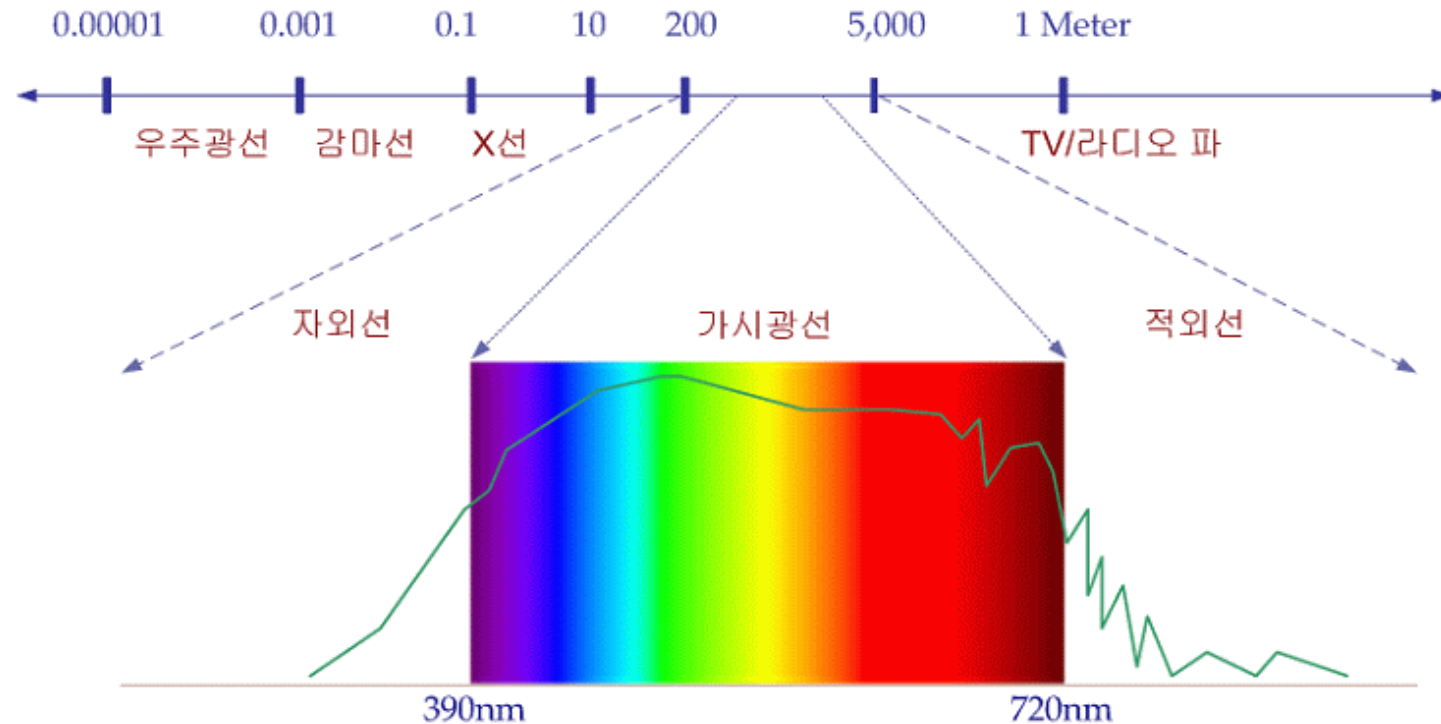


Note 02-Color

Metaverse

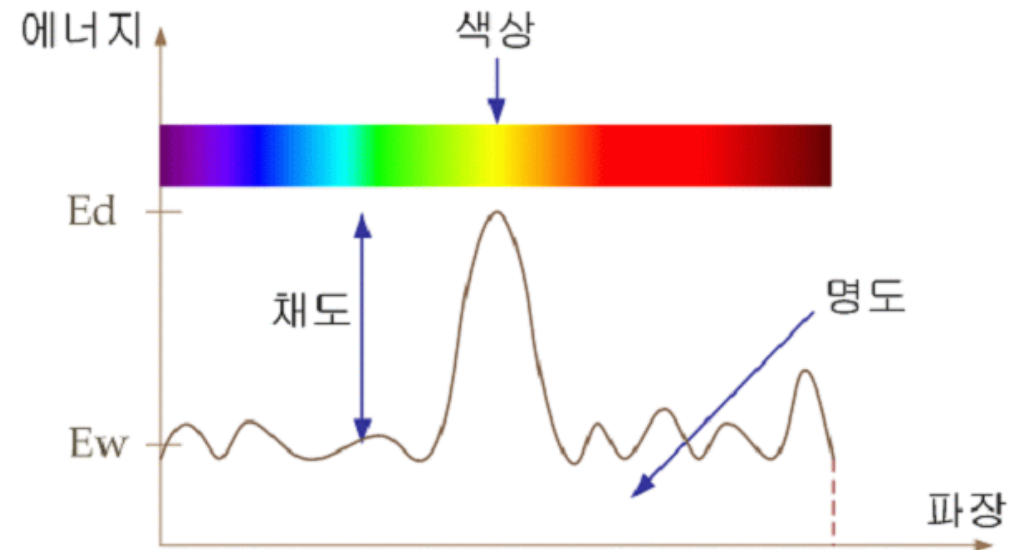
Electronicmagnetic spectrum

- 전자기파
- 주파수, 파장
- 가시광선의 파장: 390nm ~ 720nm



색상, 명도, 채도

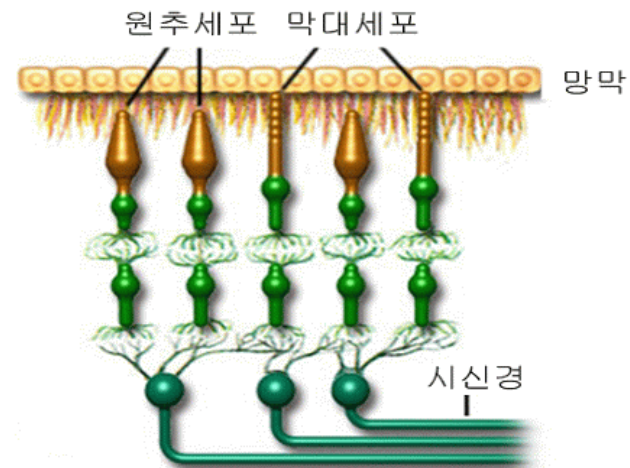
- 색상: 우세주파수의 색
- 명도: 파형 아래의 면적
- 채도 : $E_d - E_w$



- 채도 증가: E_d 증가 또는 E_w 감소
- E_w 감소: 명도 저하, 색상 인식이 어려움

눈의 구조

- 👁️ 홍채: 빛의 양을 조절
- 👁️ 수정체: 초점거리 조절
- 👁️ 막대세포: 명암인식, 어두운 환경에 반응
- 👁️ 원추세포: 색상인식, 밝은 환경에 반응

