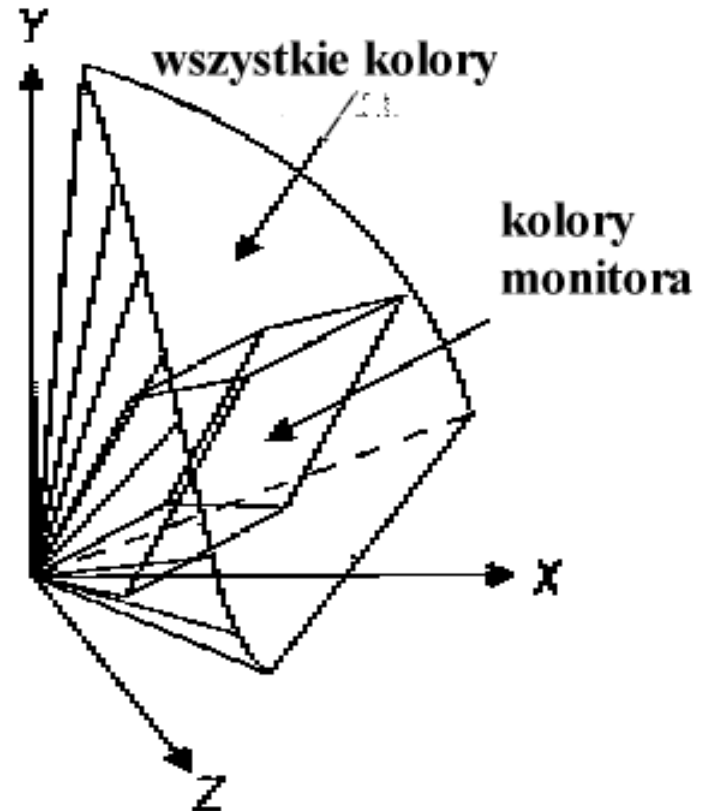


3D studio max

5. Model barw CIE

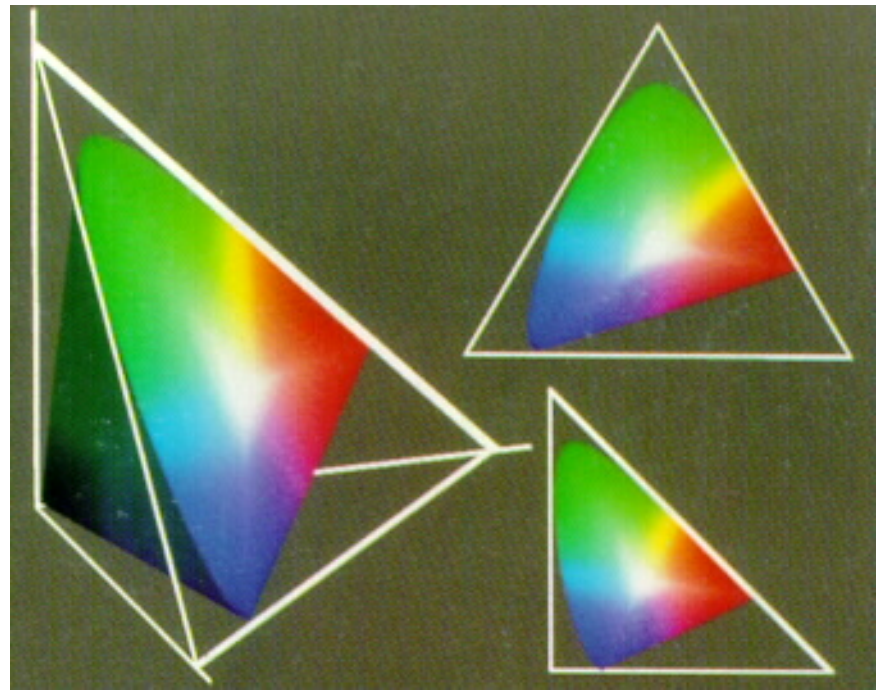
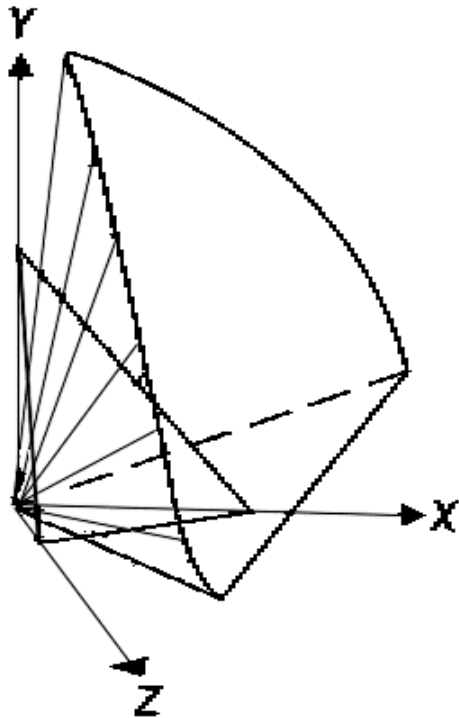
Dowolna barwa **C** jest dodatnio ważoną sumą barw **X, Y, Z**.

