

Trung tâm R&D chiếu sáng Rạng Đông

Chương trình đào tạo chiếu sáng và tiếp thị

Đại lượng và đơn vị đo ánh sáng

Người trình bày: Ngô Văn Quyền

Ngày 06/06/2015

Nội dung chính

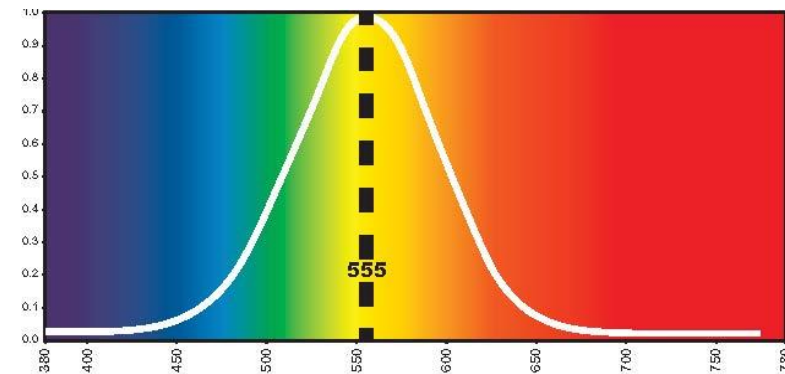
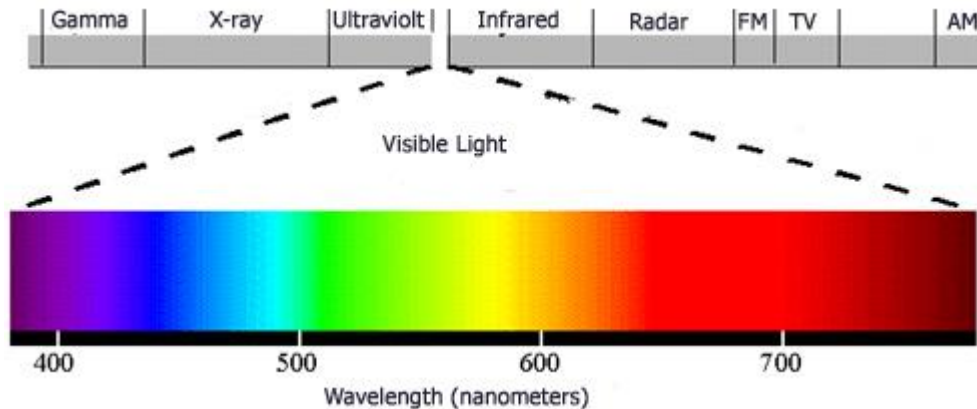
Interior lighting

1. Tại sao cần đại lượng và đơn vị ánh sáng riêng biệt?
2. Đại lượng và đơn vị trắc quang
 - 2.1 Quang thông
 - 2.2 Cường độ sáng
 - 2.3 Độ rọi
 - 2.4 Độ chói
3. Quan hệ giữa các đại lượng
 - 3.1 Quang thông và cường độ sáng
 - 3.2 Quang thông và độ rọi trung bình
 - 3.3 Cường độ sáng và độ rọi
 - 3.4 Cường độ sáng và độ chói
 - 3.5 Độ rọi và độ chói
4. Đại lượng và đơn vị đo bức xạ quang học
5. Thiết bị đo ánh sáng
6. Kỹ thuật đo

Bài tập

1. Tại sao cần đại lượng và đơn vị đo ánh sáng riêng biệt

Ánh sáng là phần bức xạ điện từ trường mắt người cảm nhận được thông qua thị giác



Phổ nhạy cảm ánh sáng ban ngày của mắt người $V(\lambda)$

- ☞ Các đại lượng đo bức xạ điện từ trường là năng lượng và công suất, đơn vị đo: J và W
- ☞ Các đại lượng và đơn vị đo ánh sáng không chỉ tính đến năng lượng bức xạ ở dải phổ nhìn thấy mà còn tính tới phân bố phổ nhạy cảm của mắt người
- ☞ Oát ánh sáng: 1W bức xạ ở bước sóng 555nm = 683 lm

2. Đại lượng và đơn vị đo ánh sáng

Interior lighting



Quang thông (Φ): lượng ánh sáng do một nguồn sáng phát ra

Đơn vị đo là lumen (lm)

Hiệu suất năng lượng (η): tỷ số giữa quang thông phát ra và công suất tiêu thụ của nguồn sáng (lm/W)

Cường độ sáng (I): lượng quang thông do nguồn sáng phát ra theo một hướng nào đó
Đơn vị đo là Candela (cd)

Độ chói (L): độ sáng của một bề mặt phát sáng hoặc được chiếu sáng mà mắt ta nhận thấy
Đơn vị đo là candela trên một mét vuông (cd/m^2)

