

Color Models

COLLEGE OF COMPUTING

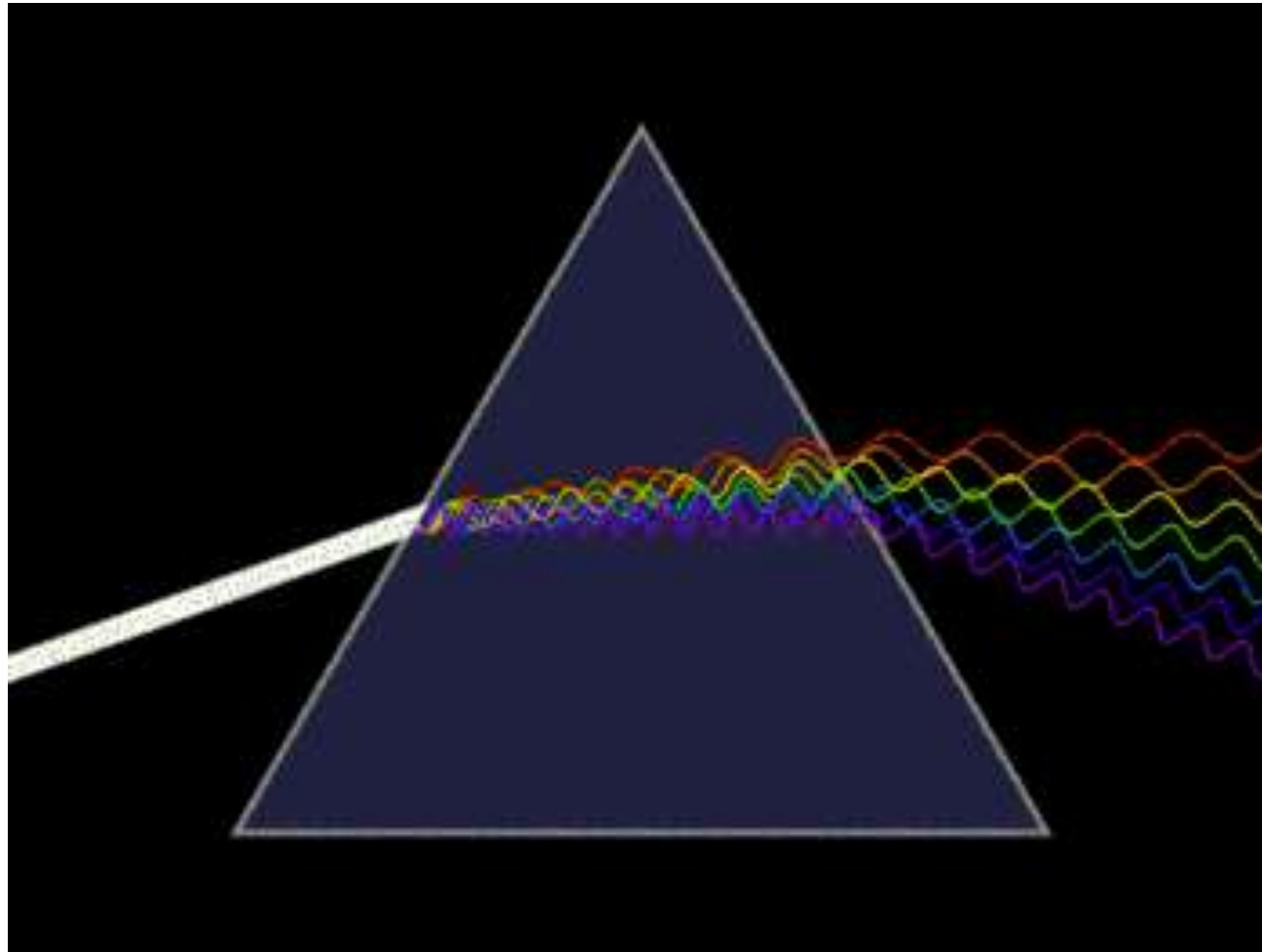
HANYANG ERICA CAMPUS

Q YOUN HONG (홍규연)

