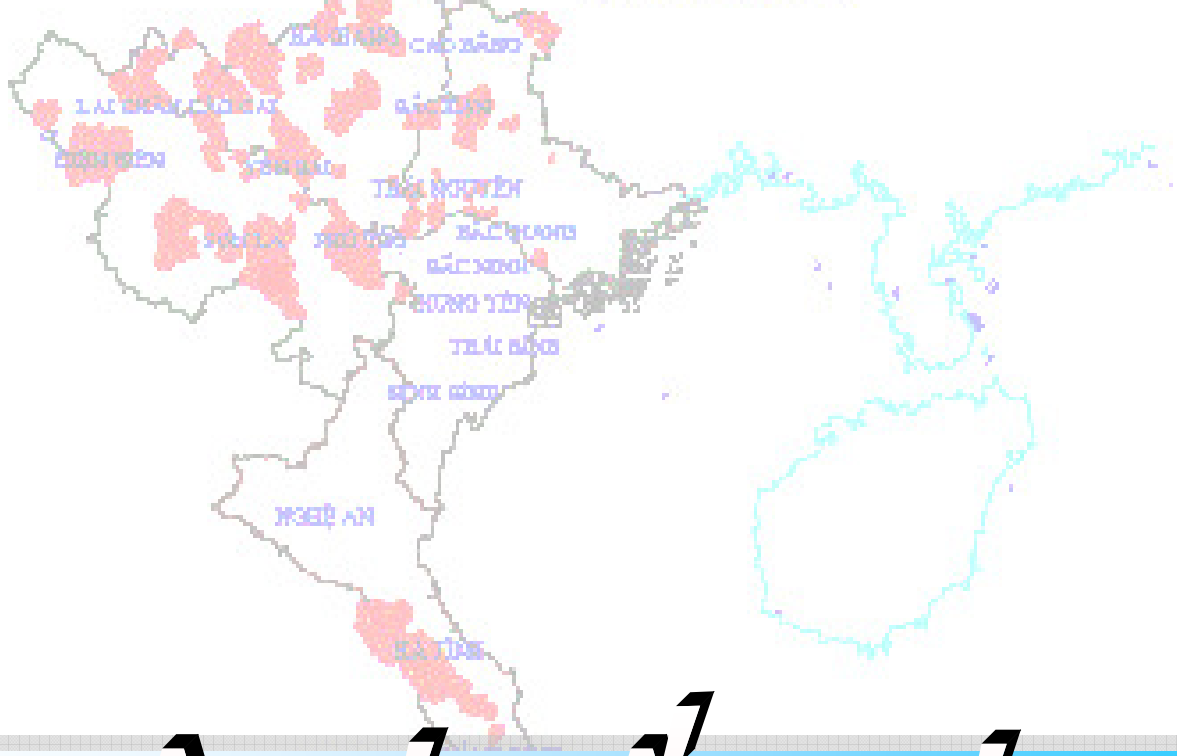
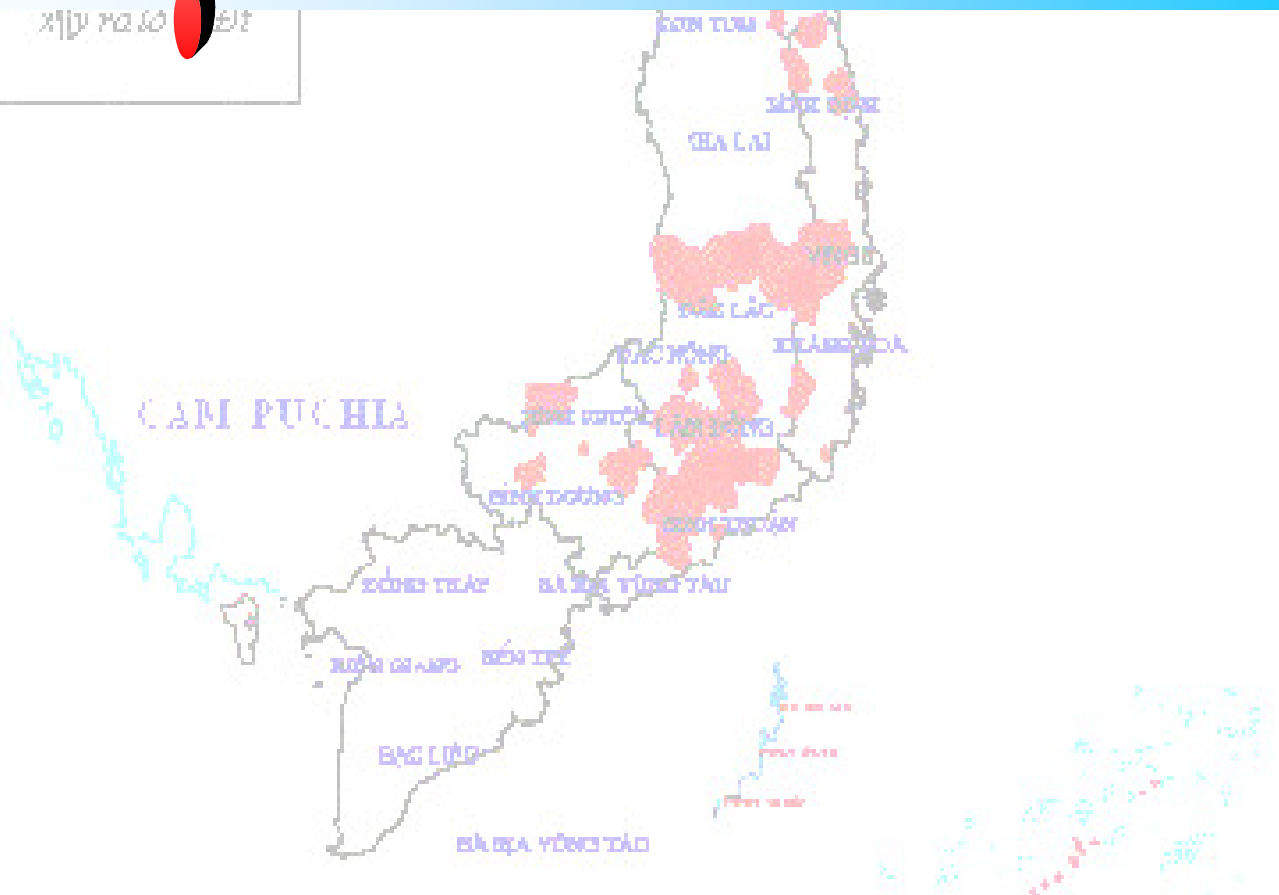


NGUYỄN ĐÌNH HUẤN



VẬT LÝ KIẾN TRÚC

XI ĐỖ HỒ ĐÌNH HUẤN



Đà Nẵng, 2005

PHẦN 1

NHIỆT & KHÍ HẬU

1

CÁC PHƯƠNG THỨC TRUYỀN NHIỆT KHÍ HẬU & CON NGƯỜI

I - CÁC PHƯƠNG THỨC TRUYỀN NHIỆT CƠ BẢN

Khi có 2 điểm khác nhau trong môi trường có nhiệt độ khác nhau sẽ phát sinh ra hiện tượng truyền nhiệt, nhiệt sẽ đi từ điểm có nhiệt độ cao đến nơi có nhiệt độ thấp.

• Căn cứ vào đặc điểm vật lý của quá trình truyền nhiệt sẽ có 3 phương thức truyền nhiệt như sau:

- *Truyền nhiệt bằng dẫn nhiệt.*
- *Truyền nhiệt bằng đối lưu.*
- *Truyền nhiệt bằng bức xạ.*

• Căn cứ vào tình hình biến thiên theo thời gian của quá trình truyền nhiệt mà có truyền nhiệt ổn định và truyền nhiệt không ổn định.

- *Truyền nhiệt ổn định* là truyền nhiệt trong điều kiện nhiệt độ môi trường và nhiệt độ kết cấu không đổi theo thời gian. Trên thực tế rất ít gặp vì nhiệt độ thường thay đổi theo từng giờ trong ngày, nó có thể đúng cho trường hợp mùa đông. Nhưng để đơn giản trong tính toán thì trong 1 số trường hợp người ta cũng coi nó là ổn định.

- *Truyền nhiệt không ổn định* là truyền nhiệt trong điều kiện nhiệt độ môi trường và kết cấu thay đổi theo thời gian. Quá trình này hay gặp trong thực tế, nhưng việc tính toán rất khó khăn, nếu tính toán tốt thì kết cấu sẽ được xử lý tốt hơn, tránh được những ảnh hưởng xấu do tác động biến thiên của điều kiện tự nhiên.

Sự phân bố nhiệt độ trong một kết cấu, một gian phòng hay một môi trường vật chất nào đó thì được gọi là *trường nhiệt*. Trường nhiệt có thể là 3 chiều (nếu nhiệt độ biến thiên theo cả 3 chiều trong không gian), hai chiều hay 1 chiều (trường nhiệt của tường và mái thường là 1 chiều).

