

КОЛЬОРИ У КОМП'ЮТЕРНІЙ ГРАФІЦІ

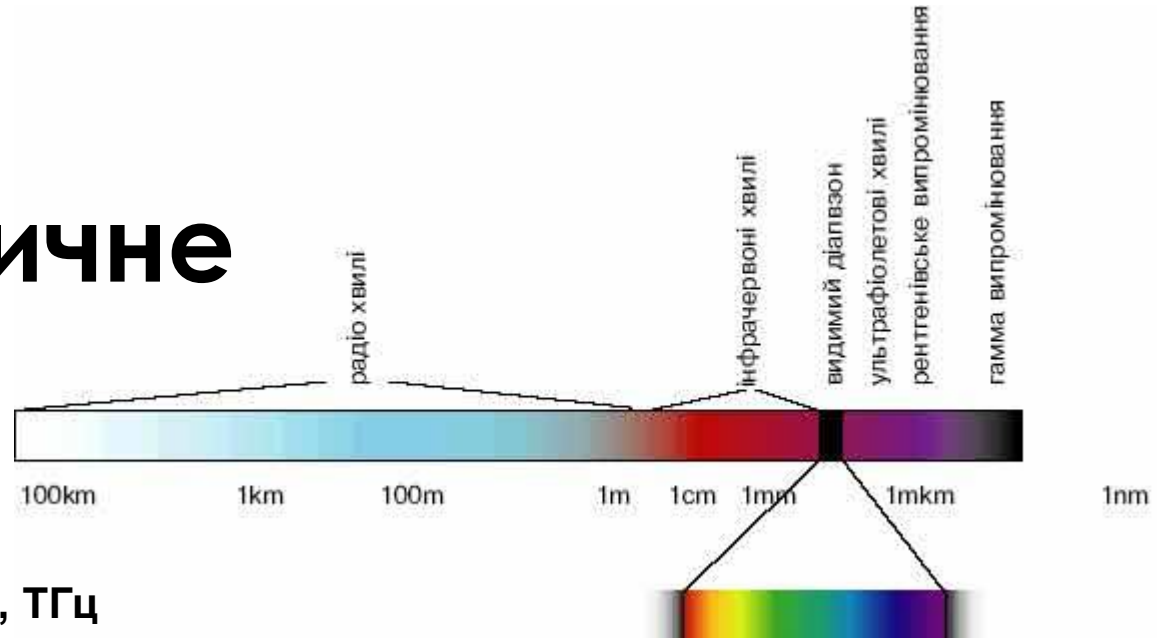
Слайди до лекцій з дисципліни
«Математичні та алгоритмічні основи комп'ютерної графіки»

Лектор: к.т.н., доцент Сулема Є.С.

Каф. ПЗКС, ФПМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

2019/2020 навч. рік

Колір як фізичне явище



довжина хвилі, нм

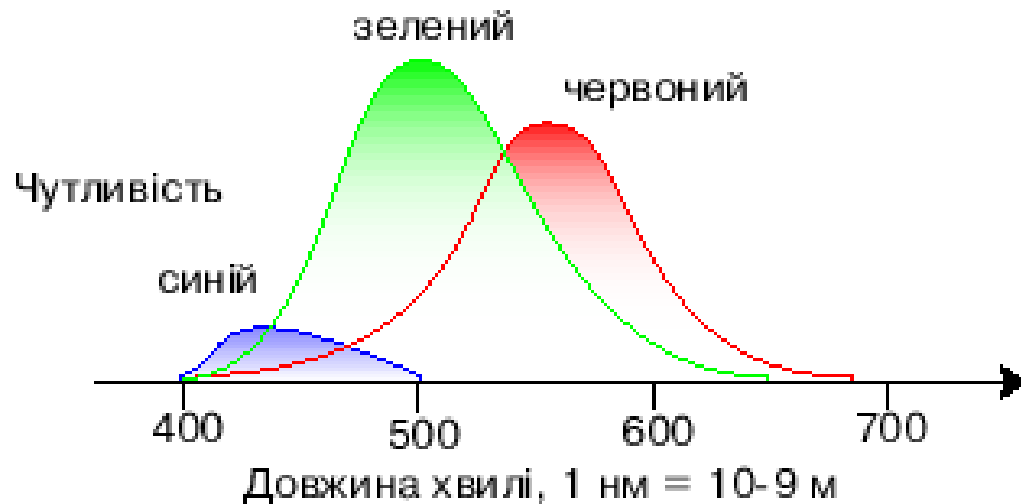
частота, ТГц

625—740	480—405
590—625	510—480
565—590	530—510
500—565	600—530
485—500	620—600
440—485	680—620
380—440	790—680

Приклади? ➡

- ❑ Хроматичні кольори:
 - Спектральні
 - Неспектральні
- ❑ Ахроматичні кольори

Колір очами людини



Нормальний зір



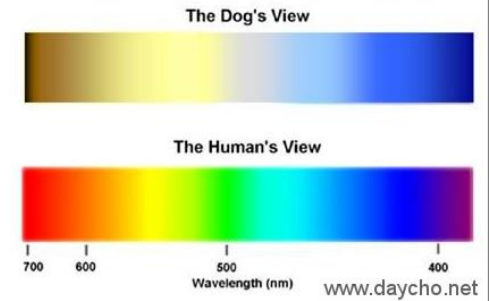
Порушення
сприйняття кольору

**А як з кольорами у
братів наших менших? ;)**



Коти та собаки

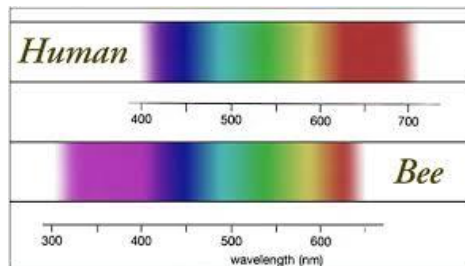
Парнокопитні



Плазуни: тепло



Комахи: ультрафіолет



ВИСНОВОК:

Колір – це суб'єктивна характеристика світла, яка відображає здатність людського зору розрізняти випромінення з різною частотою електромагнітних коливань у області видимого світла.

Питання: якого кольору стіни у цій аудиторії? ;)

Характеристики кольору

Яскравість



Насиченість



Ясність
(світлота)