Properties of Light



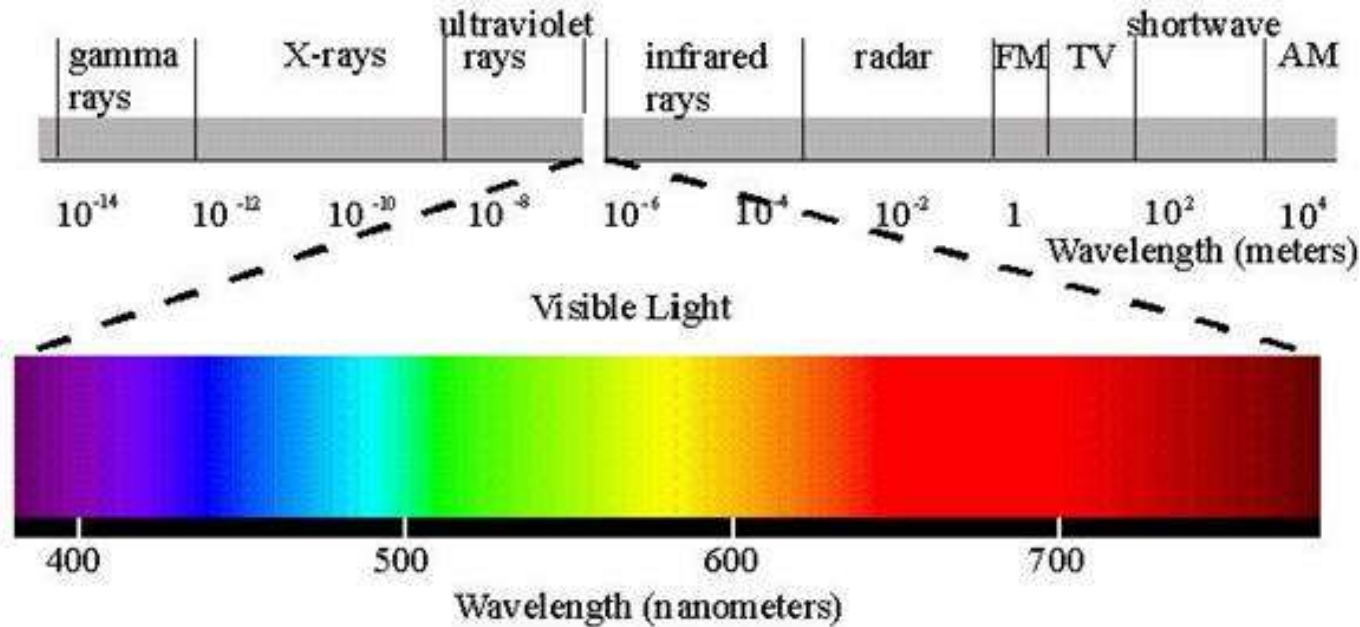
- Light: electro magnetic wave (전자파)



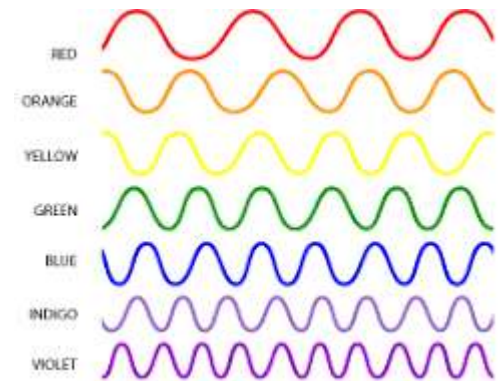
Properties of Light



- 파장에 따라 다음과 같이 분류:



- short wavelength (380-450nm, $6.7-7.9 \times 10^{14}$ Hz): violet
- long wavelength (620-750nm, $4.0-4.8 \times 10^{14}$ Hz): red



Properties of Light



Perception (Qualitative)

