

- 광측정(photometry) 및 복사측정(radiometry)

1) 광측정 : 사람의 눈이 느끼는 빛의 양 측정 → 광선속, 광도, 휘도, 조도

2) 복사측정 : 빛의 물리적 에너지량 측정 → 복사선속, 복사도, 복사휘도, 복사조도

- 광측정의 목적 :

정상적인 사람의 눈이 느끼는 빛의 양을 측정

원추세포(Cone) : 광휘도가 높은 영역에서 빛을 감지  
간상세포(Rod) : 광휘도가 낮은 영역에서 빛을 감지

1) 밝은빛 시각(photopic vision) : 2-foot lambert(fL)이상의 광휘도수준에서 원추세포에 의해 주로 느낄 때

2) 어두운빛 시각(scotopic vision) : 0.01fL이하의 광휘도수준에서 간상세포에 의해 주로 빛을 감지할 때

3) 희미한빛 시각(mesopic vision) : 0.01~2fL사이의 광휘도수준에서 원추세포와 간상세포에 의해 느낄 때

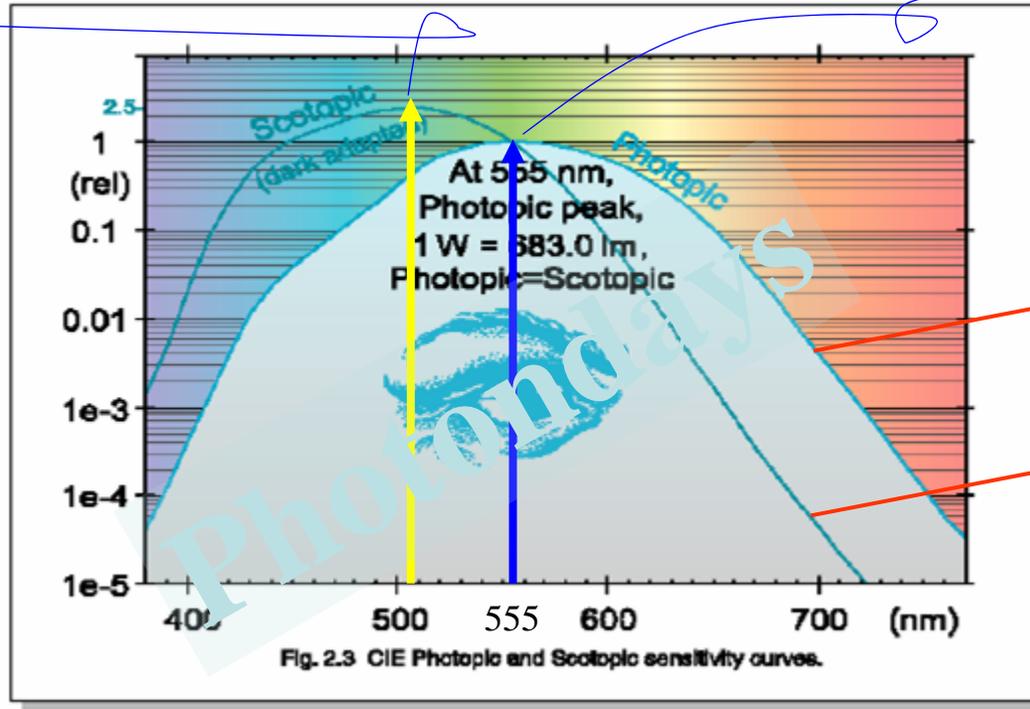
# 분광시감효율(Spectral Luminous Efficiency)

밤에 인간의 눈이  
가장 sensitive한  
파장 : 507nm

Blue Light(470nm)는  
Green Light(555nm)에 비해  
10분의 1만큼 sensitive함.



470nm와 555nm 빛이  
각각 1mW로 같다면  
Green Light가 10배  
더 밝아보인다.



낮에 인간의 눈이  
가장 sensitive한  
파장 : 555nm

밝은빛 시감  
(Photopic vision)

어두운빛 시감  
(Scotopic vision)

정의 : 파장  $\lambda_m$ 인 단색광과 파장  $\lambda$ 인 단색광이 같은 밝기로 느껴질 때의 복사선속(radiant flux)의 비율  
cf) 희미한 빛 시감에서의 시감효율은 아직 정의안됨.