Кольоровий
ТОН

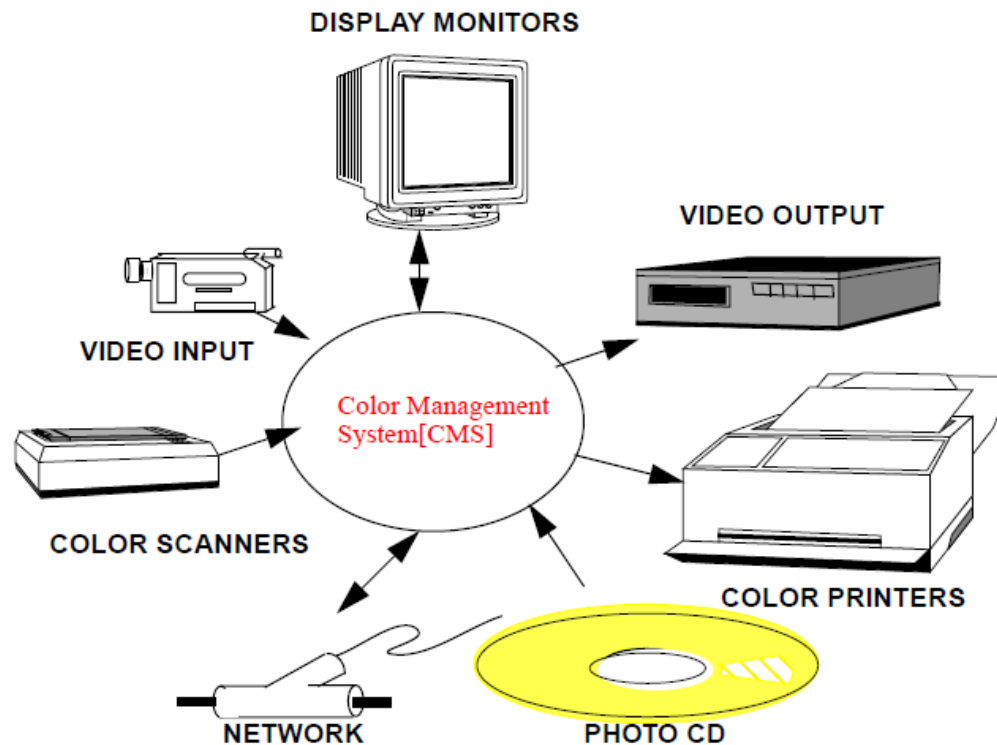


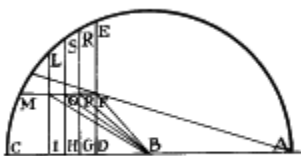


Формування відчуття кольору залежить від таких складових:

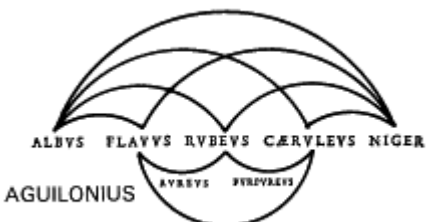
1. Джерела освітлення;
2. Середовища розповсюдження світла;
3. Матеріалу об'єкту, що сприймається;
4. Зорової системи людини.

В чому полягає проблема?

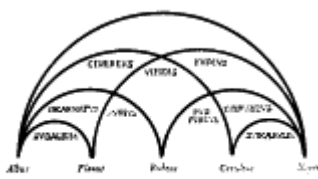




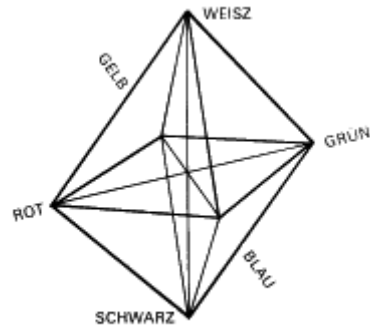
DELLA PORTA 1593



AGUILONIUS 1593



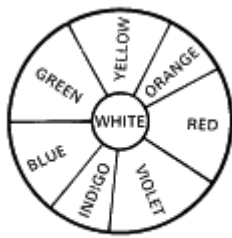
AGUILONIUS 1593



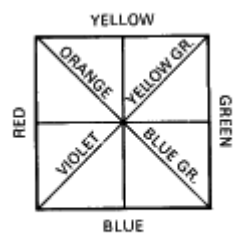
HÖFLER 1883



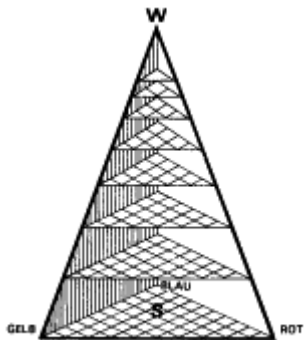
ROOD 1879



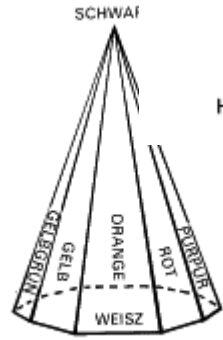
NEWTON 1660



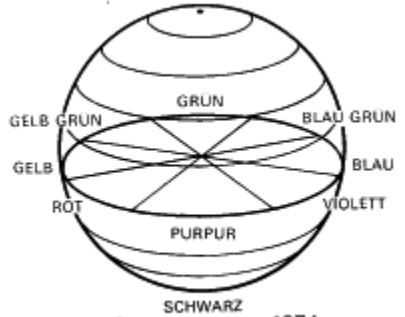
WALLER 1686



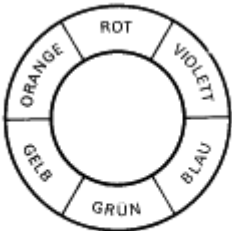
LAMBERT 1772



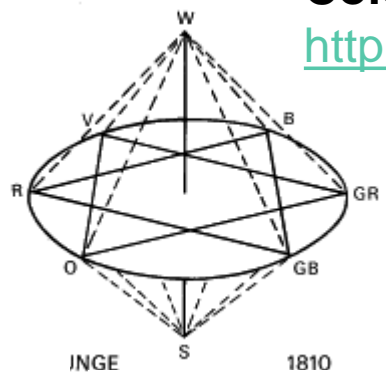
VON BEZOLD 1876



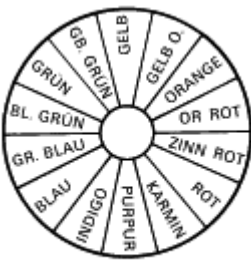
WUNDT 1874



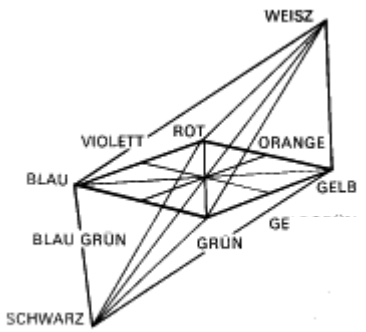
GOETHE 1793



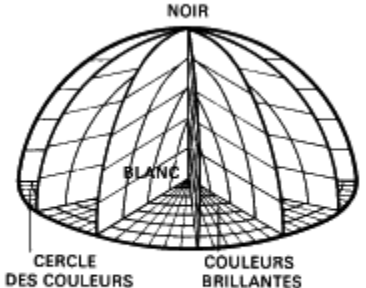
INGE 1810



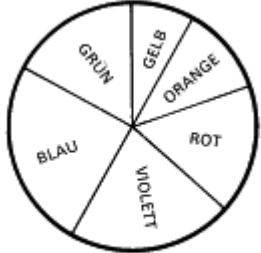
HERSCHEL 1817



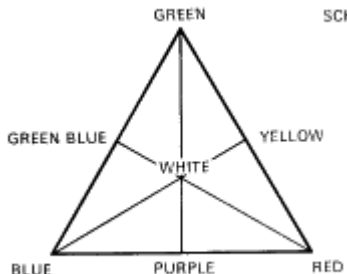
TITCHENER 1876



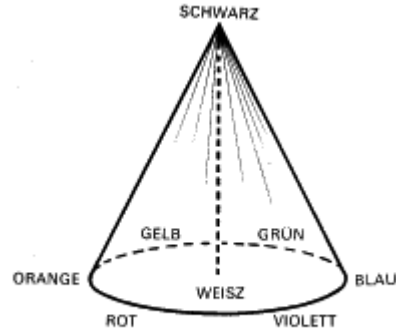
CHEVREUL 1839



SCHREIBER 1840



MAXWELL 1857



WUNDT 1893

Color Model Museum

<http://www.colorcube.com/articles/models/model.htm>

Фізичні принципи штучного відтворення відтінків: ЩО?