Nhiệt độ phân bố trong vật thể có thể hình thành nên những trường hợp sau:

- *Đường đẳng nhiệt* : là những đường chứa các điểm có cùng nhiệt độ.
- *Mặt đẳng nhiệt* : Là những bề mặt chứa các điểm có cùng nhiệt độ.

- **Gradient nhiệt độ:** là sự biến thiên nhiệt độ theo một phương nào đó trong không gian được xác định trên một đơn vị dài: $\frac{\partial t}{\partial x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta t}{\Delta x}$.

1/ PHƯƠNG THỨC TRUYỀN NHIỆT BẰNG DẪN NHIỆT :

Truyền nhiệt bằng dẫn nhiệt là sự vận động về nhiệt của các chất điểm vật chất (phân tử, nguyên tử, điện tử tự do) tiếp xúc trực tiếp với nhau tạo nên quá trình chuyển động nhiệt năng.¹

a/ Phương trình dẫn nhiệt :

Theo định luật Furiê nhiệt truyền qua 1 đơn vị diện tích trong 1 đơn vị thời gian tỷ lệ bậc nhất với biến thiên nhiệt độ:

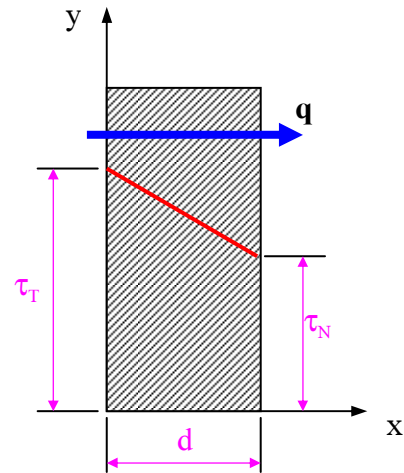
$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} \quad , \quad [\text{kcal/m}^2.\text{h}]$$

q: cường độ dòng nhiệt theo phương x.

λ : hệ số dẫn nhiệt của môi trường vật chất.

$\frac{\partial t}{\partial x}$: gradient nhiệt độ của môi trường theo phương x.

dấu "-" biểu thị dòng nhiệt đi từ nơi có nhiệt độ cao đến nơi có nhiệt độ thấp, ngược với chiều gradient nhiệt độ.



Hình 1: Truyền nhiệt qua kết cấu

Hình vẽ: Cho kết cấu của phòng có nhiệt độ bề mặt trong τ_T lớn hơn nhiệt độ bề mặt ngoài τ_N . Ta có:

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} = -\lambda \left(-\frac{\tau_T - \tau_N}{d} \right) = \frac{\lambda}{d} (\tau_T - \tau_N)$$

Đặt $\frac{d}{\lambda} = R$: là nhiệt trở của kết cấu. Lúc đó:

$$q = \frac{\tau_T - \tau_N}{R} \text{ là phương trình cơ bản của dẫn nhiệt .}$$

b/ Hệ số dẫn nhiệt λ :

Hệ số dẫn nhiệt là lượng nhiệt truyền qua vật có bề dày 1 đơn vị theo phương truyền nhiệt khi sự chênh lệch nhiệt độ là 1°C trong một đơn vị diện tích thẳng góc với phương truyền nhiệt và trong một đơn vị thời gian:

$$\lambda = \frac{|\vec{q}|}{\text{grad } t} \quad , \quad [\text{kcal/m.h.}^\circ\text{C}].$$

¹ Hiện tượng truyền nhiệt bằng dẫn nhiệt không chỉ xuất hiện trong thể rắn mà có cả trong thể lỏng và thể khí. Trong thể rắn, nhiệt truyền đi chủ yếu dựa vào tác dụng của sóng dao động của các nguyên tử và phân tử, các điện tử tự do. Trong thể lỏng, chủ yếu dựa vào sự vận động chuyển dịch của các phân tử vật chất. Truyền nhiệt bằng dẫn nhiệt thuần túy chỉ có trong vật liệu đặc lý tưởng. Trong vật có lỗ rỗng (hầu hết các vật liệu xây dựng) ngoài truyền nhiệt bằng dẫn nhiệt ra nó còn truyền dưới hình thức khác nhưng chiếm với tỷ lệ rất nhỏ.

Hệ số λ của vật không ổn định mà thay đổi phụ thuộc vào tỷ trọng (độ rỗng), độ ẩm, nhiệt độ và cách cấu trúc của vật.

- **Ảnh hưởng của tỷ trọng (lỗ rỗng):**

Cùng loại vật liệu, độ rỗng càng nhiều thì tỷ trọng càng thấp.

- Độ rỗng tăng thì λ giảm.
- Cùng tỷ lệ độ rỗng, vật có độ rỗng to thì λ càng lớn.

- **Ảnh hưởng của độ ẩm:**

$$\lambda = \lambda_0(1 + \beta.W)$$

λ : hệ số dẫn nhiệt của vật liệu có độ ẩm W%.

λ_0 : hệ số dẫn nhiệt của vật liệu hoàn toàn khô.

β : hệ số gia tăng dẫn nhiệt khi độ ẩm vật liệu tăng 1%.

- bê tông bọt : $\beta=0,0011$.
- Bê tông hơi : $\beta=0,007$.

- **Ảnh hưởng của nhiệt độ:**

$$\lambda_t = \lambda_0(1 + \beta.t) \quad ^2$$

λ_0 : hệ số dẫn nhiệt ở 0°C.

λ_t : hệ số dẫn nhiệt ở t°C.

t : nhiệt độ của vật liệu.

β : hệ số ảnh hưởng của nhiệt độ, $\beta \approx 0,0025$ (đối với vật liệu).

- **Ảnh hưởng của thành phần hóa học và kích thước phân tử:**

Trong các điều kiện khác giống nhau, vật liệu có cấu trúc tinh thể dẫn nhiệt mạnh hơn vật liệu có cấu trúc vô định hình (khoảng 1 đến 2 lần), vật liệu vô cơ dẫn nhiệt tốt hơn vật liệu hữu cơ.

2/ PHƯƠNG THỨC TRUYỀN NHIỆT BẰNG ĐỐI LƯU:

Phương thức này thường xảy ra trong môi trường chất lỏng và chất khí. Tồn tại 2 trạng thái truyền nhiệt: nhiệt được truyền bằng sự dịch chuyển của những thể tích "mol", đồng thời nhiệt được truyền bằng dẫn nhiệt .

Sự tiếp xúc giữa chất khí và bề mặt kết cấu có 2 trạng thái: chảy tầng và chảy rối. Khi chảy tầng các bộ phận của không khí chuyển dịch song song với mặt tường, nên theo hướng thẳng góc với phương chuyển động của không khí, nhiệt truyền chủ yếu bằng dẫn nhiệt³. Khi chảy rối (lớp bên ngoài), các bộ phận của không khí dịch chuyển không có qui luật và hỗn loạn nên nhiệt sẽ được truyền bằng sự đổi chỗ của các phần tử không khí.

² Thành phần này thường áp dụng trong Thông gió, còn trong VLKT nhiệt độ không lớn ($t=0-70^\circ\text{C}$) nên thành phần này không được chú trọng vì β_1 nhỏ.

³ Chiều dày của tầng biên giới rất mỏng, tốc độ không khí càng lớn, bề mặt kết cấu càng nhẵn thì chiều dày lớp chảy tầng δ càng bé.

Trong phần chảy tầng, nhiệt lượng truyền đi gặp phải trở lực rất lớn, còn phần chảy rối trở lực rất nhỏ, do đó trong phần chảy tầng nhiệt giảm rất nhanh.

a/ Phương trình truyền nhiệt cơ bản của phương thức đối lưu:

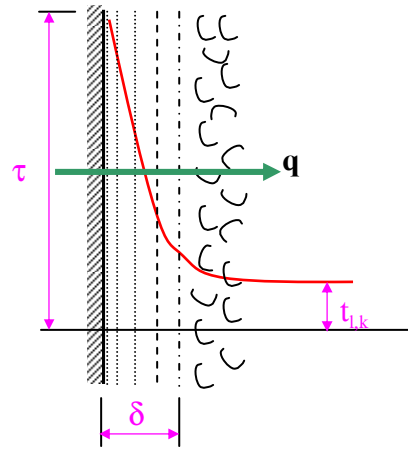
$$q = \alpha_d (t_{1,k} - \tau) \quad , \quad [\text{kcal/m}^2\text{h}]$$

q : cường độ dòng nhiệt trao đổi bằng đối lưu.

$t_{1,k}$: nhiệt độ môi trường lỏng hoặc khí tiếp xúc với bề mặt kết cấu [°C].

τ : nhiệt độ của bề mặt kết cấu [°C].

α_d : hệ số trao đổi nhiệt bằng đối lưu [kcal/m²h°C], biểu thị lượng nhiệt truyền qua 1 đơn vị diện tích trong 1 đơn vị thời gian khi có sự chênh lệch nhiệt độ giữa bề mặt kết cấu và không khí là 1°C.



Hình 2: Truyền nhiệt đối lưu

b/ Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu:

Hệ số này phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như: tốc độ chuyển động của không khí, hiệu số giữa nhiệt độ không khí và bề mặt kết cấu, vị trí và trạng thái bề mặt kết cấu.