X, Y, Z - standardowe barwy zdefiniowane w 1931r. przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową,
Y - z założenia luminancja, która jest fizyczną miarą jasności barwy.



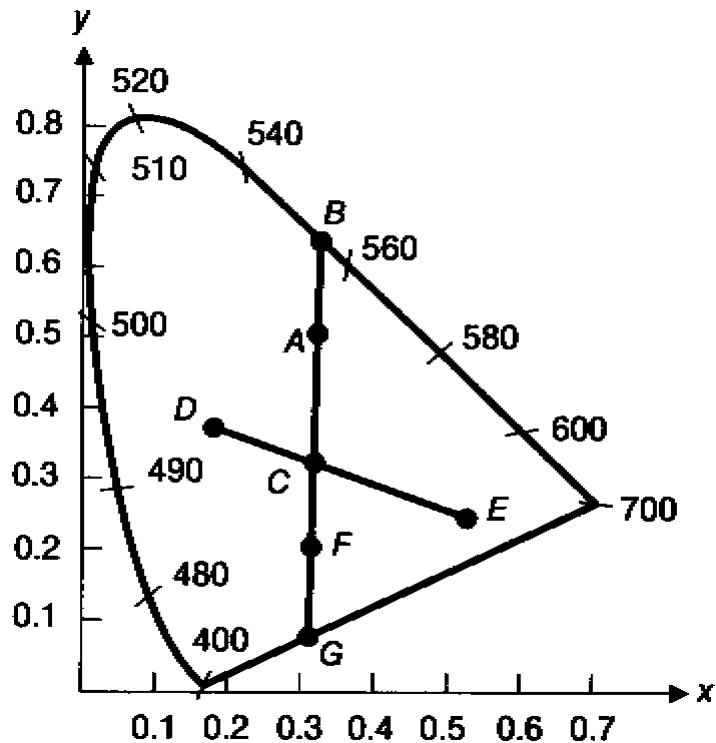
Niech $x = \frac{X}{X+Y+Z}$, $y = \frac{Y}{X+Y+Z}$, $z = \frac{Z}{X+Y+Z}$

punkty (x,y,z) leżą na płaszczyźnie $X + Y + Z = 1$



Trójkąt na płaszczyźnie $X + Y + Z = 1$, fragment przestrzeni CIE wyciętej przez trójkąt, widok trójkąta z frontu i po zrzutowaniu na płaszczyznę XY (wykres chromatyczności) [FOLE95].

Wykres chromatyczności



Wartości współrzędnych x , y barwy zależą tylko od odcienia barwy (H) i nasycenia (S).