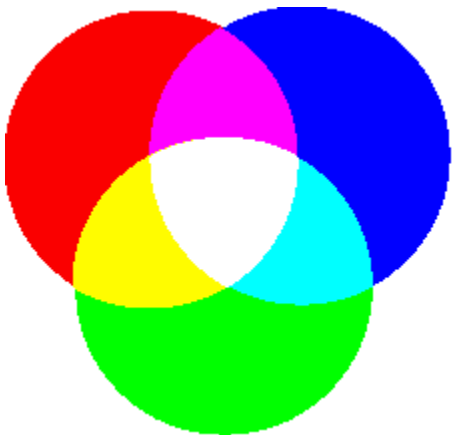
Два види об'єктів у комп'ютерній графіці:

1. Об'єкти, що випромінюють світло;
2. Об'єкти, що відбивають (заломлюють) світло.

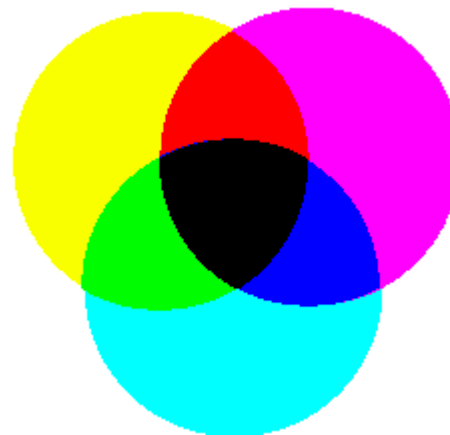
Приклади?

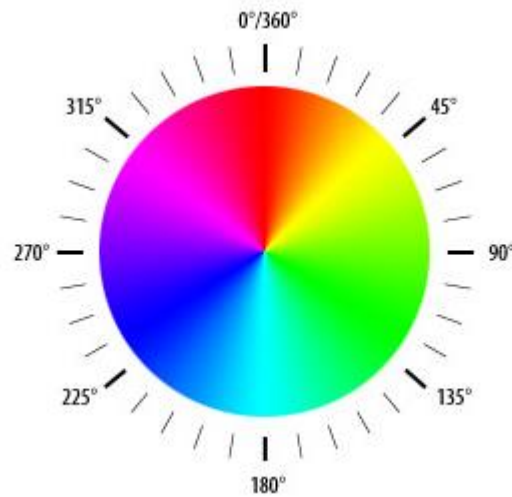
Фізичні принципи штучного відтворення відтінків: ЯК?

Адитивний спосіб



Субтрактивний спосіб

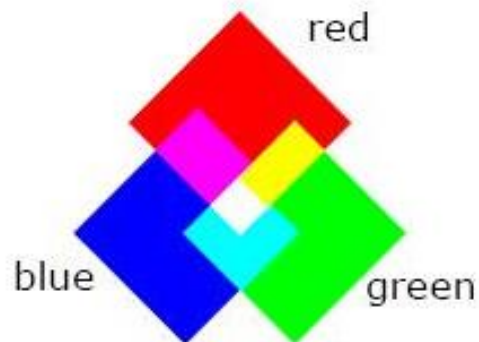




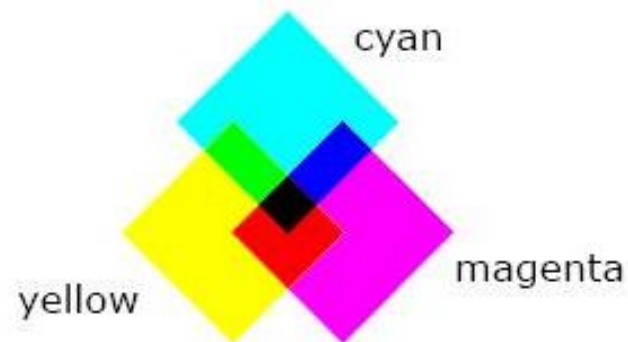
Колірне коло

Додатковий колір – колір, який доповнює даний колір до білого.





a) RGB model



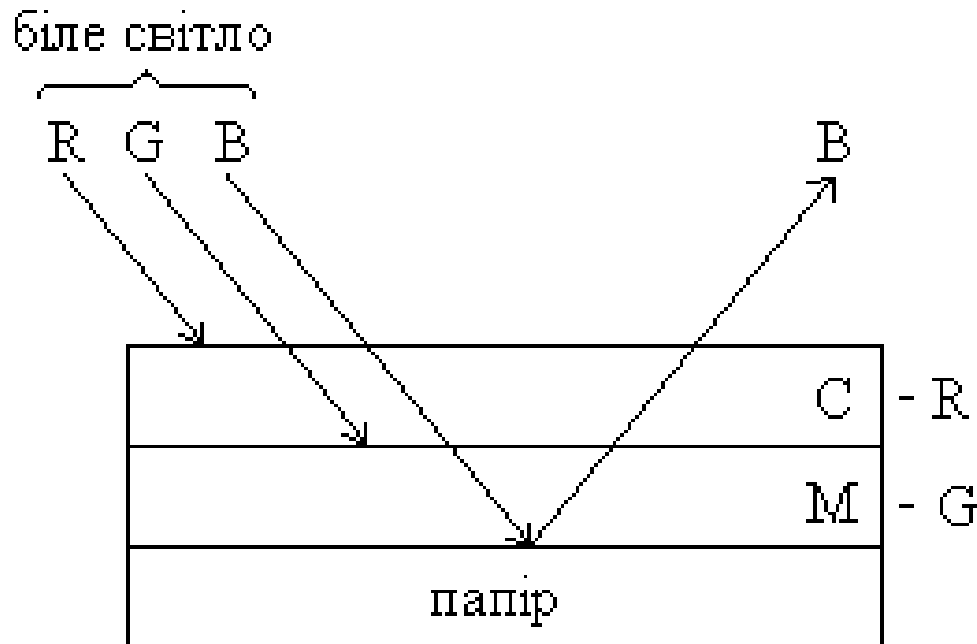
b) CMY(K) model


1. Пурпурний
2. Білий
3. Жовтий
4. Блакитний
5. Зелений
6. Чорний
7. Синій
8. Червоний

$$\begin{aligned}
 M &= R+B; \\
 W &= R+G+B; \\
 Y &= R+G; \\
 C &= B+G; \\
 G &= C+Y; \\
 K &= C+M+Y; \\
 B &= C+M; \\
 R &= Y+M.
 \end{aligned}$$

Змішування кольорів

Кольороподіл: схема субтрактивного формування відтінків

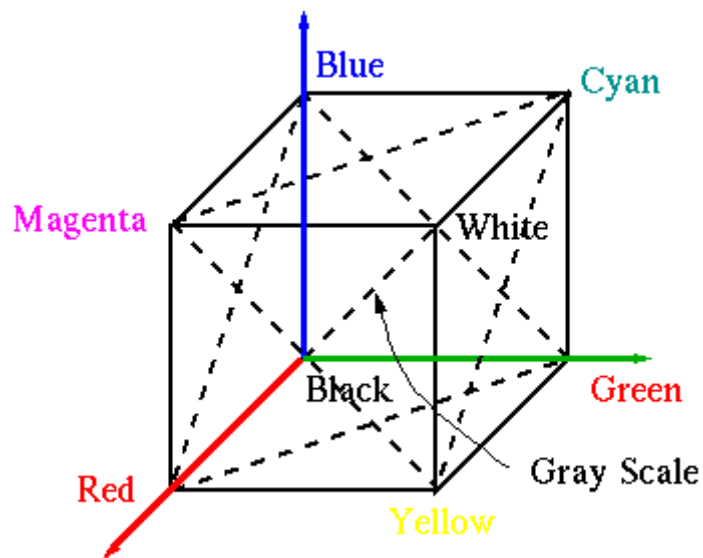




Колірна модель – це формальний опис відтінків кольорів.