Hue: 색상

Saturation: 채도

Value(Brightness): 명도

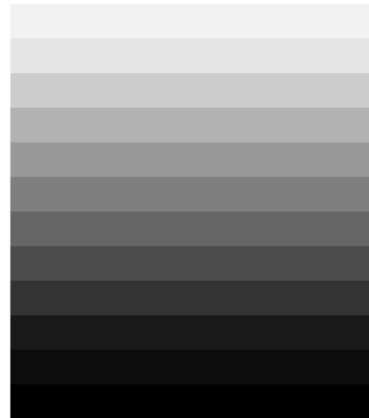
HUE



SATURATION



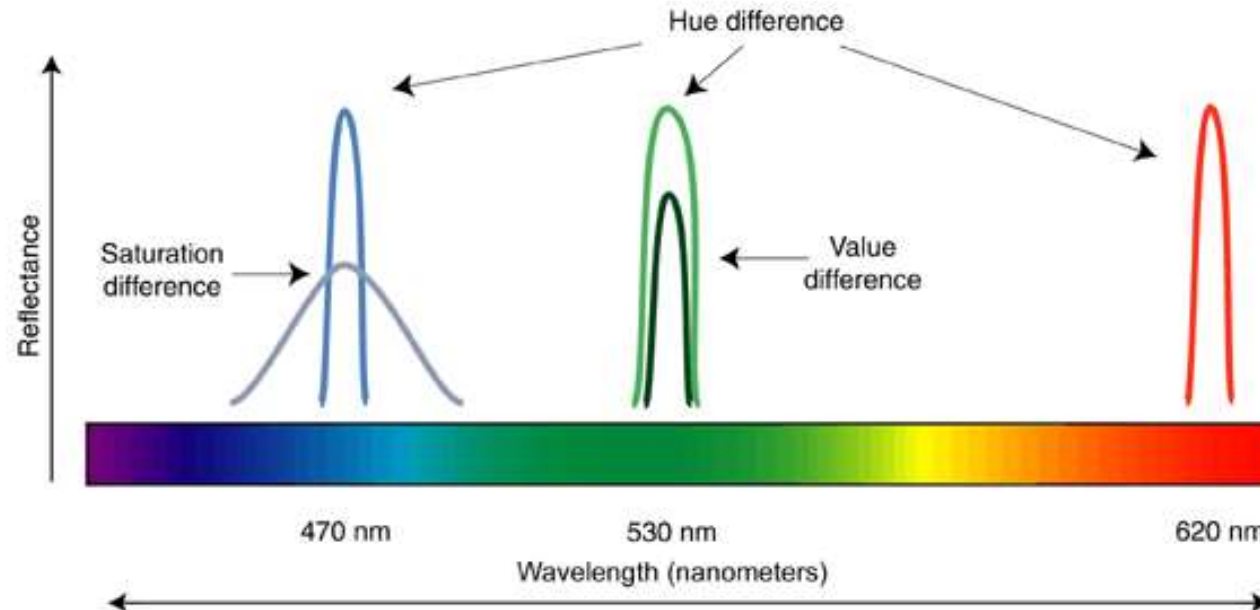
VALUE



Properties of Light



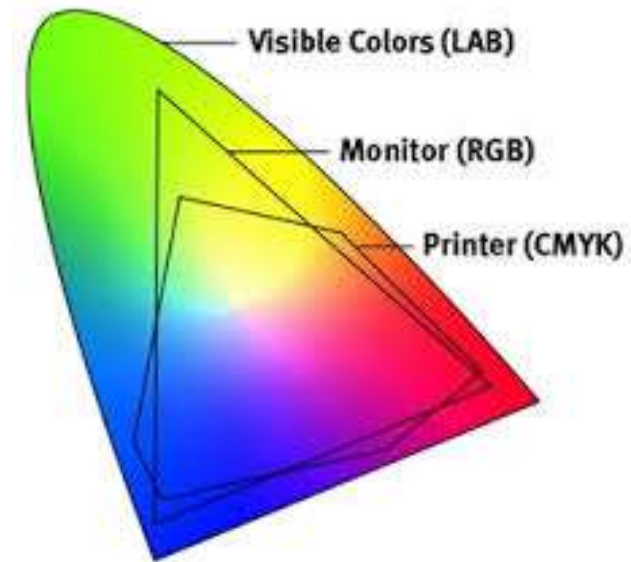
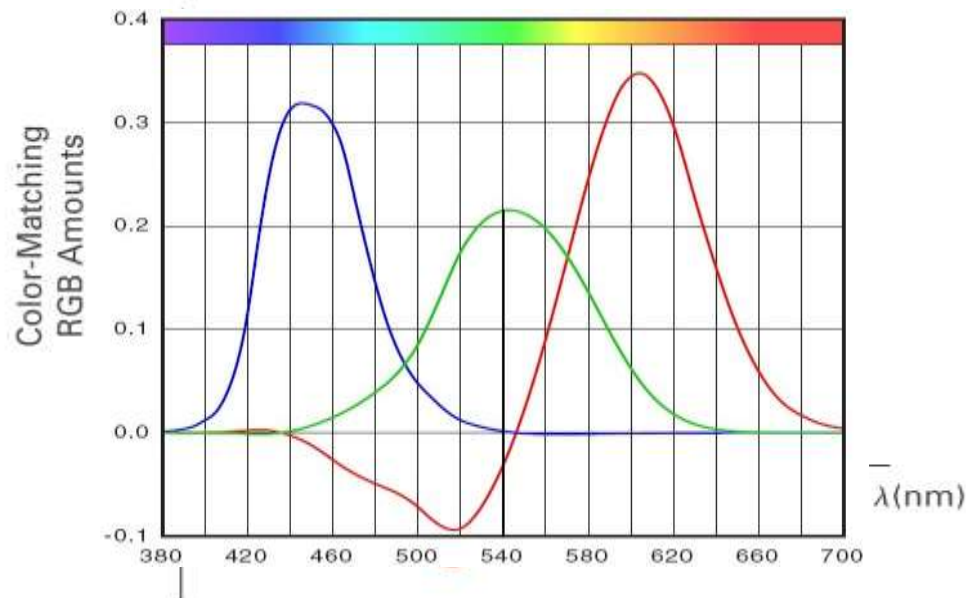
Perception (Qualitative)	Colorimetry (Quantitative)
Hue: 색상	Dominant wavelength
Saturation: 채도	Purity (Bandwidth)
Value(Brightness): 명도	Luminance (Amount of energy)



