

# PHẦN 3

# CHIEU SANG KIẾN TRÚC

# I NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ CHIẾU SÁNG

## I - CÁC ĐẶC TRƯNG CHỦ YẾU CỦA BỨC XẠ

Về mặt vật lý, ánh sáng là một phần rất nhỏ của bức xạ điện từ, được mắt người và các dụng cụ quang học cảm nhận. Đặc biệt, riêng đối với mắt người, ánh sáng mang thêm tính chất tâm sinh lý rõ rệt.

Như ta đã biết, các vật thể có nhiệt độ cao hơn độ không tuyệt đối đều phát vào không gian xung quanh một dạng năng lượng gọi là bức xạ điện từ.

### 1/ THÔNG LƯỢNG BỨC XẠ :

Lượng bức xạ phát ra trong một đơn vị thời gian được gọi là thông lượng bức xạ  $\Phi_e$  :

$$\Phi_e = \frac{dQ_e}{dt} \quad , \quad [W].$$

$Q_e$  : năng lượng bức xạ, [J].

$t$  : thời gian, [s].

Thông lượng bức xạ đo bằng oát, [W]:  $1W = 0,860$  [kcal/h].

Nói chung, mặt phát xạ ra sóng điện từ với hầu hết các bước sóng và trên mọi hướng không gian. Thông lượng bức xạ phát ra trên mọi hướng nhưng chỉ bó hẹp trong phạm vi bước sóng từ  $\lambda + d\lambda$  được gọi là thông lượng bức xạ đơn sắc ( $\Phi_{e,\lambda}$ ). Thông lượng phát ra trong tất cả các bước sóng gọi là thông lượng bức xạ toàn phần ( $\Phi_e$ ).

### 2/ CƯỜNG ĐỘ BỨC XẠ - BỨC XẠ NHÌN THẤY :

#### a/ Cường độ bức xạ :

Bức xạ phát ra mọi hướng trong không gian. Xét theo hướng nhất định, thông lượng bức xạ phát ra trong giới hạn góc khối vô cùng bé của không gian gọi là *cường độ bức xạ theo hướng trùng với trục góc khối đó*:

$$I_e = \frac{d\Phi_e}{d\omega} \quad , \quad [W/sr]$$

Góc khối là phần của không gian giới hạn trong phạm vi mặt nón mà đỉnh là vị trí của nguồn phát bức xạ. Nếu đáy của mặt nón  $dA$  có góc  $\theta$  với trục góc khối thì trị số góc khối  $d\omega$  bằng:

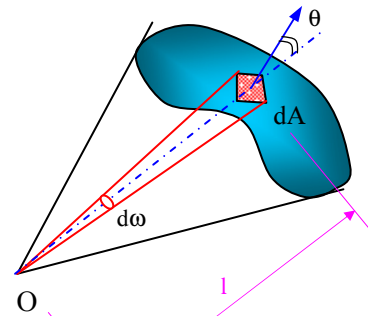
$$d\omega = \frac{dA \cos \theta}{l^2}$$

$l$  : khoảng cách từ nguồn  $O$  đến đáy nón  $dA$ .

Góc khối có đáy là mặt  $A$  tính theo công thức:

$$\omega = \int_A \frac{\cos \theta}{l^2} dA$$

Đơn vị góc khối là Stêradian (Sr). Nếu tưởng tượng có mặt cầu đồng tâm với nguồn phát xạ, bán kính  $r$ , thì góc khối đơn vị (1 sr) sẽ cắt trên mặt cầu đó một diện tích bằng  $r^2$ . Toàn không gian bao quanh nguồn phát xạ bằng  $4\pi$  stêradian.



Hình 1: Góc khối bức xạ

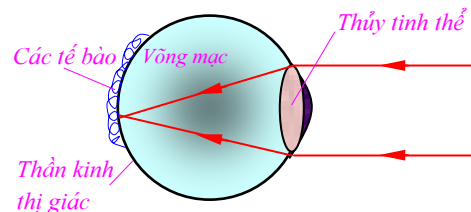
### b/ Ánh sáng nhìn thấy:

Bức xạ mặt trời là tập hợp rất nhiều phổ bước sóng khác nhau, nhưng trong đó có một khoảng bức xạ bước sóng từ 380 đến 780nm có khả năng chuyển thành cảm giác ánh sáng đối với mắt người. Khoảng bức xạ đó là tập hợp của 7 màu sắc, mỗi sóng ánh sáng gây ra cảm giác màu sắc khác nhau. Niutơn đã phân giải được ánh sáng mặt trời ra 7 màu sắc khác nhau bằng cách cho xuyên qua lăng kính thủy tinh:

- Ánh sáng màu tím:  $\lambda = 380 - 450 \text{ nm}$ .
- Ánh sáng màu chàm:  $\lambda = 450 - 480 \text{ nm}$ .
- Ánh sáng màu lam:  $\lambda = 480 - 510 \text{ nm}$ .
- Ánh sáng màu lục:  $\lambda = 510 - 550 \text{ nm}$ .
- Ánh sáng màu vàng:  $\lambda = 550 - 585 \text{ nm}$ .
- Ánh sáng màu da cam:  $\lambda = 585 - 620 \text{ nm}$ .
- Ánh sáng màu đỏ:  $\lambda = 620 - 780 \text{ nm}$ .

Công cụ thu các ấn tượng thị giác biến đổi theo qui luật không tuyến tính và biến thiên theo thời gian các ấn tượng quang học thành các tín hiệu có nguồn gốc điện để cho phép bộ óc tái tạo lại hiện tượng gọi là thị giác.

Thủy tinh thể tạo nên một hệ thống tập trung cho phép hình ảnh được tạo nên trên võng mạc, phía sau nhãn cầu.



Hình 2: Cấu tạo mắt người

Con mắt khác với các dụng cụ quang học chủ yếu là nó rất mềm, thủy tinh thể có thể tự tiêu hình ảnh mà chúng nhận được để tạo nên hình ảnh rõ nét trên võng mạc một cách khác nhau. Đó là hiện tượng điều tiết của mắt.

Ở phía sau mắt, võng mạc được bao phủ bằng các tế bào thần kinh, thực chất là các tế bào quang điện liên hệ với bộ não bằng thần kinh thị giác phát dưới dạng luồng tín hiệu thần kinh ăn nhập với ánh sáng kích thích vào nó.

Người ta phân biệt hai tế bào:

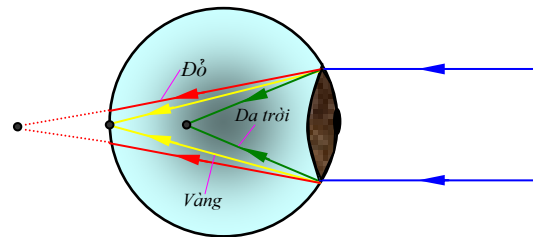
- **Tế bào hình nón:** có khoảng 7 triệu tế bào. Chúng chiếm chủ yếu ở giữa vùng của võng mạc và được kích thích bằng các mức chiếu sáng cao (thị giác ban ngày). Chúng đảm bảo tri giác màu.
- **Tế bào hình que:** nhiều hơn tế bào hình nón (khoảng 120 triệu), chúng bao phủ phần còn lại của võng mạc; có lẫn lộn một ít tế bào hình nón và được kích thích bằng mức chiếu sáng thấp (thị giác ban đêm). Chúng chỉ truyền các tri giác đen trắng.

Không có ranh giới rõ rệt đối với sự vận động của hai loại tế bào này. Chúng làm việc nhiều hay ít tùy theo mức độ chiếu sáng nhất là trong miền thị giác, là miền trung gian giữa thị giác ban ngày và thị giác ban đêm.

Vị trí trung tâm chủ yếu của tế bào hình nón giải thích rằng tri giác màu chỉ có thể rõ nét khi hình ảnh tụ tiêu trên võng mạc. Khi con mắt cố định một mục tiêu, nói chung nó không thể phân biệt được màu của một mục tiêu khác thâm nhập vào thị trường của nó.

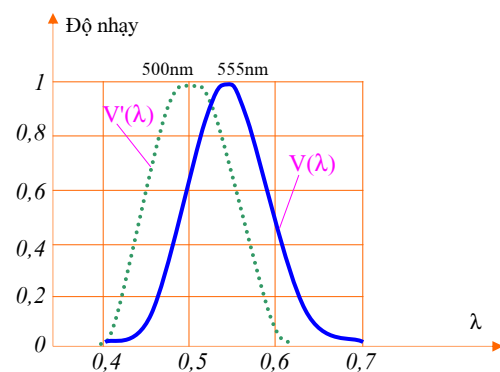
Hai điểm của không gian được nhìn một cách phân biệt nếu hình ảnh của nó tạo nên cảm giác của hai tế bào khác nhau.

Độ nhạy cảm của mắt đối với các bức xạ phụ thuộc vào bước sóng của nó. Thực ra tế bào hình nón chỉ nhạy cảm với các bức xạ gồm giữa 380nm ở đó chúng bắt đầu có cảm giác và 780nm ở đó chúng mất cảm giác, có tồn tại ít nhất một bước sóng ở đó sự nhạy cảm ánh sáng là cực đại.



Hình 3: khúc xạ ánh sáng qua mắt

Điều này có thể giải thích bằng sự khúc xạ của tia sáng qua mắt: tia có bước sóng thấp (xanh da trời) bị lệch nhiều và hội tụ trước võng mạc một ít trong khi đó các tia màu đỏ hội tụ sau võng mạc một ít. Các tia sáng có bước sóng vào khoảng 550nm tạo nên một hình ảnh rõ nét trên võng mạc, cũng vậy năng lượng bức xạ tạo nên một cảm giác sinh động hơn. Vì vậy người ta có thể xác định hiệu quả ánh sáng tương đối của mắt đối với thị giác ban ngày, đó là  $V(\lambda)$ .



Hình 4: độ nhạy của mắt ngày và đêm

Quan hệ này biểu hiện bộ lọc của mắt.

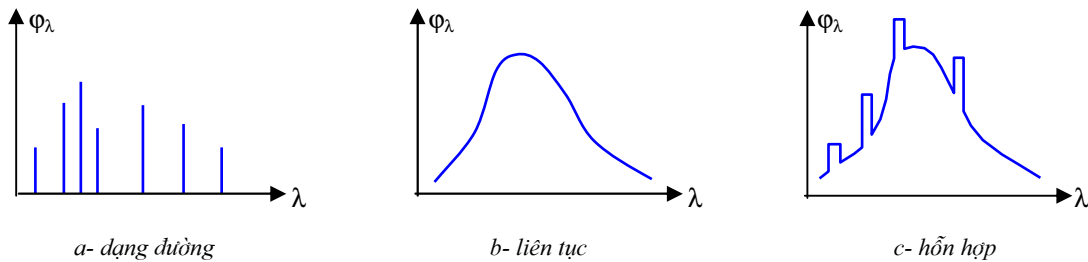
Đường cong hiệu quả ánh sáng tương đối thứ hai  $V'(\lambda)$  có dạng cong tương tự như  $V(\lambda)$  nhưng lệch về các tia tử ngoại vào khoảng 50nm.