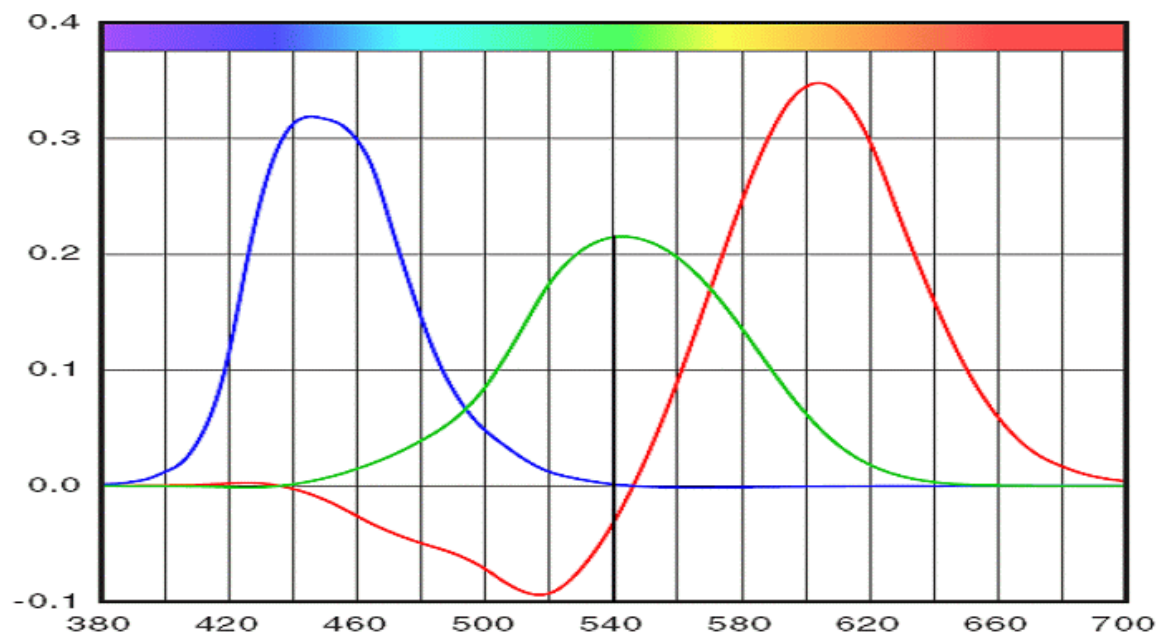
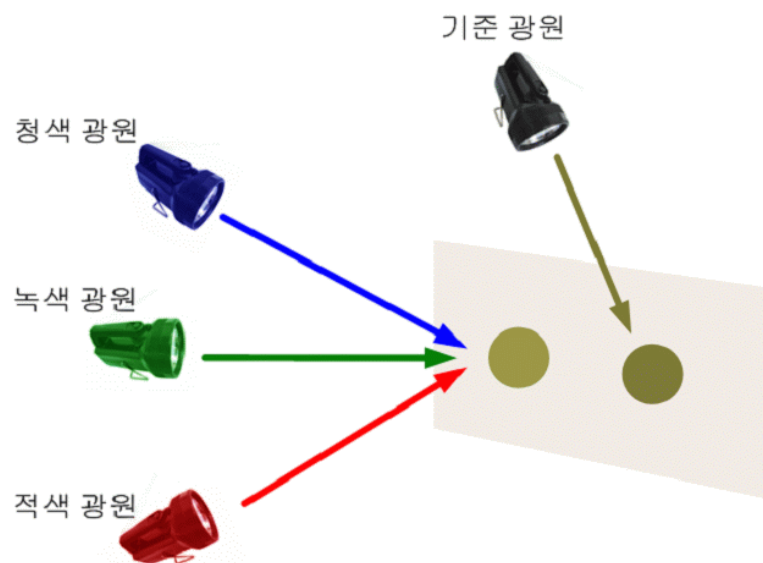


Color matching

👤 580 nm 황색 = 적색 광원(0.25) + 녹색광원(0.13) + 청색광원(0.0)

👤 500nm 근처에서 적색광원은 음의 값

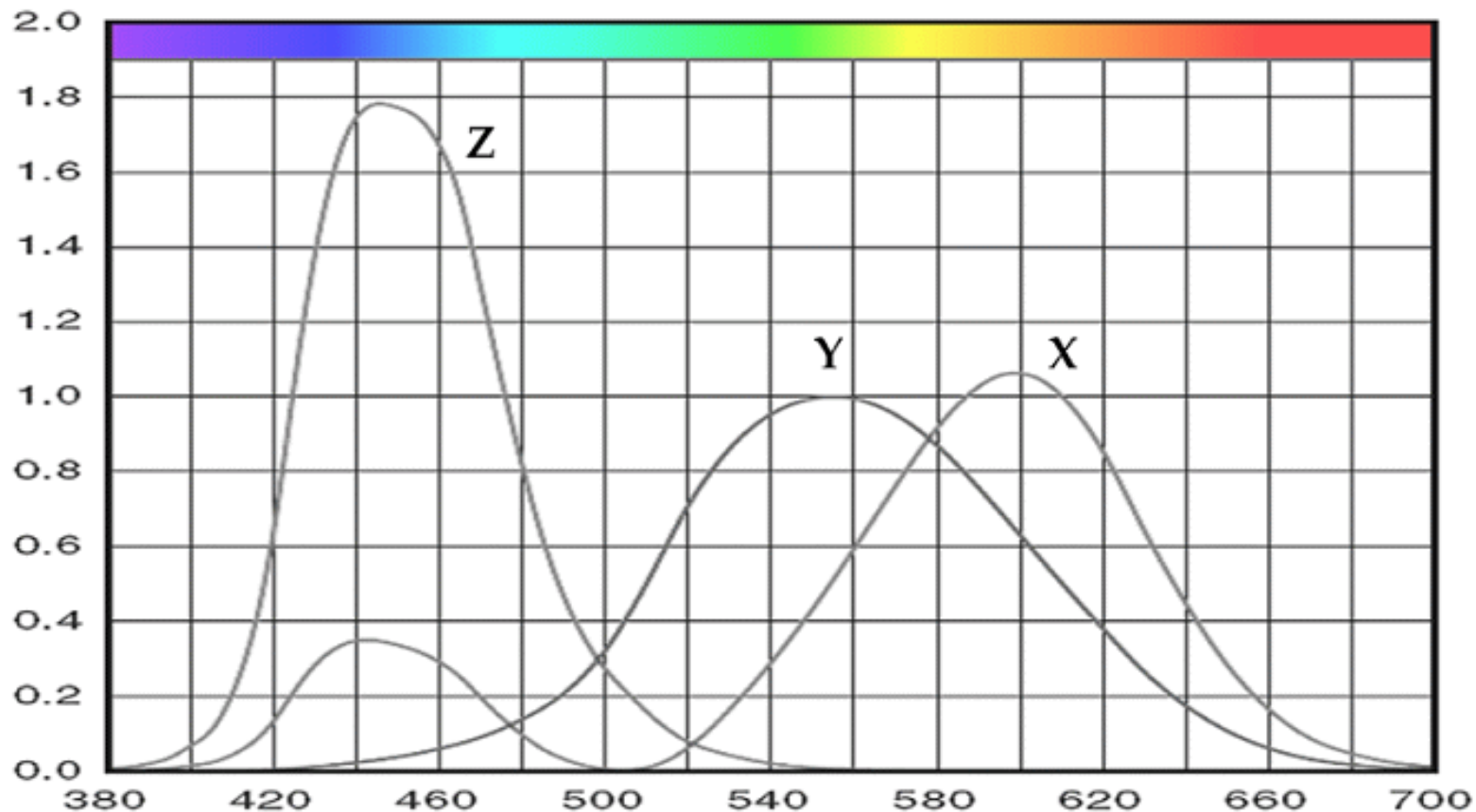
- G, B를 합성한 색상에서 적색 성분을 빼야 함.
- 현실적으로 불가능