Color Models



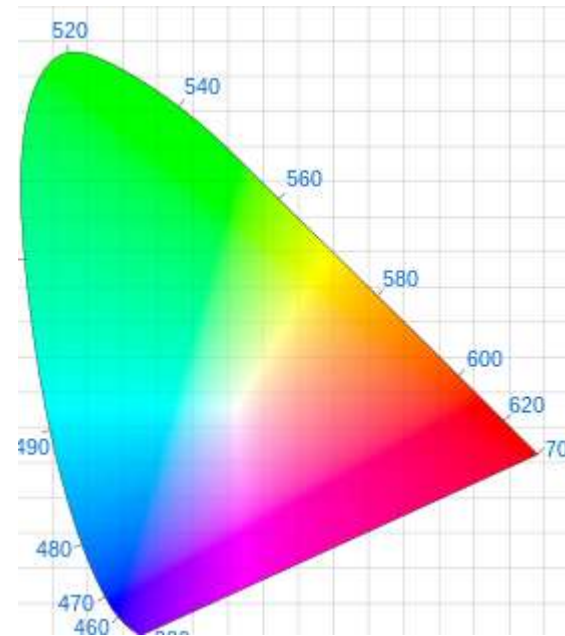
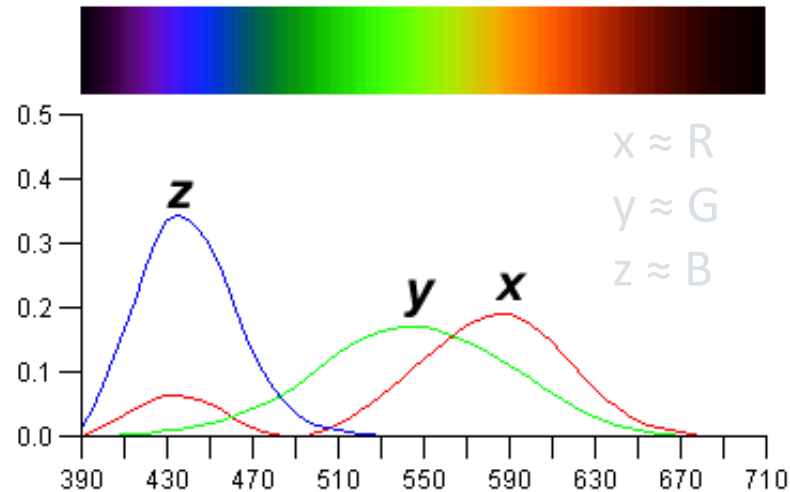
- 세 기본 색(primary color)은 조합되어 거의 모든 가시 색상을 만들 수 있음 (**tri-stimulus theory**)
- 어떠한 유한집합의 기본 색으로도 모든 가능한 색상을 만들 수는 없음
- **Color gamut**: 기본 색으로 생성할 수 있는 모든 색상들의 집합



XYZ Color Model



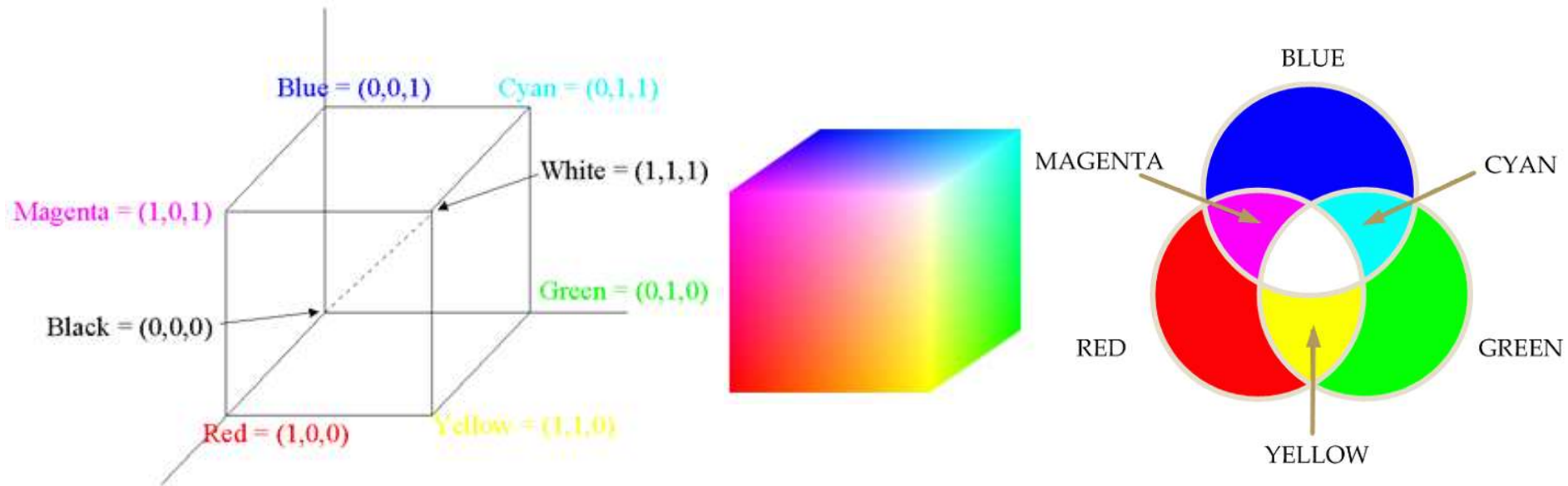
- CIE (Commission Internationale d'Eclairage)가 정의한 hypothetical lights X, Y, Z
- Idea: 모든 파장 λ 는 X,Y,Z의 양의(positive) 조합에 의해 구성된 색으로 인식됨