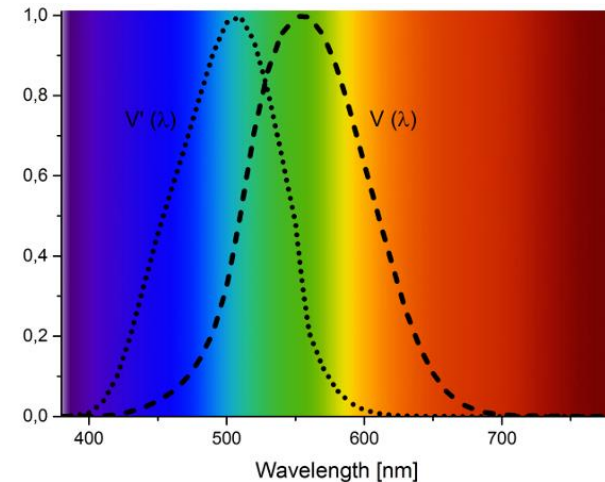
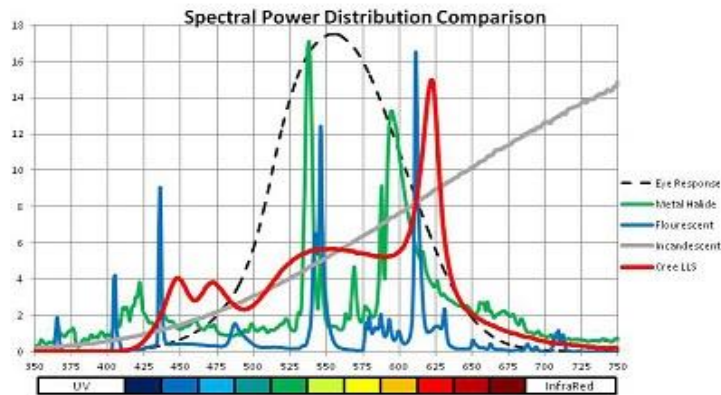
Độ rọi (E): lượng quang thông đi tới bề mặt được chiếu sáng
Đơn vị đo là lux (lx)

$$L = \frac{\rho \cdot E}{\pi}$$



2.1 Quang thông Φ , (lm)

Interior lighting



$$\Phi = K \int_{380}^{760} W_{\lambda} V_{\lambda} d\lambda$$

Trong đó:

- V_{λ} - phổ nhạy cảm ánh sáng ban ngày của mắt người theo bước sóng
- $K = 683 \text{ lm/W}$ – hệ số chuyển đổi đơn vị năng lượng bức xạ sang năng lượng ánh sáng

Định nghĩa:

Quang thông là năng lượng bức xạ của nguồn sáng phát ra trong một giây được đánh giá thông qua cảm nhận của mắt người

Hình dung về quang thông của một bóng đèn phát ra



Quang thông là lượng ánh sáng của bóng đèn phát ra trong một giây



Lưu lượng nước của ngọn thác chảy qua trong một giây

☞ Quang thông của một số đèn của Rạng Đông:

☞ Bóng đèn sợi đốt	IL A60	60W	600 lm
☞ Bóng đèn HQ compact	CFL 3UT3	20W	1200 lm
☞ Bóng đèn HQ	FL 36-T8	36W	3100 lm
☞ Bóng đèn cao áp Natri	HPS-ED	250W/220	28000 lm
☞ Bóng đèn Metal halide	MH-ED	250W/642	21000 lm
☞ Bóng đèn LED bulb A60	LED A60	9W	810 lm
☞ Bóng đèn LED par	LED PAR30	12W	1000 lm
☞ Bóng đèn LED tube	LED Tube 01	120/22W	2200 lm

☞ Không có liên hệ cố định nào giữa năng lượng điện bóng đèn tiêu thụ và năng lượng ánh sáng phát ra.

☞ Hiệu suất sáng của bóng đèn: Tỷ số giữa quang thông của bóng đèn và công suất điện tiêu thụ.

2.2 Cường độ sáng I (cd)

Một trong 7 đơn vị cơ bản trong hệ SI

Mức độ tập trung của ánh sáng ở một hướng nào đó

- Cường độ sáng là quang thông phát ra trong một đơn vị góc khối (góc không gian) theo một hướng nhất định trong không gian
- candela là cường độ sáng theo một hướng cho trước của một nguồn phát ra bức xạ đơn sắc với tần số 540×10^{12} Hz (bước sóng 555nm) và cường độ bức xạ theo hướng đó là $1/683$ oát trên một steradian. (CIE, 1979)
- Có thể so sánh với độ mạnh của tia nước ở một hướng nào đó



Cường độ sáng theo hướng γ .

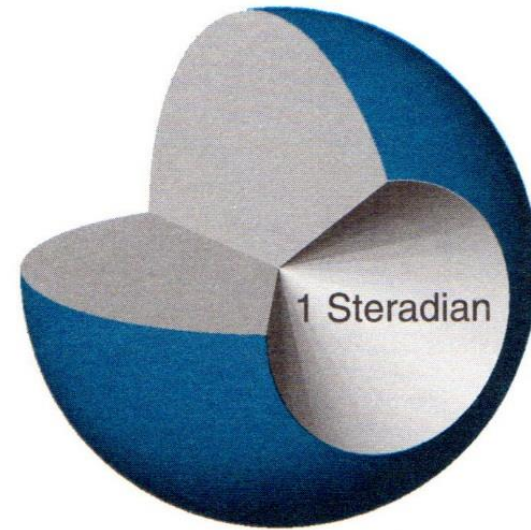
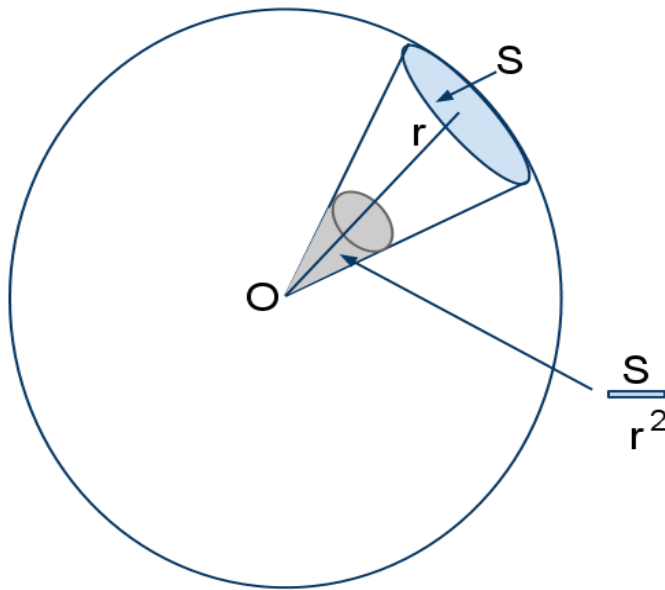
$$I_{\gamma} = \Delta\Phi/\omega$$