Питання: які колірні моделі ви знаєте?

Модель RGB



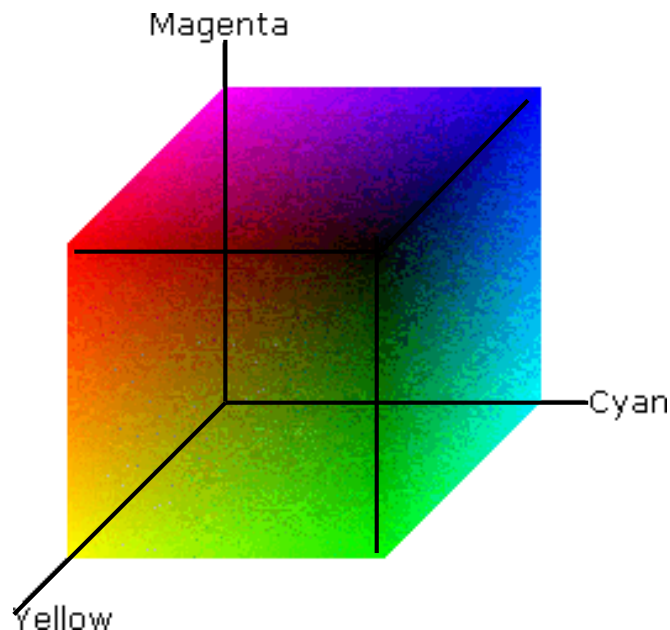
Діапазон кольорних координат:
[0,...,1] або [0,...,255]

**Питання: яким є
внутрішнє подання
даних про колір?**

Апаратно-орієнтована модель, яка призначена для адитивного формування відтінків у комп'ютерній графіці.



Модель CMY(K)



Апаратно-орієнтована модель, яка призначена для субтрактивного формування відтінків у поліграфії.

$CMY \Rightarrow CMYK$

$$K = \min(C, M, Y)$$

$$C_{CMYK} = (C - K) / (1 - K)$$

$$M_{CMYK} = (M - K) / (1 - K)$$

$$Y_{CMYK} = (Y - K) / (1 - K)$$

Питання: для чого тут “К”?



40,60,35,25



45,65,40,20



50,70,45,15



55,75,50,10



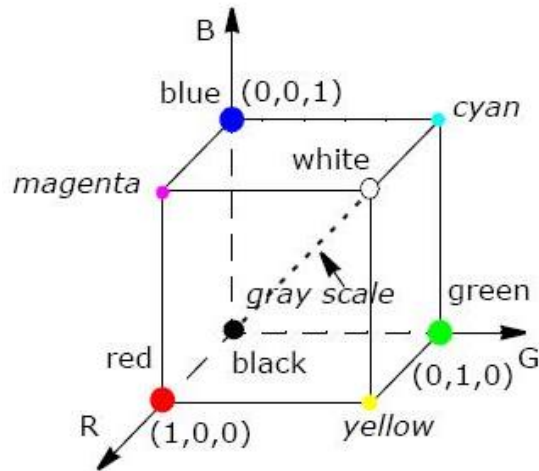
60,80,55,5



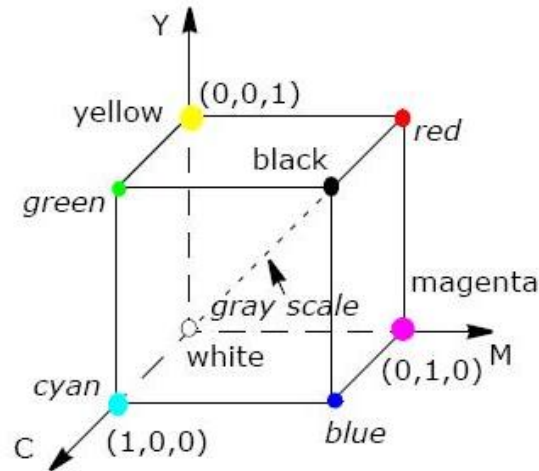
65,85,60,0

RGB VS. CMY(K)

a) RGB



b) CMY



RGB \Rightarrow CMYK

$$R' = R/255$$

$$G' = G/255$$

$$B' = B/255$$

$$K = 1 - \max(R', G', B')$$

$$C = (1 - R' - K) / (1 - K)$$

$$M = (1 - G' - K) / (1 - K)$$

$$Y = (1 - B' - K) / (1 - K)$$

RGB \Rightarrow CMY

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

CMY \Rightarrow RGB

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix}$$

CMYK \Rightarrow RGB

$$R = 255 \times (1 - C) \times (1 - K)$$

$$G = 255 \times (1 - M) \times (1 - K)$$

$$B = 255 \times (1 - Y) \times (1 - K)$$

Модель YIQ

Апаратно-орієнтована модель, яка використовується у телебаченні (NTSC) та використовує ущільнення даних за рахунок використання психофізіологічних особливостей зору людини.

Y (luminance) –
яскравісний сигнал;
I (in-phase) та
Q (quadrature) –
кольорові різниці сигналу

**Питання: що буде,
якщо залишити
лише Y?**

Подібні моделі:

YUV (PAL)

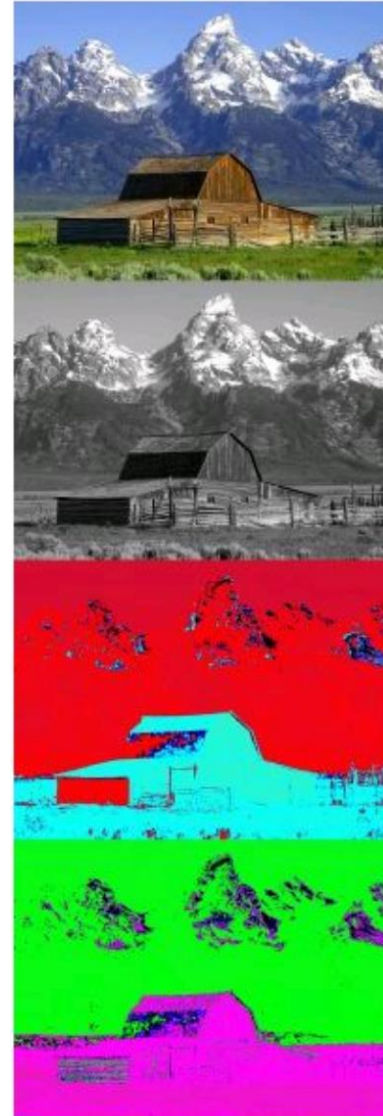
YCbCr (JPEG, MPEG)