• *Đối lưu tự do*⁴: $\alpha_{dl} = f(\Delta t) \rightarrow$ tra bảng.

- Đối với tấm đứng:

$$\alpha_{dl} = 1,7 \cdot \Delta t^{0,25}$$

- Đối với tấm nằm ngang, bề mặt trao đổi nhiệt quay lên trên:

$$\alpha_{dl} = 2,15 \cdot \Delta t^{0,25}$$

- Đối với tấm nằm ngang, bề mặt trao đổi nhiệt quay xuống dưới:

$$\alpha_{dl} = 1,13 \cdot \Delta t^{0,25}$$

Δt : chênh lệch nhiệt độ giữa bề mặt và không khí xung quanh, [°C].

• *Đối lưu cưỡng bức*⁵: $\alpha_{dl} = f(v) \rightarrow$ tra bảng. Có thể xác định theo công thức:

$$\alpha_{dl} = 0,032 \cdot \lambda \cdot v^{0,8} \cdot \nu^{-0,8} \cdot l^{-0,2}$$

λ : hệ số dẫn nhiệt của không khí , [kcal/m.h.°C].

ν : hệ số nhớt động học của không khí , [m²/s].

v : tốc độ chuyển động của không khí , [m/s].

l : kích thước xác định của tấm tường, tức là độ dài của bề dọc theo chiều chuyển động của không khí , [m].

Trong xây dựng, người ta thường dùng công thức:

$$\alpha_{dl} = 6,31 \cdot \omega^{0,656} + 3,25 \cdot e^{-1,91\omega}$$

⁴ Do chênh lệch nhiệt độ dẫn tới chênh lệch áp suất giữa phần nóng và phần lạnh của không khí.

⁵ Do tác dụng của ngoại lực (gió, bơm, quạt).

3/ PHƯƠNG THỨC TRUYỀN NHIỆT BẰNG BỨC XẠ:

Bất cứ một vật thể nào khi có nhiệt độ lớn hơn độ không tuyệt đối đều phát ra bức xạ nhiệt.⁶

Tính chất của tia nhiệt cũng giống như tia quang, chúng chỉ khác nhau về độ dài bước sóng. Khi năng lượng bức xạ nhiệt truyền đến một vật bất kỳ, một phần bị hấp thụ, một phần phản xạ lại, còn một phần xuyên qua.

- Nếu năng lượng nhiệt hoàn toàn bị phản xạ, gọi là *vật trắng tuyệt đối*.
- Nếu năng lượng nhiệt hoàn toàn bị hấp thụ, gọi là *vật đen tuyệt đối*
- Nếu năng lượng nhiệt hoàn toàn xuyên qua, gọi là *vật trong suốt tuyệt đối*.

Trong thực tế, vật ở dạng trung gian của 3 dạng trên, gọi là *vật xám*.

Qua nghiên cứu cho thấy, khả năng bức xạ của vật liệu tỷ lệ thuận với khả năng hấp thụ của nó. Vì vậy vật đen là vật có năng lượng bức xạ lớn nhất. Bên cạnh đó, cường độ bức xạ còn phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ bề mặt của vật bức xạ.

Nhiệt lượng bức xạ của một đơn vị diện tích của vật trong một đơn vị thời gian được xác định theo công thức của định luật Stefan-Bolzman sau:

$$q = C \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad 7$$

q : cường độ nhiệt bức xạ , [kcal/m².h]

C : hệ số bức xạ , $\left[\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \left(\frac{^\circ\text{K}}{100} \right)^4 \right]$ 8

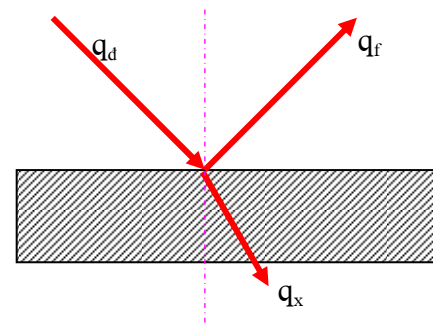
T : nhiệt độ tuyệt đối [°K].

Khi 2 vật bức xạ tới nhau sẽ được tính toán như sau:

- Lượng nhiệt bức xạ từ vật 1 truyền tới vật 2 :

$$Q_{1-2} = C' \cdot F_1 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot \Psi_{1-2}$$

- Lượng nhiệt bức xạ từ vật 2 truyền tới vật 1:



Hình 3: Bức xạ nhiệt

⁶ Trong công trình kiến trúc, dưới trạng thái nhiệt bình thường thì năng lượng bức xạ chủ yếu là các tia nhiệt có bước sóng 0,8-40μ.

⁷ Công thức này thực chất chỉ đúng cho vật đen , nhưng thực nghiệm cho thấy có thể áp dụng cho vật xám.

⁸ Hệ số bức xạ của vật đen : C₀=4,9. Của vật xám thì nhỏ hơn.

- Ví dụ:
- khối gạch xây trát vữa: C=4,66.
 - khối gạch xây không trát: C=4,36.
 - Gỗ sồi bào nhẵn : C=4,44.

$$Q_{2-1} = C'.F_2 \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] \cdot \Psi_{2-1}$$

C' : hệ số bức xạ tương đương, phụ thuộc vào hệ số bức xạ của 2 vật và vị trí tương quan giữa chúng.

T_1, T_2 : nhiệt độ tuyệt đối ở bề mặt vật 1 và 2.

Ψ_{1-2}, Ψ_{2-1} : hệ số bức xạ trung bình giữa 2 vật. Ψ_{1-2} cũng như Ψ_{2-1} luôn ≤ 1 . Hệ số Ψ_{1-2} chính là tỷ số giữa phần nhiệt do mặt 1 bức xạ truyền đến mặt 2 với toàn bộ nhiệt lượng do mặt 1 bức xạ ra không gian.

Trong thực tế tính toán người ta thường dùng công thức đơn giản sau:

$$Q = \alpha_b (\tau_1 - \tau_2) . F$$

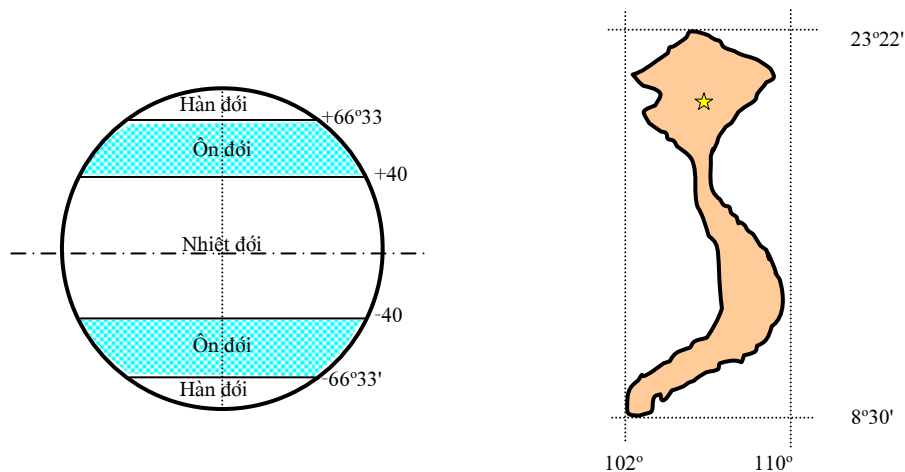
α_b : hệ số trao đổi nhiệt bức xạ .

τ_1, τ_2 : nhiệt độ bề mặt của 2 vật.