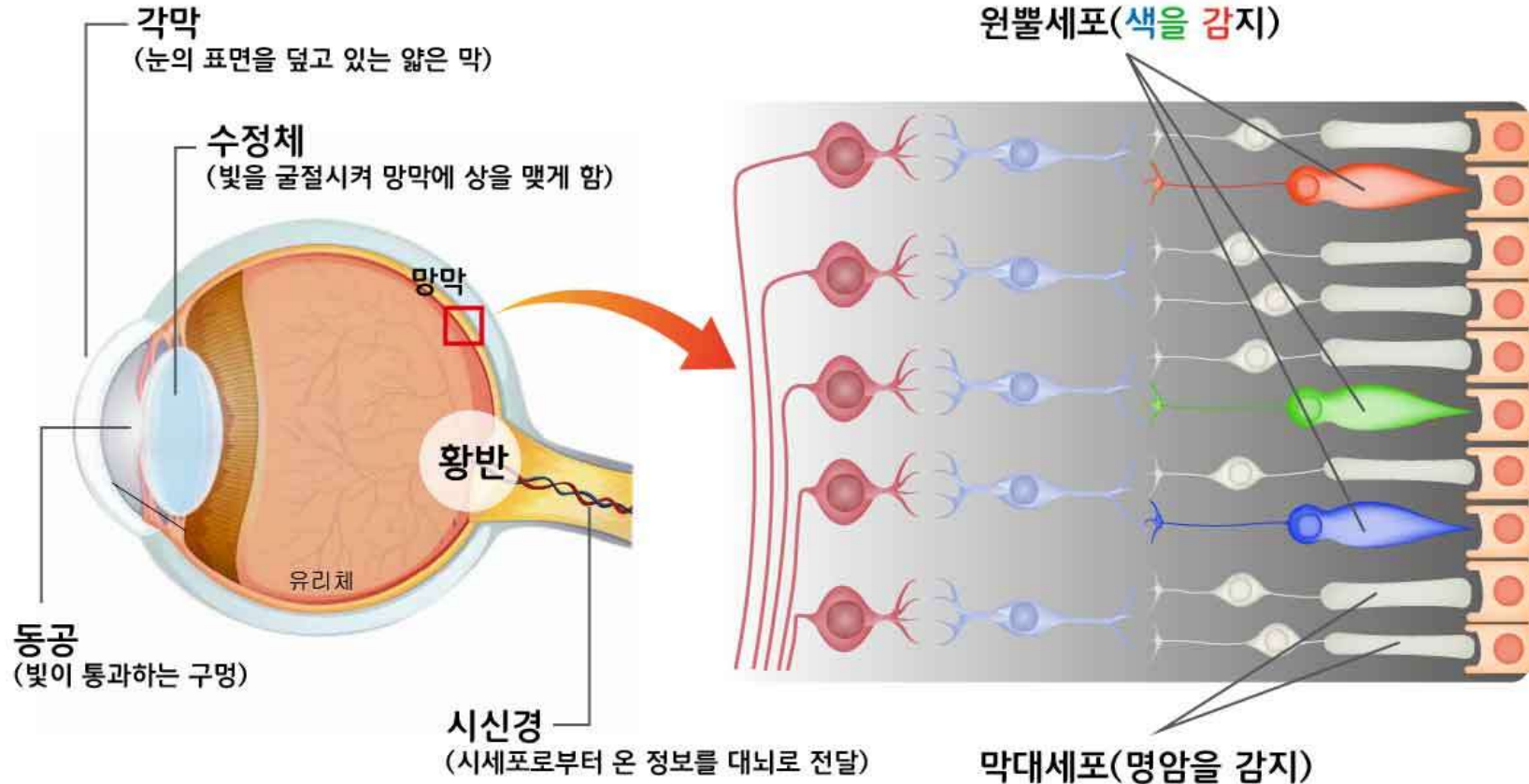
RGB Color Model



- Tri-stimulus 이론에 근거함
- 우리 눈은 색상을 망막(retina)의 원뿔세포(cone cell)에서 (R,G,B)의 세 색소의 자극을 통해 인식함



RGB Color Model

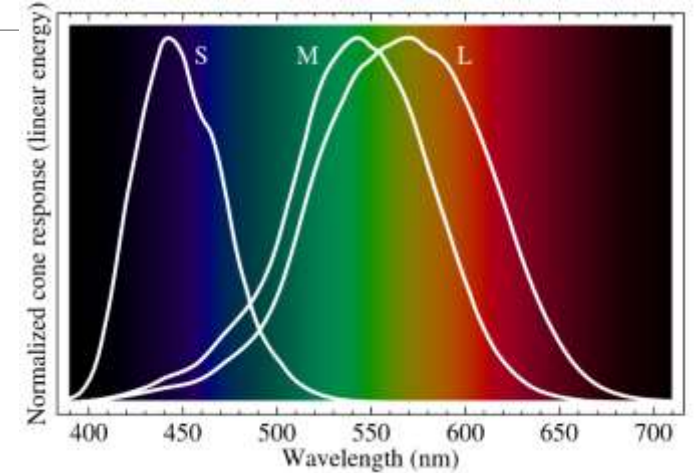


망막에는 색과 명암을 감지하는 시세포(원뿔세포, 막대세포)가 분포되어 있다.

Color Model



- 인간의 색상 인지
 - 3개의 시각 센서 (RGB or LMS) 만으로 수많은 색상을 인지함
- 동물의 시각 센서 개수



Types of cone cells	Approx. number of colors perceived
1	200
2	40,000
3	10 million ^[45]
4	100 million
5	10 billion