Góc khối ω (sr) steradian

$$\omega = s/r^2 \text{ steradian}$$

$$1 \text{ steradian} = S \text{ mặt cầu} / 4\pi$$

$$1 \text{ radian} = \text{chu vi hình tròn} / 2\pi$$



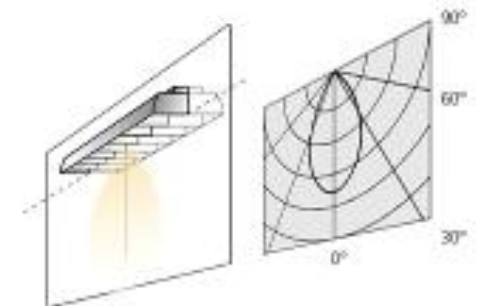
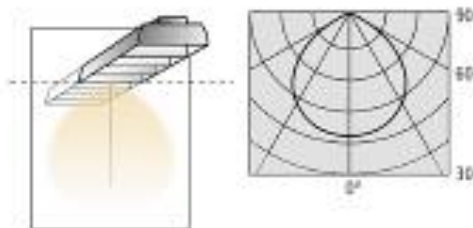
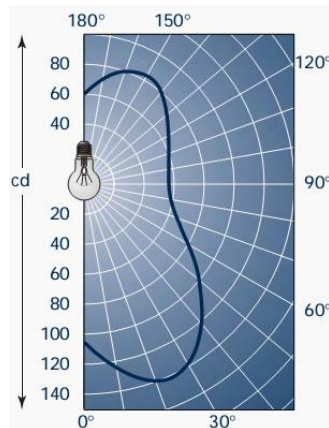
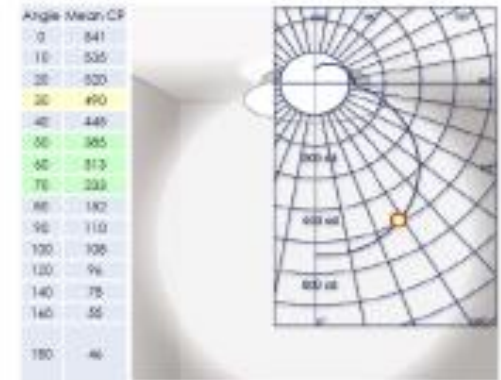
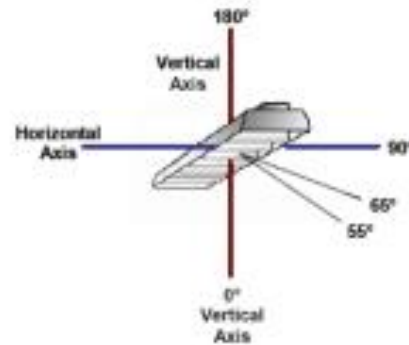
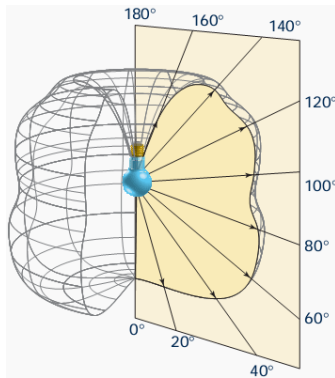
- Góc khối lớn nhất có thể là của cả hình cầu và bằng 4π steradian

Cường độ sáng của đèn khác nhau ở các hướng

Phân bố cường độ sáng
của bóng đèn sợi đốt

Phân bố cường độ sáng của đèn HQ

Theo các mặt cắt dọc và ngang



Cường độ sáng của một số loại đèn

Bóng đèn sợi đốt	IL A60 60W	$I_o = 60 \text{ cd}$
Bóng đèn HQ compact	CFL 3U T3 20W	$I_o = 100 \text{ cd}$
Bóng đèn LED bulb A 60	LED A60 9W	$I_o = 85 \text{ cd}$
Đèn LED panel	D P01 60x60/50W	$I_o = 1850 \text{ cd}$
Đèn LED CS đường	D CSD 02L/40W	$I_{60} = 1200 \text{ cd}$
Đèn pha LED	D CP02/50W	$I_o = 1600 \text{ cd}$

2.3 Độ rọi E (lux)

☞ Tỷ lệ quang thông đi tới một bề mặt và diện tích bề mặt đó

☞ $E = \Phi/S$

☞ $1 \text{ lux} = 1 \text{ lm/m}^2$

☞ Có thể so sánh độ rọi trên bề mặt với lượng nước mưa rơi xuống một diện tích bề mặt trong một giây



Độ rọi trong một số trường hợp thực tế

Interior lighting

☞ Ngoài nắng giữa trưa hè trời không mây	100 000 lux
☞ Dưới bóng râm	10 000 lux
☞ Dưới bầu trời đầy mây đen	5000 lux
☞ Chiếu sáng phòng thiết kế	1000 lux
☞ Chiếu sáng phòng	100 lux
☞ Chiếu sáng đường phố	5-30 lux
☞ Dưới ánh trăng rằm	0,25 lux