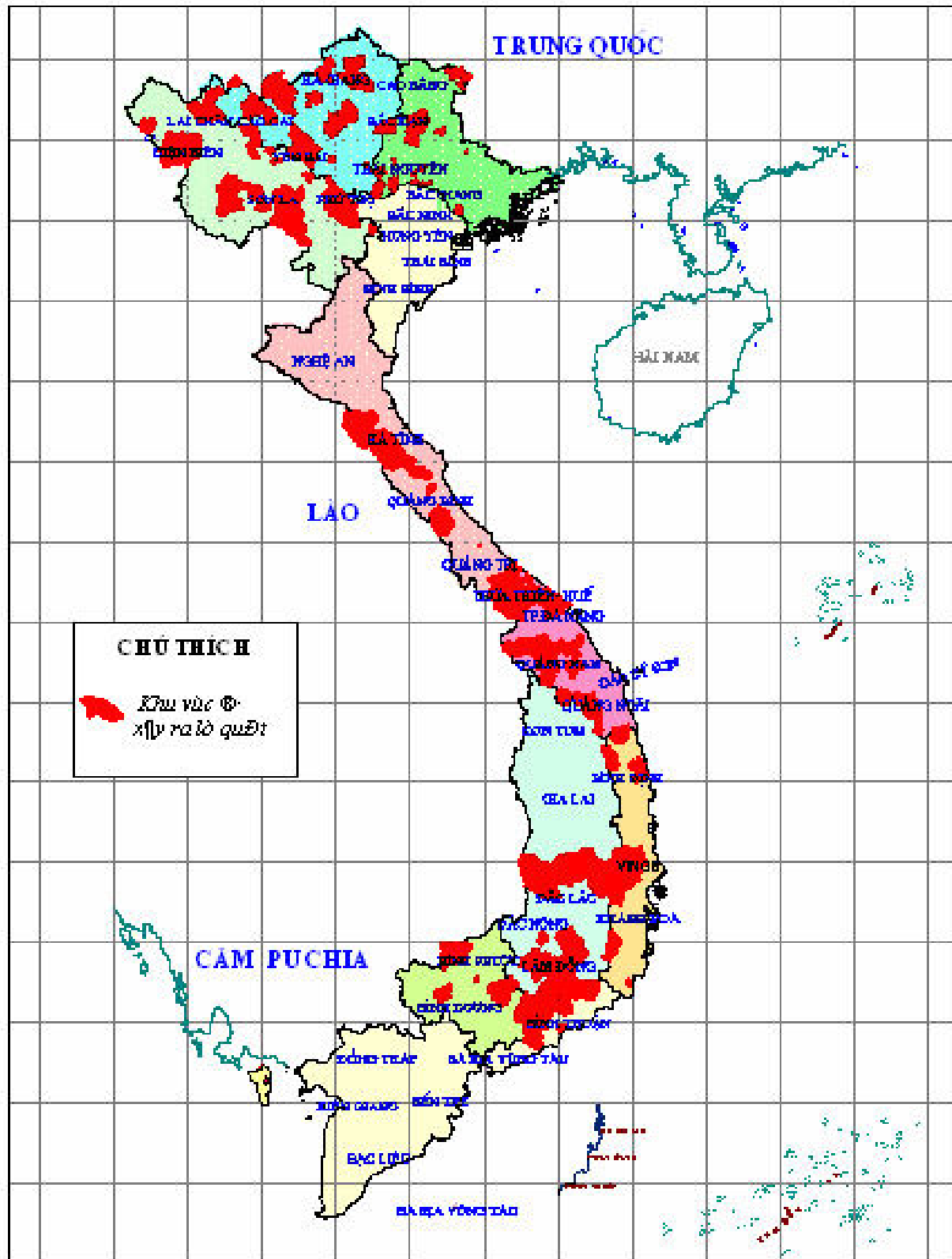
II - KHÍ HẬU & CON NGƯỜI

1/ ĐẶC ĐIỂM KHÍ HẬU Ở NƯỚC TA:

Nước ta có khí hậu nhiệt đới nóng ẩm quanh năm, mặt trời đi qua thiên đỉnh 2 lần trong năm.



Hình 4: Phân vùng khí hậu



Hình 5: Vị trí địa lý của Việt nam

a/ Đặc điểm khí hậu miền Bắc:

Có 3 đặc điểm cơ bản:

- **Sự hạ thấp nhiệt độ trong mùa đông do gió mùa cực đới:**

So với các vùng cùng vĩ tuyến, miền Bắc nước ta có nhiệt độ về mùa đông thấp hơn từ 4-5°C.

Mùa lạnh có khi hạ nhiệt độ xuống rất thấp (0°C), xuất hiện các hiện tượng sương muối, sương giá, lạnh khô, lạnh ẩm, tuyết cũng xuất hiện ở các vùng núi cao.

Sự hạ thấp nhiệt độ trong mùa đông làm tăng biên độ năm của nhiệt độ tới 11-14°C, hình thành 2 mùa khí hậu nóng-lạnh tương phản theo 2 mùa hoàn lưu gió mùa chứ không phải một năm 4 mùa thời tiết theo qui luật vận hành của mặt trời. Đặc điểm này đòi hỏi giải pháp kiến trúc phải đồng thời thỏa mãn 2 yêu cầu chống nóng, chống lạnh và thông thoáng tối đa.

- **Sự phân hóa mùa về nhiệt độ và các yếu tố khí hậu khác:**

Một năm thời tiết theo 2 mùa gió, có một mùa nóng và một mùa lạnh với 2 thời kỳ chuyển tiếp, vào tháng 4 và tháng 10-11.

Nửa đầu mùa đông lạnh khô và ít mưa, nửa cuối mùa đông và đầu mùa xuân, lạnh ẩm, mưa phùn dai dẳng, độ ẩm rất cao. Mùa hè nóng bức và nhiều mưa, khoảng 85% vũ lượng tập trung trong 6 tháng mùa mưa.

Trong mùa đông có 2 hệ thống gió là: hệ thống gió cực đới và hệ thống gió tín phong.

Mùa hè, áp thấp bắc bộ chuyển hướng gió chính thường Tây-Nam của hệ thống gió mùa hạ thành Đông-Nam, cho nên phần lớn trong các tháng hướng gió thịnh hành đều theo các hướng thuộc góc Đông-Nam.

- **Tính bất ổn định thường xuyên trong diễn biến thời tiết:**

Sự luân phiên can thiệp một cách bất ổn định thường xuyên của gió mùa cực đới và tín phong tạo ra những biến động lớn trong chế độ nhiệt, ẩm, mưa trong mùa đông.

Mỗi đợt can thiệp của gió mùa cực đới (tràn về và tan đi), nhiệt độ sụt giảm và tăng lên đột ngột (10°C/24giờ).

Những ngày nồm ẩm ướt, hơi ẩm ngưng đọng trên bề mặt công trình (nhất là nền nhà) thường xuất hiện đột ngột, kéo dài suốt thời gian thịnh hành của gió mùa cực đới, rồi chấm dứt cũng đột ngột và chuyển sang hanh khô.

Do sự phân bố địa hình phức tạp, để chi tiết cụ thể khí hậu người ta chia miền Bắc thành các vùng:

- *Vùng B1:* vùng Tây Bắc, từ phía Tây Hoàng Liên Sơn đến biên giới Việt-Lào, bao gồm các tỉnh Sơn La, Lai Châu.
- *Vùng B2:* vùng núi phía Bắc và Đông Bắc, phía Đông Hoàng Liên Sơn đến Biên giới Việt-Trung và biển Đông, bao gồm các tỉnh Hà Giang, Lào Cai, Cao Bằng, Lạng Sơn, Thái Nguyên, Tuyên Quang, Móng Cái, Hòn Gai.

- *Vùng B3*: đồng bằng Bắc Bộ và Bắc Trung Bộ, bao gồm Bắc Giang, Bắc Ninh, Mộc Châu, Hòa Bình, Hà Nội, Hà Nam Ninh, Thanh Hóa.
- *Vùng B4*: Từ Nghệ An, Bình Trị Thiên.

b/ Đặc điểm khí hậu miền Nam:

Từ vĩ độ 16 (phía Nam đèo Hải Vân) trở vào là khí hậu nhiệt đới nóng ẩm gió mùa không có mùa đông lạnh, nên việc thiết kế kiến trúc chủ yếu quan tâm đến biện pháp chống nóng là chính.

Rẽ nhánh từ Trường Sơn, dãy Bạch Mã đèo Hải Vân là bức bình phong cản gió mùa cực đới xâm nhập vào phía Nam, trừ những những trường hợp hạn hữu, gió cực đới mạnh, tầng cao dày, vượt qua được dãy Bạch Mã, đèo Hải Vân đem không khí lạnh tới tận Khánh Hòa, Nha Trang.

Dãy Vọng Phu- đèo Cỏ là bức bình phong cuối cùng ngăn chặn những tàn dư nếu có của không khí cực đới đã nhiệt đới hóa.

Nói chung miền Nam nằm ngoài ảnh hưởng của gió mùa cực đới, nhiệt độ trung bình năm khá đồng đều trong toàn miền, tăng dần từ Bắc vào Nam, biên độ nhiệt không lớn.

Khu vực từ Đà Nẵng đến Bình Định còn khá rõ sắc thái mùa Đông lạnh của miền khí hậu phía Bắc như là một không gian chuyển tiếp giữa 2 miền khí hậu có và không có mùa đông lạnh.

Sự phân hóa 2 mùa mưa ẩm và khô nóng rất sâu sắc, không có thời gian chuyển tiếp, và trên nền nhiệt độ không dao động nhiều trong năm.

Càng vào Nam tính biến động khí hậu càng giảm, khá ổn định. Nguyên nhân là do hình thành các hoàn lưu nhiệt đới và xích đạo có những thuộc tính gần giống nhau, không gây nên sự tăng giảm nhiệt độ trong suốt một năm thời tiết.

Căn cứ vào sự phân hóa nhiệt độ, chia miền Nam thành 3 vùng:

- *Vùng N1*: Gồm các tỉnh Quảng Nam- Đà Nẵng vĩ độ 16 cho đến Ninh Thuận, vĩ độ 11,7 (Nam trung Bộ).
- *Vùng N2*: Tây Nguyên của Nam Trung Bộ, kéo dài từ KonTum (phía Tây Quảng Ngãi) đến cao nguyên Đắk Lắk, Lâm Đồng.
- *Vùng N3*: bao gồm Bình Thuận (cực Nam Trung Bộ) và Nam Bộ.

c/ Đặc điểm chung của khí hậu Việt nam:

- **Nhiệt độ**: biến đổi theo giờ trong ngày, theo ngày trong tháng.
 - Trong tầng khí quyển (<11km) → nhiệt độ giảm dần theo chiều cao, với $\text{gradient}^{\circ}=0,6^{\circ}\text{C}/100$.
 - Theo phương kinh tuyến → nhiệt độ giảm dần khi vĩ độ tăng (Nam→Bắc):

Gradient^o=0,6 → 1°C / vĩ độ <mùa lạnh>.