$V(\lambda)$

## 복사선속 (Radiant Flux)

↳ [W,  $\Phi_e$ ]

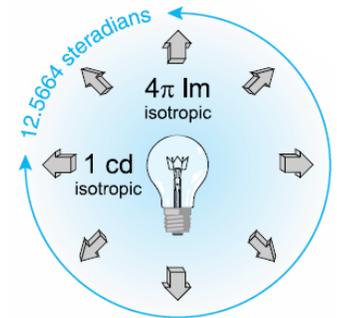
복사의 형태로 방출, 전달, 입사된 빛의 단위시간당의 에너지  
(Total Power emitted by a light source per unit of time)

## 분광복사선속 [Spectral Radiant Flux]

↳ [W/m,  $\Phi_{e,\lambda}$ ]

임의의 파장에서 복사선속량

$$\Phi_e = \int_0^{\infty} \Phi_{e,\lambda}(\lambda) d\lambda$$



## 광선속 (Luminous Flux)

↳ [Lumen,  $\Phi_v$ ]

분광복사선속과 분광시감효율함수  $V(\lambda)$  곱의 적분

$$\Phi_v = K_m \int_{360\text{nm}}^{830\text{nm}} \Phi_{e,\lambda}(\lambda) * V(\lambda) d\lambda \quad \text{Where, } K_m = 683 \text{ lm/W}$$

분광복사선속에 그 파장에서의 표준관측자의 눈이 느끼는 가중치를 곱한 것을 쉐가시광선영역에 걸쳐 적분하고  $K_m$  즉, 복사측정단위에서 광측정단위로 바꾸어주는 최대분광시감효율을 곱해주면 표준관측자의 눈이 느끼는 빛(광)의 총량 즉, 광선속이 된다.

# 복사도 및 광도 (Radiant & Luminous Intensity)

단위입체각(Solid Angle)으로 복사되는 복사선속 또는 광선속

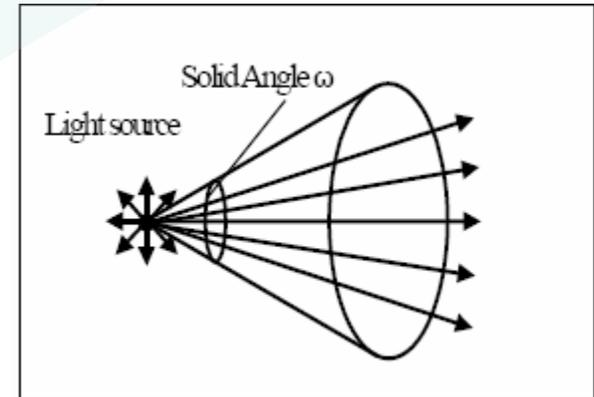
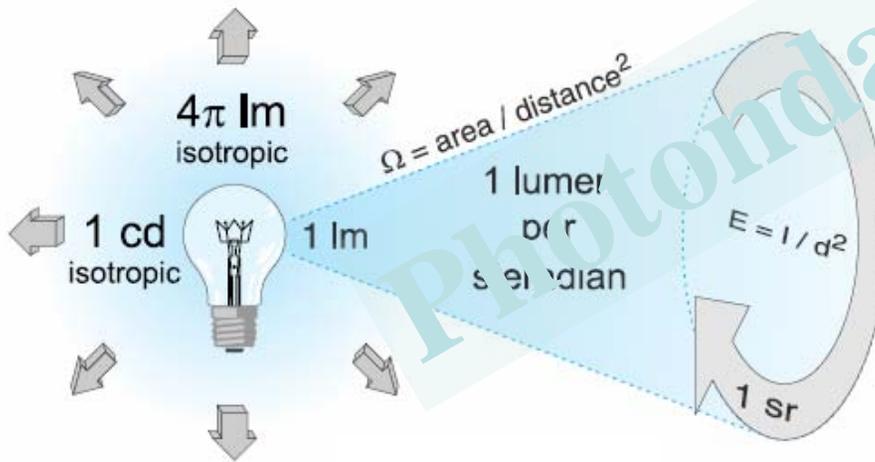
$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$

복사도 (Radiant Intensity)