RGB \Rightarrow YIQ

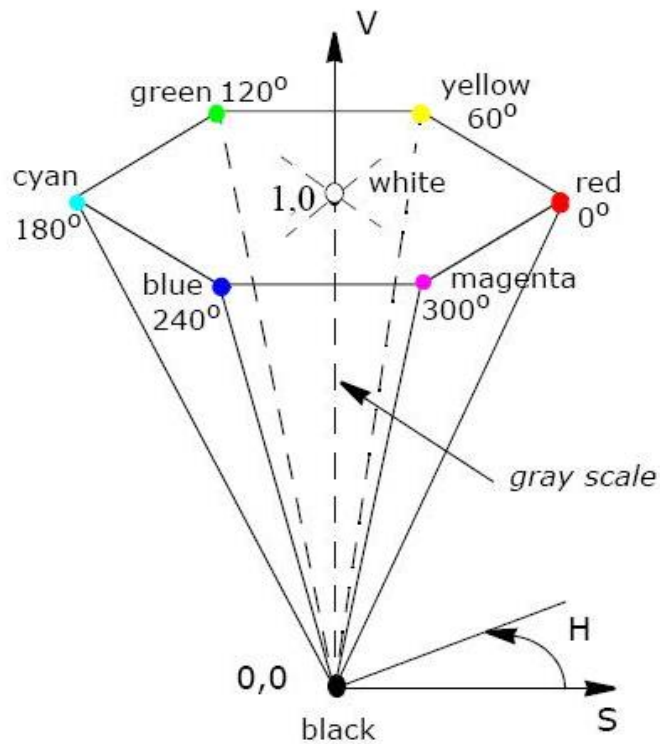
$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.6 & 0.1 \\ 0.6 & -0.3 & -0.3 \\ 0.2 & -0.5 & 0.3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

YIQ \Rightarrow RGB

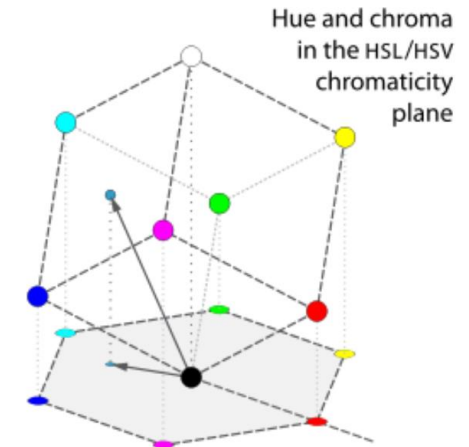
$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.9 & 0.6 \\ 1 & -0.3 & -0.6 \\ 1 & -1.1 & 0.7 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix}$$



Модель HSV



Модель,
орієнтована
на сприйняття
кольору
людиною.



RGB \Rightarrow HSV

$$R' = R/255$$

$$G' = G/255$$

$$B' = B/255$$

$$C_{max} = \max(R', G', B')$$

$$C_{min} = \min(R', G', B')$$

$$\Delta = C_{max} - C_{min}$$

$$H = \begin{cases} 0^\circ & \Delta = 0 \\ 60^\circ \times \left(\frac{G' - B'}{\Delta} \bmod 6 \right) & , C_{max} = R' \\ 60^\circ \times \left(\frac{B' - R'}{\Delta} + 2 \right) & , C_{max} = G' \\ 60^\circ \times \left(\frac{R' - G'}{\Delta} + 4 \right) & , C_{max} = B' \end{cases}$$

$$S = \begin{cases} 0 & , C_{max} = 0 \\ \frac{\Delta}{C_{max}} & , C_{max} \neq 0 \end{cases}$$

$$V = C_{max}$$

HSV \Rightarrow RGB

$$0 \leq H < 360, 0 \leq S \leq 1 \text{ and } 0 \leq V \leq 1$$

$$C = V \times S$$

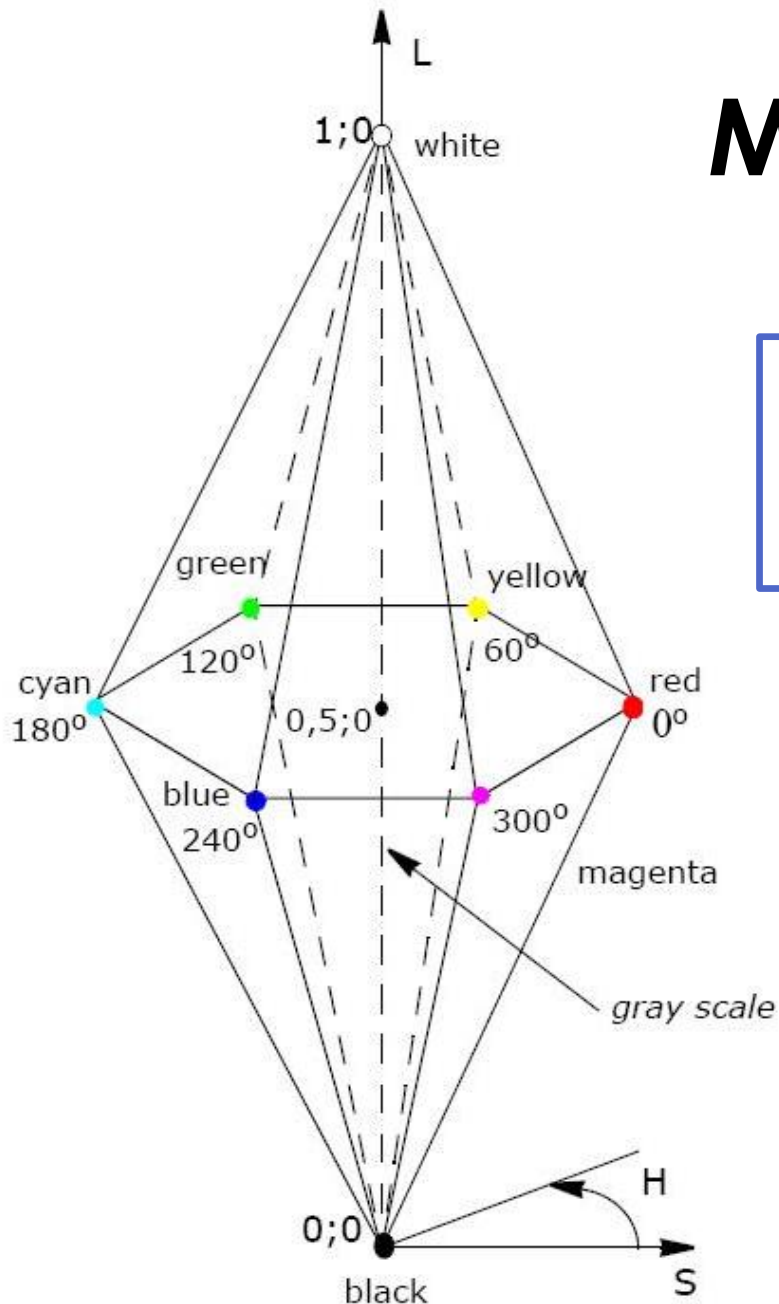
$$X = C \times (1 - |(H / 60^\circ) \bmod 2 - 1|)$$

$$m = V - C$$

$$(R', G', B') = \begin{cases} (C, X, 0) & , 0^\circ \leq H < 60^\circ \\ (X, C, 0) & , 60^\circ \leq H < 120^\circ \\ (0, C, X) & , 120^\circ \leq H < 180^\circ \\ (0, X, C) & , 180^\circ \leq H < 240^\circ \\ (X, 0, C) & , 240^\circ \leq H < 300^\circ \\ (C, 0, X) & , 300^\circ \leq H < 360^\circ \end{cases}$$

$$(R, G, B) = ((R' + m) \times 255, (G' + m) \times 255, (B' + m) \times 255)$$

Модель HLS / HSI (1)



Модель, орієнтована на сприйняття кольору людиною.