### 3/ QUANG THÔNG - CƯỜNG ĐỘ SÁNG :

#### a/ Quang thông:

Khi nghiên cứu kỹ thuật ánh sáng, không thể ngừng lại ở các đại lượng vật lý mà phải liên hệ với chúng với cảm ứng của mắt người, tức là với độ thấy  $V(\lambda)$  và  $V'(\lambda)$ . Nghĩa là quang thông chỉ là phần bức xạ nằm trong phạm vi nhìn thấy của mắt người.

Quang thông có thể có phổ liên tục, hoặc dạng đường, dạng hỗn hợp:



Hình 5: Phân bố phổ quang thông

Trị số của quang thông:

$$\Phi_{\lambda} = \frac{d\Phi}{d\lambda} = K \cdot \varphi_{e\lambda} \cdot V(\lambda) \quad \Rightarrow \quad \Phi = K \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi_{e\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda$$

$\Phi_{\lambda}$  : quang thông trong đoạn bước sóng  $\lambda$ .

$\Phi$  : quang thông toàn phần.

K : hệ số thực nghiệm:  $K = 680$ .

Đơn vị quang thông là *lumen*, viết tắt là [lm]. Lumen là quang thông do một nguồn sáng điểm có cường độ 1 candel phân bố đều trong góc khối 1 steradian tạo ra.

Giới hạn ánh sáng nhìn thấy:  $\lambda_1 = 0,38 \mu\text{m}$  ;  $\lambda_2 = 0,78 \mu\text{m}$ .

$$\Phi = 680 \cdot \int_{0,38}^{0,78} \varphi_{e\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda$$

Nếu quang thông có dạng phổ không liên tục:

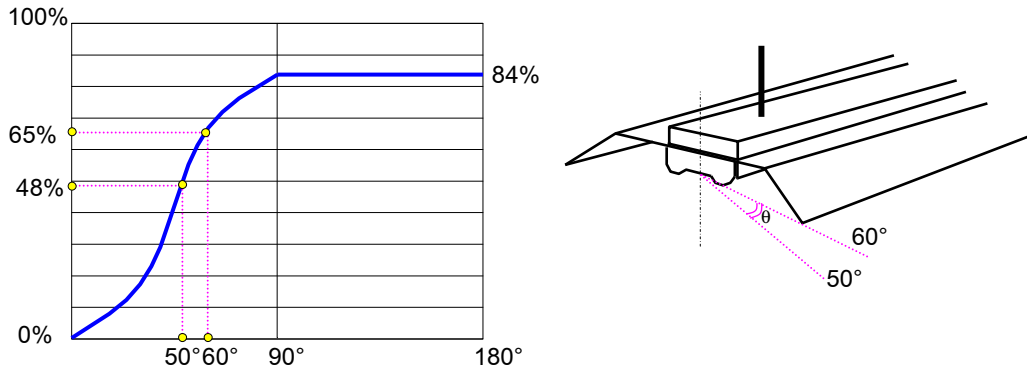
$$\Phi = 680 \cdot \sum_{i=1}^n \varphi_{e\lambda_i} \cdot V(\lambda_i)$$

#### BIỂU ĐỒ PHÂN BỐ QUANG THÔNG CỦA MỘT NGUỒN:

Biểu đồ cho ta biết phân bố quang thông trong không gian. Do vậy khi cần biết một quang thông phát ra trong một góc khối nào đó, ta chỉ việc đọc tỉ lệ % trên biểu đồ.

Trong ví dụ ở hình 6, số % quang thông phát ra trong một góc khối giới hạn bởi 2 mặt phẳng xuyên tâm ( $50^\circ$ ) và ( $60^\circ$ ) là:  $65\% - 48\% = 17\%$ .

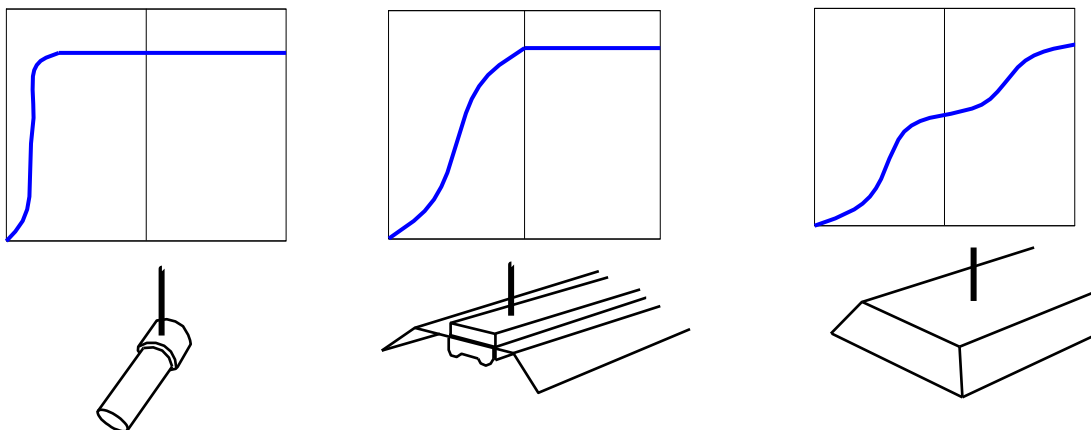
Ta có thể nhận thấy rằng trên  $90^\circ$ , không có bức xạ ánh sáng. Quang thông phát ra bằng 84% quang thông sử dụng (tổng tất). Như vậy, hiệu suất của nguồn là 0,84.



Hình 6: Xác định lượng quang thông giới hạn trong góc hẹp

Biểu đồ này có thể dùng để xác định hiệu suất của cả nguồn và đèn, để tìm tỉ lệ quang thông phát ra ở trên và dưới mặt phẳng nằm ngang, hoặc để xác định quang thông truyền đi trong một góc khối nào đó.

Ví dụ về 3 loại biểu đồ của 3 loại đèn:



Hình 7: Biểu đồ quang thông của một số loại đèn

Các biểu đồ này được lập cho một quang thông chuẩn là 1000 lm. Nếu lượng ánh sáng phát ra là 2500lm thì quang thông phát ra trong góc khối giới hạn bằng  $(50^\circ)$  à  $(60^\circ)$  sẽ là:  $0,17 \times 2500 = 425$  lm.

**b/ Cường độ sáng:**

Cũng như trong trường hợp bức xạ nói chung, quang thông có thể không phân bố đều trong không gian. Để đánh giá quang thông trên một hướng nhất định, người ta dùng *cường độ sáng*, tương ứng với cường độ bức xạ.

Cường độ sáng là quang thông  $d\Phi$  phát ra trong góc khối vô cùng bé  $d\omega$  mà đỉnh là nguồn sáng:

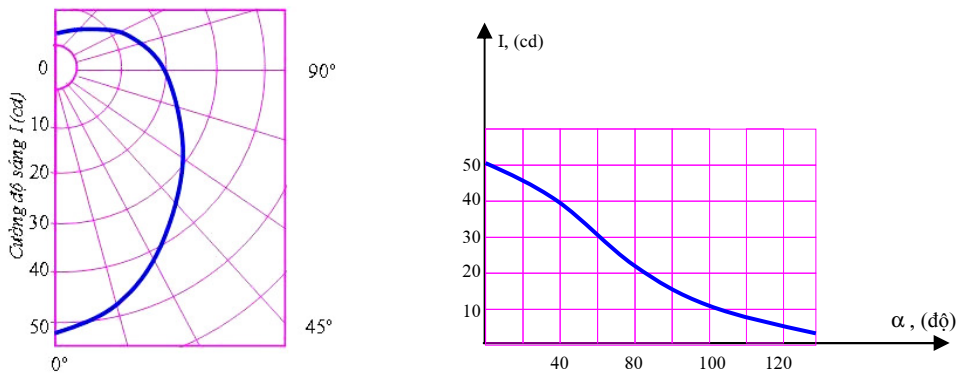
$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} , \quad [\text{cd}].$$

Như vậy, *cường độ sáng* là mật độ không gian của quang thông theo hướng trùng với trục của góc khối  $d\omega$

Đơn vị đo cường độ sáng là *cadela*<sup>1</sup>, viết tắt là [cd]. Ủy ban đo lường quốc tế (1948) định nghĩa đơn vị ánh sáng cơ bản này như sau: "*Cadela là cường độ sáng, đo theo phương vuông góc với mặt phẳng của mặt phát bức xạ lý tưởng (đen tuyệt đối) có diện tích bằng 1/600.000 m<sup>2</sup> ở nhiệt độ T=2046°K (nhiệt độ đông của platin) dưới áp suất 101.325 pascal (N/m<sup>2</sup>).*"

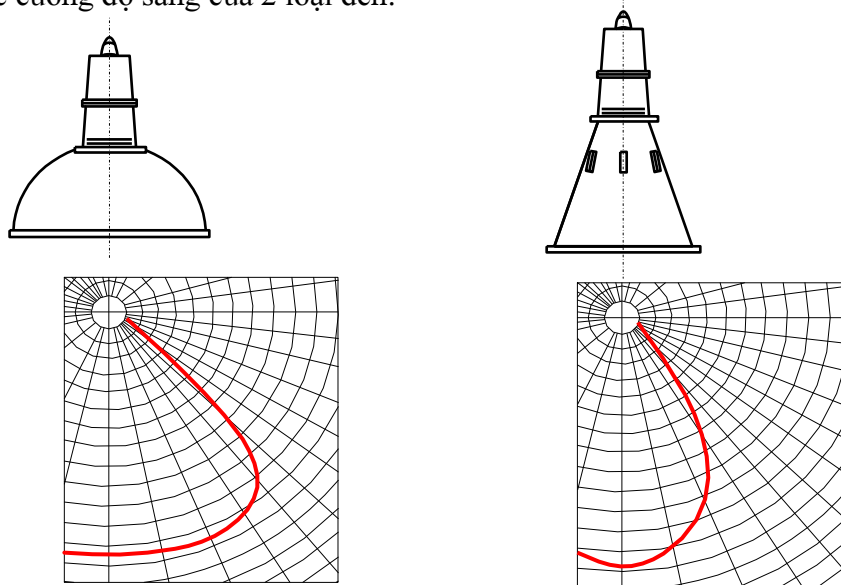
Các nguồn sáng gặp trong thực tế nói chung có cường độ sáng không như nhau theo các hướng. Vì vậy, khi nói cường độ sáng phải liên kết nó với hướng nào đó trong không gian.

Từ một nguồn sáng điểm, nếu ta vẽ những vectơ cường độ sáng theo các hướng không gian, rồi nối liền đầu mút các vectơ đó bằng một mặt liên tục, ta có hình thể trực quan của nguồn (hình vẽ).