Mức độ rọi trung bình
theo TCVN 7114:2008



Loại phòng hay công việc	Mức độ rọi (lux)	
	vật quan sát và tương phản trung bình	vật quan sát nhỏ hay tương phản thấp
Văn phòng - công việc chung	300	500
Công việc đọc hoặc viết	500	750
Phòng thiết kế	750	1 000
Phòng họp	300	500
Khu vực dịch vụ, cầu thang và hành lang	150	200



Chiếu sáng hiệu suất thấp



Chiếu sáng hiệu suất cao

2.4 Độ chói L (cd/m²)



Các bề mặt với hệ số phản xạ khác nhau nhìn từ các hướng cho cảm nhận khác nhau về độ sáng
Độ chói khác nhau

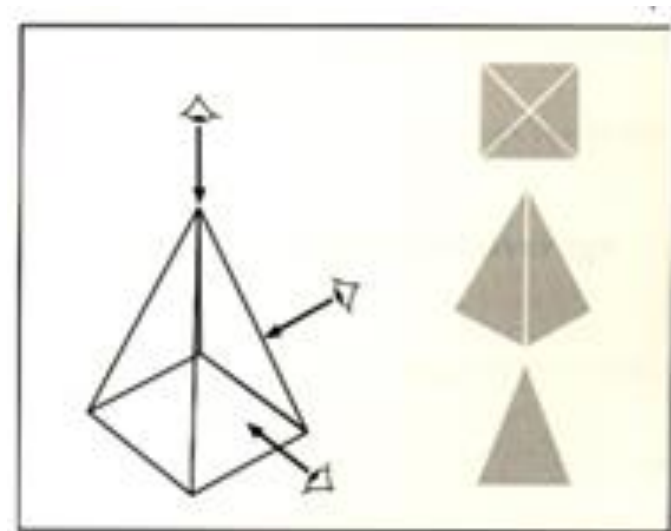
Độ chói: Tỷ số giữa cường độ sáng từ một bề mặt theo một hướng cho trước và diện tích biểu kiến của bề mặt theo hướng đó

$$L = I/S_a$$

Diện tích biểu kiến:

Khi nhìn từ các hướng khác nhau phần nhìn thấy của hình tháp thay đổi cả về hình dạng và kích thước

L không phụ thuộc khoảng cách nhưng phụ thuộc hướng quan sát ngoại trừ bề mặt px khuếch tán



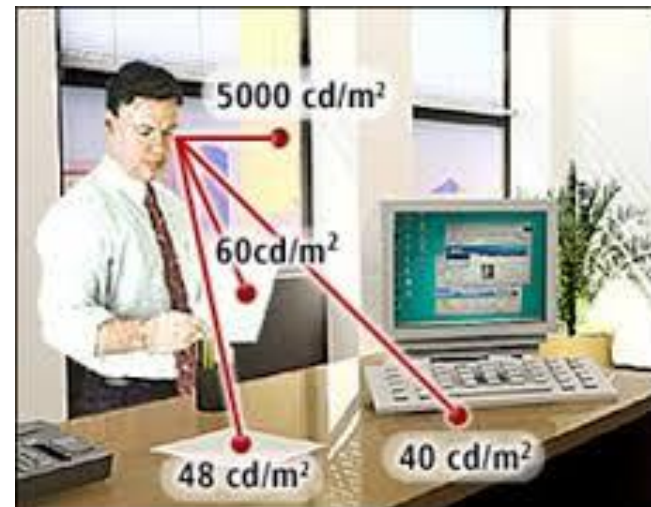
Độ chói của một số loại bề mặt

Interior lighting

Mắt ta nhìn thấy mọi vật là nhờ độ chói và chênh lệch độ chói giữa chúng

Bề mặt mặt trời	1 650 000 000	cd/m ²
Dây tóc bóng đèn sợi đốt	7 000 000	cd/m ²
Bóng đèn huỳnh quang	5 000	cd/m ²
Đèn LED panel	5500-7000	cd/m ²
Mặt trắng hôm rằm	2500	cd/m ²
Giấy trắng px 80% chiếu sáng 400lux	100	cd/m ²
Mặt bàn màu ghi px 40% độ rọi 400lux	50	cd/m ²
Mặt đường chiếu sáng nhân tạo	0,5 – 2	cd/m ²

Độ chói các bề mặt trong phòng làm việc



3. Quan hệ giữa các đại lượng ánh sáng

3.1 Quang thông và cường độ sáng

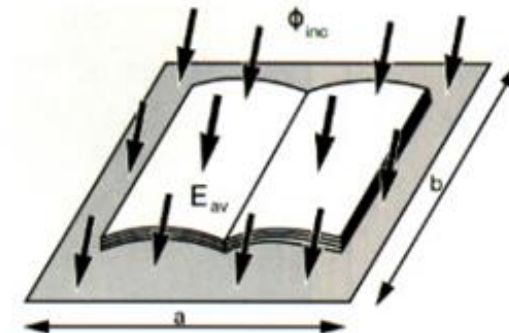
Quang thông và cường độ sáng của nguồn phát sáng đều mọi hướng

$$I_o = \Phi / 4\pi$$

VD: Bóng đèn sợi đốt IL A60 100W có quang thông 1000 lm đặt trong quả cầu trắng đục truyền quang 80% có cường độ sáng ở mọi hướng bằng $1000 \times 0,8 / 4 \times 3,14 = 63 \text{ cd}$