광도 [Luminous Intensity]

$$\left[ \frac{W}{sr}, I_e \right] \rightarrow I_e = \frac{d\Phi_e}{d\Omega}$$

$$\left[ \frac{cd, lm}{sr}, I_v \right] \rightarrow I_v = K_m \int I_{e,\lambda}(\lambda) * V(\lambda) d\lambda$$



칸델라(cd)의 정의 : 1979년 국제도량형총회

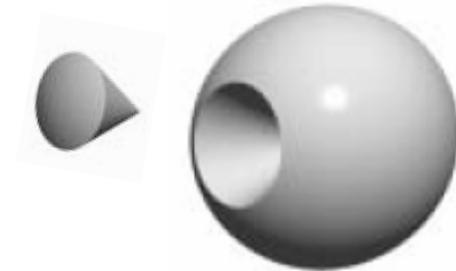
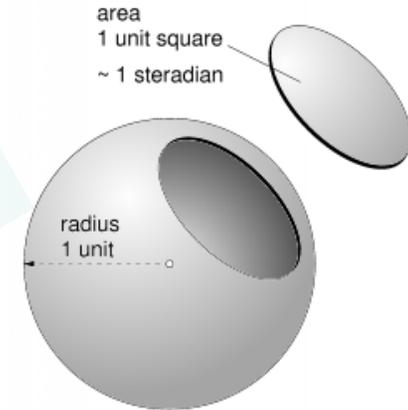
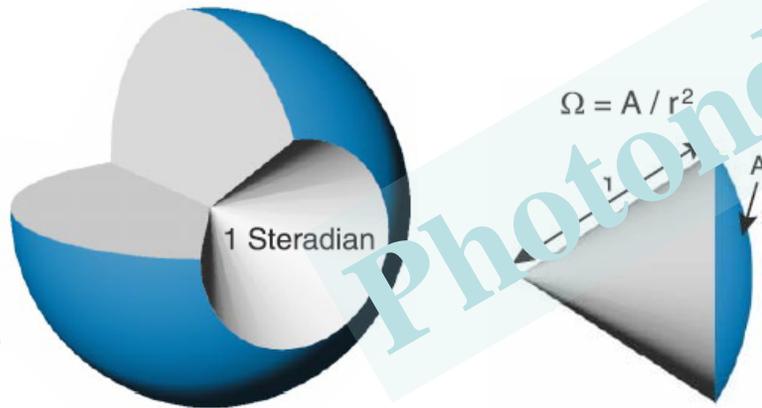
“ 칸델라는 주파수 540 x 10<sup>12</sup>Hz인 단색광을 방출하는 광원의 복사강도가 어떤 주어진 방향으로 매 스테라디안(sr)당 1/683W일때 이 방향에 대한 광도이다.”

# 입체각 (Solid Angle)

입체각이란 반지름  $r$ 인 구의 표면적이  $A$ 일때  $A/r^2$ 로 나타내는 각도 [단위 : sr]

$$\Omega = A / r^2$$

$A = r^2$ 일 때를 1 steradian



Q) 球는 몇 sr ?