CIE color model

Commission Internationale d'Eclairage

- 가상의 삼원색, 수학적으로 유도, 모두 양의 함수
- Y = 명도. X, Z가 색을 결정



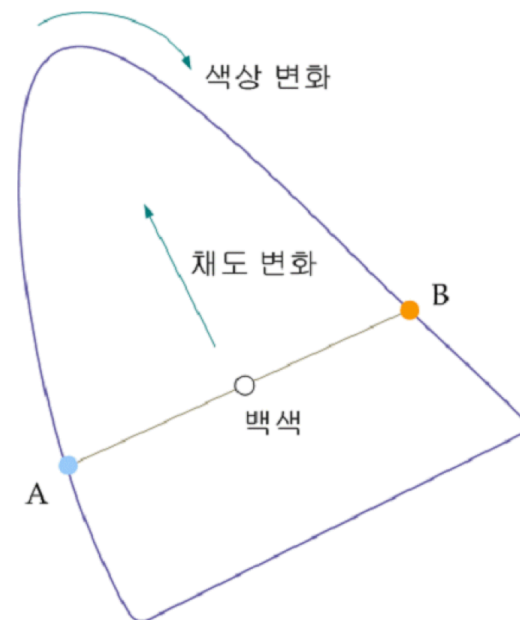
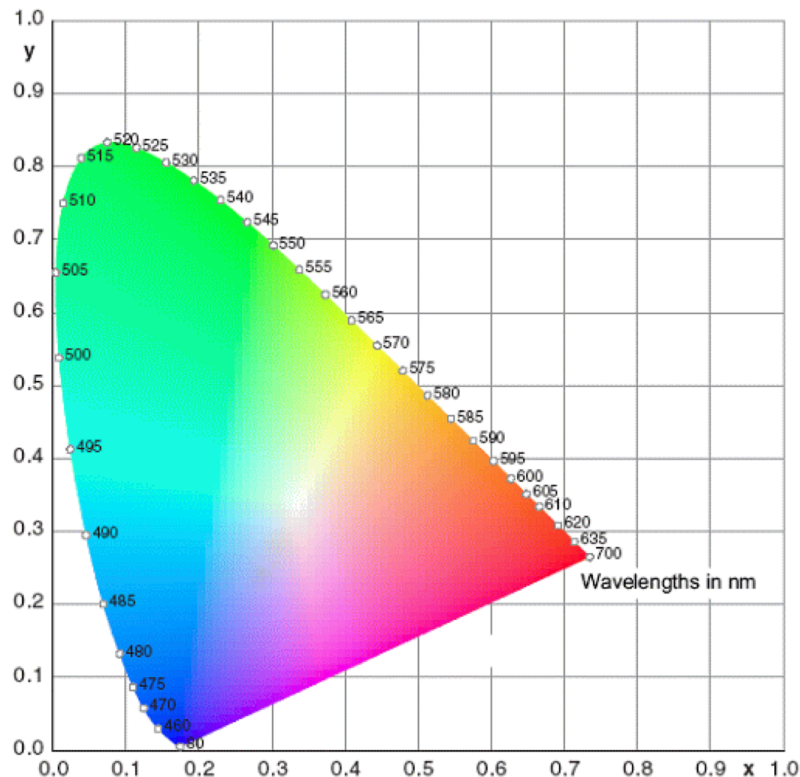
CIE 정규화(normalization)

📍 $x+y+z = 1$ 이 되도록 x, y, z 를 설정

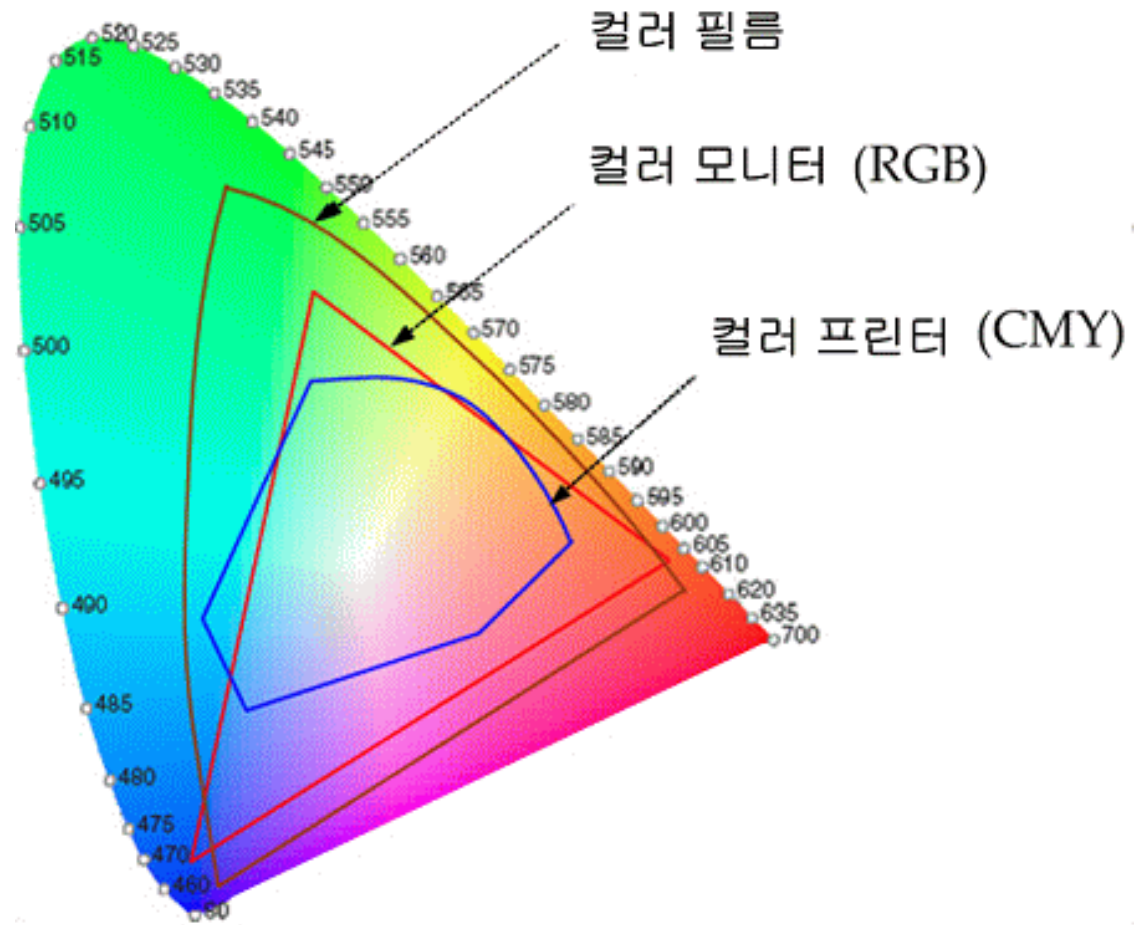
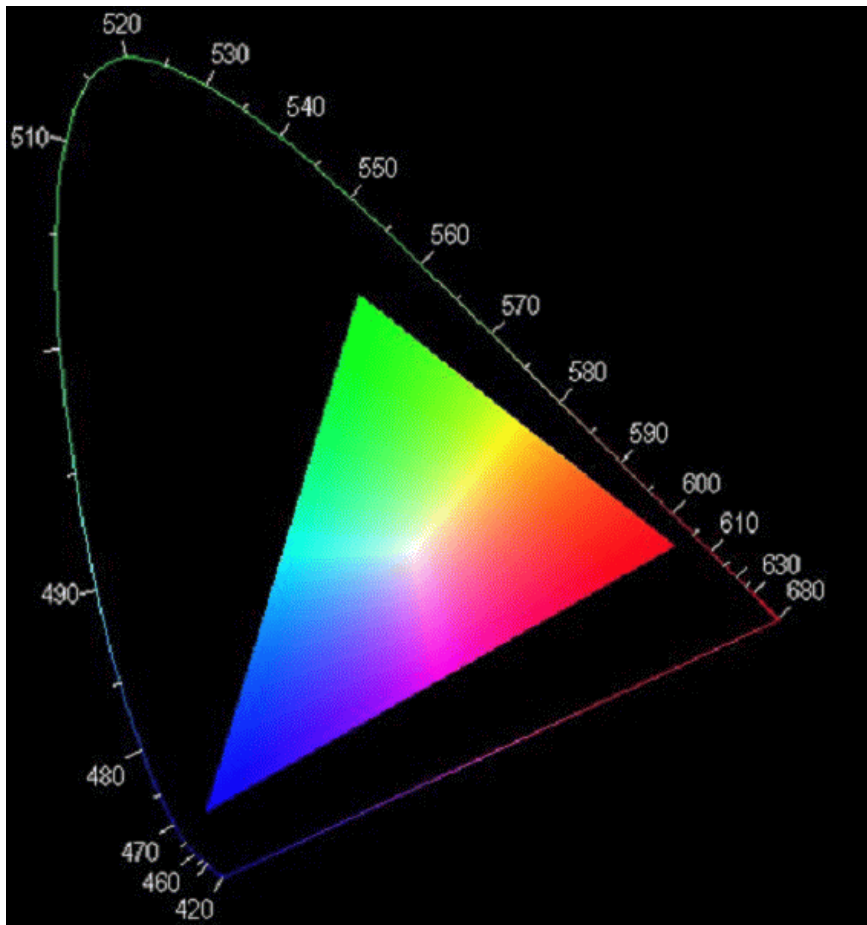
$$x = X / (X + Y + Z) \quad y = Y / (X + Y + Z) \quad z = Z / (X + Y + Z)$$