RGB \Rightarrow HSI

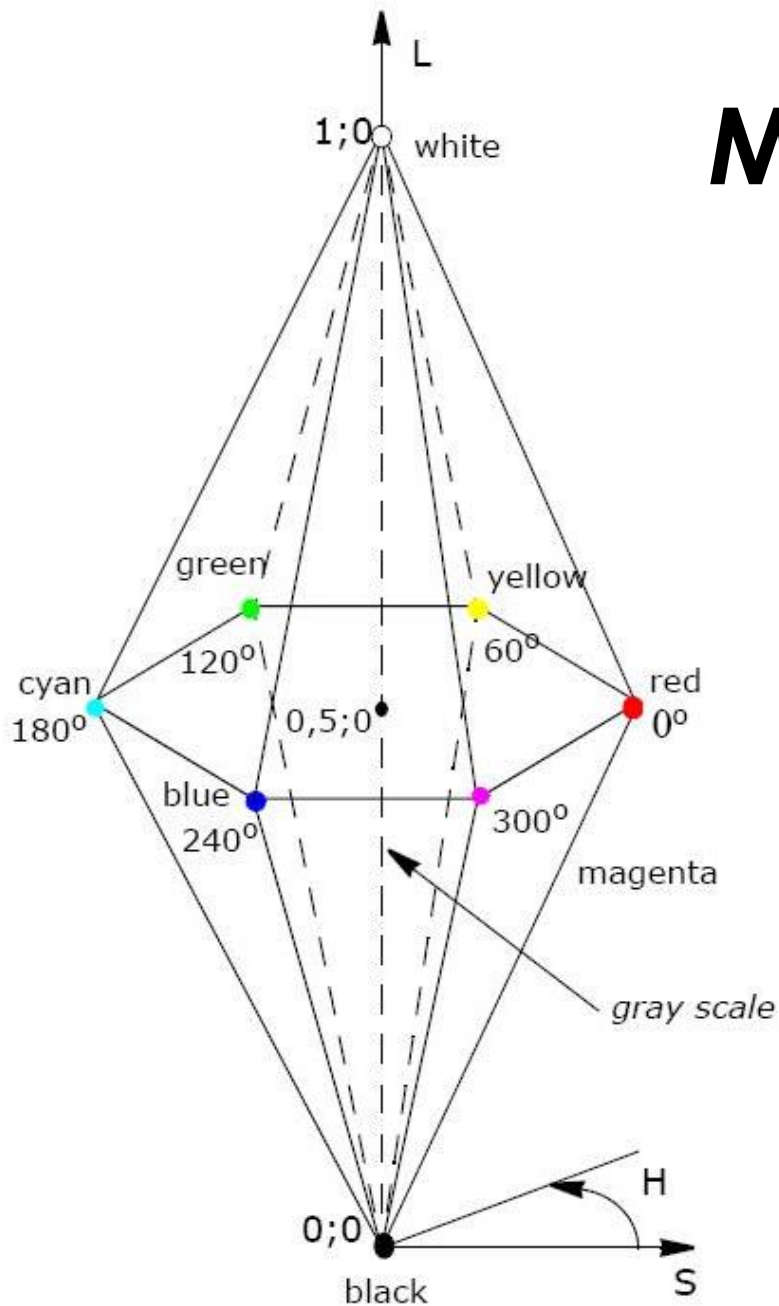
$$I = \frac{R + G + B}{3}$$

$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B} \cdot \min(R, G, B)$$

$$H = \begin{cases} \theta & \text{при } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{при } B > G \end{cases}$$

$$\text{де } \theta = \arccos \left(\frac{(R - G) + (R - B)}{2\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right)$$

Модель HLS / HSI (2)



HSI \Rightarrow RGB

а) якщо $0^\circ \leq H < 120^\circ$ (RG сектор):

$$R = I \cdot \left(1 + \frac{S \cdot \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right)$$

$$G = 3 \cdot I \cdot (R + B)$$

$$B = I \cdot (1 - S)$$

б) якщо $120^\circ \leq H < 240^\circ$ (GB сектор):

$$H' = H - 120^\circ$$

$$R = I \cdot (1 - S)$$

$$G = I \cdot \left(1 + \frac{S \cdot \cos H'}{\cos(60^\circ - H')} \right)$$

$$B = 3 \cdot I \cdot (R + G)$$

в) якщо $240^\circ \leq H < 360^\circ$ (BR сектор):

$$H' = H - 240^\circ$$

$$R = 3 \cdot I \cdot (G + B)$$

$$G = I \cdot (1 - S)$$

$$B = I \cdot \left(1 + \frac{S \cdot \cos H'}{\cos(60^\circ - H')} \right)$$

Доведемо це...

Picture to People

Free Online Photo Editors, Text Logo Makers and More

[Home](#)[Photo Effects](#)[Text Logos](#)[Photo Frames](#)[Image Logos](#)[Photo Editor](#)[Social Images](#)[Sticker Makers](#)[Typography](#)[Image Utilities](#)

Online Color Converter

The values of the following input color in all color spaces are as shown below:

RGB (255, 255, 0) =



Results :

- CMY = (0, 0, 255);
- HSB = (60, 1.000, 1.000);
- HSV = (60, 1.000, 1.000);
- HSI = (60, 1.000, 0.667);
- HSL = (60, 1.000, 0.500);
- YIQ = (0.886, 0.322, -0.311);

News & Support

[How to Use](#)[Discussion Group](#)[Text Effect Tutorials](#)

Top Photo Editors



http://www.picturetopeople.org/color_converter.html

Модель CIE XYZ

Теоретична модель.

- **X, Y, Z** – штучні кольори.
- Їх лінійна комбінація визначає будь-який колір:

$$\mathbf{S} = \mathbf{A}\mathbf{X} + \mathbf{B}\mathbf{Y} + \mathbf{C}\mathbf{Z}$$

- Нормалізація:

$$x = \mathbf{A}/(\mathbf{A}+\mathbf{B}+\mathbf{C})$$

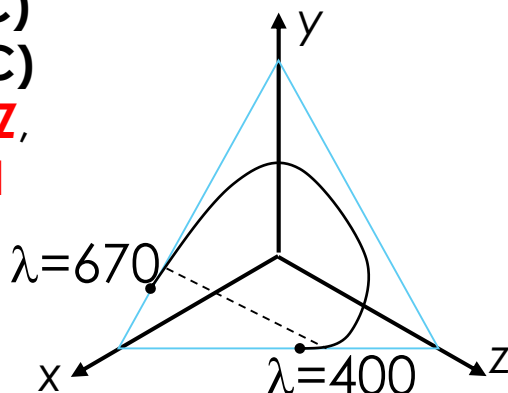
$$y = \mathbf{B}/(\mathbf{A}+\mathbf{B}+\mathbf{C})$$