3.2 Quang thông và độ rọi trung bình

$$E_{tb} = \Phi_i / S$$

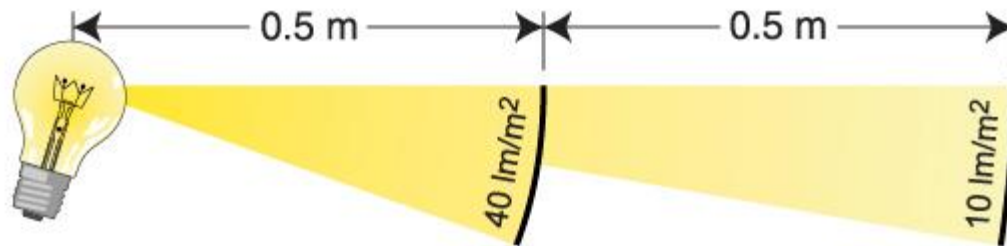


VD: Phòng làm việc 12m² chiếu sáng bằng bộ đèn LED panel RĐ loại D P01 60x120/75W quang thông 6500 lm có độ rọi trung bình:
 $E_{tb} = 6500 / 12 = 540 \text{ lux}$

3.3 Cường độ sáng và độ rọi tại một điểm

Luật bình phương khoảng cách

- Tia sáng chiếu vuông góc : $E_a = I/d^2$

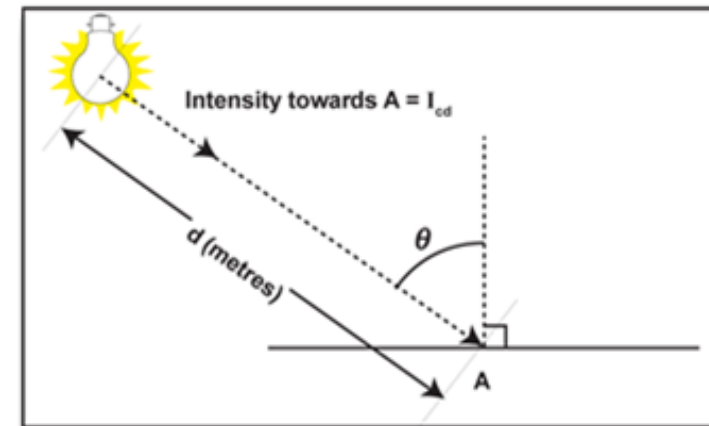
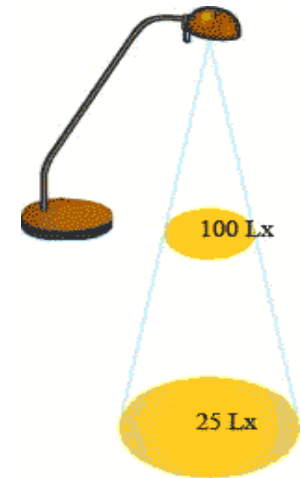


- Độ rọi mặt ngang tại A tia sáng chiếu xiên góc

$$E = \frac{I}{d^2} \times \cos \theta$$

$$E = \frac{I}{d^2} \times \cos \theta = \frac{I}{H^2} \times \cos \times \cos^2 \theta = \frac{I}{H^2} \times \cos^3 \theta$$

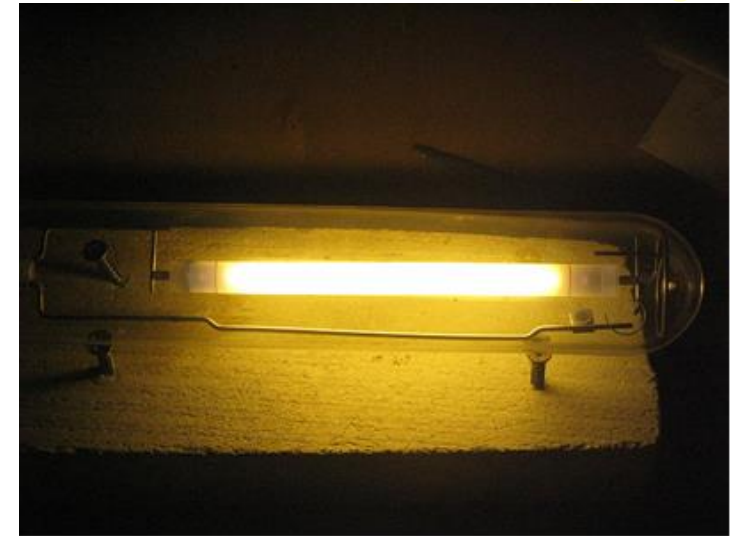
Interior lighting



3.4 Cường độ sáng và độ chói

$$L = I/S_a$$

VD: Đèn cao áp Natri HPSE-T 250W/220 có ống phóng điện dài 100mm, đường kính 8mm, cường độ sáng ở hướng vuông góc với ống bằng 4350 cd. Độ chói của ống ở hướng vuông góc với đèn:
 $4350/(100 \times 8) = 4,35 \text{ cd/mm}^2 = 4\,350\,000 \text{ cd/m}^2$



3.5 Độ rọi và độ chói

Độ rọi và độ chói của bề mặt phản xạ khuếch tán

$$L = \rho E / \pi$$

VD: Đèn bàn RD-RL-10E.LED tạo độ rọi 500 lux trên mặt bàn. Vở giấy trắng phản xạ 70%. Độ chói trên mặt tờ giấy: $500 \times 0,7 / 3,14 = 110 \text{ cd/m}^2$

4. Các đại lượng và đơn vị đo bức xạ quang học

Các đại lượng và đơn vị đo bức xạ quang học hoàn toàn dựa trên năng lượng của bức xạ trong dải bước sóng cần quan tâm.