Gradient^o=0,3 → 0,5°C / vĩ độ <mùa nóng>.

- Theo phương vĩ tuyến → chiều hướng tăng nhiệt độ từ Đông → Tây.
 - **Độ ẩm**: biến đổi theo giờ trong ngày, theo ngày tháng trong năm.
- Độ ẩm có xu thế giảm xuống khi nhiệt độ tăng.
- Độ ẩm phụ thuộc vào gió mùa:

Gió thổi từ biển vào → ϕ cao.

Gió thổi qua lục địa → ϕ thấp.

- **Gió**⁹: Ở Việt nam thường xuất hiện các loại gió sau:
 - *Gió mùa Đông-Bắc*: xuất hiện trong mùa đông ở các tỉnh miền Bắc. Nó thường thổi không liên tục mà xen kẽ với gió mùa Đông-Nam. Thường mang theo rét đột ngột, ngày hôm sau thường thấp hơn ngày hôm trước từ 5 đến 7°C, có khi đến 10°C.
 - *Gió mùa Tây-Nam (gió Lào)*: xuất hiện trong mùa hè ở các tỉnh miền Trung-Bắc bộ. Khi gió băng qua núi sẽ bị tách nước ra khỏi không khí nên khi sang Việt nam gió thường có độ ẩm thấp và nhiệt độ cao. Nhiệt độ thường khoảng 36-40°C, đôi khi lên tới 41-45°C. Độ ẩm có thể xuống thấp đến 40%.
 - *Gió mùa Đông-Nam*: Nó xuất hiện cả 2 mùa đông và hè. Trong mùa đông, biển ấm hơn đất liền nên gió Đông-Nam thường ẩm áp. Trong mùa hè, biển mát hơn lục địa nên gió này thường mát mẻ, dễ chịu.

- **Mưa**: được đánh giá bằng chiều cao [mm] trên mặt phẳng do mưa tạo ra:

Mùa mưa thường xuất hiện từ tháng 5 đến tháng 11, lượng mưa trung bình năm khoảng 1500-2500mm, có khi đạt tới 4500mm. Nó không phân bố đều giữa các ngày mà có thể tập trung vào một số ngày nhất định trong năm, có những ngày mưa đạt tới 800mm/ngày.

- **Bức xạ**: Mặt Trời chiếu xuống Trái Đất với:

- 50% năng lượng bức xạ nằm trong vùng nhìn thấy ($\lambda=0,38-0,76\mu\text{m}$).
- 43% nằm trong vùng hồng ngoại ($\lambda>0,76\mu\text{m}$).
- 7% nằm trong vùng tử ngoại ($\lambda<0,38\mu\text{m}$).

Nước ta có bức xạ khá lớn về mùa hè: $q_{bx} = 950-1080 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h}$.

2/ PHÂN VÙNG KHÍ HẬU XÂY DỰNG:

Căn cứ vào tác động của khí hậu đối với xây dựng, vào truyền thống kiến trúc tập quán của dân tộc... Tiêu chuẩn Việt nam TCVN 4088-85 chia lãnh thổ Việt nam thành 2 miền khí hậu xây dựng:

⁹ Căn cứ vào gió để chọn hướng nhà, khoảng cách giữa các công trình, tổ chức mặt bằng, mặt cắt nhà cửa,...

Nguyên nhân xuất hiện gió là do áp suất khí quyển phân bố không đều giữa các vùng, đó là do điều kiện thời tiết khác nhau của các mùa trong năm và do sự phân bố không đồng đều giữa lục địa và đại dương.

a/ Miền khí hậu xây dựng phía Bắc: (từ vĩ độ 16° trở ra).

Nền cơ bản của khí hậu vùng này: khí hậu nhiệt đới gió mùa nóng ẩm, có mùa đông lạnh.

Nhiệt độ trung bình năm tới 24°C, biên độ nhiệt độ năm trên 6°C. nhiệt độ sinh lý lúc 1h tháng 1 nhỏ hơn 20°C.

- **Vùng A₁**: Hà Giang, Cao Bằng, Lạng Sơn, Bắc Cạn, Thái Nguyên, Hòa Bình, Lào Cai, Yên Bái, Phú Thọ, Vĩnh Yên, Quảng Ninh.

Vùng này có mùa đông rất lạnh, nhiệt độ có thể xuống đến 0°C, có khả năng xuất hiện băng giá, trên núi cao có thể có mưa tuyết. Có khí hậu ẩm ướt, mưa nhiều, có thời kỳ nồm ẩm và mưa phùn.

☞ *Đối với vùng này yêu cầu chống lạnh cao hơn chống nóng. Thời kỳ cần sưởi ấm có thể kéo dài trên 4 tháng.*

- **Vùng A₂** : Lai Châu, Sơn La, Thanh Hóa, Nghệ An, Hà Tĩnh, Quảng Bình, Quảng Trị, Thừa Thiên-Huế.

Ít lạnh hơn, khí hậu trung hòa giữa hai miền. Đại bộ phận vùng này hàng năm mùa khô kéo dài trùng với thời kỳ lạnh. Không có thời kỳ mưa phùn, lạnh ẩm, nồm ẩm. Phía Nam chịu ảnh hưởng của gió Lào.

☞ *Yêu cầu chống nóng và chống lạnh ngang nhau, thời kỳ sưởi ấm từ 60 ngày trở lên. Coi trọng kiến trúc có mặt thoáng rộng để cải thiện điều kiện vi khí hậu và trung khí hậu.*

b/ Miền khí hậu xây dựng phía Nam: (từ vĩ độ 16° trở vào).

Bao gồm các tỉnh ở phía Nam đèo Hải Vân. Phía Bắc ít nhiều chịu ảnh hưởng của không khí lạnh về mùa đông, mang tính chất là vùng chuyển tiếp.

Nhiệt độ trung bình năm trên 24°C, biên độ nhiệt độ năm <6°C. Nhiệt độ sinh lý lúc 1h sáng tháng 1 trên 20°C.

Vùng Tây nguyên có biên độ dao động nhiệt ngày và đêm lớn, còn vùng thấp thì biên độ dao động nhỏ hơn.

☞ *Đối với miền núi yêu cầu chống nóng và chống lạnh ngang nhau. Vùng đồng bằng yêu cầu chủ yếu là chống nóng và thông thoáng, bên cạnh đó cần chú trọng vấn đề che nắng cho công trình.*

3/ CĂN CỨ VÀO CÁC YẾU TỐ KHÍ HẬU ĐỂ CHỌN HƯỚNG NHÀ:

Chọn hướng nhà cần chú ý tới các đặc điểm chính sau:

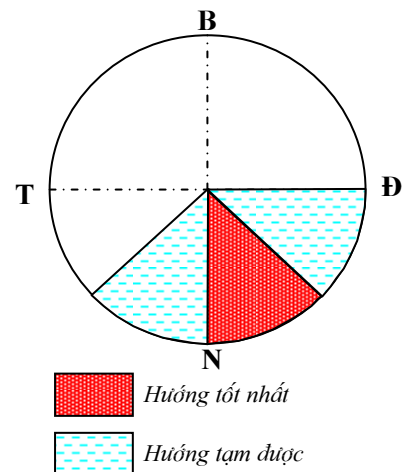
- Chống được nắng chiếu vào nhà về mùa nóng.
- Chống gió lạnh thổi vào nhà về mùa đông.
- Chống gió nóng và hướng được luồng gió mát vào mùa hè.
- Chống mưa hắt vào nhà.

- Thông thoáng tốt cho công trình.

Nước ta nằm ở Bắc bán cầu, với các đặc điểm như trên, với quỹ đạo chuyển động của mặt trời: mùa hè mặt trời thường nằm về hướng Bắc, mùa đông thì ngược lại.

Gió Đông-Bắc thường gây lạnh về mùa đông; gió Tây-Nam thường gây nóng về mùa hè; gió Đông-Nam thường mát mẻ về mùa hè, ấm áp về mùa đông.

Căn cứ vào những đặc điểm trên ta sẽ chọn được hướng nhà tốt nhất và hướng nhà tạm được như hình vẽ.



Hình 6: Chọn hướng nhà

4/ CÁC YẾU TỐ KHÍ HẬU - VI KHÍ HẬU TRONG PHÒNG:

Đại khí hậu: Là một khu vực chịu ảnh hưởng của các nhân tố vĩ mô (mặt trời, vĩ độ, địa hình, trạng thái bề mặt đất, trạng thái khí quyển,...).

Vi khí hậu: xét trong một phạm vi nhỏ như phòng ở, công trình, khí hậu xóm, tiểu khu,... Ngoài tác động của các nhân tố vĩ mô nó còn chịu ảnh hưởng của các yếu tố do con người tạo nên như giải pháp kiến trúc, cây cối, ao hồ, sân bãi, kết cấu ngăn che,...