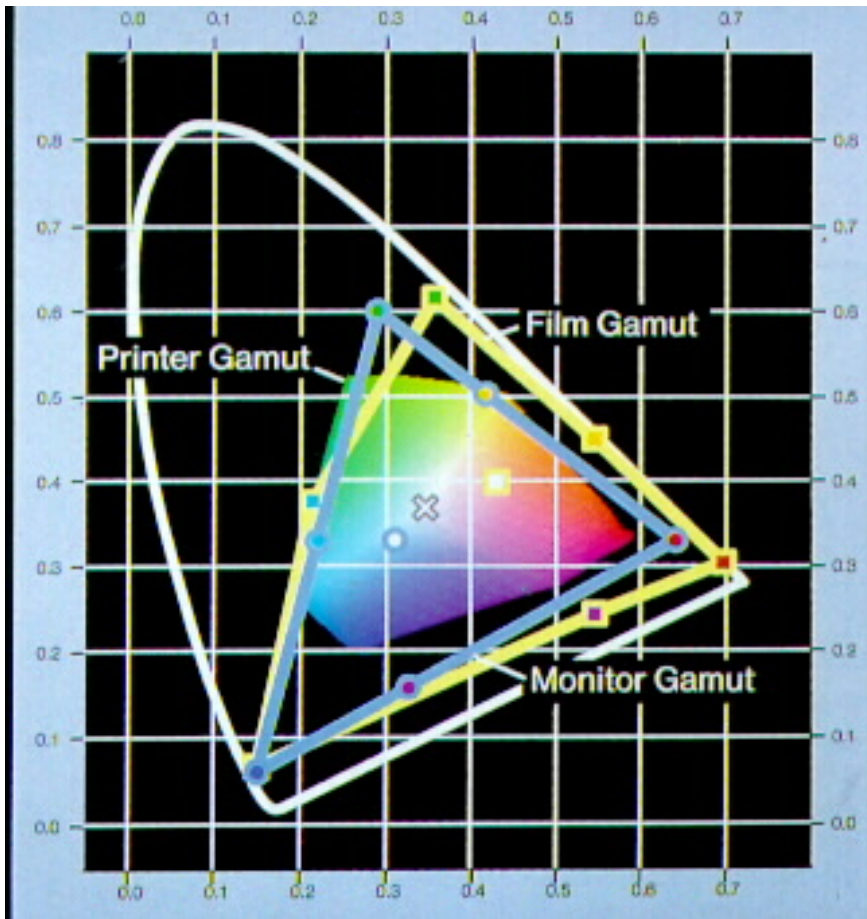
Nasycenie barwy **A**: $S = AC / BC$.

Barwę **A** można otrzymać jako mieszaninę standardowego światła białego (iluminant C - temperatura barwowa 6774K) i czystego spektralnego światła z punktu **B**.

Dopełniające barwy **D**, **E** mogą być zmieszane w celu uzyskania **C**.