Các đại lượng đo bức xạ và đại lượng trắc quang

Thông lượng bức xạ	W	Quang thông	lm
Cường độ bức xạ	W/sr	Cường độ sáng	cd
Độ chiếu xạ	W/m ²	Độ rọi	lux
Độ chói bức xạ	W/sr.m ²	Độ chói	cd/m ²

Quan hệ giữa các đại lượng đo bức xạ tương tự như giữa các đại lượng trắc quang

5. Thiết bị đo ánh sáng và kỹ thuật đo

5.1 Máy đo độ rọi (luxmeter)

Gồm đầu thu (sensor) và thiết bị hiển thị

Ánh sáng chiếu tới đầu thu gây nên dòng quang điện trong mạch được hiệu chuẩn sang đơn vị đo độ rọi và hiển thị trên màn hình.



Silicon sensor được phủ lớp hiệu chỉnh để có phổ nhạy cảm phù hợp với phổ nhạy cảm của mắt người.

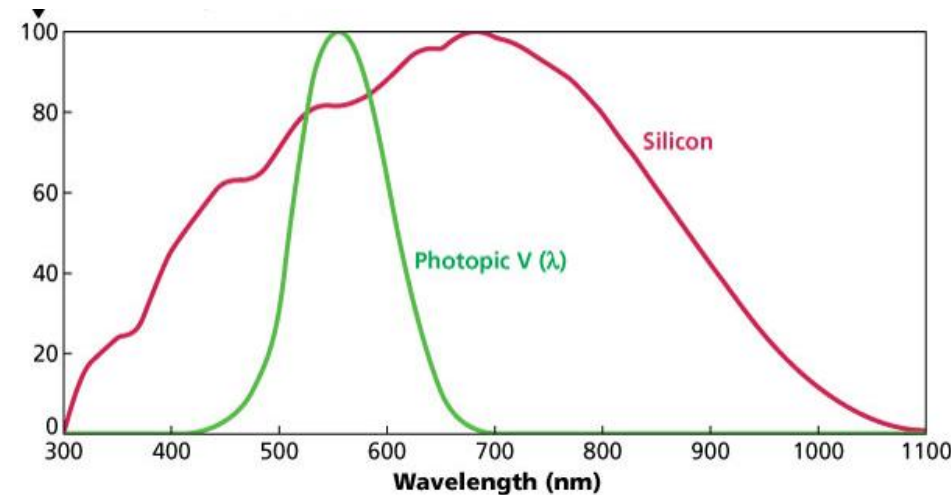
Chụp trắng sữa kiểu vòm để hiệu chỉnh cosin.

Yêu cầu

Có thời gian thích ứng với độ sáng cần đo

Hiệu chỉnh nhiệt độ môi trường

Định kỳ kiểm định thang đo



5.2 Máy đo độ chói

Hệ thống quang học chiếu ảnh của phần bề mặt cần đo độ chói lên mặt nhận ánh sáng của sensor quang điện. Dòng quang điện trong mạch được hiệu chuẩn cho giá trị độ chói với đơn vị cd/m^2 hiển thị trên màn hình.

- Hướng ống kính về phía bề mặt cần đo sao cho trường nhìn của máy nằm trọn trong phần bề mặt cần đo.



Interior lighting



5.3 Hệ đo cường độ sáng

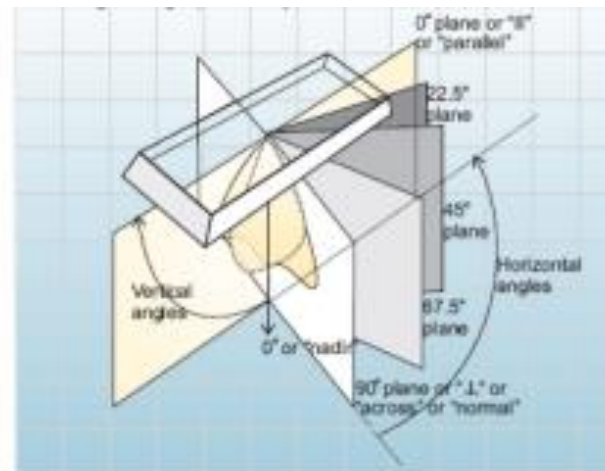
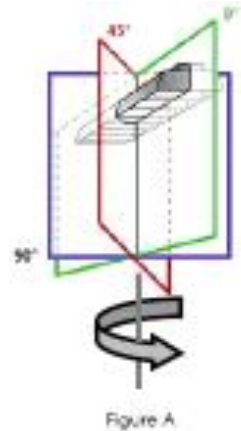
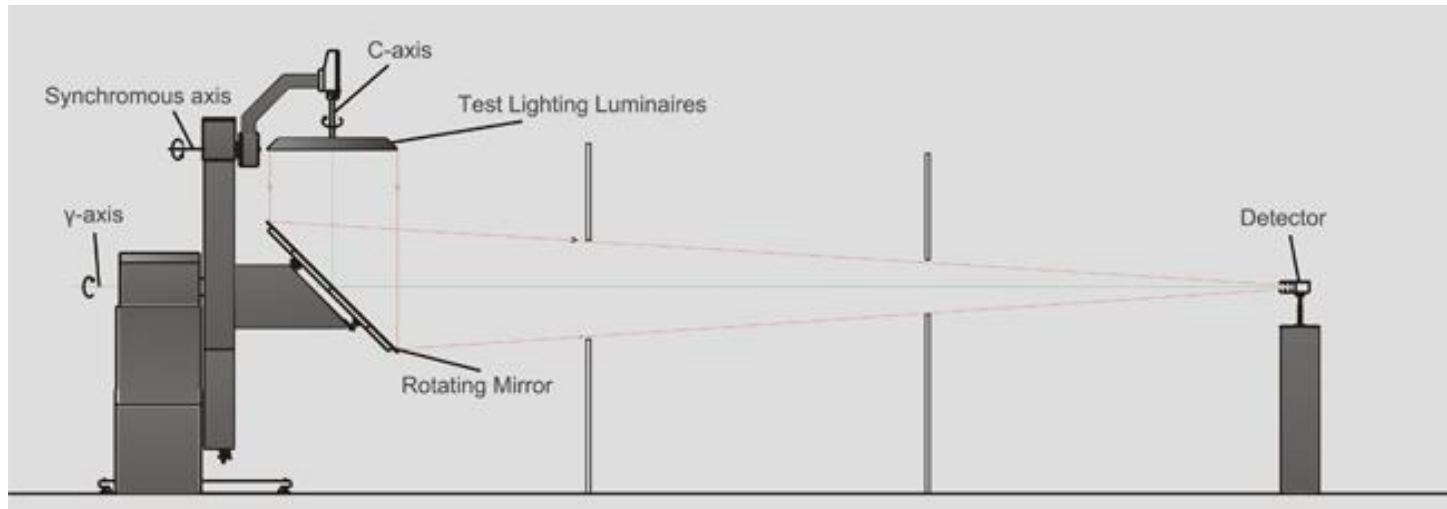
Goniophotometer