Xét về mặt vi khí hậu tác động đến tiện nghi của con người được đặc trưng bởi 4 yếu tố sau:

- **Nhiệt độ không khí:** ảnh hưởng đến cảm giác nóng lạnh.

Mùa lạnh: nhiệt độ tăng → cảm giác ấm áp.

Mùa nóng: nhiệt độ hạ thấp → cảm giác mát mẻ.

Tuy nhiên biên độ dao động nhiệt sẽ ảnh hưởng lớn đến điều kiện tiện nghi của con người, dao động nhiệt càng lớn cơ thể con người buộc phải điều tiết nhiều nên càng mệt mỏi và dễ sinh ốm đau.

Khi lạnh quá, cơ thể sẽ bị mất nhiều năng lượng. Khi nóng quá, sẽ phát tuyến mồ hôi, sẽ mất nước, muối, vitamin C, vitamin B1,...

- **Độ ẩm:** ảnh hưởng đến cảm giác nóng lạnh của con người.

Mùa lạnh: độ ẩm cao → cơ thể sẽ mất nhiệt nhanh nên càng cảm thấy lạnh. Gây ra các bệnh thấp khớp, sổ mũi, viêm khí quản,...

Mùa nóng: độ ẩm cao → mồ hôi càng khó bốc hơi, cảm thấy oi bức.

- **Tốc độ gió:** liên quan đến tốc độ bốc hơi tỏa nhiệt của mồ hôi, đẩy mạnh quá trình trao đổi nhiệt giữa cơ thể con người và môi trường bằng đối lưu.

Mùa nóng: gió mạnh → tỏa nhiệt nhanh → mát mẻ.

Mùa lạnh: gió mạnh → mất nhiệt nhiều → rét buốt.

- **Bức xạ:** Bên ngoài khí quyển là bức xạ mặt trời, xét bên trong công trình con người chịu bức xạ của các bề mặt kết cấu và đồ vật chung quanh.

Khi nhiệt độ bề mặt cao hơn nhiệt độ da người → cơ thể nhận thêm nhiệt bức xạ từ bề mặt đó, nếu là mùa hè sẽ có cảm giác nóng bỏng.

Khi nhiệt độ bề mặt thấp hơn nhiệt độ da người → cơ thể sẽ bức xạ nhiệt ra các bề mặt đó, nếu là mùa đông sẽ thấy giá buốt.

5/ TÁC DỤNG CỦA VI KHÍ HẬU TRONG PHÒNG TỐI CON NGƯỜI:

Cơ thể con người có bộ phận chức năng điều hòa nhiệt làm việc dưới sự chi phối của hệ thần kinh, nhiệt năng không ngừng sản sinh ra và không ngừng thải ra bên ngoài tạo ra một trị số tương đối ổn định từ 36,5°C đến 37,5°C. Trị số nhiệt sinh lý của con người (M) sẽ khác nhau tùy thuộc vào đặc điểm sinh lý, lứa tuổi, trạng thái làm việc. Trị số đó cho theo bảng sau:

Bảng 1: Nhiệt sinh lý cơ thể người theo trạng thái lao động:

DẠNG CÔNG VIỆC	M (Kcal/h)
Người ở trạng thái yên tĩnh:	
- Nằm:	70
- Ngồi	75-80
- Đứng	85
- Đứng nghiêm	90-100
Lao động chân tay:	
- May máy, sắp chữ,...	100-120
- Đánh máy chữ,...	120-170
- Đúc, luyện kim,...	150-250
- Đào đất, rèn,...	250-420
Lao động trí óc:	
- Ngồi đọc sách	100
- Làm việc với máy tính	115
- Làm việc trong phòng thí nghiệm	120-140
- Giảng bài	170-270

a/ Phương trình cân bằng nhiệt giữa cơ thể và môi trường:

Các phương thức trao đổi nhiệt giữa cơ thể con người với môi trường xung quanh được thể hiện theo phương trình sau:

$$M \pm q_{bx} \pm q_{dl} - q_{mh} \pm q_{hh} + q_{ld} = \Delta q$$

Δq : lượng nhiệt thừa hoặc thiếu của cơ thể con người .

• **Lượng nhiệt trao đổi bằng bức xạ:**

$$Q_{bx} = 2,16.(35 - t_R) \quad , \quad [\text{Kcal/h}].$$

t_R : nhiệt độ trung bình của các bề mặt trong phòng. Nếu $q_{bx} > 0$ thì lượng nhiệt tỏa ra, ngược lại thì lượng nhiệt sẽ đi từ bề mặt kết cấu vào người.

$$t_R = \frac{\sum F_i \tau_i}{\sum F_i} \quad , \quad [^\circ\text{C}].$$

Nhiệt độ t_R còn có thể xác định từ nhiệt độ bằng nhiệt kế cầu đen như sau:

$$t_R = t_{cd} + 2,8\sqrt{v}(t_{cd} - t_k)$$

F_i và τ_i : diện tích và nhiệt độ bề mặt thứ i của phòng, $[^\circ\text{C}]$.

t_{cd} : nhiệt độ cầu đen.¹⁰ $[^\circ\text{C}]$

t_k : nhiệt độ không khí trong phòng, $[^\circ\text{C}]$.

v : vận tốc gió trong phòng, $[\text{m/s}]$.

• **Nhiệt lượng trao đổi bằng đối lưu:**

Lượng nhiệt trao đổi bằng đối lưu được xác định theo định luật Niuton:

$$q_{dl} = \alpha_d(t_d - t_k).F_d \quad , \quad [\text{Kcal/h}].$$

α_d : hệ số trao đổi nhiệt bằng đối lưu giữa mặt da người và không khí, phụ thuộc vào tốc độ gió và hiệu số $(t_d - t_k)$.

F_d : diện tích mặt da người và quần áo tham gia vào quá trình trao đổi nhiệt bằng đối lưu , $[\text{m}^2]$.

Thông thường nhiệt đối lưu được xác định theo công thức đơn giản sau:

$$q_{dl} = 8,87\sqrt{v}(35 - t_k) \quad , \quad [\text{Kcal/h}].$$

v : vận tốc chuyển động của không khí trong phòng $[\text{m/s}]$.

t_k : nhiệt độ không khí trong phòng $[^\circ\text{C}]$.

Nếu $q_{dl} > 0 \rightarrow$ có tác dụng giúp cơ thể tỏa nhiệt .

Nếu $q_{dl} < 0 \rightarrow$ làm tăng nhiệt đối lưu truyền vào người.

Nếu dùng nhiệt độ phòng t_f thay thế cho tác dụng tổng hợp của nhiệt độ không khí t_k và nhiệt độ bề mặt kết cấu t_R để đặc trưng cho trạng thái nhiệt của phòng, thì lượng nhiệt trao đổi giữa người và môi trường xung quanh dưới dạng bức xạ và đối lưu được xác định như sau:

$$q_{b,d} = \beta_1\beta_2(2,16 + 8,87\sqrt{v})(35 - t_f)$$

β_1 : hệ số kể đến ảnh hưởng của cường độ lao động:

¹⁰ Nhiệt độ cầu đen được xác định bằng cách dùng một quả cầu bằng đồng mỏng, đường kính khoảng 10-15cm, mặt ngoài quét đen (bằng muối khói đen) sao cho hệ số bức xạ bề mặt xấp xỉ bằng hệ số bức xạ của vật đen tuyệt đối. Cầu đen được treo ở vị trí cân xét của phòng. Đặt một nhiệt kế vào trong quả cầu đen sao cho bầu thủy ngân ở chính tâm để đo nhiệt độ không khí trong quả cầu đen, nhiệt độ này gọi là nhiệt độ cầu đen.

- lao động nhẹ : $\beta_1=1$.
- lao động trung bình : $\beta_1=1,07$.
- lao động nặng : $\beta_1=1,15$.

β_2 : hệ số kể đến ảnh hưởng của nhiệt trở quần áo:

- khi mặc quần áo mỏng: $\beta_2=1$.
- khi mặc quần áo ấm bình thường: $\beta_2=0,655$.
- khi mặc quần áo dày, nặng: $\beta_2=0,488$.

Bình thường t_f được xác định như sau:

$$t_f = k_v t_k + (1 - k_v) t_R$$

k_v : hệ số kể đến ảnh hưởng của tốc độ không khí trong phòng.

Bảng 2: hệ số kể đến ảnh hưởng của tốc độ không khí trong phòng (k_v):

v[m/s]	0-0,05	0,1	0,2	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
k_v	0,5	0,59	0,67	0,73	0,78	0,82	0,84	0,86	0,87

• Lượng nhiệt do bức xạ mặt trời chiếu vào người:

Nếu có tia bức xạ mặt trời chiếu vào người thì cơ thể người hấp thụ một lượng nhiệt là:

$$q_{mt} = (1 - a) F_{mt} I \quad , \quad [\text{Kcal/h}].$$

a : hệ số phản bức xạ của mặt da hay quần áo:

- da màu trắng : $a=0,45$.
- da màu vàng : $a=0,40$.
- da màu đen (Ấn độ) : $a=0,22$.
- da màu đen (Châu Phi) : $a=0,16$.
- quần áo màu trắng : $a=0,75$.
- quần áo màu hồng : $a=0,33$.
- quần áo màu xanh công nhân : $a=0,21-0,33$.
- quần áo màu đen : $a=0,07-0,14$.