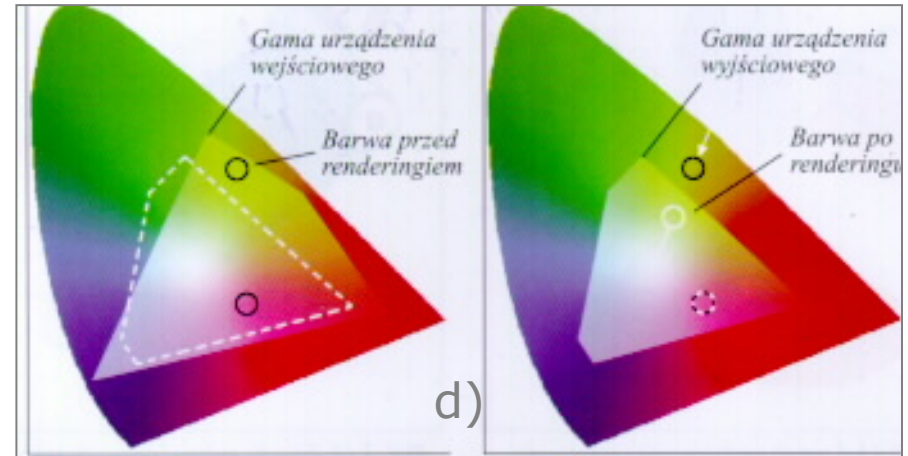
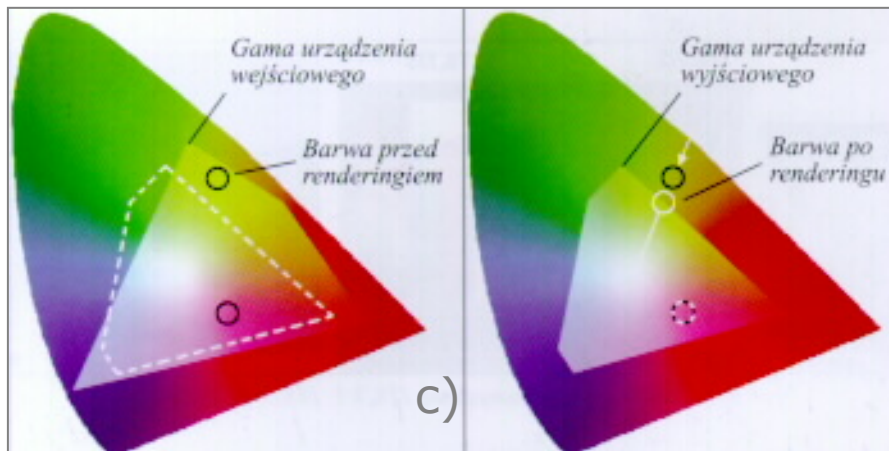
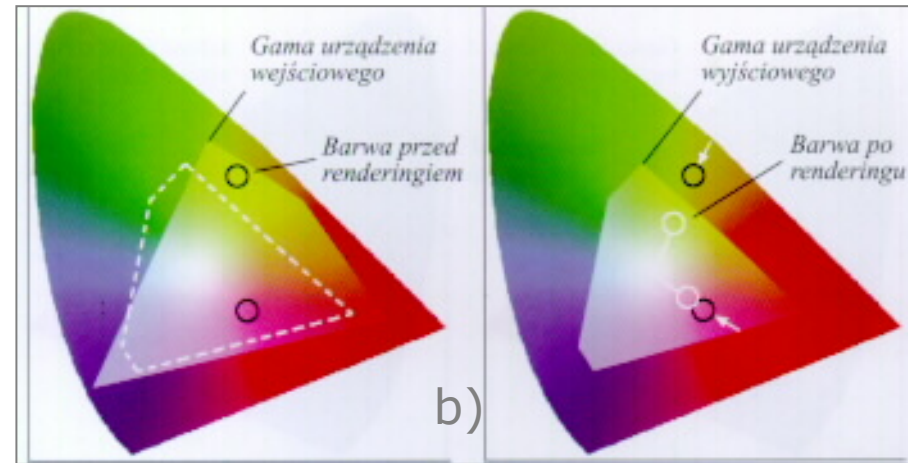
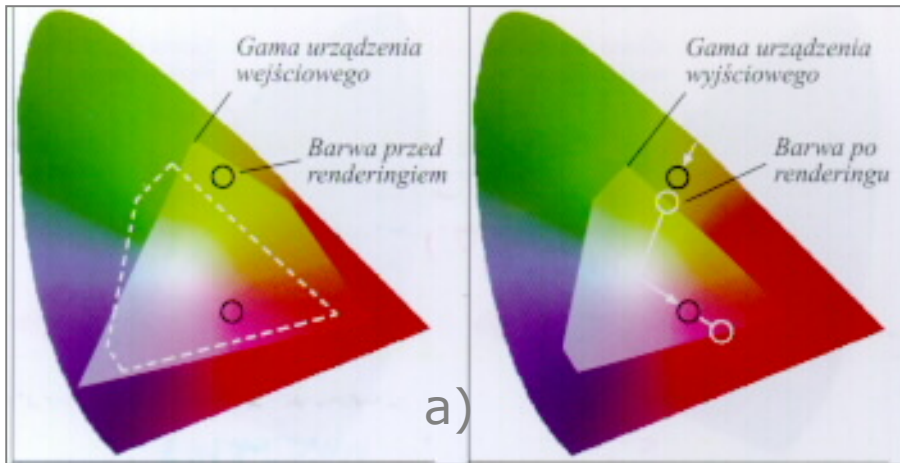
F jest barwą niespektralną.