Hệ thống gương quay quanh đèn phản xạ ánh sáng từ đèn tới đầu thu đặt cách đèn từ 6 đến 12m



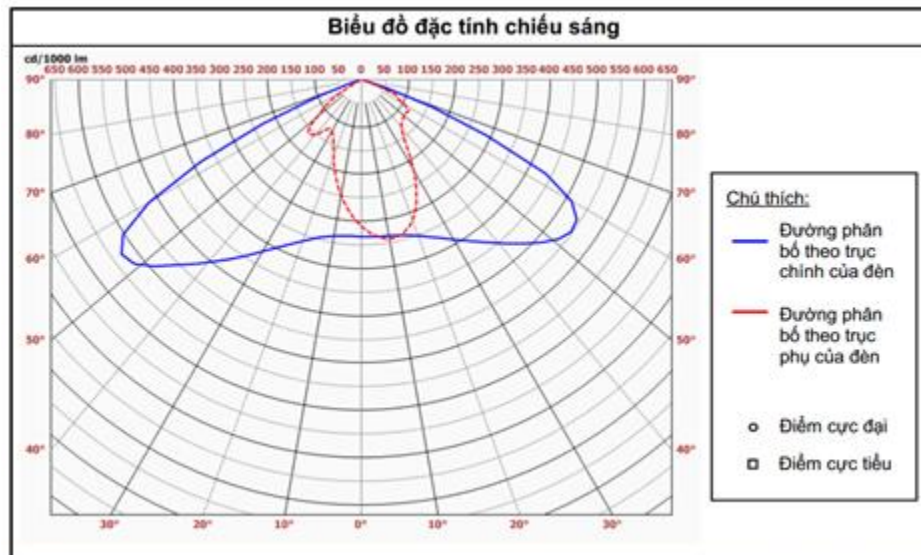
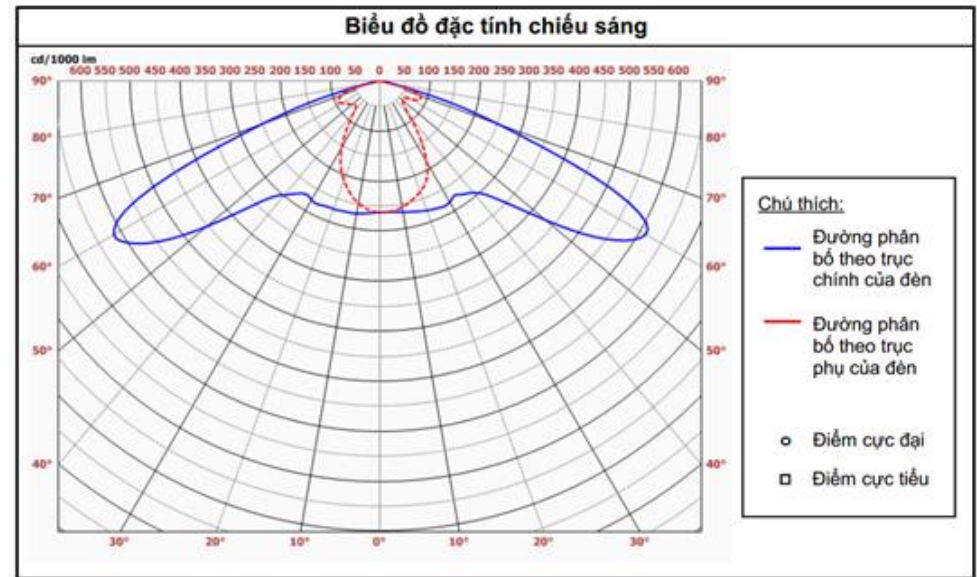
Đo cường độ sáng của đèn trong các mặt phẳng cắt khác nhau