$$z = \mathbf{C}/(\mathbf{A}+\mathbf{B}+\mathbf{C})$$

- $\mathbf{s} = x\mathbf{X} + y\mathbf{Y} + z\mathbf{Z}$,

$$\text{де } x + y + z = 1$$

Зв'язок з хроматичною діаграмою

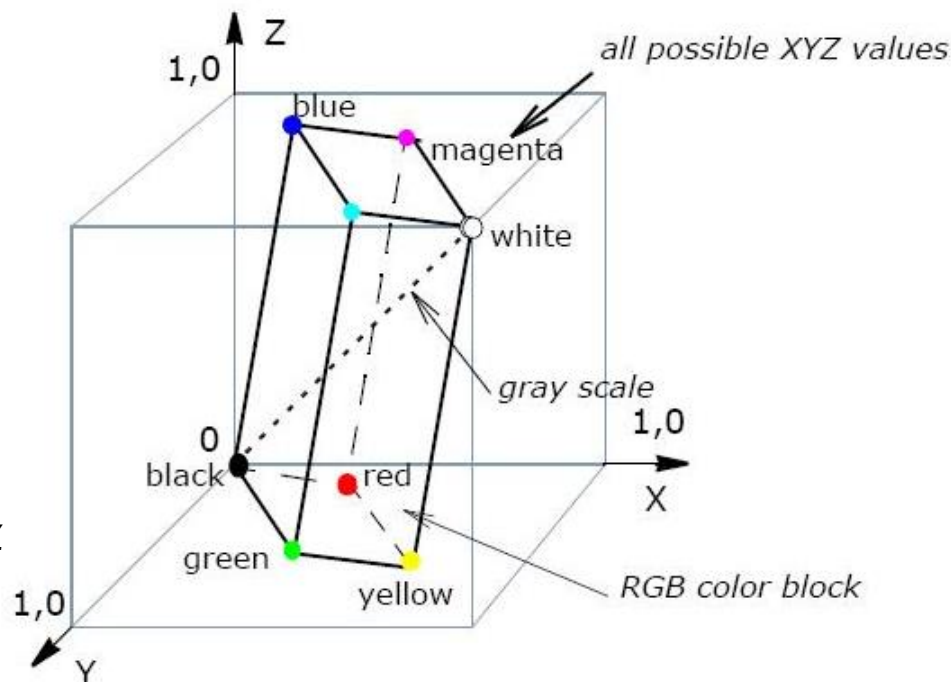


RGB \Rightarrow XYZ

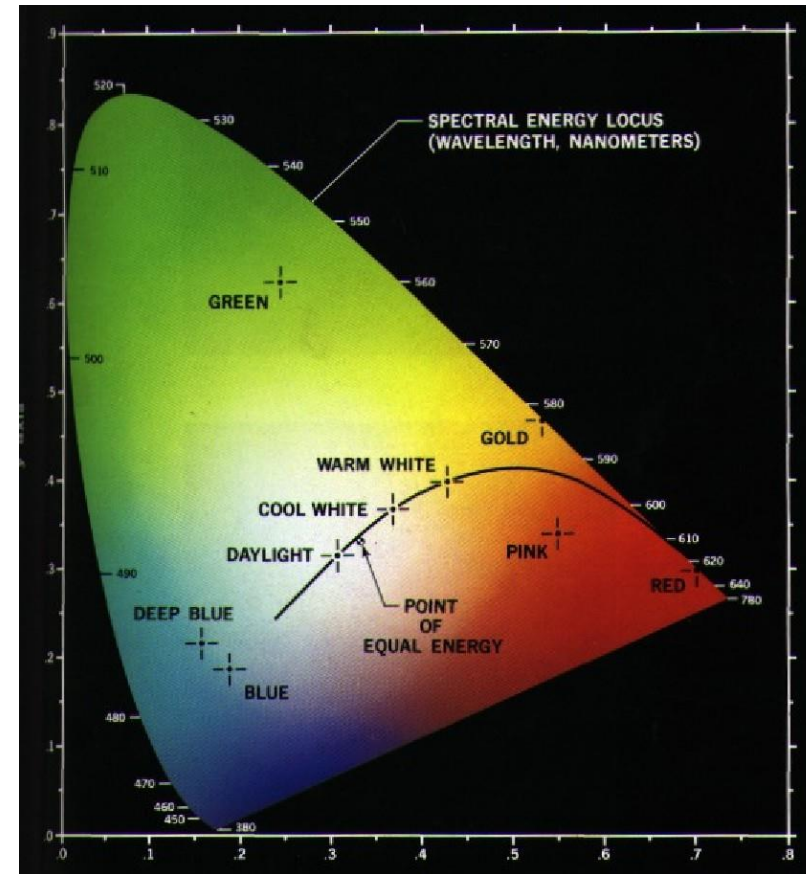
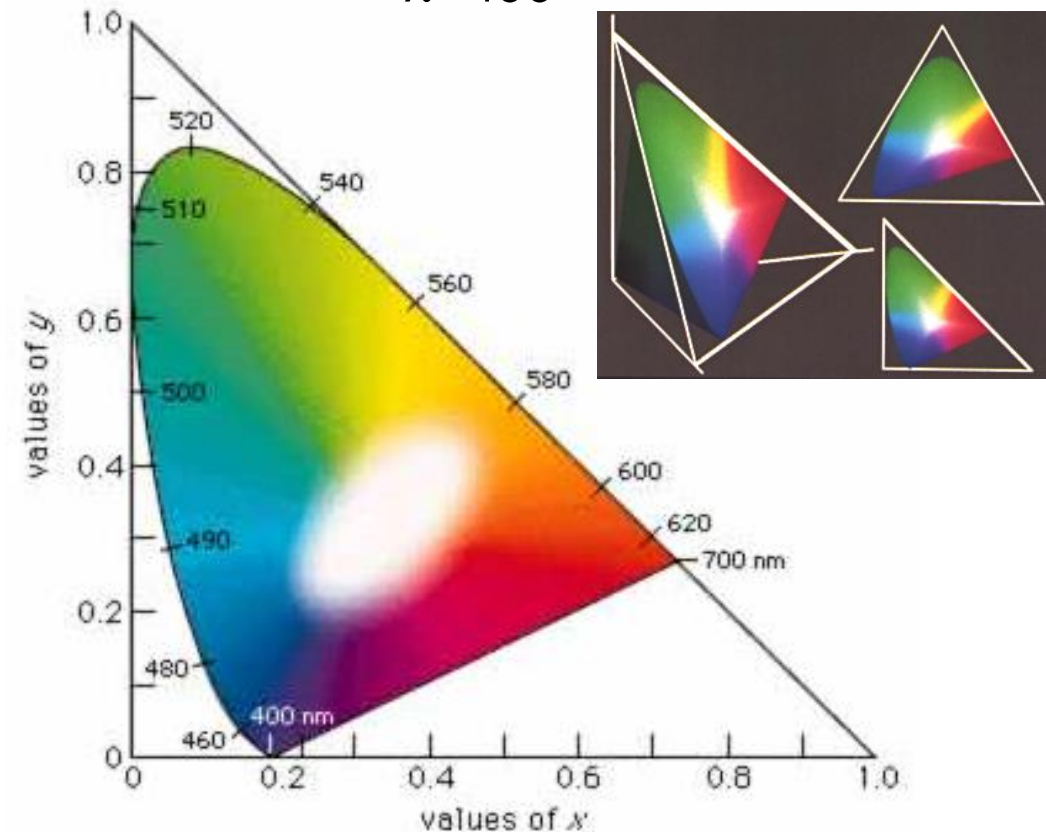
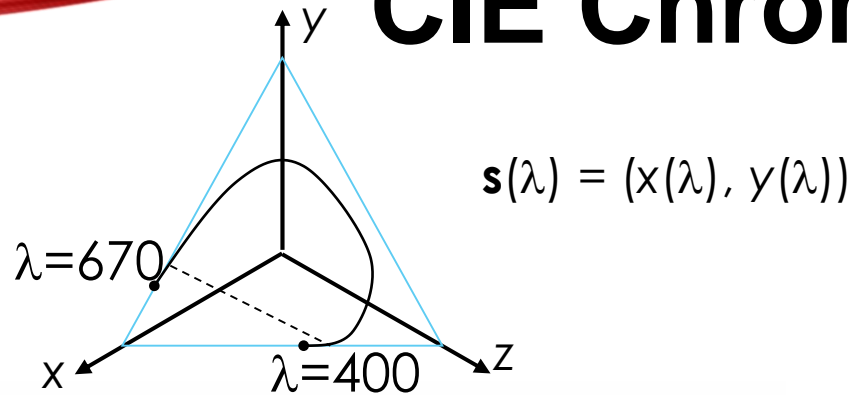
$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.41 & 0.36 & 0.18 \\ 0.21 & 0.71 & 0.07 \\ 0.02 & 0.12 & 0.95 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