해양 포유동물

지상 포유동물, 색맹인 영장류

인간, 영장류, 원숭이, 꿀벌

파충류, 양서류, 조류, 곤충, 극소수 인간

나비, 비둘기

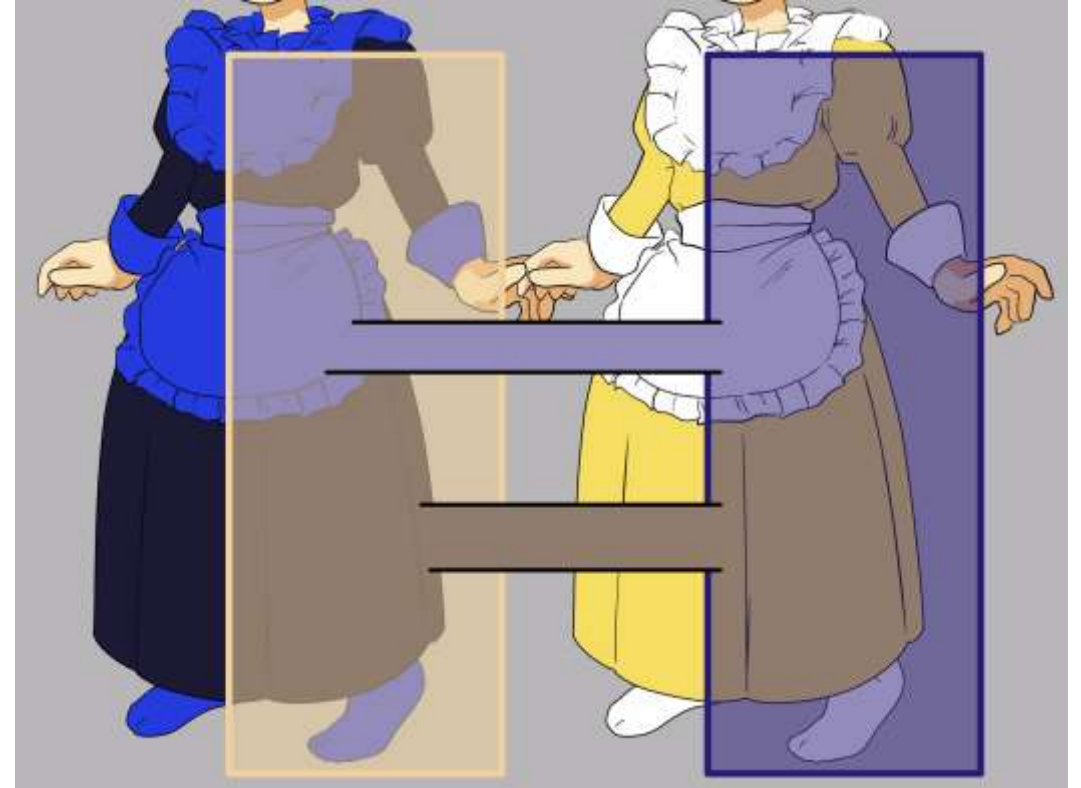


(출처: Craig Burrows)

Color Model



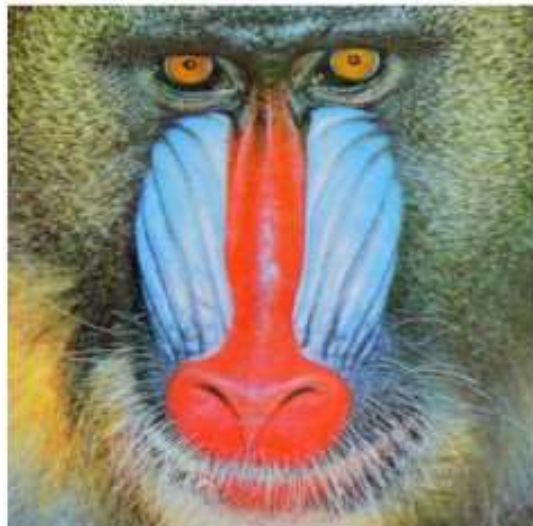
- 인간의 색상 인지 모호성
 - White/Gold?
 - Blue/Black



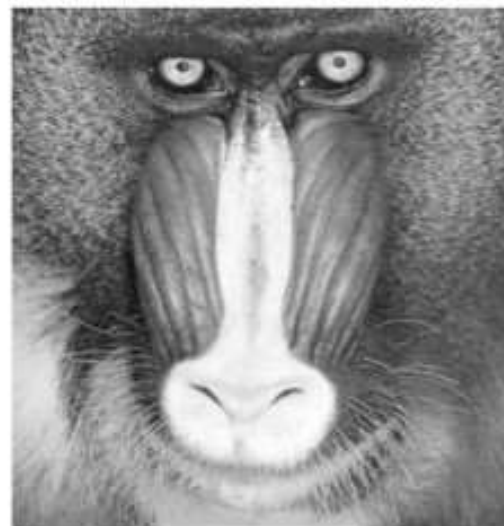
RGB Color Model



a



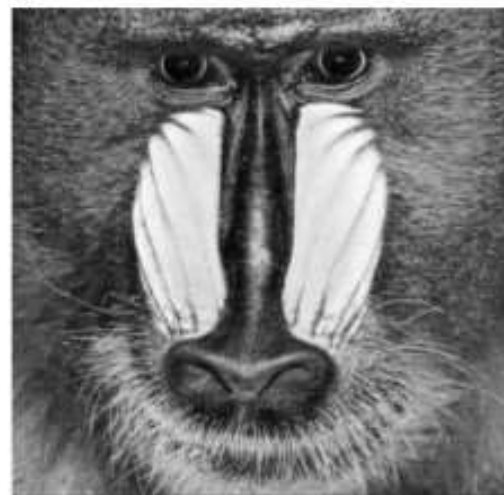
b



c



d



Original	R
G	B

$Y C_r C_b / YUV / YIQ$ Color Model



- $Y C_r C_b$

- MPEG/JPEG에서 사용
- Y: Luminance
- C_r, C_b : Chrominance (color info)