**Hình 8: Biểu đồ cường độ ánh sáng của bóng đèn**

Ví dụ về cường độ sáng của 2 loại đèn:



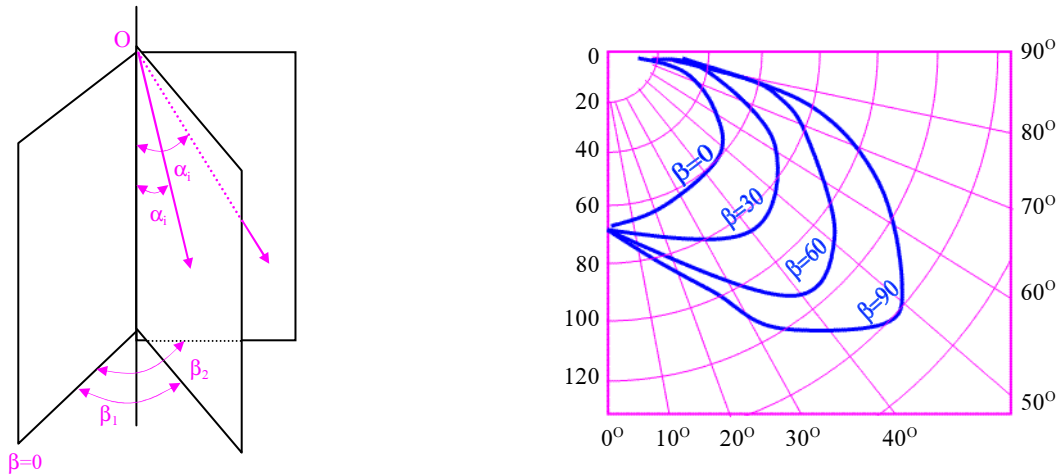
**Hình 9: Biểu đồ cường độ sáng của một số loại đèn**

<sup>1</sup> Cadela=tiếng Latinh, nghĩa là đèn sáp (nến).

Cadela không lớn. Một bóng đèn nung sáng 75W có thể phát ra 100cd theo hướng sáng nhất..

Trường hợp hình thể trục quang không đối xứng thì mỗi véc tơ cường độ sáng phải định vị bằng 2 góc  $\alpha$  và  $\beta$ , giống hệ kinh độ và vĩ độ.

Người ta cố định một trục đi qua nguồn sáng và lấy một mặt phẳng qua trục đó làm mặt phẳng kinh độ gốc  $\beta=0$  (hình vẽ). Các mặt phẳng kinh độ cắt trên mặt hình thể trục quang những đường biểu diễn đầu mút vectơ cường độ sáng có kinh độ  $\beta=const$ . Việc còn lại định vị vectơ bằng góc vĩ độ  $\alpha$ . Trường hợp này, cường độ sáng thường ký hiệu  $I(\alpha, \beta)$ . Biểu đồ cường độ sáng của các nguồn không đối xứng theo tọa độ cực sẽ gồm một họ đường kinh độ  $\beta=0, \beta=\beta_1, \dots$



Hình 10: Biểu đồ cường độ sáng của nguồn đối xứng theo không gian

#### 4/ ĐỘ CHÓI - ĐỘ RỢI :

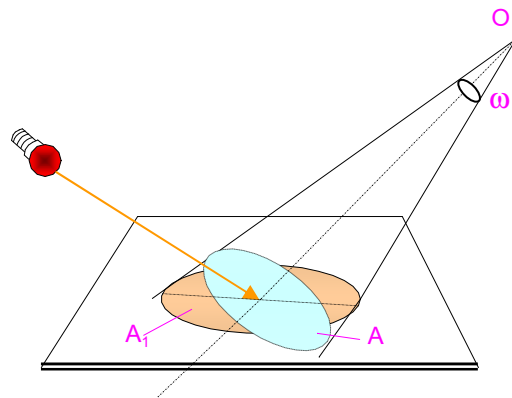
##### a/ Độ chói:

Hãy quan sát một bề mặt được chiếu sáng trắng từ một điểm O trong không gian. (Bề mặt này giống như một nguồn thứ cấp vì nó phản chiếu lại ánh sáng về phía người quan sát ở điểm O).

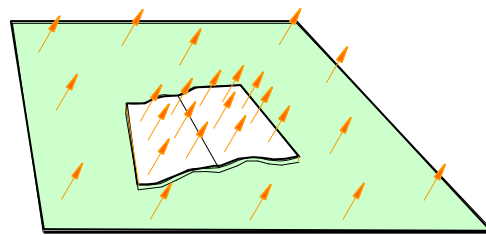
Ví dụ quan sát quyển sách đặt trên bàn. Lúc này, độ chói của quyển sách cao hơn độ chói của bàn. Bàn tối hơn và phản xạ kém hơn.

Khi ta đọc sách, chính sự khác biệt về độ chói của chữ (mực đen) và độ chói của giấy giúp ta đọc được chữ (tương phản). Trong trường hợp này, độ chói trung bình của tờ giấy in chỉ có tác dụng về tiện nghi nhìn.

Độ chói của mặt phát ánh sáng là mật độ của cường độ sáng trên một phần tử vô cùng bé của nó, vuông góc với hướng quan sát.

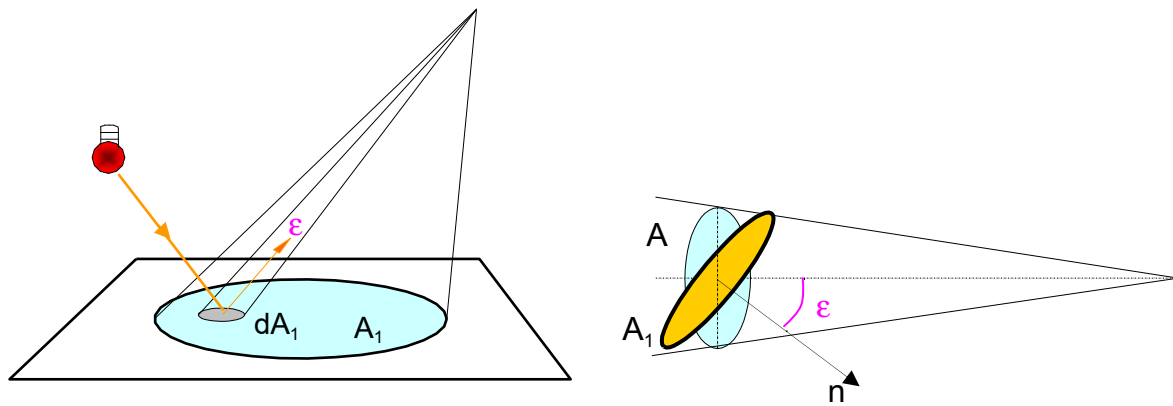


Hình 11: Nguồn thứ cấp phát sinh độ chói



Hình 12: Độ chói quyển sách và bàn





Hình 13: Vi phân bề mặt xác định độ chói

Nếu hướng quan sát có góc  $\epsilon$  với pháp tuyến  $n$  của mặt phát sáng, thì độ chói tính theo công thức:

$$L_{\epsilon} = \frac{dI_{\epsilon}}{\cos \epsilon \cdot dA_1}$$

$dI_{\epsilon}$  : cường độ sáng theo hướng  $\epsilon$ .

$dA_1$  : diện tích mặt phát sáng.

Phương trình trên có thể viết dưới dạng:

$$L_{\epsilon} = \frac{d^2\Phi_{\epsilon}}{\cos \epsilon \cdot dA_1 \cdot d\omega}$$

$d^2\Phi_{\epsilon}$  : quang thông phát theo hướng  $\epsilon$  từ diện tích vô cùng bé  $dA_1$  trong giới hạn góc khối  $d\omega$  mà trực trùng với hướng  $\epsilon$ .

Nếu độ chói là hằng số theo mọi hướng:

$$d\Phi = L \cdot dA_1 \int_{\text{bán cầu}} \cos \epsilon \cdot d\omega = \pi \cdot L \cdot dA_1$$

Độ chói của vật quan sát xác định cảm giác nhìn thấy của mắt, cho nên đại lượng  $L$  có vai trò quan trọng trong khi nghiên cứu khoa học về nhìn thấy.

Đơn vị độ chói là cadela trên mét vuông [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]. Đơn vị cũ là nit =  $1 \text{cd}/\text{m}^2 = 1 \text{nt}$ .

### b/ Độ rọi :

Độ rọi dùng để đánh giá tình hình quang thông ở một khoảng cách nào đó (tại mặt nhận ánh sáng).

Độ rọi tại một điểm của diện tích nhận ánh sáng là mật độ quang thông trên một diện tích vô cùng bé bao quang điểm ấy. Tức là:

<sup>2</sup> Đơn vị độ chói  $\text{cd}/\text{m}^2$  khá nhỏ. Chẳng hạn, độ chói của những đám mây trắng trên bầu trời nước ta về mùa hè khi trời nắng vào khoảng  $30.000 \text{cd}/\text{m}^2$ .

$$E = \frac{d\Phi}{dA_2}, \quad [lx].$$

$dA_2$  : diện tích mặt nhận bức xạ.

Đơn vị đo độ rọi là  $lux$ <sup>3</sup>, viết tắt là  $lx$ . Lux là độ rọi do quang thông bằng 1 lumen chiếu đến và phân bố đều trên mặt nhận có diện tích 1 m<sup>2</sup>.

$$[lx] = \frac{[lm]}{[m^2]}$$

Nếu quang thông chiếu đến phân bố đều trên diện tích nhận ánh sáng thì độ rọi trung bình tại đó sẽ tính theo công thức:

$$E = \frac{\Phi}{A_2}, \quad [lx]$$

$\Phi$  : đo bằng lumen.

$A_2$  : diện tích được chiếu sáng [m<sup>2</sup>].

Vì  $d\Phi = I.d\omega$  và  $d\omega = \frac{dA_2}{r^2} \cos \alpha$  nên công thức có thể viết dưới dạng:

$$E = \frac{d\Phi}{dA_2} = \frac{I \cdot \frac{dA_2 \cdot \cos \alpha}{r^2}}{dA_2} = \frac{I \cdot \cos \alpha}{r^2}$$

$dA_2$  : diện tích được chiếu sáng.

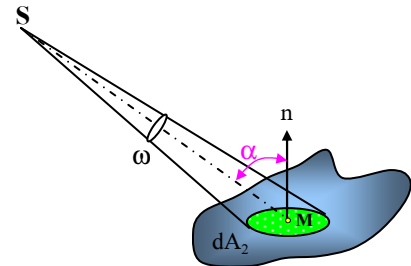
$r$  : khoảng cách từ nguồn đến điểm M trên diện tích chiếu sáng.

$\alpha$  : góc của tia sáng với pháp tuyến diện tích được chiếu sáng.

Nếu tia sáng vuông góc với mặt được chiếu sáng ( $\alpha = 0 \rightarrow \cos \alpha = 1$ ) thì:

$$E = \frac{I}{r^2}$$

Độ rọi không phụ thuộc vào bản chất bề mặt và không phụ thuộc vào hướng từ đó quang thông tới chiếu xuống bề mặt này. Do vậy, độ rọi của quyển sách cũng giống như độ rọi của bề mặt giá của nó.



Hình 14: Vi phân bề mặt xác định độ rọi

## II - CÁC TÍNH CHẤT QUANG HỌC CỦA VẬT LIỆU

Khi ánh sáng chiếu đến một vật, sẽ xuất hiện các thành phần khác nhau như hình vẽ:

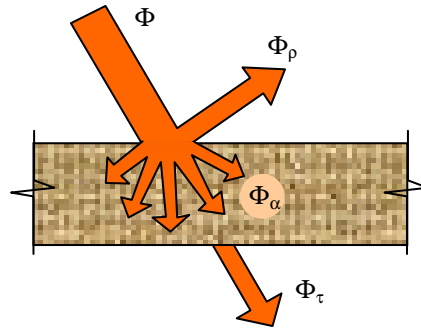
- Một phần sẽ phản xạ trở lại:  $\Phi_p$ .
- Một phần sẽ xuyên qua:  $\Phi_\tau$ .
- Một phần sẽ bị hấp thụ:  $\Phi_\alpha$ .