A) 반지름이  $r$ 일때 구의 표면적은  $4 \pi r^2$ 이므로,

$$\Omega [\text{sr}] = A / r^2 = 4 \pi r^2 / r^2 = 4 \pi [\text{sr}]$$

# 복사조도 및 조도 (Irradiance & Illuminance)

측정하는 면의 단위면적에 입사하는 복사선속 및 광선속

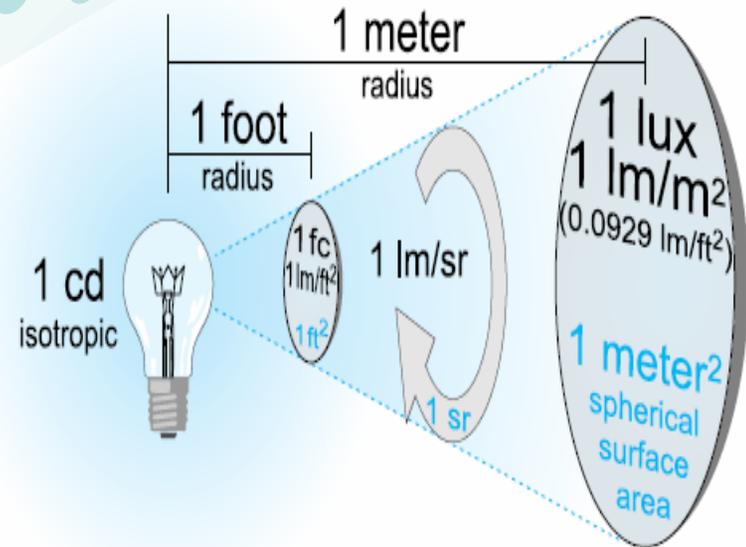
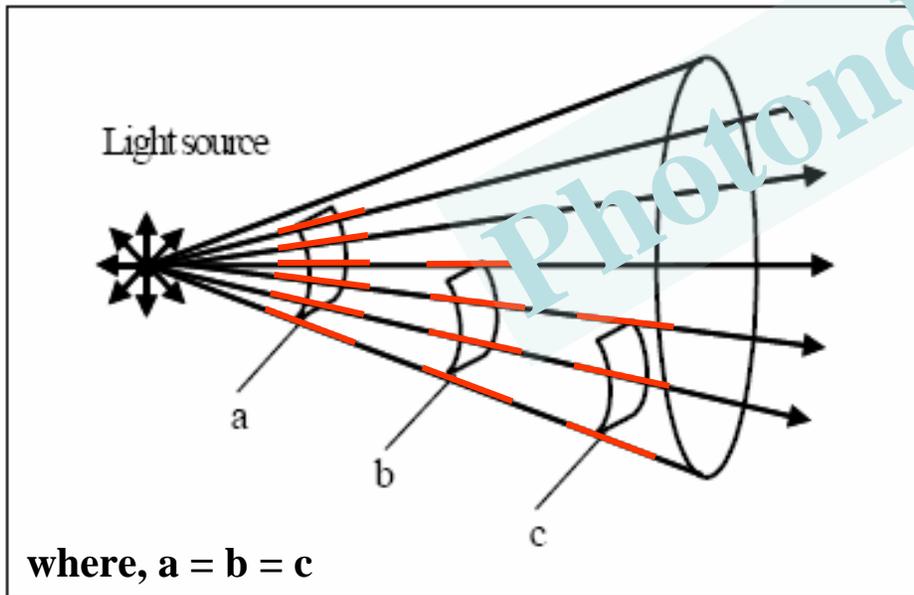
$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

**복사조도 (Irradiance)**

**조도 (Illuminance)**

↳ [W/m<sup>2</sup>, E<sub>e</sub>] → E<sub>e</sub> = dΦ<sub>e</sub>/dA

↳ [lx, lm/m<sup>2</sup>, E<sub>v</sub>] → I<sub>v</sub> = K<sub>m</sub> ∫ E<sub>e,λ</sub>(λ) \* V(λ) dλ