$$Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B$$

$$C_r = (R - Y)$$

$$C_b = (B - Y)$$

- YUV

- PAL encoding for Color TV
- Y: Luminance
- U, V: Chrominance (color info)

$$Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B$$

$$U = (B - Y) \times 0.493$$

$$V = (R - Y) \times 0.877$$

- YIQ

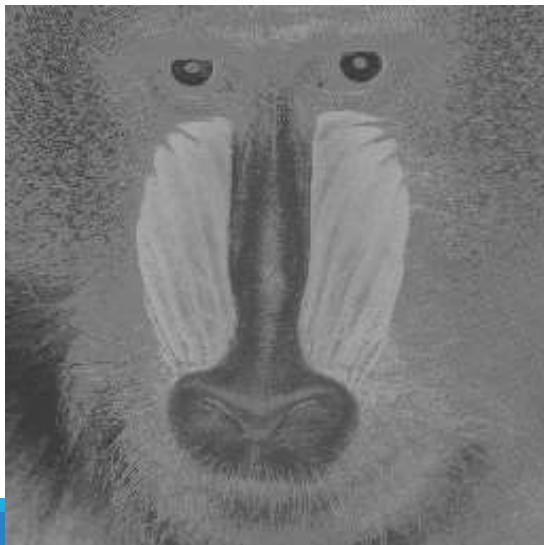
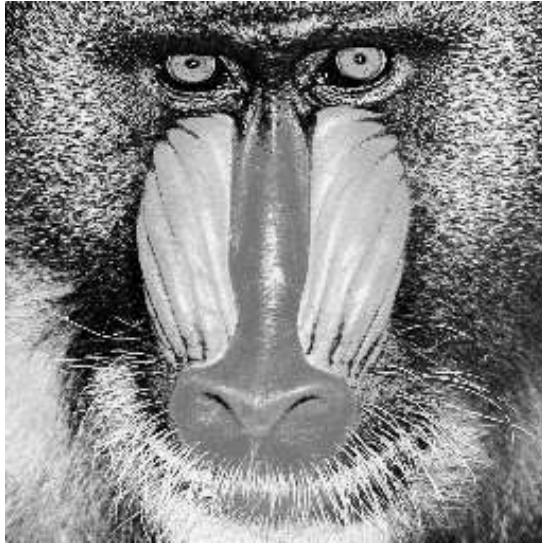
- NTSC encoding for Color TV
- Y: Luminance
- I, Q: Chrominance (color info)

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

$$I = 0.60R - 0.28G - 0.32B$$

$$Q = 0.21R - 0.52G + 0.31B$$

$YC_rC_b/YUV/YIQ$ Color Model



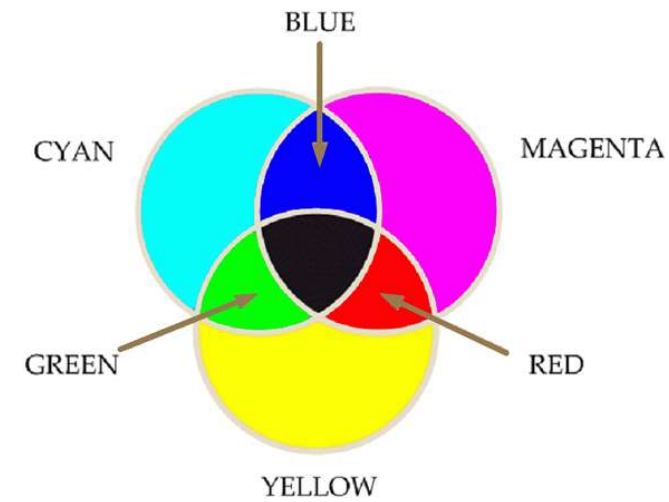
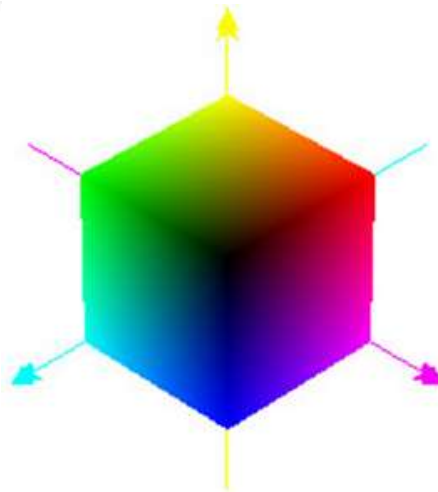
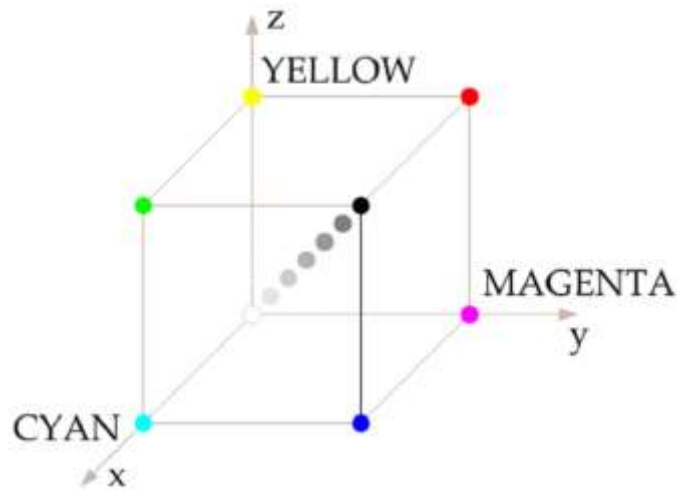
Original	Y
U	V