F_{mt} : diện tích bề mặt cơ thể chịu bức xạ mặt trời:

- khi ngồi : $F_{mt} = 0,25\text{m}^2$.
- khi đứng : $F_{mt} = 0,6\text{m}^2$.

I : cường độ bức xạ chiếu vào người [$\text{Kcal/m}^2 \cdot \text{h}$].¹¹

• Lượng nhiệt tỏa đi bằng bốc hơi mồ hôi:

Lượng bốc hơi mồ hôi phụ thuộc áp lực giữa bề mặt da và không khí và tốc độ gió trong phòng, được xác định theo định luật Dalton, có công thức tính như sau:

$$q_{mh}^{\max} = 29,1 \cdot v^{0,8} \cdot (42 - e) \quad , \quad [\text{Kcal/h}].$$

e : áp lực riêng của hơi nước chứa trong không khí, [mmHg].

v : vận tốc chuyển động của không khí trong nhà [m/s].

¹¹ Cường độ bức xạ mặt trời lớn nhất ở Việt nam khoảng 950-1080 Kcal/m².h.

$E_d=42$: áp lực riêng của hơi nước bão hòa ở bề mặt da, [mmHg].

• Lượng nhiệt trao đổi bằng đường hô hấp:

Ứng với thân nhiệt $t = 36,5^\circ\text{C}$ và tỷ nhiệt của không khí $C = 0,24 \text{ kcal/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ lượng nhiệt trao đổi bằng hô hấp là :

$$q_{hh} = 0,24 \cdot G \cdot (36,5 - t_k) \quad , \quad [\text{Kcal/h}].$$

G : lượng không khí hô hấp trong 1 giờ của con người [kg].¹²

t_k : nhiệt độ không khí [$^\circ\text{C}$].

Thông thường q_{hh} rất nhỏ \rightarrow ít đưa vào tính toán.

• Lượng nhiệt trao đổi do lao động cơ học:

Lượng nhiệt q_{ld} thường chiếm khoảng 5-35% lượng nhiệt sản sinh của con người do lao động chân tay và trí óc gây ra.¹³

Nếu $q_{mh}=0$ và $\Delta q=0$ thì con người có *cảm giác dễ chịu, thoải mái*.

Nếu $q_{mh}=0$ và $\Delta q < 0$ thì con người có *cảm giác lạnh*.

Nếu $q_{mh} \neq 0$ và $\Delta q > 0$ thì con người có *cảm giác nóng*.

Do đó phương trình trên là cơ sở vật lý của cảm giác nóng lạnh của con người và cũng là cơ sở vật lý để định ra các chỉ tiêu đánh giá vi khí hậu trong phòng.

b/ Biểu đồ nhiệt độ hiệu quả tương đương :

Chỉ tiêu này chỉ xét 3 yếu tố ảnh hưởng đến cảm giác nhiệt của con người: *nhiệt độ, độ ẩm, vận tốc gió*. Tức là:

$$t_{hq} = f(t_k, \varphi, v) \text{ với điều kiện: } + M \text{ bình thường.}$$

$$+ t_R \approx t_K .$$

Chỉ tiêu này có thể dùng đánh giá vi khí hậu tất cả những công trình kiến trúc (M bình thường) thiết kế cách nhiệt thông thoáng tốt ($t_R \approx t_K$). Phù hợp 70 - 80% các công trình kiến trúc dân dụng ở nước ta hiện nay.

Để hiểu t_{hq} là gì hãy xét 3 môi trường vi khí hậu sau:

Môi trường	$t_k, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$	$v, \text{m/s}$	t_R và M
A	25	100	0	M bình thường
B	27	80	0,5	$t_R \approx t_K$
C	29	67	1,0	

Trong cả 3 môi trường trên con người đều cảm thấy nóng lạnh như nhau. Ta nói chúng có nhiệt độ hiệu quả tương đương bằng nhau:

$$t_{hqA} = t_{hqB} = t_{hqC} = 25 \quad [^\circ\text{C}]$$

¹² Mỗi người mỗi ngày cần 12m^3 không khí = 14 kg không khí.

¹³ Thí dụ đối với lao động nặng trung bình ở tư thế đứng có $M=150\text{kcal/h}$, lấy tỉ lệ đó bằng 20% nên lượng nhiệt tổn hao cho lao động sẽ bằng : $q_{ld}=0,2(150-85)=13\text{kcal/h}$.

85 : lượng nhiệt sản sinh ra khi con người đứng nghỉ.

Vậy định nghĩa: *Nhiệt độ hiệu quả tương đương là nhiệt độ không khí trong điều kiện $\phi = 100\%$; $v = 0$ m/s mà nó khiến con người có cảm giác nóng lạnh tương đương các môi trường có t , ϕ , v khác nhau khi M bình thường, $t_R = t_K$.*

Ngoài ra có thể xác định t_{hq} theo công thức Webb:

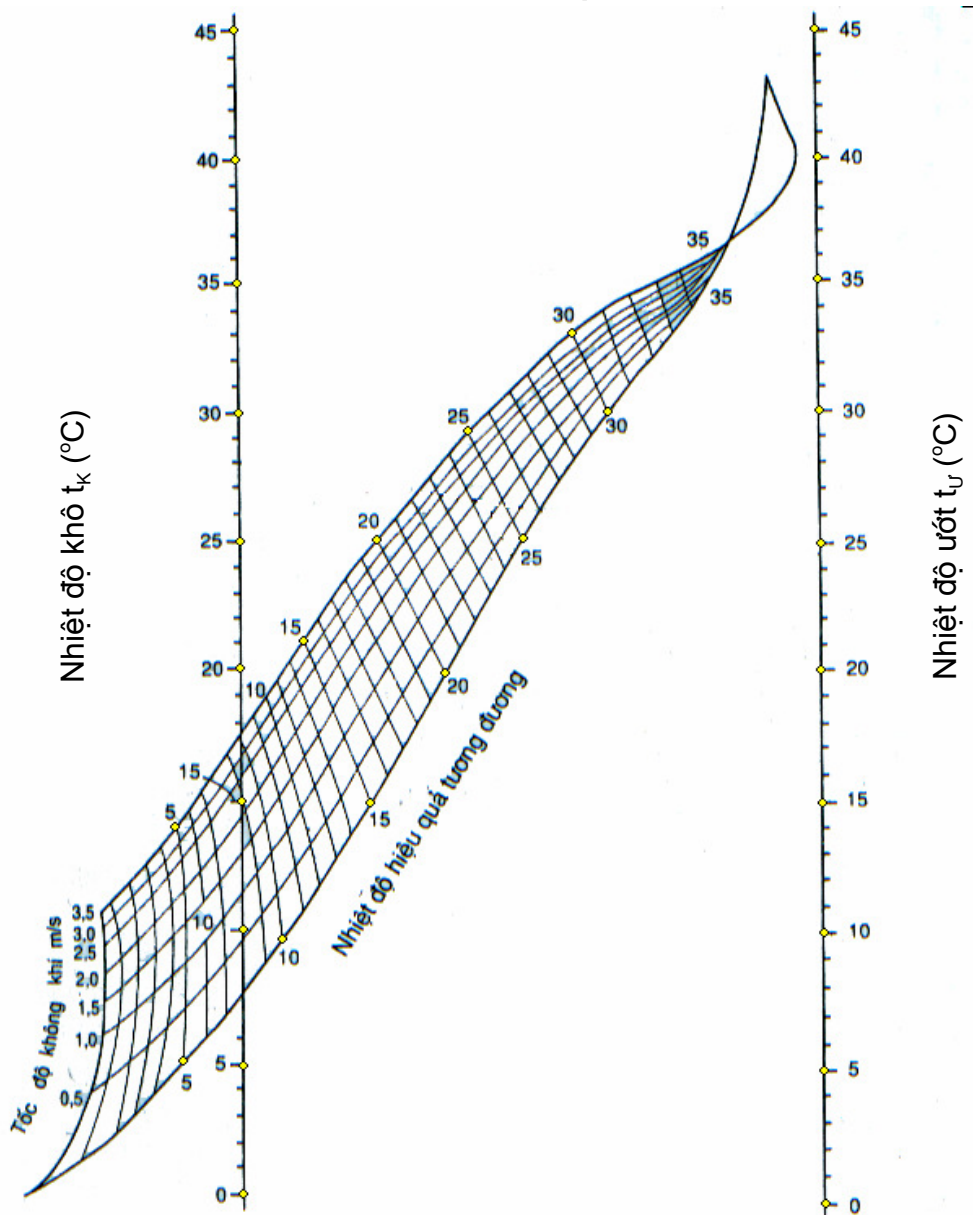
$$t_{hq} = 0,5.(t_K + t_w) - 1,94\sqrt{v} \quad , [^{\circ}\text{C}]$$

Tra biểu đồ t_{hq} : chính xác và có thể tìm nhanh các giải pháp cải tạo. Biểu đồ do hội thông gió cấp nhiệt của Mỹ thiết lập, được dùng phổ biến để đánh giá những công trình dân dụng.