XYZ \Rightarrow RGB

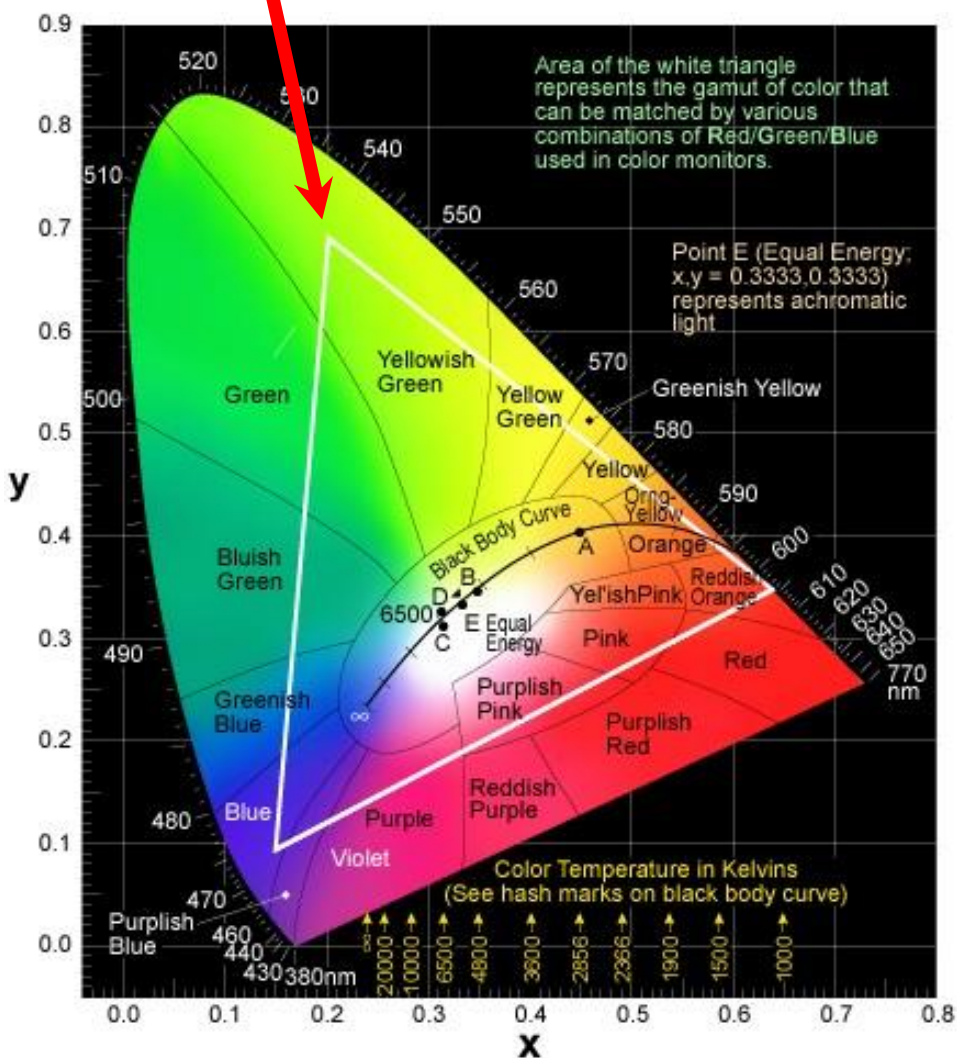
$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.24 & -1.54 & -0.50 \\ -0.97 & 1.87 & 0.04 \\ 0.05 & -0.20 & 1.06 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$



CIE Chromaticity Diagram



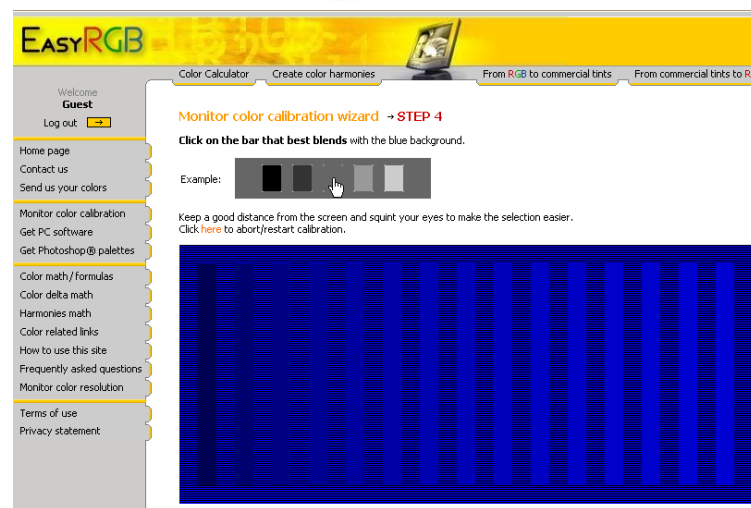
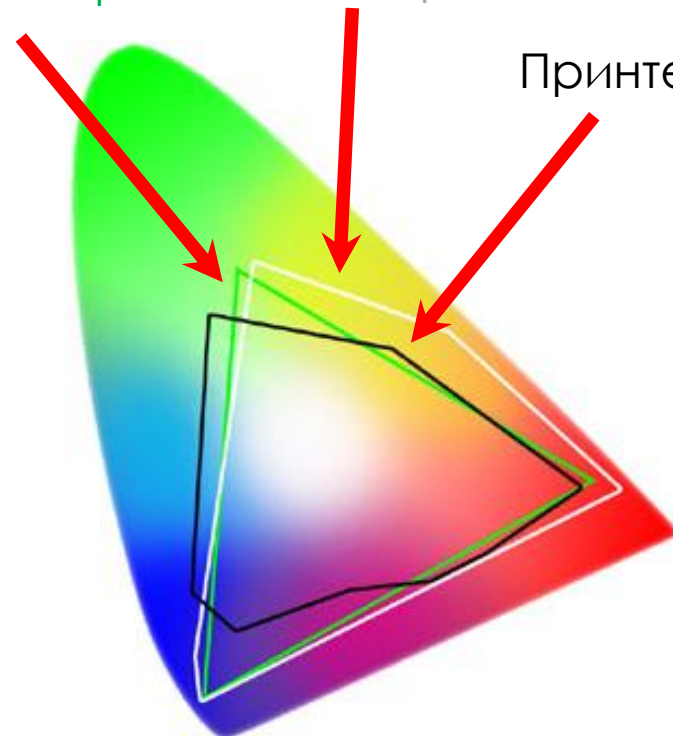
RGB – це білий трикутник



Монітор

Сканер

Принтер



<http://www.easyrgb.com/index.php?X=KALI>

Питання?

КОЛЬОРИ У КОМП'ЮТЕРНІЙ ГРАФІЦІ

Слайди до лекцій з дисципліни
«Математичні та алгоритмічні основи комп'ютерної графіки»

Лектор: к.т.н., доцент Сулема Є.С.

Каф. ПЗКС, ФПМ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

2018/2019 навч. рік