CMY Color Model



- CMY
 - 감산(Subtractive) 색상 모델
 - Cyan, Magenta, Yellow
 - RGB의 보색 (Complements)
 - Printer 인쇄에 사용

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

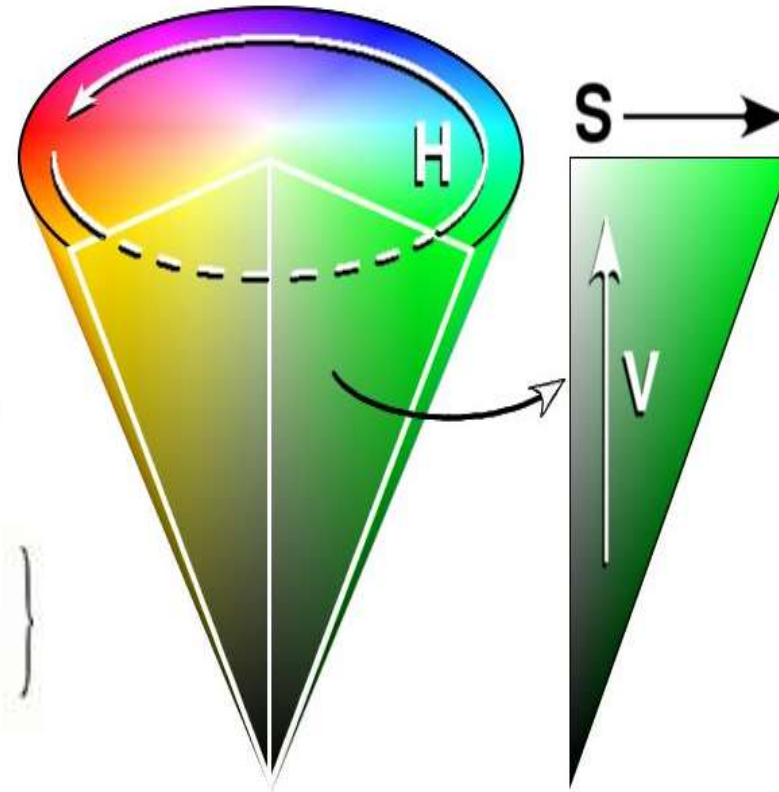


HSV Color Model

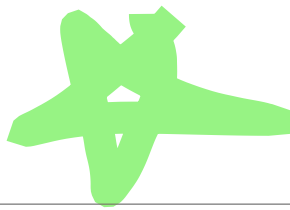


- HSV (HSB) Model
 - Based on human perception
 - Hue, Saturation, Value
 - Cylindrical coordinate

$$H = \begin{cases} \theta & \text{if } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{if } B \geq G \end{cases}$$
$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)]^{1/2}} \right\}$$
$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} [\min(R, G, B)]$$
$$I = \frac{1}{3} (R + G + B)$$



Color Models



컬러 모델	내용
CIE	<ul style="list-style-type: none">• Commision Internationale d'Eclairage에 의한 규격• 다른 컬러 모델 조정(calibration)의 참조 모델
RGB	<ul style="list-style-type: none">• 모든 컬러를 Red, Green, Blue 3색의 강도(intensity)의 합으로 표현• 컬러 CRT의 R,G,B 전자총의 전압으로 쉽게 매핑 => 비디오 디스플레이 드라이버에 사용하기 편리함
HSB/HSV/HIS	<ul style="list-style-type: none">• 컬러를 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Brightness)로 표현• 인간의 시각 모델과 가장 흡사한 컬러 모델
YCrCb/YUV/YIQ	<ul style="list-style-type: none">• 텔레비전 산업에서 사용되는 컬러 모델, YIQ는 NTSC, YUV는 PAL, SECAM에서 사용되며 YCrCb는 JPEG, MPEG에서 사용• Y는 luminance(휘도), IQ/UV/CrCb는 비디오 신호의 색상 부분을 형성, chrominance(색차)라고 함
CMY	<ul style="list-style-type: none">• 프린팅에서의 컬러 모델• Cyan(청록색), Magenta(심홍색), Yellow는 각각 RGB의 보색, 종이 위의 임의의 색은 이 색들의 잉크의 배합으로 표현

Color Conversion



$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

$$Cb = (B - Y)$$

$$Cr = (R - Y)$$

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

$$U = (B - Y) \times 0.493$$

$$V = (R - Y) \times 0.877$$

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

$$I = 0.60R - 0.28G - 0.32B$$

$$Q = 0.21R - 0.52G + 0.31B$$

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

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

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R - G) + (R - B)]}{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)]^{1/2}} \right\}$$

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

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$