📍 x, y 가 결정되면 z 는 자동으로 결정됨: x, y 의 함수로서 색을 표현

- CIE 색 범위
- 순색(단일 파장): 경계선, 내부색: 순색의 혼합, 보색: 예. A와 B



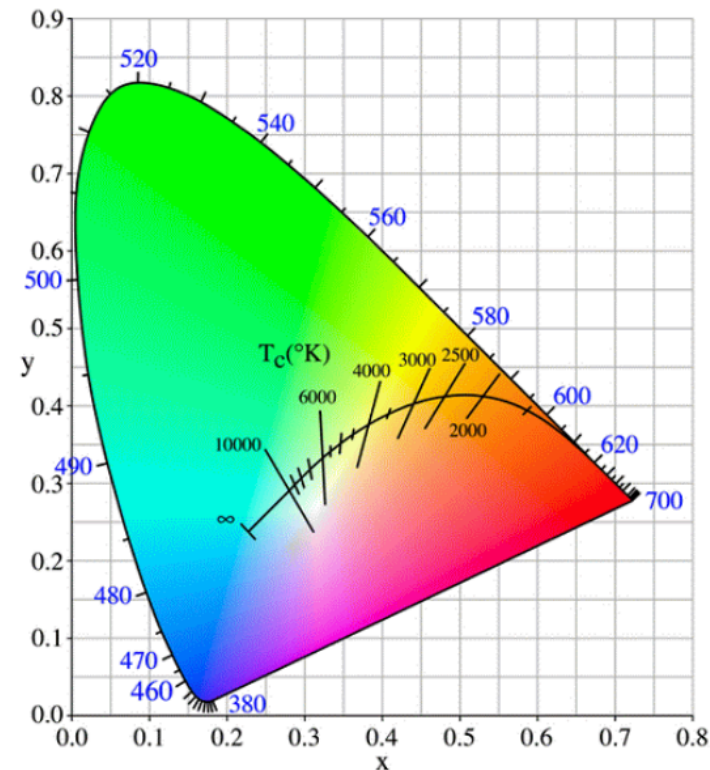
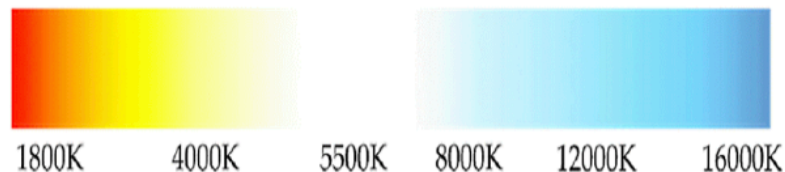
색범위 (Color Gamut)



색온도 (Color temperature)

🔦 가열된 물체의 온도에 의한 색 표현

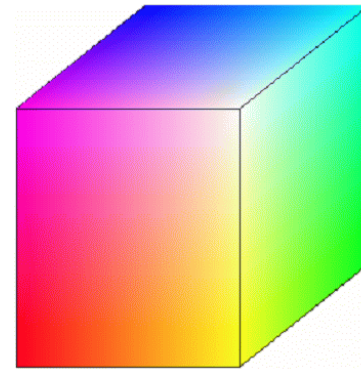
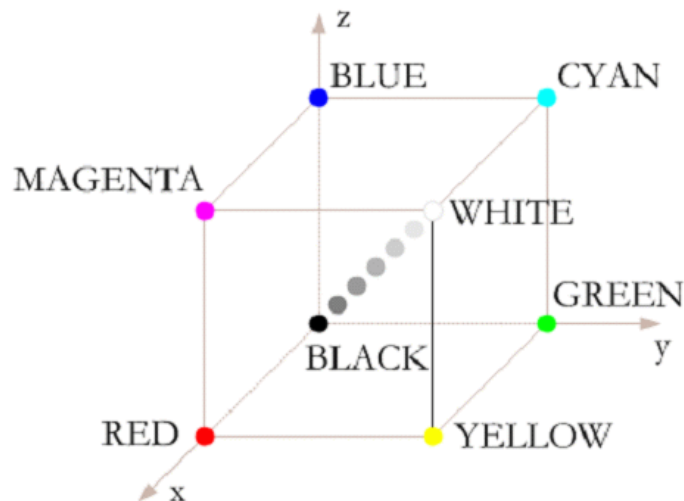
1200 K	촛불	6000 K	밝은 대낮 태양
2800 K	전구, 일출과 일몰	7000 K	약간 흐린 하늘
3000 K	스튜디오 램프	8000 K	흐린 하늘
5000 K	평균 태양광	10,000 K	매우 흐린 하늘



RGB color model

👤 삼중 자극이론(Tri-Stimulus Theory)