<sup>3</sup> Anh, Mỹ dùng đơn vị độ rọi foot-candle,  $1fc = 10,76 lx$ .

Lux là một đơn vị nhỏ. Ánh sáng trăm rằm khoảng 0,2 lx. Cây đèn hoa kỳ nhỏ trên mặt bàn 3-5 lx. Độ rọi cần thiết để đọc sách ít nhất là 20 lx, bình thường phải trên 50 lx. Độ rọi tại mặt đất ngoài trời ngày nắng to mùa hè nước ta lúc giữa trưa đến 90.000 lx.

Với  $\rho$ ,  $\tau$ ,  $\alpha$  là các hệ số phản xạ, xuyên suốt và hấp thụ của vật, tính theo [%].

$$\left. \begin{aligned} \rho &= \frac{\Phi_{\rho}}{\Phi} \\ \tau &= \frac{\Phi_{\tau}}{\Phi} \\ \alpha &= \frac{\Phi_{\alpha}}{\Phi} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \rho + \tau + \alpha = 1.$$



Hình 15: Ánh sáng truyền qua kết cấu

### 1/ TÍNH CHẤT PHẢN XẠ ÁNH SÁNG CỦA BỀ MẶT VẬT LIỆU :

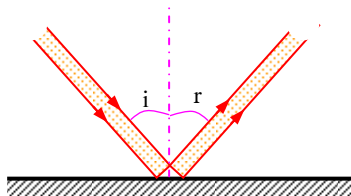
Ánh sáng là phổ của nhiều tia sáng ( $\lambda$  khác nhau). Trong nghiên cứu chuyên sâu  $\rightarrow$  phải xác định hệ số phản xạ đơn sắc  $\rho(\lambda)$ .

$$\rho(\lambda) = \frac{\Phi_{\rho}(\lambda)}{\Phi(\lambda)}$$

$\Phi_{\rho}(\lambda)$  : quang thông phản xạ trong lân cận  $\lambda$ .

$\Phi(\lambda)$  : quang thông tới trong lân cận  $\lambda$ .

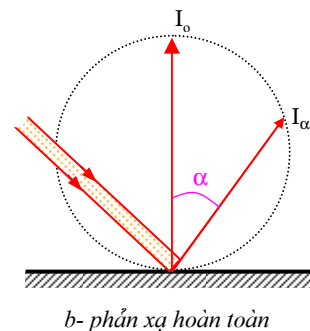
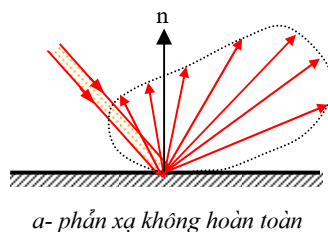
➤ *Phản xạ đơn hướng (gương):*



Hình 16: Phản xạ đơn hướng

Góc tới  $i$  = góc phản xạ  $r$

➤ *Phản xạ khuếch tán:*



Hình 17: Phản xạ khuếch tán

Biểu đồ trên thể hiện đường cong nối vectơ cường độ sáng. Loại này thường gặp ở các trần nhà màu trắng đục.

Khi ta chiếu sáng vào 1 miếng giấy thấm màu trắng hoặc lớp tuyết mới rơi, sẽ có sự khuếch tán hoàn toàn, vì bề mặt của nó có sẽ có độ chói đều trên tất cả các hướng quan sát.

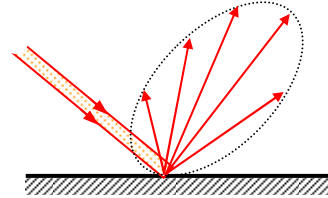
Lúc này, phân bố cường độ phân bố theo định luật Lambe:

$$I_{(\alpha)} = I_0 \cdot \cos \alpha$$

$$\text{Do đó : } L_{(\alpha)} = \frac{I_{(\alpha)}}{S_a} = \frac{I_{(\alpha)}}{S \cdot \cos \alpha} = \frac{I_0 \cdot \cos \alpha}{S \cdot \cos \alpha} = \frac{I_0}{S} = \text{const}$$

➤ **Phản xạ hỗn hợp:**

Loại này thường gặp trong thực tế.  
Nó tạo ra nguồn thứ cấp.



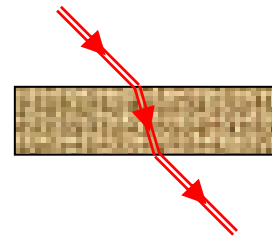
Hình 18: Phản xạ hỗn hợp

**2/ TÍNH CHẤT XUYỀN SÁNG :**

Ánh sáng xuyên qua vật sẽ được xác định bằng hệ số xuyên sáng  $\tau$ , nó sẽ thay đổi tùy thuộc vào góc tới của tia sáng và thành phần phổ của các tia tới.

➤ **Sự xuyên sáng định hướng:**

Xuyên sáng định hướng xảy ra khi các tia sáng đi ra khỏi vật mà không thay đổi hướng.  
Đó là vật liệu trong suốt (kính).

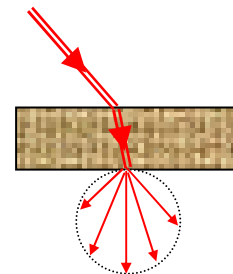


Hình 19: Xuyên sáng định hướng

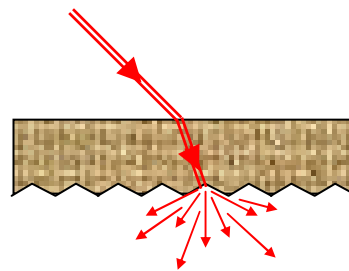
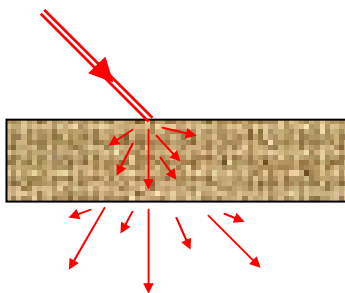
➤ **Sự xuyên sáng khuếch tán:**

Khi ra khỏi vật, nó khuếch tán về mọi hướng. Trường hợp lý tưởng là khuếch tán hoàn toàn với đường xuyên sáng là một mặt cầu, có độ chói đồng đều mọi hướng.

Xuyên suốt khuếch tán có tác dụng giảm được độ chói quá lớn. Trên phương diện kỹ thuật, ta có vật liệu xuyên suốt khuếch tán bằng cách tác động hóa học hoặc cơ học lên bề mặt đi ra (thủy tinh mờ) hoặc trộn vào vật liệu những hạt nhỏ (bột) màu trắng tạo sự khuếch tán ngay trong vật liệu.



Hình 20: Xuyên sáng khuếch tán

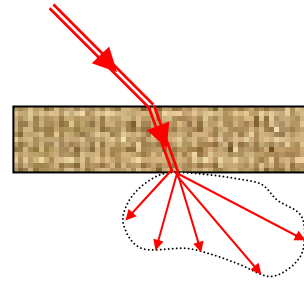


Hình 21: Hai phương pháp tạo khuếch tán qua kính

➤ Sự xuyên sáng hỗn hợp:

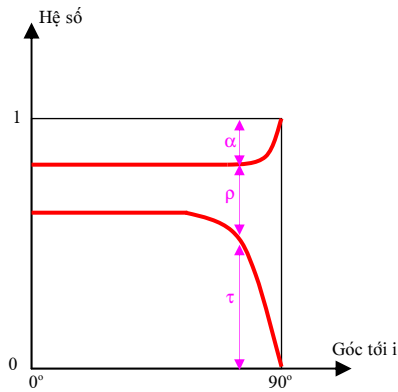
Trường hợp này hay gặp trong thực tế. Nó kết hợp sự xuyên sáng trực tiếp và khuếch tán.

Với bóng đèn, ta không thể phân định chính xác dây tóc nhưng có thể xác định vị trí của nó.



Hình 22: Xuyên sáng hỗn hợp

ĐỒ THỊ BIỂU THỊ SỰ HẤP THỤ, PHẢN XẠ & XUYÊN SÁNG :



Các hệ số này phụ thuộc vào góc tới  $i$  của ánh sáng:

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (100\%)$$

$\alpha$  : hệ số hấp thụ.

$\rho$  : hệ số phản xạ.

$\tau$  : hệ số xuyên suốt.

Hình 23: Đồ thị xác định hệ số hấp thụ, phản xạ và xuyên sáng



# THIẾT KẾ & TÍNH TOÁN CHIẾU SÁNG TỰ NHIÊN

## I - TIÊU CHUẨN CHIẾU SÁNG TỰ NHIÊN

### 1/ NGUỒN SÁNG TỰ NHIÊN :

Nguồn sáng tự nhiên bao gồm 3 thành phần:

- Ánh sáng trực tiếp của mặt trời (*trực xạ*).
- Ánh sáng *tán xạ* của bầu trời.
- Ánh sáng *phản xạ* từ bề mặt đất, cây cối, công trình,...

#### a/ Ánh sáng trực xạ:

Trực xạ là bức xạ mặt trời do các tia nắng xuyên qua khí quyển chiếu trực tiếp xuống mặt đất. Khi xuyên qua khí quyển một phần năng lượng của tia bức xạ mặt trời bị khuếch tán và mất hút, nên cường độ của nó giảm đi. Sở dĩ có hiện tượng này là vì khí quyển thường không trong suốt, người ta đánh giá nó bằng hệ số trong suốt p.

➤ *Độ rọi của ánh sáng trực xạ lên mặt phẳng vuông góc với tia nắng:*

$$E_s = S_o \cdot \left(\frac{1}{d}\right)^2 \cdot p^m \cdot \eta_s \quad , \quad [lx]$$

$S_o$  : hằng số bức xạ mặt trời:  $S_o = 1,94$  [kcal/cm<sup>2</sup>.phút].

$d$  : khoảng cách từ mặt trời đến trái đất tại thời điểm tính toán [đơn vị thiên văn].

$p$  : hệ số trong suốt của khí quyển.

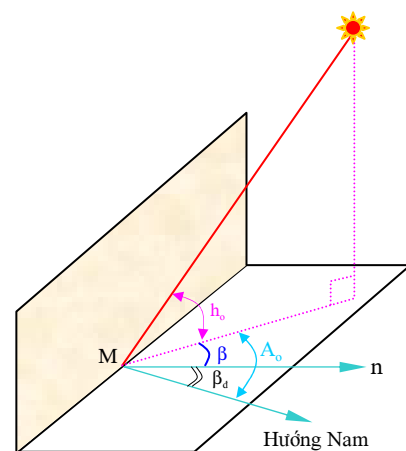
$m$  : khối lượng khí quyển tại thời điểm tính toán.

$\eta_s$  : hệ số chuyển đổi áp dụng cho trực xạ khi trời nắng và quang mây.

➤ *Độ rọi của ánh sáng trực xạ lên mặt phẳng nằm ngang:*

$$E_{s'} = E_s \cdot \sin h_o \quad , \quad [lx]$$

$h_o$  : độ cao mặt trời.