Sơ đồ nguyên lý đo cường độ sáng của đèn



Biểu đồ cường độ sáng của một số đèn RĐ

Đèn LED D CSD 01/35W chiếu sáng đường



Đèn LED D CSD 02L/40W chiếu sáng đường

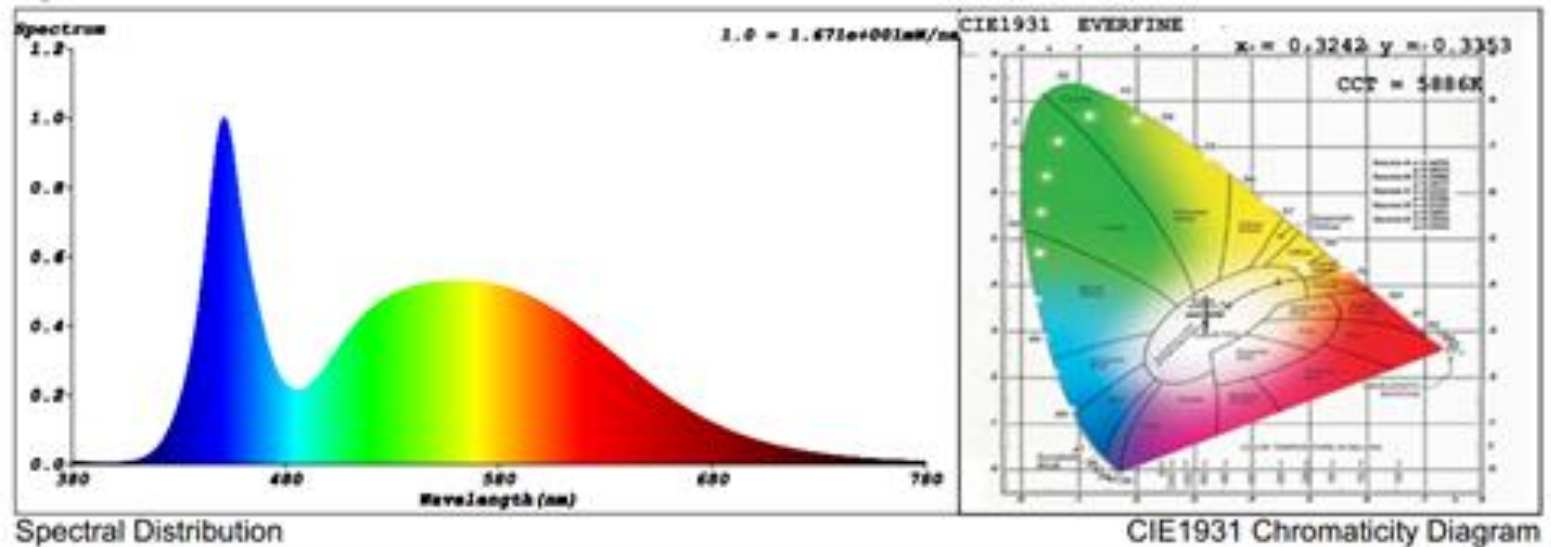
5.4 Hệ đo quang

Cầu đo quang - photometric integrating sphere (Ulbricht sphere) đường kính 0,5m – >3m tùy theo công suất và kích thước nguồn sáng cần đo. Thiết bị đo quang + hệ thống đo điện tự động sử dụng phần mềm phân tích số liệu.

Các thông số đo

- Thông số điện
- Quang thông
- Quang phổ và phân tích phổ
- Tọa độ màu
- Nhiệt độ màu
- Chỉ số màu Ra (CRI)
- Bước sóng đỉnh
-





Colorimetric Parameters

Chromaticity Coordinate: $x = 0.3242$ $y = 0.3353$ / $u' = 0.2034$ $v' = 0.4733$ ($duv = 7.97e-04$)

CCT= 5886K Prcp WL: $L_d = 494.4nm$ Purity=3.0%

Peak WL: $L_p = 451nm$ FWHM: $\approx 25.2nm$ Ratio: R=14.3% G=80.8% B=4.9%

Render Index: $R_a = 82.4$

R1 =81	R2 =86	R3 =88	R4 =83	R5 =81	R6 =80	R7 =88
R8 =72	R9 =15	R10=66	R11=80	R12=56	R13=82	R14=93 R15=78

Photometric & Radiometric Parameters

Flux = 562.65 lm Eff. : 87.58 lm/W $F_e = 1.8206 W$

Electrical parameters

$V = 220.0 V$ $I = 0.04679 A$ $P = 6.425 W$ $PF = 0.6242$

6. Kỹ thuật đo đạc tại hiện trường

1. Biết rõ điều kiện đo

-Loại thiết bị đo

- Điện áp của hệ thống chiếu sáng
- Nhiệt độ môi trường nơi tiến hành đo
- Tính chất phản xạ của tường, trần trong phòng đo
- Thời gian sử dụng của nguồn sáng

2. Tránh che khuất hoặc ánh sáng ngoại lai

- Khi đo độ rọi cần chú ý đặt đầu thu lên bề mặt cần đo, không để bóng người che lấp bóng hoặc ánh sáng phản xạ từ quần áo lên đầu thu.
- Khi đo độ chói bề mặt cần đo không bị bóng tối hoặc phản xạ ánh sáng
- Khi đo ngoài trời tránh đo khi thời tiết xấu (mưa, giông bão ...)
- Đo độ rọi phải thực hiện nhiều điểm đo để lấy giá trị trung bình.

Kết luận

- ☞ Đo lường ánh sáng dựa trên hệ thống các đại lượng và đơn vị đo tính tới năng lượng của bức xạ nhìn thấy và độ nhạy cảm của mắt người đối với các bước sóng khác nhau. Đại lượng ánh sáng cơ bản là cường độ sáng có đơn vị đo là candela (cd) là một trong 7 đơn vị cơ bản của hệ thống đo lường quốc tế SI.
- ☞ Các đại lượng ánh sáng khác gồm quang thông, độ rọi, độ chói và các đơn vị đo của chúng đều được dẫn xuất từ cường độ sáng. Quan hệ giữa các đại lượng ánh sáng thông qua các biểu thức rất cần khi tính toán thực tế trong kỹ thuật chiếu sáng.
- ☞ Các dụng cụ đo ánh sáng hiện tại chủ yếu hoạt động trên nguyên lý quang điện. Đại lượng chủ yếu đo được là độ rọi, các đại lượng trắc quang khác được chuyển đổi từ độ rọi thông qua các công thức phù hợp.