Zastosowania wykresu chromatyczności



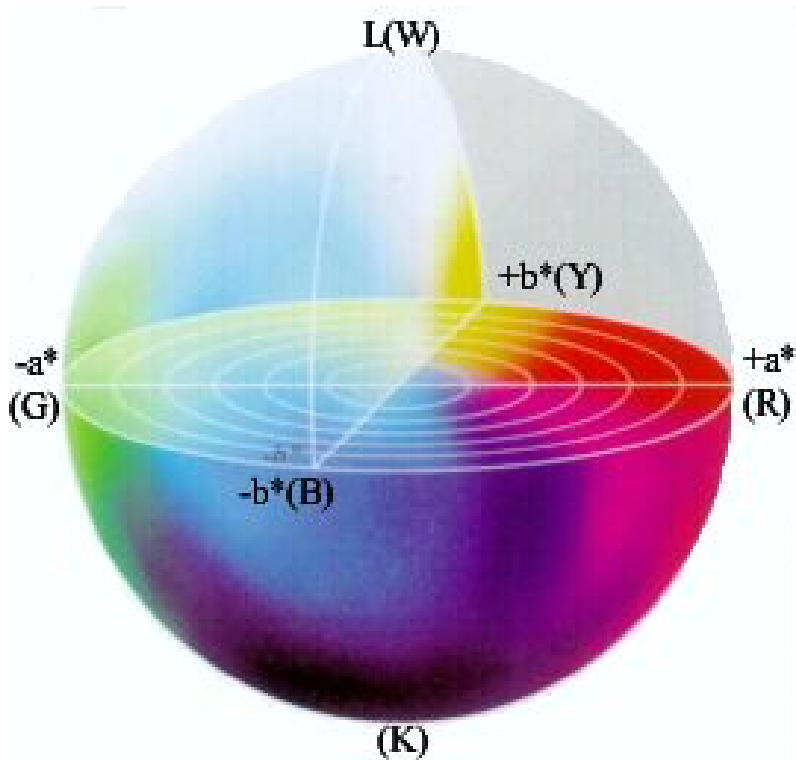
- 1.** Definiowanie gamy barw urządzenia.
- 2.** Porównywanie gamy barw różnych urządzeń w celu ograniczenia gamy barw urządzenia wejściowego do gamy barw urządzenia wyjściowego (np. drukarki).

3. Rendering barw w celu przekształcenia wszystkich barw obrazu do gamy urządzenia wyjściowego.



a) nasyceniowa, b) percepcyjna, c) absolutna kalorymetrycznie, d) względna kalorymetrycznie [KAMI99].

6. Model barw $L^*a^*b^*$



Zawiera najszerszą zdefiniowaną matematycznie przestrzeń barw, która powstała w wyniku transformacji matematycznej krzywoliniowego stożka CIE.