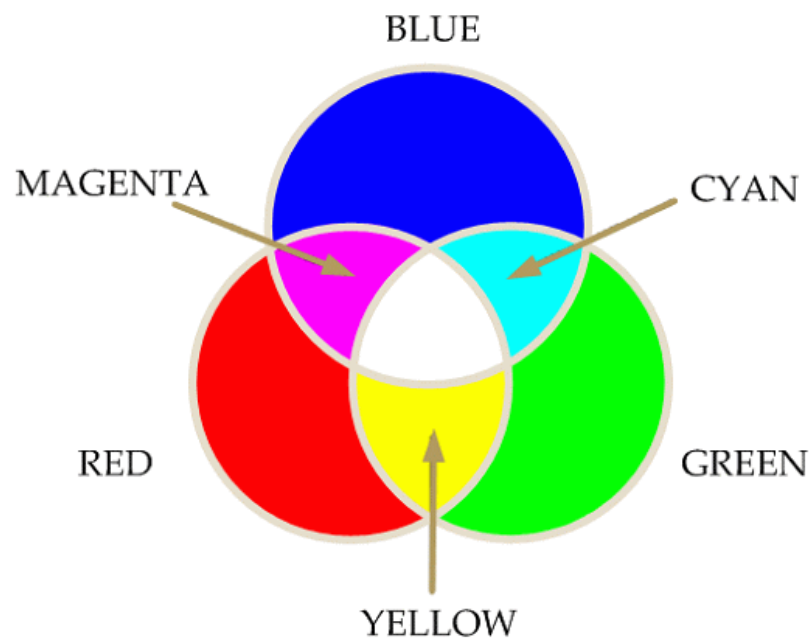
- 원추세포는 파장 630nm(빨강), 530 nm(녹색), 450nm(청색)에 가장 민감하게 반응



RGB color model

가산모델

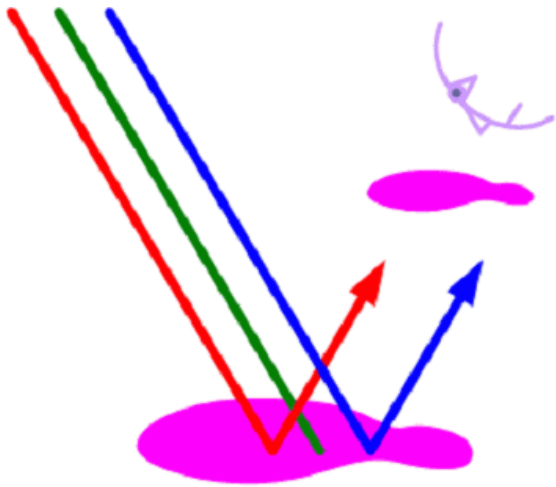
- 빛의 합성(예: 모니터)
- $R+G = Y$, $G+B = C$, $B+R = M$
- RGB의 보색은 CMY



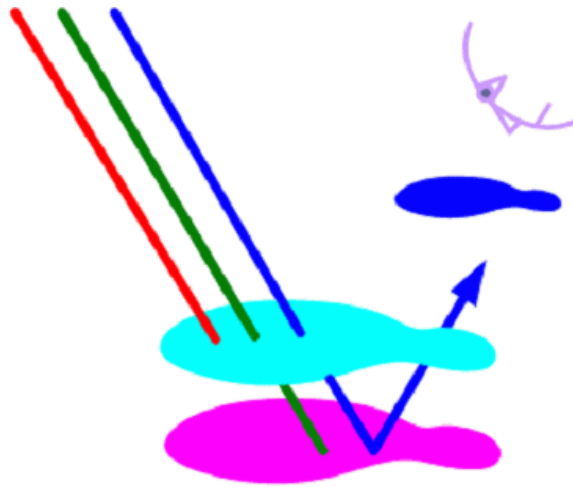
CMY color model

감산모델

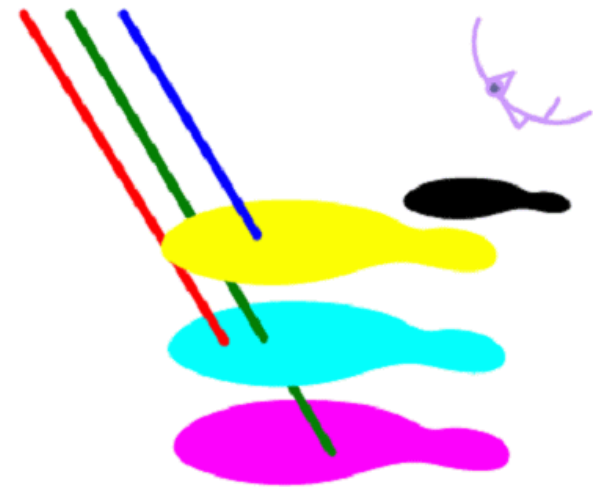
- 물감의 합성 (예: 프린터)
- $W - G$ (Complement of Magenta) = $R + B$ = Magenta
- $(W - G) - R$ (Complement of Cyan) = Blue
- $(W - G - R) - B$ (Complement of Yellow) = Black



(a)

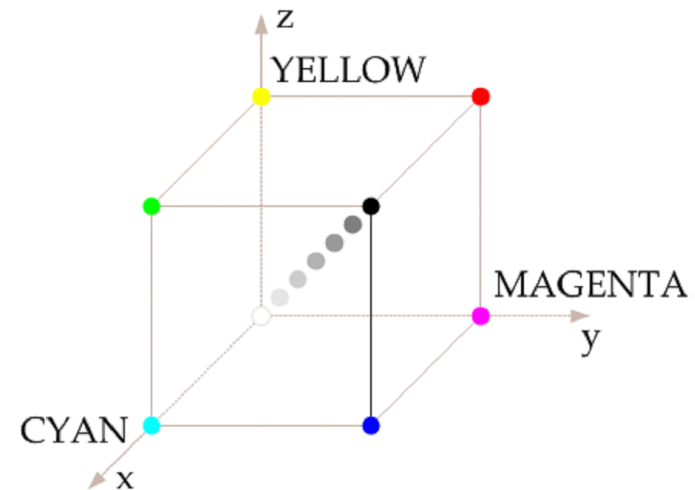
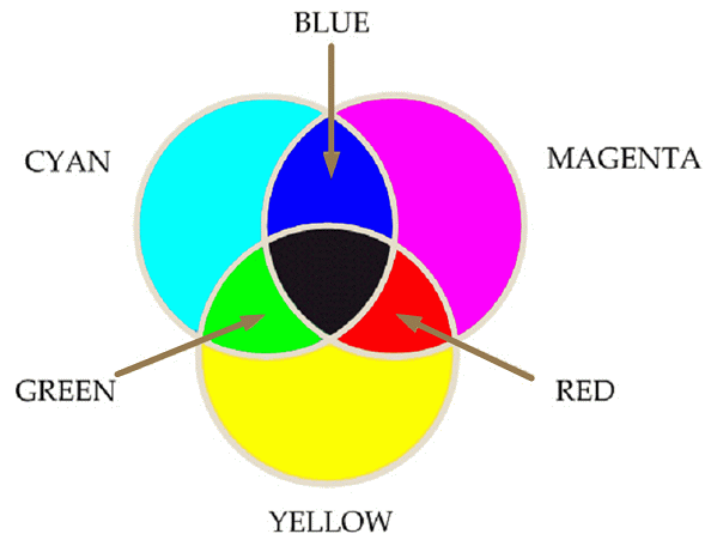


(b)



(c)

CMY color model



HSV color model

👤 RGB 모델의 단점


- 직관적이지 않다. 보라색 = R, G, B 각각 얼마?