Hình 1: Độ rọi của trực xạ lên các bề mặt

➤ *Độ rọi của ánh sáng trực xạ lên mặt phẳng thẳng đứng:*

$$E_{s''} = E_s \cdot \cos h_o \cdot \cos \beta \quad , \quad [lx]$$

$\beta$  : góc phương vị của mặt trời so với phương vị mặt đứng:

$$\beta = A_o - \beta_d .$$

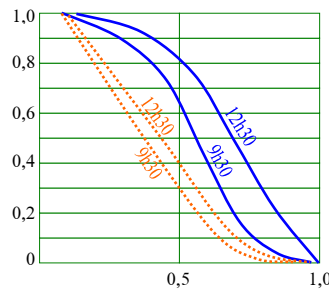
$A_o$  : góc phương vị của mặt trời.

$\beta_d$  : góc phương vị của mặt đứng.

**b/ Ánh sáng tán xạ:**

Ánh sáng mặt trời chiếu xuống, bị tác động hấp thu và khuếch tán mạnh của các phần tử không khí và các hạt lơ lửng (mây, mù, bụi, cát, khói,...), chúng làm giảm năng lượng mặt trời chiếu xuống nhưng lại có khả năng phát xạ trở lại tạo nên ánh sáng tán xạ để chiếu sáng cho các công trình kiến trúc. Do vậy khi trời có mây thì cường độ tán xạ lớn hơn khi trời quang mây.

Ở nước ta đã có nhiều trạm khí tượng đã quan trắc tán xạ bầu trời, người ta thành lập thành biểu đồ phân bố tích lũy cường độ tán xạ mặt trời trên mặt phẳng nằm ngang D [calo/cm<sup>2</sup>].



**Hình 2: Biểu đồ tích lũy cường độ bức xạ mặt trời trên mặt phẳng**

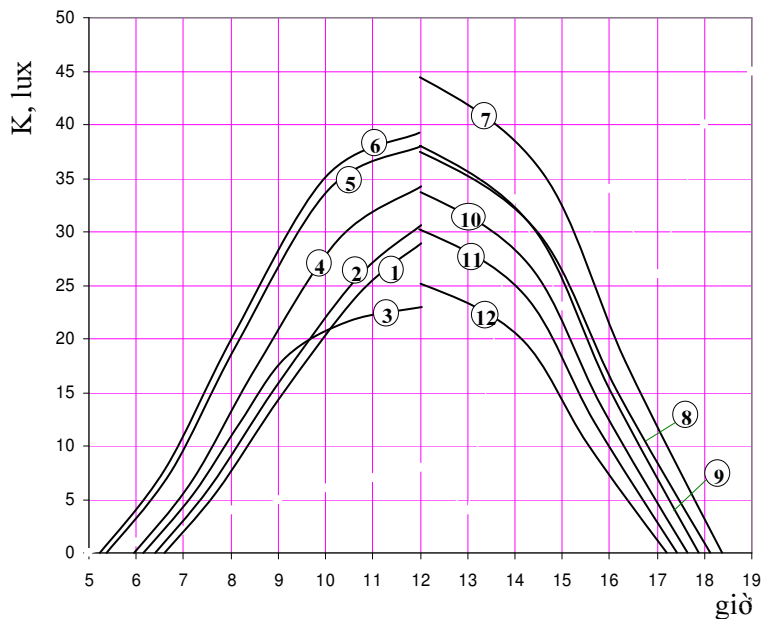
— Có nắng  
- - - Không có nắng

Từ biểu đồ xác định được trị số bức xạ khuếch tán trên mặt phẳng ngang D từ đó ta có thể suy ra ánh sáng tán xạ bầu trời theo công thức:

$$E_D = D \cdot \eta_D \quad , \quad [lx].$$

$\eta_D$  : hệ số chuyển đổi bức xạ ra ánh sáng áp dụng cho tán xạ → tra bảng.

Để thuận tiện người ta lập thành biểu đồ để tra. Từ biểu đồ ta có thể biết được giờ nào thì dùng được ánh sáng tự nhiên để chiếu sáng mà không cần ánh sáng nhân tạo. Đánh giá bằng độ rọi tới hạn  $E_{th}$ . Độ rọi tới hạn là độ rọi ngoài trời khi bắt đầu tắt ánh sáng nhân tạo và



**Hình 3: Biểu đồ độ rọi ánh sáng tán xạ trên mặt nằm ngang tại Hà nội**

dùng ánh sáng tự nhiên.

$$E_{th} = E_{nt} : e$$

$E_{nt}$  : tiêu chuẩn chiếu sáng nhân tạo.

$e$  : hệ số chiếu sáng tự nhiên.

## 2/ HỆ SỐ CHIẾU SÁNG TỰ NHIÊN:

Hệ số chiếu sáng tự nhiên biểu thị lượng ánh sáng ban ngày ngoài trời được sử dụng để chiếu sáng trong nhà. Hệ số chiếu sáng tự nhiên tại một điểm M của mặt phẳng lao động trong phòng là tỉ số giữa độ rọi ánh sáng tự nhiên tại điểm đó với độ rọi ánh sáng tự nhiên tại mặt phẳng nằm ngang ngoài trời lúc đó:

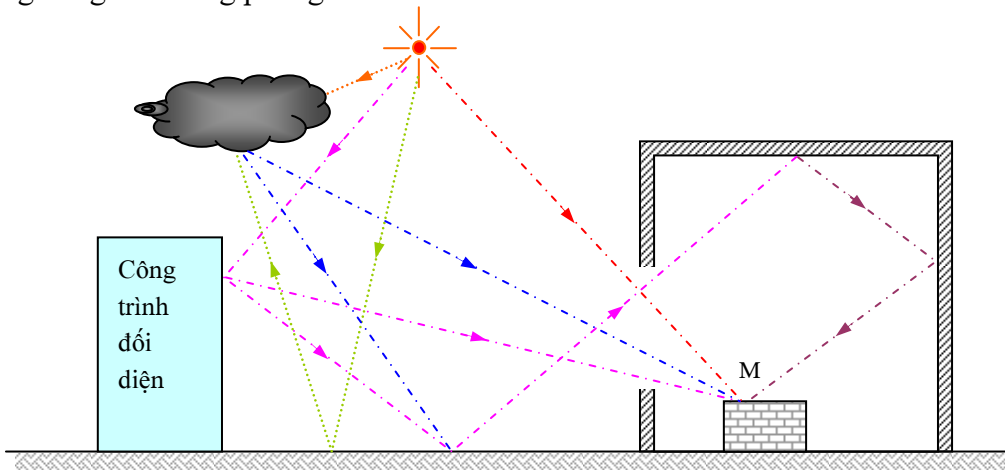
$$e_M = \frac{E_M}{E_{bt}} \cdot 100\%$$

$E_M$  : độ rọi tại điểm M trong phòng.

$E_{bt}$  : độ rọi do ánh sáng tán xạ của bầu trời tạo nên tại mặt phẳng nằm ngang ngoài trời.

Ánh sáng tự nhiên bên trong một phòng gồm 3 thành phần: thành phần trực tiếp, thành phần gián tiếp bên ngoài, thành phần gián tiếp bên trong.

- **Thành phần trực tiếp:** gồm ánh sáng trực xạ, ánh sáng tán xạ. Quan trọng nhất là ánh sáng tán xạ, vì nó chiếu sáng với bất kỳ thời tiết nào và ít mang theo lượng nhiệt vào phòng.
- **Thành phần gián tiếp bên ngoài:** gồm ánh sáng phản xạ từ bề mặt đất và các công trình kiến trúc, thành phần này rất đáng kể nhưng không thường xuyên.
- **Thành phần gián tiếp bên trong:** gồm ánh sáng phản xạ nhiều lần từ các bề mặt bên trong. Thành phần này đáng kể tại các phòng nhỏ, các bề mặt có hệ số phản xạ cao, có tác dụng nâng mức sáng đồng đều trong phòng.



Hình 4: Các thành phần chiếu sáng tự nhiên cho nhà

Ba thành phần trên biểu thị trong hệ số chiếu sáng tự nhiên qua 3 hệ số chiếu sáng:

$$e = e_{bt} + e_{ng} + e_{tr}$$



$e$  : hệ số chiếu sáng toàn phần tại điểm quan sát.

$e_{bt}$  : hệ số chiếu sáng do ánh sáng bầu trời gây trực tiếp:  $e_{bt} = e_{trực xạ} + e_{tán xạ}$ .

$e_{ng}$  : hệ số chiếu sáng do thành phần gián tiếp bên ngoài gây nên:  $e_{ng} = e_{c.t.kiến trúc} + e_{mặt đất}$ .

$e_{tr}$  : hệ số chiếu sáng do thành phần gián tiếp bên trong gây nên:  $e_{tr} = e_{phản xạ}$ .

Cơ sở chính để thiết kế và tính toán chiếu sáng tự nhiên là *Tiêu chuẩn Nhà nước* về hệ số chiếu sáng tự nhiên và một số qui định khác.

Khi xác định tiêu chuẩn, phải dựa vào đặc điểm khí hậu ánh sáng của các địa phương trong nước, đồng thời có sự kết hợp chặt chẽ với tiêu chuẩn chiếu sáng nhân tạo, làm thế nào tận dụng được nguồn sáng tự nhiên tương đối rẻ tiền và có đặc tính vệ sinh sinh thái ưu việt hơn ánh sáng nhân tạo nhiều, để hạ giá thành sản phẩm, hạ chi phí sinh hoạt, tiết kiệm năng lượng điện, bảo đảm điều kiện lao động nghỉ ngơi tốt cho con người.

Nhà nước ta đã lập thành bảng phân loại phòng theo cấp chiếu sáng và bảng qui định 6 cấp lao động của mắt tùy theo mức độ chính xác.

**Bảng 1: tiêu chuẩn chiếu sáng tự nhiên:**

Cấp chiếu sáng	Loại công việc trong phòng		Tiêu chuẩn chiếu sáng	
	Tính chất công việc	Vật phân biệt bằng mắt [mm]	CS qua cửa mái hay hỗn hợp $e_{tb}^4$	CS qua cửa sổ $e_{min}$
I	Đặc biệt chính xác	$\leq 0,1$	7%	2,5%
II	Chính xác cao	$> 0,1 - 0,3$	4,9%	1,4%
III	Chính xác	$> 0,3 - 1,0$	3,5%	1,0%
IV	Chính xác vừa	$> 1,0 - 10$	2,1%	0,7%
V	Thô	$> 10$	2,0%	0,5%
VI	Việc chỉ yêu cầu quan sát chung mà không cần phân biệt chi tiết		1,0%	0,25%

## II - TÍNH TOÁN CHIẾU SÁNG TỰ NHIÊN

Việc thiết kế chiếu sáng tự nhiên gồm 2 bước:

- ☞ *Sơ phác vị trí và kích thước các cửa chiếu sáng.*
- ☞ *Kiểm tra lại hệ số chiếu sáng tự nhiên tại một số điểm cần thiết trong phòng.*

### 1/ ĐẶC TÍNH CHIẾU SÁNG CỦA CÁC LOẠI CỬA :

#### a/ Cửa sổ:

#### ☛ Đặc tính cửa sổ:

Cửa sổ dùng ở hầu hết các loại nhà, khả năng chiếu sáng tùy thuộc chủ yếu vào vị trí và hình dáng, kích thước của nó.