The farther the distance, the fewer the luminance

# 복사휘도와 광휘도 (Radiance & Luminance)

단위면적(dA)에서 단위입체각(dΩ)으로 방출하는 복사선속 또는 광선속

$$L = \frac{d^2\Phi}{d\Omega dA}$$

## 복사휘도 (Radiance)

## 광휘도 (Luminance)

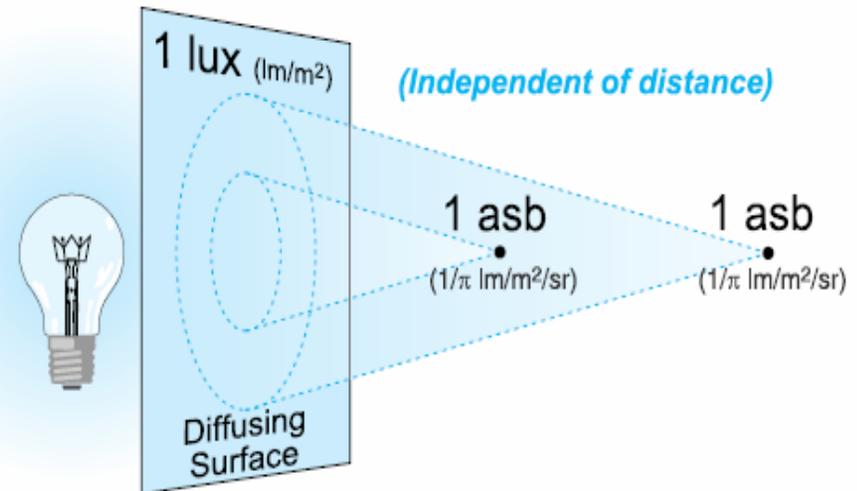
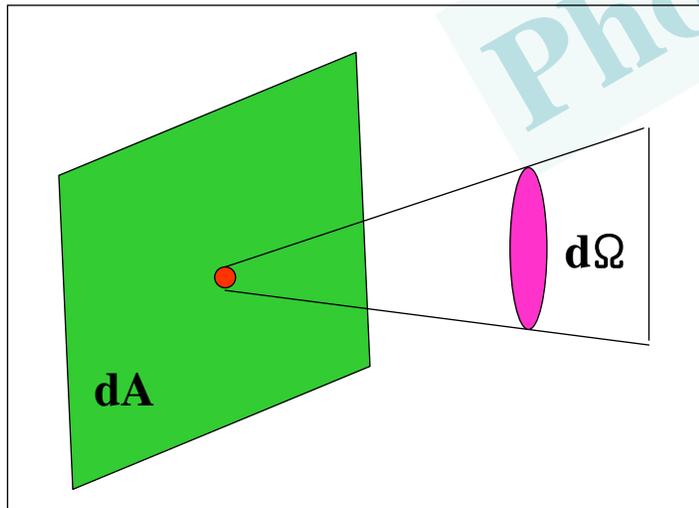
↳ [W/sr·m<sup>2</sup>, L<sub>e</sub>]

↳ [cd/m<sup>2</sup>, L<sub>v</sub>]

↳  $L_e = d^2\Phi_e / d\Omega \cdot dA \cdot \cos\Theta$

↳  $L_v = d^2\Phi_v / d\Omega dA \cos\Theta = K_m \int L_{e,\lambda}(\lambda) * V(\lambda) d\lambda$

(dA : 특정한 점을 포함하는 단위면적, Θ : 면적 dA에 수직한 방향과 관측방향간의 각도)



# 복사측정 및 광측정량 단위표

	구분	양	기호	단위명	단위기호	정의식
복사측정	복사에너지	Radiant Energy	$Q_e$	줄(joule)	J	$Q_e = \int Q_{e,\lambda} d\lambda$
광측정	광량	Luminous Energy	$Q_v$	루멘초	lm s	$Q_v = K_m \int Q_{v,\lambda} V(\lambda) d\lambda$

복사측정	복사선속	Radiant Flux	$\Phi_e$	와트	W	$\Phi_e = \int \Phi_{e,\lambda} d\lambda$
광측정	광선속	Luminous Flux	$\Phi_v$	루멘	lm	$\Phi_v = K_m \int \Phi_{v,\lambda} V(\lambda) d\lambda$

복사측정	복사도	Radiant Intensity	$I_e$	와트퍼스테라디안	W/sr	$I_e = d\Phi_e / d\Omega$
광측정	광도	Luminous Intensity	$I_v$	칸델라 (루멘퍼스테라디안)	cd (lm/sr)	$I_v = K_m \int I_{e,\lambda} V(\lambda) d\lambda$

복사측정	복사조도	Irradiance	$E_e$	와트퍼제곱미터	W/m <sup>2</sup>	$E_e = d\Phi_e / dA$
광측정	조(명)도	Illuminance	$E_v$	룩스	lm/m <sup>2</sup>	$I_v = K_m \int E_{e,\lambda} V(\lambda) d\lambda$