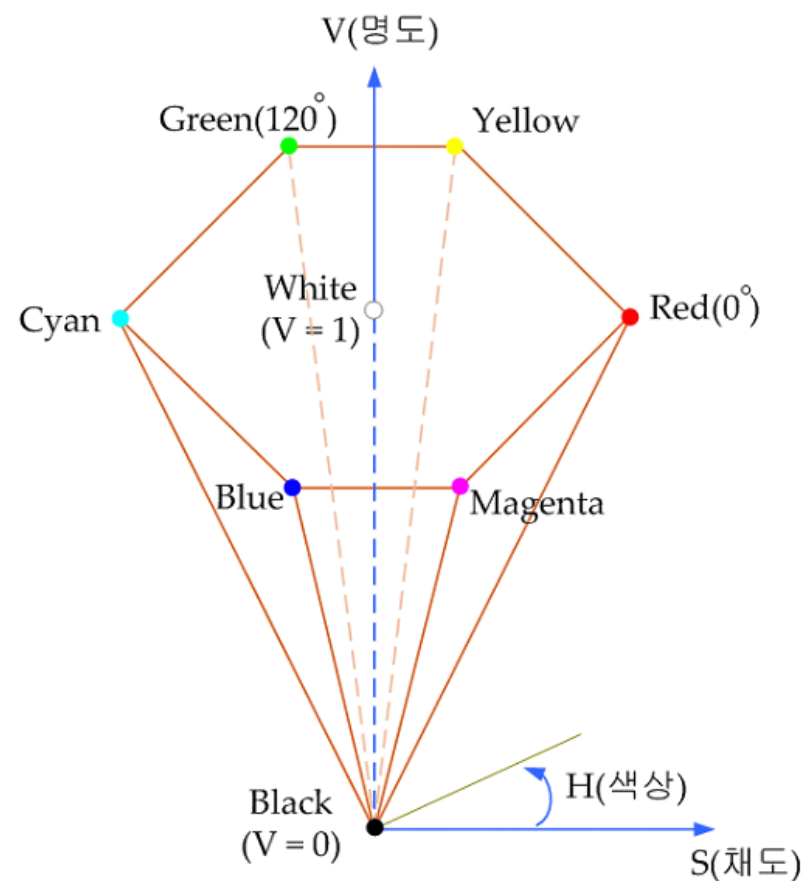
👤 HSV(Hue, Saturation, Value)

- 또는 HSB(Hue, Saturation, Brightness)
- 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Value, Brightness)
- 화가의 직관
 - 셰이드 = 어떤 색상에 흑색을 섞음. 채도와 명도를 동시에 낮춤.
 - 틴트 = 어떤 색상에 백색을 섞음. 채도는 낮추고 명도는 높임.

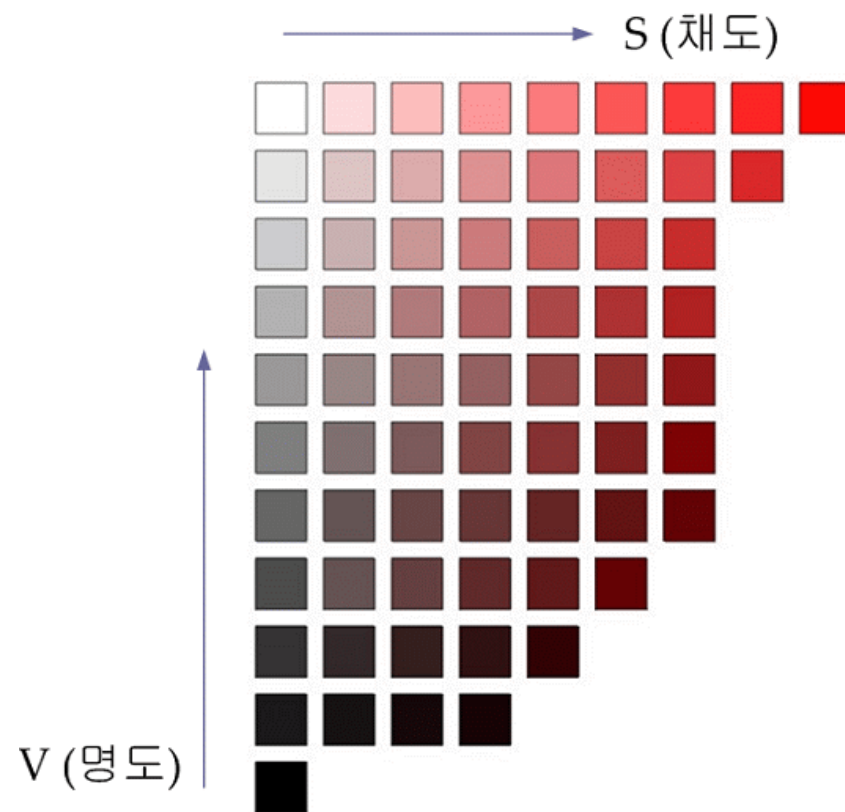
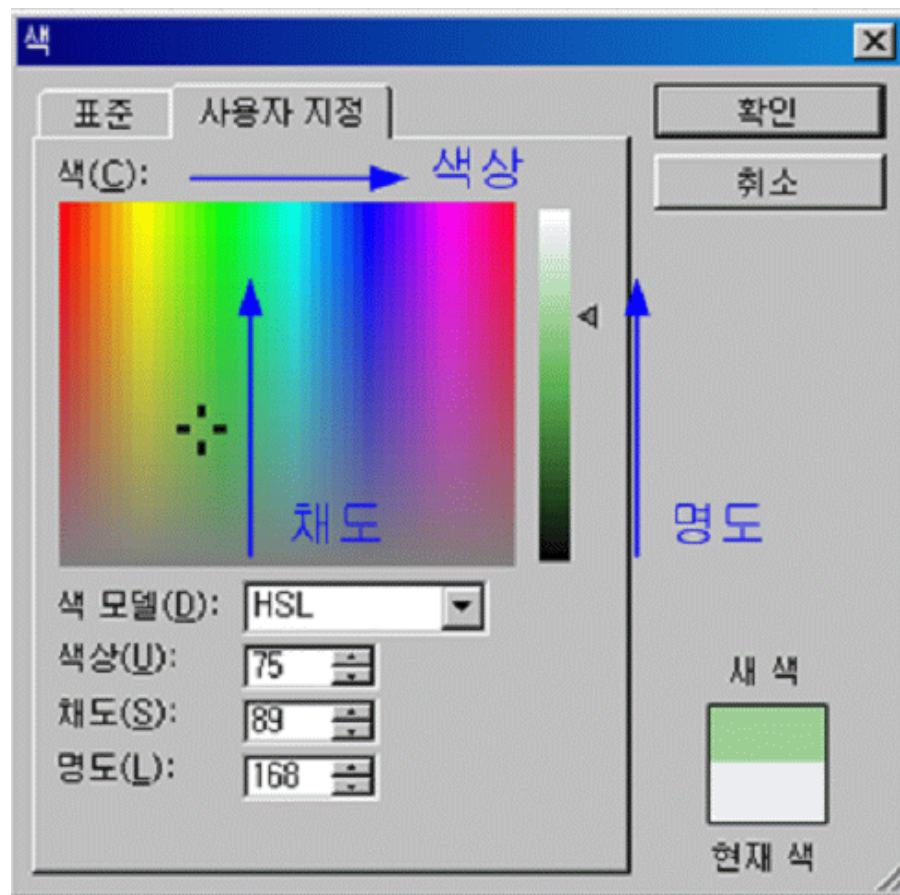