<sup>4</sup> Hệ số chiếu sáng trung bình:  $e_{tb} = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n}$  ;  $n$  : số điểm xác định các hệ số  $e_i$ .

- **Cửa hẹp, cao, không che nắng:**
  - Ánh sáng không đều (gần cửa cao hơn).
  - Ánh sáng vào sâu hơn.
- **Cửa hẹp, cao, có che nắng:**
  - Ánh sáng phân bố đều hơn.
- **Cửa rộng, thấp:**
  - Tạo ra môi trường ánh sáng vừa phải, đều hơn.
  - Chi phí che nắng ít hơn.
  - Ánh sáng vào không sâu.
- **Cửa đặt trung bình (bộ cửa ngang với mặt phẳng lao động):**
  - Ánh sáng phân bố khá đều trên mặt phẳng làm việc.
- **Cửa đặt cao:**
  - Ánh sáng vào sâu hơn.
  - Phía sát tường bên có cửa → ánh sáng kém.
  - Tăng ánh sáng cho trần phản xạ.

Cửa sổ đảm bảo vấn đề chiếu sáng cho các thiết bị trong phòng, nhưng cần lưu ý hiện tượng bóng đổ của các thiết bị. Để tránh hiện tượng này nên kết hợp hài hoà với chiếu sáng từ cửa mái.

❁ **Kích thước cửa sổ:**

Được xác định theo công thức sau:

$$100 \cdot \frac{S_{cs}}{S_c} = \frac{e_{tc} \cdot \eta_{cs}}{\tau_o \cdot r_1} \cdot K_{fx}$$

$S_{cs}, S_c$  : diện tích của cửa sổ và cửa sà, [m<sup>2</sup>].

$e_{tc}$  : hệ số chiếu sáng tự nhiên tiêu chuẩn.

$\eta_{cs}$  : chỉ số ánh sáng của cửa sổ, phụ thuộc  $B/h_1$  và  $L_1/B$  → tra bảng 2.

$\tau_o$  : hệ số xuyên suốt ánh sáng toàn phần của cửa → tra từ bảng 5 đến bảng 10 (trang 88).

$r_1$  : hệ số tăng ánh sáng nhờ phản xạ nhiều lần bên trong → tra bảng 3.

$K_{fx}$  : hệ số kể đến ảnh hưởng kiến trúc đối diện → tra bảng 4.

**Bảng 2: chỉ số ánh sáng của cửa sổ ( $\eta_{cs}$ ):**

$\frac{L_1}{B}$	$B/h_1$							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
$\geq 4$	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	13	16	18	21	25	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	-

$B$  : chiều sâu phòng, [m].

$L_1$  : chiều dài phòng, [m].

$h_1$  : độ cao từ mặt phẳng lao động đến mép trên của cửa sổ, [m].

**Bảng 3: hệ số tăng ánh sáng nhờ phản xạ nhiều lần bên trong ( $r_1$ ):**

$\frac{B}{h_1}$	Chiếu sáng	$f_{tb} = 0,5$			$f_{tb} = 0,3$		
		$\frac{L_1}{B} = 0,5$	$\frac{L_1}{B} = 1$	$\frac{L_1}{B} \geq 2$	$\frac{L_1}{B} = 0,5$	$\frac{L_1}{B} = 1$	$\frac{L_1}{B} \geq 2$
Từ 1 đến 5	1 bên	2,1	1,9	1,5	1,4	1,3	1,2
	2 bên	1,35	1,25	1,15	1,1	1,1	1,1
>1,5 đến 2,5	1 bên	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8
	2 bên	1,8	1,45	1,25	1,25	1,15	1,1
>2,5 đến 4	1 bên	7,2	5,4	4,3	2,6	2,2	1,7
	2 bên	1,5	1,4	1,25	1,2	1,1	1,1

B : chiều rộng phòng, [m].

$L_1$  : chiều dài phòng, [m].

$h_1$  : độ cao từ mặt phẳng lao động đến mép trên của cửa sổ, [m].

**Bảng 4: hệ số kể đến ảnh hưởng kiến trúc đối diện ( $K_{fx}$ ):**

L/H	0,5	1	1,5	2	$\geq 3$
$K_{fx}$	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0

L : khoảng cách từ công trình đối diện đến cửa sổ, [m].

H : chiều cao công trình đối diện, [m].

**b/ Cửa mái:**

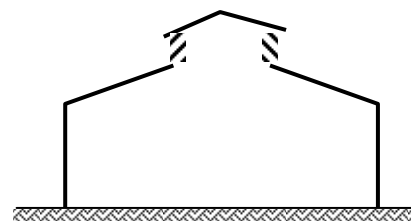
**☛ Đặc tính cửa mái:**

Cửa mái được sử dụng khi nhà có bề ngang rộng hoặc khẩu độ nhà lớn mà cửa sổ không đáp ứng nổi yêu cầu chiếu sáng. Loại cửa này khó che nắng trực xạ và che mưa, nhưng có lợi về mặt thông gió tự nhiên dưới tác dụng của nhiệt thừa.

Cửa mái nên bố trí ở hướng Bắc và Nam và cần có kết cấu che nắng.

▪ **Cửa hình chữ nhật:**

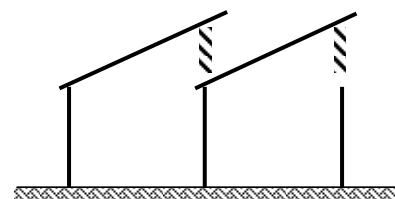
- Tăng hệ số chiếu sáng lên 5% khi kích thước đã tối ưu:  $S_c/S_s = 35\%$  (ứng với trường hợp không che nắng).
- Tăng lên 2,5-4% (ứng với trường hợp có che nắng).



**Hình 5: cửa mái hình chữ nhật**

▪ **Cửa hình răng cưa:**

- Hệ số chiếu sáng tăng 7% khi kích thước đã tối ưu (ứng với trường hợp không che nắng).
- Tăng lên 3,5-5,5% (ứng với trường hợp có che nắng).



**Hình 6: cửa mái hình răng cưa**

❁ **Kích thước cửa mái:**

$$100 \cdot \frac{S_{cm}}{S_s} = \frac{e_{tc} \cdot \eta_{cm}}{\tau_o \cdot r_2}$$

$S_{cm}, S_s$  : diện tích cửa mái cần thiết và diện tích sàn.

$e_{tc}$  : hệ số chiếu sáng tiêu chuẩn.

$\eta_{cm}$  : chỉ số ánh sáng của cửa mái → tra bảng 5.

$r_2$  : hệ số tăng ánh sáng nhờ phản xạ nhiều lần ở trong phòng → tra bảng 6.

$\tau_o$  : hệ số xuyên suốt ánh sáng toàn phần của cửa mái:

$$\tau_o = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5$$

$\tau_1$  : hệ số xuyên suốt ánh sáng của vật liệu → tra bảng 7.

$\tau_2$  : tỉ lệ hao phí ánh sáng qua khung cửa → tra bảng 8.

$\tau_3$  : hệ số hao phí ánh sáng qua kính bị bẩn → tra bảng 9.

$\tau_4$  : hệ số hao phí ánh sáng vì kết cấu chịu lực → tra bảng 10.

$\tau_5$  : hệ số hao phí ánh sáng qua kết cấu che nắng:

- Kết cấu che nắng nằm ngang:  $\tau_5 = 0,6 - 0,95$ .

- Kết cấu che nắng thẳng đứng:  $\tau_5 = 0,7 - 0,95$ .

**Bảng 5: chỉ số ánh sáng của cửa mái ( $\eta_{cm}$ ):**

Kiểu cửa mái	Chiều dài phòng Chiều rộng khẩu độ		
	1	2	3
Chữ nhật	6,7	4,5	4
Răng cưa	5	4,3	3,8

**Bảng 6: hệ số tăng ánh sáng nhờ phản xạ nhiều lần ở trong phòng ( $r_2$ ):**

Số khẩu độ trong phòng	Hệ số phản xạ trung bình $\varphi_{tb}$	Hệ số $r_2$ khi tỉ lệ $h/L_o$ bằng:				
		0,25	0,5	0,75	1	2
1	0,5	1,35	1,40	1,45	1,50	1,70
	0,4	1,25	1,30	1,35	1,40	1,60
	0,3	1,15	1,20	1,25	1,30	1,40
2	0,5	1,25	1,30	1,35	1,40	1,50
	0,4	1,15	1,20	1,25	1,30	1,40
	0,3	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
$\geq 3$	0,5	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
	0,4	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
	0,3	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05

**Bảng 7: hệ số xuyên suốt ánh sáng của vật liệu ( $\tau_1$ ):**

Kính	$\tau_1$	Kính	$\tau_1$
Kính thường 1 lớp	0,90	Khối thuỷ tinh	0,50
Kính hoa văn	0,60	Kính hữu cơ trong suốt	0,90
Kính cốt thép	0,60	Kính hữu cơ màu sữa	0,60

Kính màu sữa	0,40		
--------------	------	--	--

Bảng 8: tỉ lệ hao phí ánh sáng qua khung cửa ( $\tau_2$ ):

Loại kết cấu khung	$\tau_2$
Khung gỗ	0,75
Khung thép, nhôm	0,75
Panen bê tông và khối thủy tinh	0,85

Bảng 9: hệ số hao phí ánh sáng ( $\tau_3$ ) qua kính bị bẩn:

Mức độ bẩn	$\tau_3$
Bẩn đặc (bụi, khói) kính đứng	0,65
Bẩn vừa (bụi, khói) kính đứng	0,70
Bẩn nhẹ (bụi) kính đứng	0,80

Bảng 10: hệ số hao phí ánh sáng ( $\tau_4$ ) vì kết cấu chịu lực:

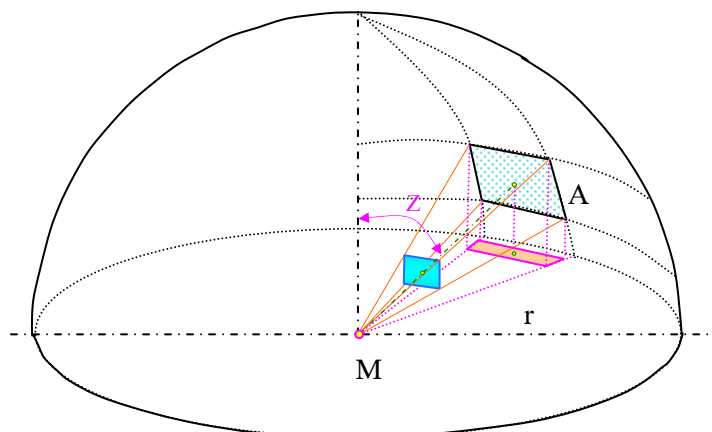
Mức độ bẩn	$\tau_4$
Vì kèo dàn bằng thép	0,90
Dàn và vòm bằng bê tông cốt thép	0,80
Vì kèo đặc chiều cao $\geq 0,5\text{m}$	0,80
Vì kèo đặc chiều cao $< 0,5\text{m}$	0,90

## 2/ KIỂM TRA LẠI HỆ SỐ CHIẾU SÁNG TỰ NHIÊN:

Như trên đã trình bày, hệ số chiếu sáng tự nhiên tại một điểm trong phòng gồm 3 thành phần:

- Phần do bầu trời tạo nên ( $e_{bt}$ ).
- Phần do ánh sáng phản xạ từ mặt đất và công trình bên ngoài vào ( $e_{ng}$ ).
- Phần do phản xạ nhiều lần bên trong công trình ( $e_{tr}$ ).