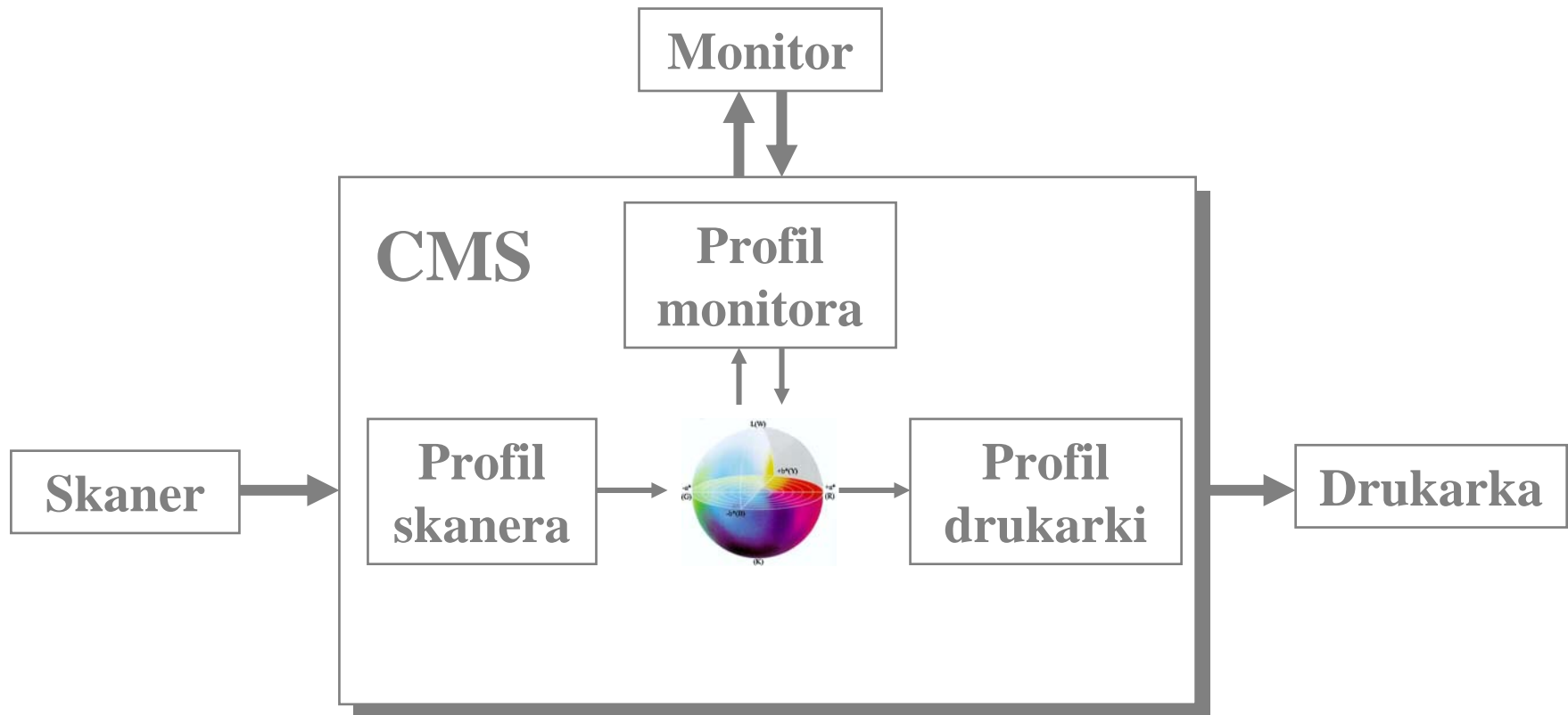
Najważniejszy model barw grafiki komputerowej, wykorzystywany do obliczeń na barwach przez systemy zarządzania barwami CMS (*Color Management System*).

CMS - system zarządzania barwami (*Color Management System*)

Elementy CMS:

- **niezależna od urządzenia przestrzeń barw** (CIE La^*b^*),
- **profile barwowe urządzeń** - zawierają informację o modelu barw i gamie barw urządzenia oraz o odchyleniu barw od standardowego wzorca i sposobie ich korekcji do poprawnych wartości,
- **dopasowanie barw** (*Color Matching Method*) – mechanizm zarządzania zbiorem profili barwowych urządzeń oraz dokonywanie konwersji z jednego modelu barw do drugiego,
- **algorytmy renderowania barw** - przekształcają barwy obrazu do gamy barw urządzenia wyjściowego.

Przeptyw danych



Literatura:

[FOLE95]

Foley, van Dam, Feiner, Hughes: „Wprowadzenie do grafiki komputerowej”, PWN 1995.

[KAMI99]

B. Kamiński: „Cyfrowy prepress, drukowanie i procesy wykończeniowe”, Translator s.c. 1999.