HSV color model

H	S	V	색
0	1.0	1.0	Red
120	1.0	1.0	Green
240	1.0	1.0	Blue
	0.0	1.0	White
		0.0	Black
90	0.5	0.25	



HSV color model



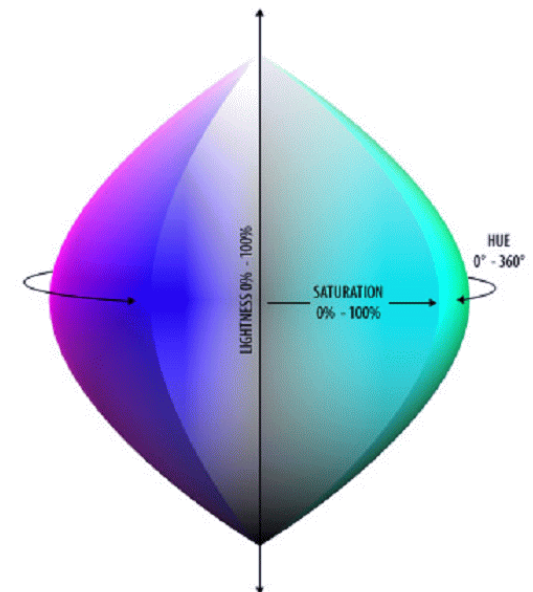
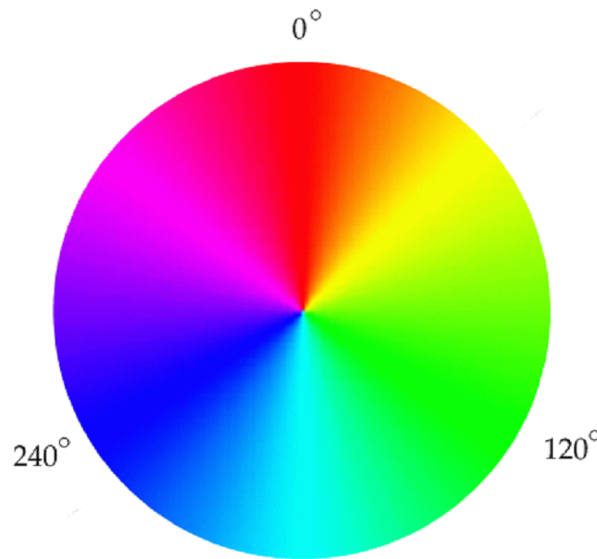
Extended HSV color model

원뿔형 HSV

- 색상을 둥글게 배치

HLS

- 명도 범위를 2배로 확장



YUV color model

컬러 TV의 흑백 TV 호환성

- $Y = 0.213R + 0.715G + 0.072B$
- $Y' = 0.299R + 0.587G + 0.114B$ 명도
- $U = 0.492 (B - Y') \quad V = 0.877 (R - Y')$ 색(색상, 채도)

디지털 TV

- $Y'CbCr$
- $Cb = (B - Y')/1.772 + 0.5 \quad Cr = (R - Y')/0.402 + 0.5$

NTSC TV 표준

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

- I는 주황-청색(Orange -Blue), Q는 자주-녹색(Purple-Green)축
- Y, I, Q 순서대로 민감도가 낮아짐

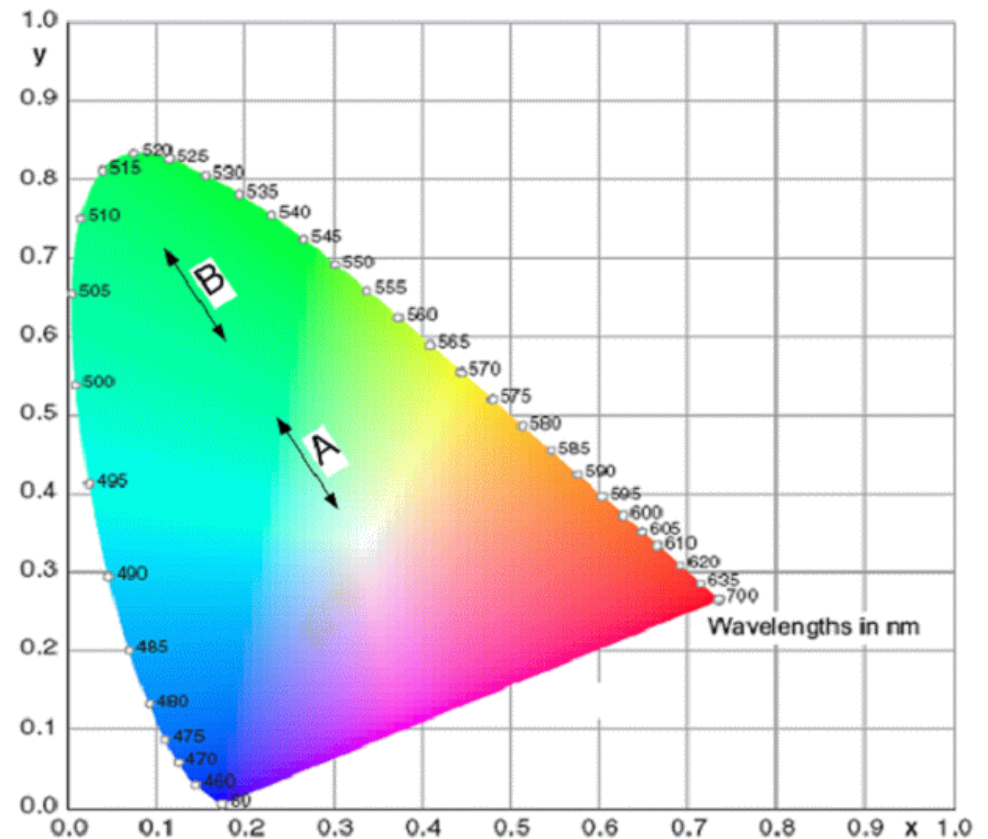
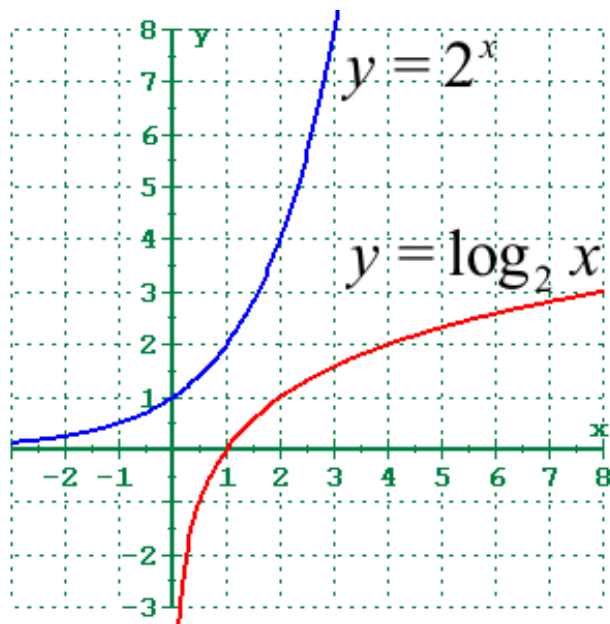
CIE L*a*b*