Hệ số bầu trời  $e_{bt}$  là thành phần cơ bản cần phải xác định trước tiên.



Hình 7: Máng trời nhìn thấy từ điểm M qua cửa sổ

Việc kiểm tra được thực hiện theo phương pháp **biểu đồ Danhiluc** dựa trên 2 định luật: "hình chiếu góc khối" và "đồng dạng".

Hệ số bầu trời là tỉ lệ giữa mảng trời nhìn thấy từ điểm M (của mặt phẳng lao động) và toàn bầu trời, đem chiếu xuống mặt phẳng lao động đó:

$$e_{bt} = \frac{A \cos Z}{\pi r^2}$$

A : diện tích mảng trời nhìn thấy từ điểm M (nhìn qua cửa sổ).

Z : góc thiên đỉnh của tâm mảng trời đó (tức là tâm cửa sổ).

r : bán kính bầu trời.

Danhiluc phân tích hệ số  $e_{bt}$  đó thành 2 hệ số:  $e_1$  theo hướng đứng (vuông góc với mặt phẳng của ánh sáng), và  $e_2$  theo hướng nằm (trùng với mặt phẳng đi qua điểm M và tâm của ánh sáng), mỗi hệ số đều lấy theo %.

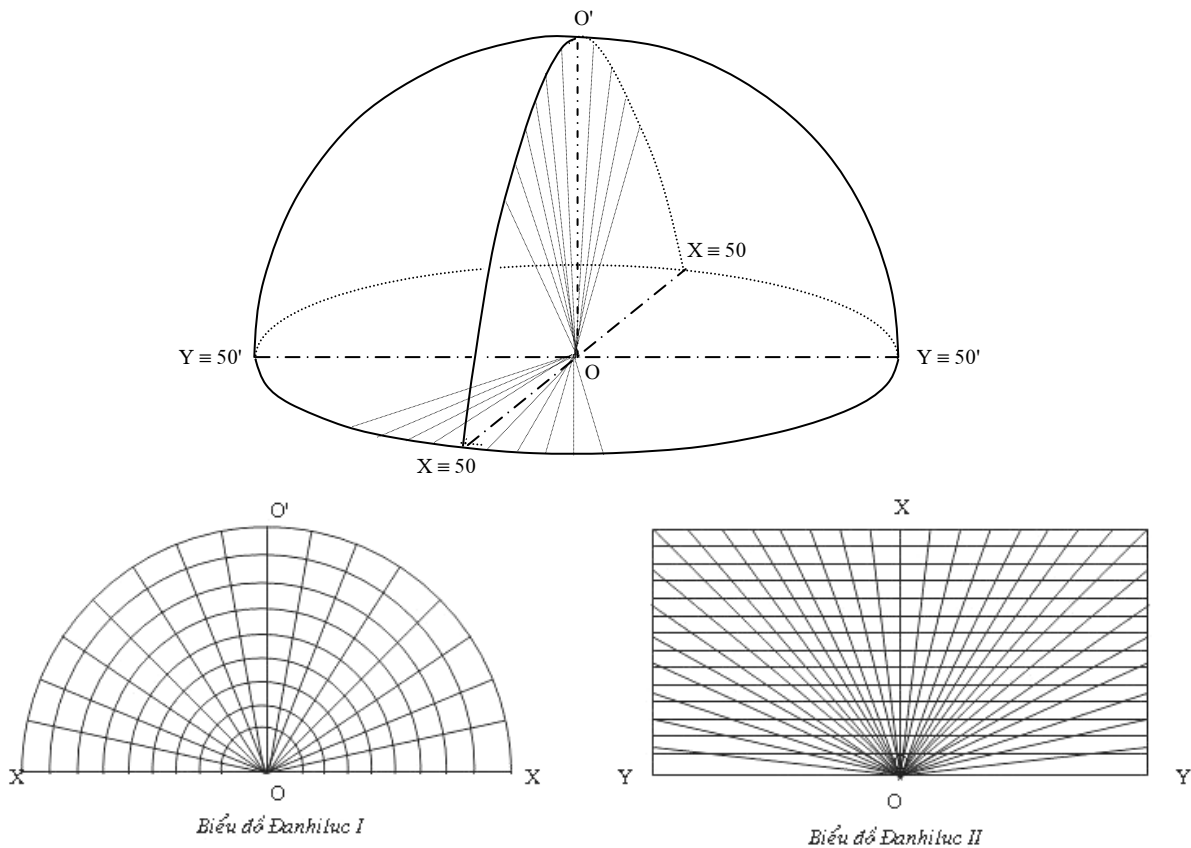
Lúc đó:  $e_{bt} = e_1 \cdot e_2$

$e_1$  : xác định theo biểu đồ I.

$e_2$  : xác định theo biểu đồ II.

#### ❖ Cách tạo biểu đồ Danhiluc:

Coi bán kính bầu trời  $r=1$ , chia bầu trời thành 10.000 phần bằng nhau, mỗi phần có diện tích  $\pi/10.000$ , với 101 đường kinh tuyến và 99 đường vĩ tuyến.



Hình 8: Cách tạo biểu đồ Danhiluc

- ☞ Lấy mặt phẳng chính giữa 1/2 đường tròn đường kính XX và trục O-O' ra. Từ O nối với các điểm 1, 2, 3,..., 50 về hai phía của đường tròn. Trên hai phía của đường tròn đã bị 101 kinh tuyến cắt thành biểu đồ Danhiluc I.
- ☞ Lấy mặt phẳng chính giữa 1/2 đường tròn đường kính YY và trục OX ra. Từ O nối với các điểm 1', 2', 3',...50' → mặt phẳng này bị 99 đường vĩ tuyến cắt ra hình thành biểu đồ Danhiluc II.

**☛ Cách sử dụng biểu đồ Danhiluc:**

- ☞ Vẽ mặt cắt đứng và mặt cắt ngang của phòng qua tâm của ánh sáng trên giấy can, theo tỉ lệ như nhau.
- ☞ Đặt mặt cắt đứng lên biểu đồ Danhiluc I sao cho tâm của biểu đồ trùng với điểm kiểm tra M, và đường đáy biểu đồ trùng với mặt phẳng tính toán; đọc số liệu của tia qua bậu cửa (ví dụ: 50), và mép trên của cửa (ví dụ: 45), sẽ có:  $e_1 = 0,50 - 0,45 = 0,05$ . Ghi số hiệu của vòng tròn đi qua tâm của sổ (ví dụ: 0,5).
- ☞ Đặt mặt cắt ngang lên biểu đồ Danhiluc II, sao cho tâm của ánh sáng trùng với đường ngang số 0,5, và đáy biểu đồ song song với mặt phẳng cửa. Đọc số liệu các tia đi qua mép các cửa. Ví dụ có 2 cửa thì phải cộng lại:  $e_2 = 0,20 + 0,30 = 0,50$ .

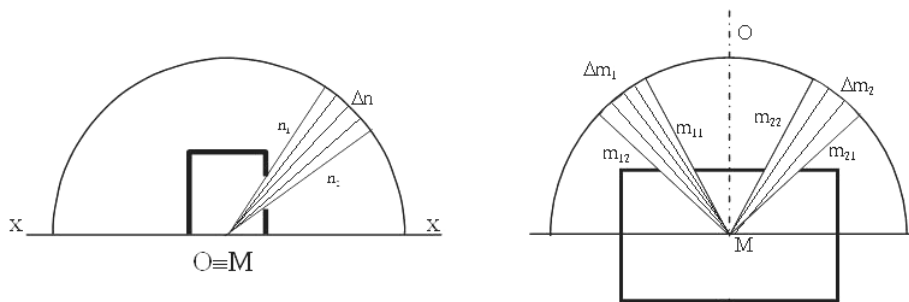
Lúc này: hệ số bầu trời bằng:  $e_{bt} = 0,05 \times 0,50 = 0,025$

Tóm lại:

- Biểu đồ Danhiluc I xác định được số tia:  $\Delta n$ .
- Biểu đồ Danhiluc II xác định được số tia:  $\Delta m$ .
- Lúc đó:  $e_M = e_1 \cdot e_2 = \Delta n \cdot \Delta m$

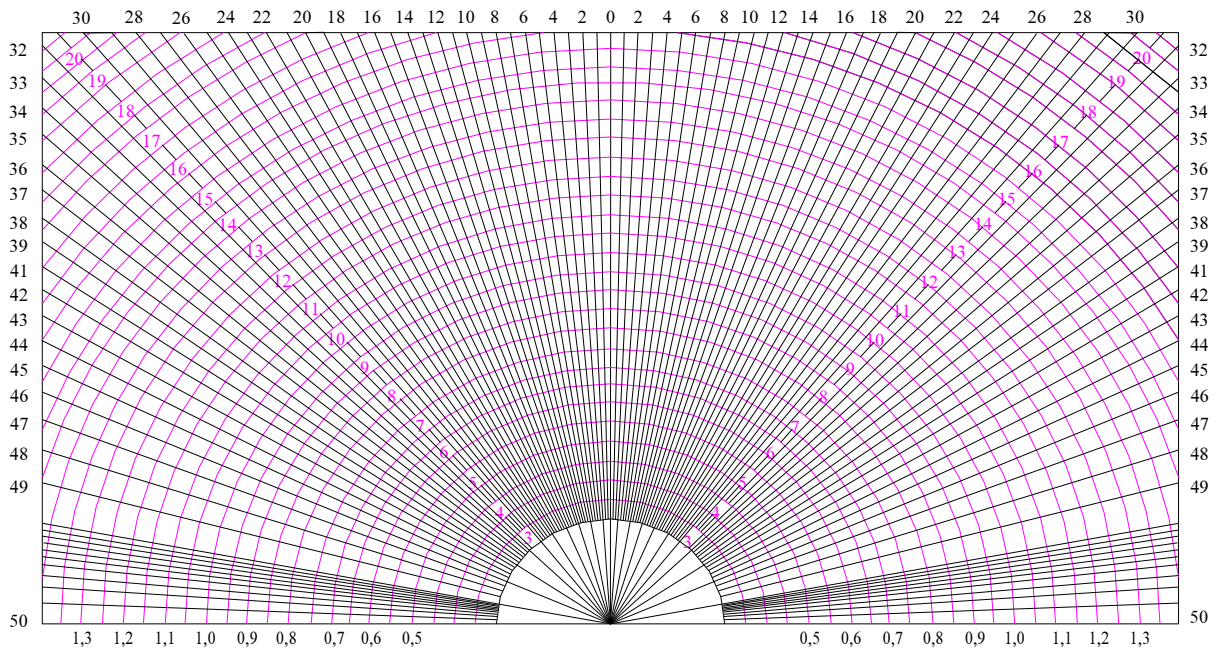
Với trường hợp nhà 2 cửa:

$$e_M = e_1 \cdot e_2 = \Delta n \cdot \Delta m = \Delta n \cdot (\Delta m_1 + \Delta m_2) \\ = (n_2 - n_1) \cdot (m_{12} - m_{11}) \cdot (m_{22} - m_{21})$$