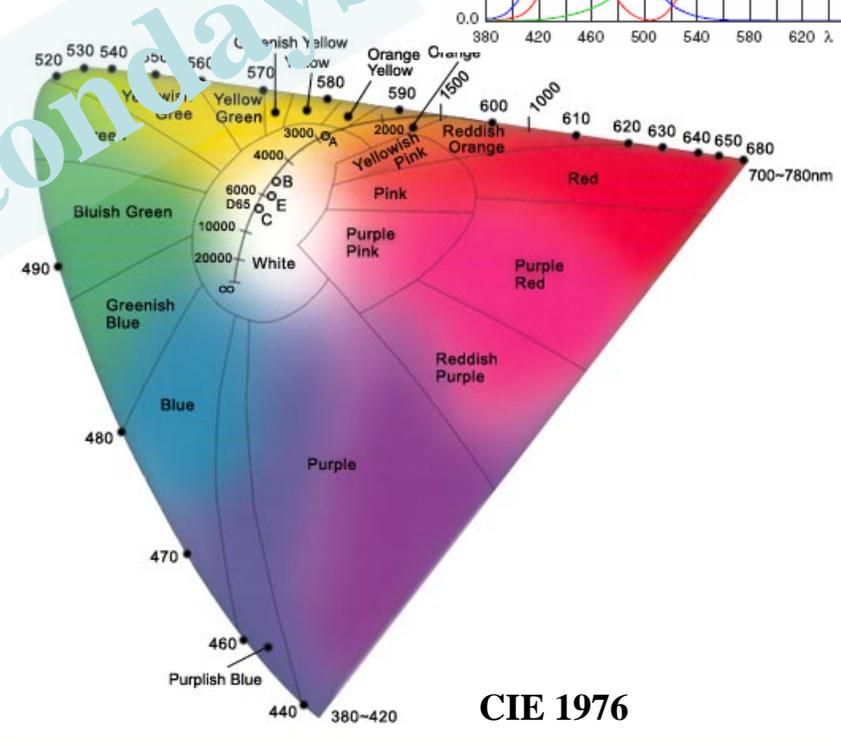
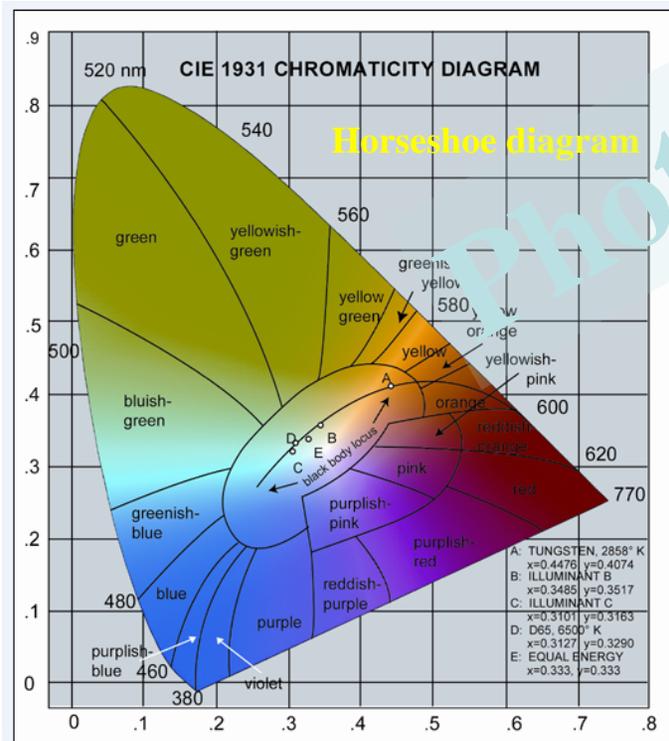
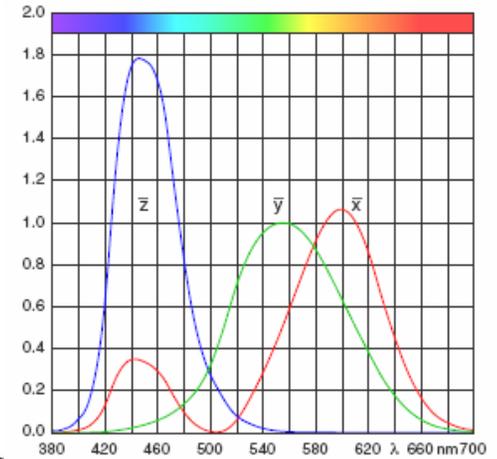
복사측정	복사휘도	Radiance	$L_e$	와트퍼스테라디안 제곱미터	W/srm <sup>2</sup>	$L_e = d^2\Phi_e / d\Omega dA \cos\Theta$
광측정	(광)휘도	Luminance	$L_v$	칸델라퍼제곱미터	cd/m <sup>2</sup>	$L_v = K_m \int L_{e,\lambda} V(\lambda) d\lambda$

## Color Matching Function :

1931년 국제조명위원회에서 인간의 시각을 분석하여 파장에 따라 3가지 시각분포를 정의

## 색좌표계

상기 정의된 함수를 이용하여 어떠한 빛의 색을 수치화하여 보다 객관화시킨 좌표계가 개발됨.



CIE 1931

CIE 1976