🧑 웨버의 법칙

- 자극이 강할수록 상대적 감도는 낮아짐
- 절대 명도 I일 때, 인지된 명도는 $\log(I)$ 에 비례

🧑 CIE 모델의 문제점

- 인지된 색차가 그림의 거리에 비례하지 않음



CIE L*a*b*

👤 CIE의 변형

- 인지 컬러모델(Perceptual Color Model)
- 인지된 색차가 맵상의 거리에 비례하도록

(a)

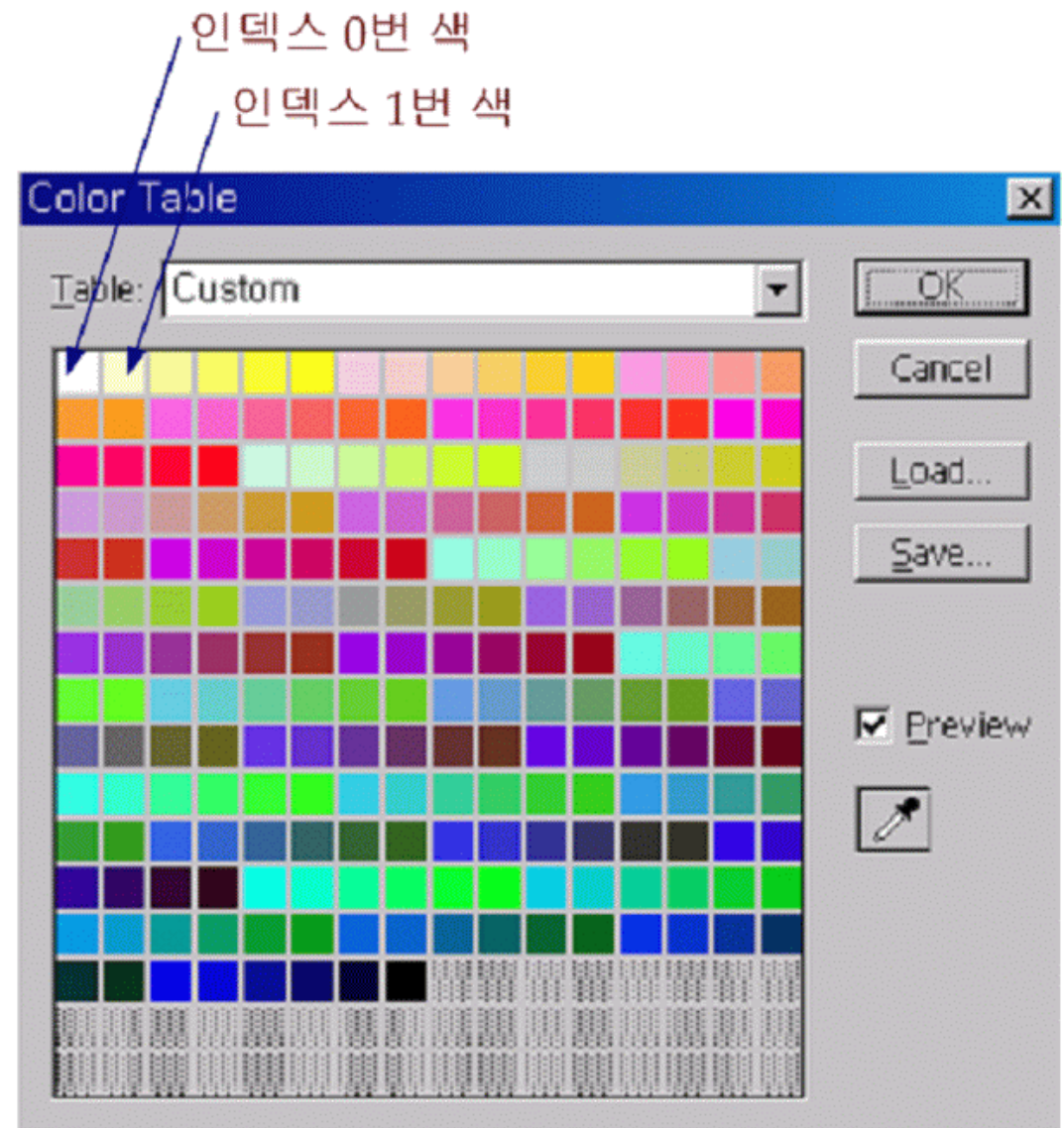


(b)



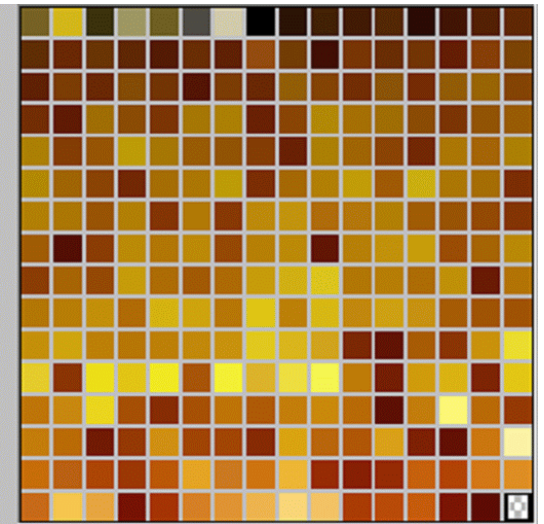
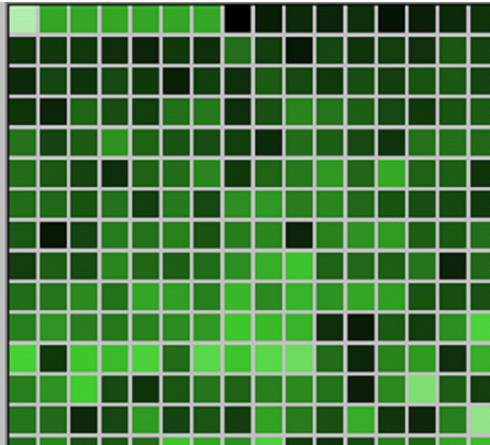
👤 CIE XYZ와 CIE L*a*b*와의 비교

Palette



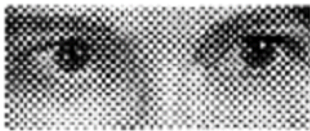
Color index mode

- 유사한 컬러톤 표현에 유리
- PNG, BMP, TGA, TIFF
 - 파일 내부에 팔레트 정보를 포함



Half-toning

- 📍 우리 눈의 종합적 인식능력을 이용
- 📍 인쇄물의 하프토우닝
 - 흑백이지만 회색처럼 보임
 - 화면 화소에는 이것이 불가능 (Dithering)



(a)



(b)

Digital Half-toning

👤 점의 크기 대신 개수를 조절

- 우리 눈이 4개의 화소를 한 단위 평균적 밝기를 인식
- 실질적 해상도는 감소