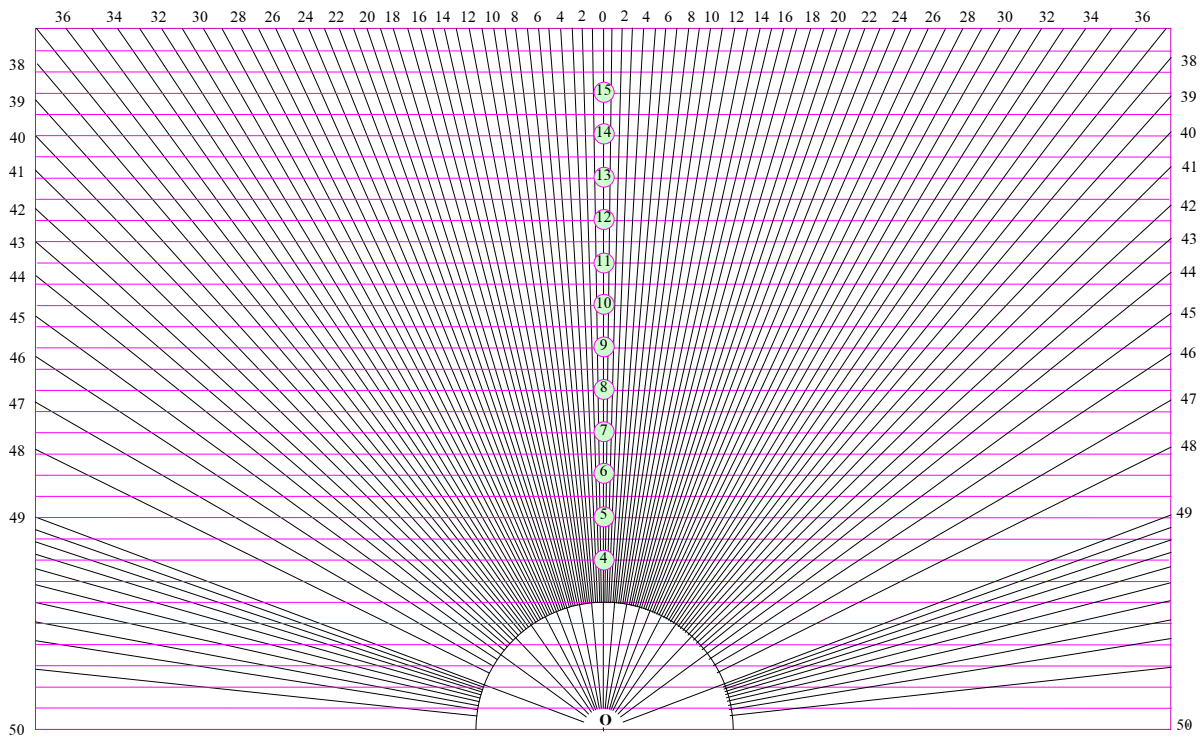


Hình 9: Cách sử dụng biểu đồ Danhiluc

☞ Nếu cửa hình tròn thì phải thay thế bằng cửa "tương đương" hình vuông có cạnh bằng  $0,885 \cdot d$ , với  $d$  là đường kính của vòng tròn. Cửa ánh sáng hình elip thì thay bằng hình chữ nhật có chiều dài bằng  $0,885 \cdot a$ , chiều ngang bằng  $0,885 \cdot b$ , với  $a$  và  $b$  là hai trục của elip.



Hình 10: Biểu đồ Danhiluc I



Hình 11: Biểu đồ Danhiluc II



Xác định xong hệ số bầu trời thì tính hệ số chiếu sáng tự nhiên toàn phần tại điểm M bằng các công thức:

- *Chiếu sáng qua cửa sổ* (chiếu sáng bên):

$$e_M = (e_{bt} \cdot q + e_{kt} \cdot k_{kt}) \cdot \tau_o \cdot r_1$$

- *Chiếu sáng qua cửa mái* (chiếu sáng trên):

$$e_M = [e_{bt} + e_{tb} (r_2 \cdot k_m - 1)] \cdot \tau_o$$

- *Chiếu sáng hỗn hợp* (cửa mái + cửa sổ): thì tính riêng  $e_M$  qua cửa sổ và qua cửa mái rồi cộng lại.

$e_{bt}$  : hệ số bầu trời xác định bằng biểu đồ Đanhiluc.

$q$  : hệ số điều chỉnh vì độ chói phân bố trên bầu trời theo kiểu biểu đồ Mun-Xpenxơ (hình 12).

$\tau_o$  : hệ số xuyên suốt tổng hợp của ánh sáng  $\rightarrow$  công thức ở trên (trang 88).

$r_1$  : hệ số tăng ánh sáng do phản xạ nhiều lần bên trong phòng (cửa sổ)  $\rightarrow$  tra bảng 11.

$r_2$  : hệ số tăng ánh sáng do phản xạ nhiều lần bên trong phòng (cửa mái)  $\rightarrow$  tra bảng 6.

$k_{kt}$  : hệ số ảnh hưởng của độ chói nhà đối diện (nếu có)  $\rightarrow$  tra bảng 12.

$e_{kt}$  : hệ số CSTN của nhà đối diện (nếu có)  $\rightarrow$  xác định bằng biểu đồ Đanhiluc như đối với bầu trời.

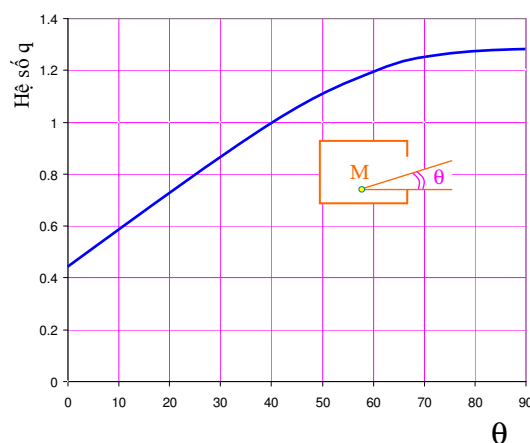
$k_m$  : hệ số ảnh hưởng của dạng cửa mái  $\rightarrow$  tra bảng 13.

$e_{tb}$  : hệ số bầu trời trung bình ở trong phòng trên mặt phẳng lao động, xác định theo công thức Xim-xôn:

$$e_{tb} = \frac{\frac{1}{2} e_1 + e_2 + e_3 + \dots + \frac{1}{2} e_n}{n - 1}$$

$n$  : số điểm tính toán trên mặt phẳng lao động.

$e_1, e_2, e_3, \dots, e_n$  : hệ số bầu trời tại từng điểm.



Hình 12: Biểu đồ trị số q

Bảng 11: hệ số tăng ánh sáng do phản xạ nhiều lần bên trong phòng ( $r_1$ ):

$\frac{B}{h_1}$	$\frac{d}{B}$	$\rho_{tb} = 0,5$			$\rho_{tb} = 0,3$		
		$\frac{L_1 = 0,5}{B}$	$\frac{L_1 = 1}{B}$	$\frac{L_1 \geq 2}{B}$	$\frac{L_1 = 0,5}{B}$	$\frac{L_1 = 1}{B}$	$\frac{L_1 \geq 2}{B}$
Cửa sổ 1 bên							
Từ 1 đến 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,00	1,00
	0,5	1,30	1,30	1,20	1,15	1,10	1,10
	1,0	2,10	1,90	1,50	1,40	1,30	1,20
Từ 1,5 đến 2,5	0,3	1,30	1,20	1,10	1,15	1,10	1,05
	0,5	1,85	1,60	1,30	1,30	1,20	1,10
	0,7	2,45	2,15	1,70	1,55	1,40	1,25
	1,0	3,80	3,30	2,40	2,80	2,40	1,80
Từ 2,5 đến 4	0,1	1,10	1,05	1,05	1,00	1,00	1,00
	0,3	1,20	1,15	1,10	1,10	1,10	1,05
	0,5	1,60	1,45	1,30	1,25	1,15	1,10
	0,7	2,60	2,70	1,70	1,60	1,50	1,30
	1,0	7,20	5,40	4,30	2,60	2,20	1,70
Cửa sổ 2 bên							
Từ 1 đến 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,00	1,00
	0,5	1,35	1,25	1,15	1,10	1,10	1,10
	1,0	1,60	1,40	1,25	1,25	1,15	1,10
Từ 1,5 đến 2,5	0,3	1,30	1,20	1,00	1,15	1,10	1,05
	0,5	1,80	1,45	1,25	1,25	1,15	1,10
	0,7	1,80	1,45	1,25	1,25	1,15	1,10
	1,0	2,10	1,75	1,50	1,30	1,25	1,20
Từ 2,5 đến 4	0,1	1,05	1,05	1,05	1,00	1,00	1,00
	0,3	1,20	1,15	1,10	1,10	1,10	1,05
	0,5	1,50	1,40	1,25	1,20	1,10	1,10
	0,7	2,25	1,90	1,45	1,50	1,40	1,20
	1,0	4,45	3,35	1,65	2,00	1,70	1,40

Bảng 12: hệ số ảnh hưởng của độ chói nhà đối diện ( $k_{kt}$ ):

Vật liệu bề mặt của nhà đối diện	Hệ số phản xạ bề mặt nhà đối diện	$k_{kt}$
Gạch silicat	0,25	0,12
Gạch thường	0,35	0,16
Panen bê tông màu sáng	0,3	0,14
Sơn trắng	0,5	0,25
Sơn màu sáng	0,45	0,2

Bảng 13: hệ số ảnh hưởng của dạng cửa mái ( $k_m$ ):

Dạng cửa mái	$k_m$
Cửa mái hình chữ nhật (2 cửa)	1,15
Cửa mái hình răng cưa (1 cửa)	1,20

**❖ CÁCH THỨC KIỂM TRA HỆ SỐ CHIẾU SÁNG TỰ NHIÊN TRONG PHÒNG:**

1. Xác định các mặt cắt đặc trưng; vẽ các mặt cắt lên giấy can.
2. Ấn định các điểm kiểm tra. Điểm biên nên cách cửa sổ 0,5m, các điểm cách đều, khoảng cách 2-3m.
3. Tại mỗi điểm, tìm  $e_{bt}$ ,  $q$ ,  $\tau_o$ , ... và tính  $e_M$ .
4. Vẽ biểu đồ  $e_{cửa sổ}$ ,  $e_{cửa mái}$  lên mặt cắt.
5. Vẽ biểu đồ  $e_{cs} + e_{cm} = e_{hỗn hợp}$  lên mặt cắt.
6. Tính  $e_{trung bình}$  của  $e_{hỗn hợp}$ .
7. So sánh  $e_{tb}$  hay  $e_{min}$  với tiêu chuẩn Nhà nước. Chưa bảo đảm hay quá thừa thì điều chỉnh vị trí và kích thước các cửa để đạt yêu cầu.
8. Đánh giá  $e_{min} : e_{max}$  có bảo đảm hệ số đồng đều hay không đồng đều.