❁ Cách xác định nhiệt độ hiệu quả tương đương:

Ví dụ: Tìm t_{hqA} biết t_A , ϕ_A , v_A .

- Dùng biểu đồ I-d tìm t_{uA} .
- Biểu thị các tọa độ t_A , t_{uA} lên biểu đồ t_{hq} .



Hình 7: Biểu đồ nhiệt độ hiệu quả tương đương

c/ Chỉ số Zôilen – Kôrencôp :

Zôilen (Hà Lan) và Kôrencôp (Nga) đề xuất chỉ số:

$\sum H = f(t_k, \varphi, v, t_R)$ để đánh giá môi trường vi khí hậu trong điều kiện lao động bình thường.

$$\sum H = 0,24(t_k + t_R) + 0,1.d - 0,09.(7,8 - t_k) \sqrt{v} .$$

d: dung ẩm của không khí.

v: vận tốc gió.

Chỉ số này đánh giá được cả công trình dân dụng và công nghiệp nhẹ, cách nhiệt và thông gió chưa tốt.

Bảng 3: Chỉ số đánh giá cảm giác nhiệt theo Zôilen-Kôrencôp:

C _j	$\sum H$	
	Mùa đông	Mùa hè
Rất lạnh	< 7,1	
Lạnh	7,1	
Hơi lạnh	10,0	
Dễ chịu	11,1 - 14,9	13,8 - 16,3
Hơi nóng		17,5
Nóng		19,1
Rất nóng		>19,1

d/ Chỉ số cường độ nhiệt Bendinh - Hats:

Hai anh em Bendinh và Hats (Mỹ) đề xuất dùng chỉ số cường độ nhiệt $B = f(t_k, \varphi, v, t_R, M)$ để đánh giá chế độ vi khí hậu của mọi công trình trong mọi trường hợp lao động:

$$B = \frac{M \pm q_{bx} \pm q_{dl}}{q_{mh}^{max}} \times 100\%$$

Bảng 4: Chỉ số đánh giá cảm giác nhiệt theo Bendinh-Hats:

C _j	B
Lạnh	< 0
Dễ chịu	0 - 30%
Hơi nóng	40 - 60%
Rất nóng	≥ 80%

B là chỉ tiêu hoàn thiện nhưng vẫn chưa hoàn toàn sát thực vì khi mô hình bốc hơi không chỉ lấy nhiệt của cơ thể mà còn của cả môi trường xung quanh. Do vậy q_{mh} tính theo B nhỏ hơn q_{mh} thực tế cần thải. Bổ sung điều này các nhà bác học nghiên cứu đề xuất các chỉ tiêu khác sát thực hơn.

Bảng 5: Tốc độ gió:

CẤP GIÓ	HIỆN TƯỢNG	TỐC ĐỘ [Km/h]
Cấp 0	Lặng gió, các vật trên mặt đất đều yên tĩnh	< 1
Cấp 1	Gió rất nhẹ, khói bốc lên bị lay động	1-5
Cấp 2	Gió nhẹ, lá cây xào xạc	6-11
Cấp 3	Gió nhỏ, lá cây và cành cây nhỏ hơi rung động	12-19
Cấp 4	Gió vừa, cành cây con bị lay động	20-28
Cấp 5	Gió khá mạnh, cây nhỏ rung đưa, mặt hồ ao gợn sóng	29-38
Cấp 6	Gió mạnh, cành lớn lung lay	39-49
Cấp 7	Gió khá lớn, cây to rung chuyển	50-61
Cấp 8	Gió lớn, cành cây nhỏ bị bẻ gãy, đi ngược gió khó khăn	62-74
Cấp 9	Gió rất lớn, làm hư hại nhà cửa	75-88
Cấp 10	Gió bão, làm bật rễ cây, phá đổ nhà	89-102
Cấp 11	Gió bão to, sức phá hoại mạnh	102-105
>Cấp 12	Gió bão rất to, sức phá hoại rất mạnh	>105



TRUYỀN NHIỆT QUA KẾT CẤU BAO CHE & TÍNH TOÁN CÁCH NHIỆT CHO KẾT CẤU

I - TRUYỀN NHIỆT ỔN ĐỊNH QUA KẾT CẤU

Khái niệm: Sự phân bố nhiệt độ trong môi trường vật chất bất kỳ gọi là *trường nhiệt*. Trường nhiệt có thể là 1, 2 hay 3 chiều trong không gian.

- Trường nhiệt thay đổi theo thời gian → trường nhiệt không ổn định.
- Trường nhiệt không thay đổi theo thời gian → trường nhiệt ổn định.

Nói cụ thể hơn, truyền nhiệt ổn định là quá trình truyền nhiệt mà nhiệt độ của môi trường và của kết cấu không thay đổi theo thời gian. Thực tế ít xảy ra điều kiện lý tưởng như vậy, trong một số trường hợp gần đúng, khi nhiệt độ thay đổi ít (đặc biệt là về mùa đông) thì có thể coi đó là truyền nhiệt ổn định để tiện cho quá trình tính toán.

1/ PHƯƠNG TRÌNH TRUYỀN NHIỆT - TỔNG TRỞ CỦA KẾT CẤU

$$Q = q.F \quad , \quad [\text{kcal/h}].$$

$$Q = K.\Delta t \quad , \quad [\text{kcal/m}^2.\text{h}].$$

Q : lượng nhiệt truyền qua kết cấu có diện tích F, [kcal/h].

q : cường độ dòng nhiệt (truyền qua 1m² trong 1 đơn vị thời gian), [kcal/m².h].

Δt : độ chênh nhiệt độ giữa 2 bên bề mặt kết cấu, [°C].

K : hệ số truyền nhiệt của kết cấu :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_N} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_T}} = \frac{1}{R_o}$$

$R_o = \frac{1}{\alpha_N} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_T}$: tổng trở của kết cấu.

δ_i : bề dày lớp kết cấu thứ i, [m].

λ_i : hệ số dẫn nhiệt của lớp kết cấu thứ i, [kcal/m.h.°C].

α_T, α_N : hệ số trao đổi nhiệt bề mặt trong và ngoài, [kcal/m²h°C].

2/ TRUYỀN NHIỆT QUA KẾT CẤU PHẪNG

a/ Đối với kết cấu 1 lớp:

Xét kết cấu phẳng 1 lớp, nhiệt độ bên trong nhà (t_T) cao hơn bên ngoài nhà (t_N). Quá trình truyền nhiệt qua kết cấu được chia làm 3 giai đoạn:

- Từ bên trong truyền đến bề mặt kết cấu :

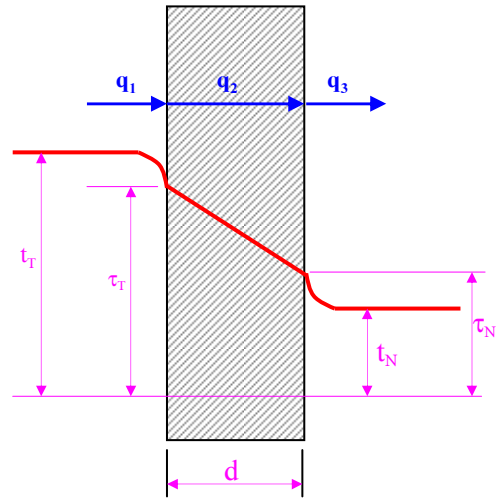
$$q_1 = \alpha_T (t_T - \tau_T) \quad , \quad [\text{kcal/h}].$$

- Từ bề mặt trong ra bề mặt ngoài kết cấu:

$$q_2 = \frac{\lambda}{d} (\tau_T - \tau_N) = \frac{1}{R} (\tau_T - \tau_N), \quad [\text{kcal/h}].$$

- Từ bề mặt ngoài kết cấu ra không khí bên ngoài:

$$q_3 = \alpha_N (\tau_N - t_N) \quad , \quad [\text{kcal/h}].$$



Hình 1: Truyền nhiệt qua kết cấu 1 lớp

α_T, α_N : hệ số truyền nhiệt bề mặt trong và bề mặt ngoài của kết cấu.

τ_T, τ_N : nhiệt độ bề mặt trong và bề mặt ngoài của kết cấu.

t_T, t_N : nhiệt độ không khí bên trong và bên ngoài nhà, [$^{\circ}\text{C}$].

Do quá trình truyền nhiệt ổn định nên: $q_1 = q_2 = q_3 = q$. Nên:

$$q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_T} + R + \frac{1}{\alpha_N}} (t_T - t_N) = \frac{1}{R_T + R + R_N} (t_T - t_N) = \frac{1}{R_o} (t_T - t_N)$$

R : nhiệt trở bản thân kết cấu .

R_T, R_N : nhiệt trở bề mặt trong và bề mặt ngoài kết cấu .

R_o : tổng nhiệt trở của kết cấu .

Từ đó ta xác định được sự phân bố nhiệt độ như sau:

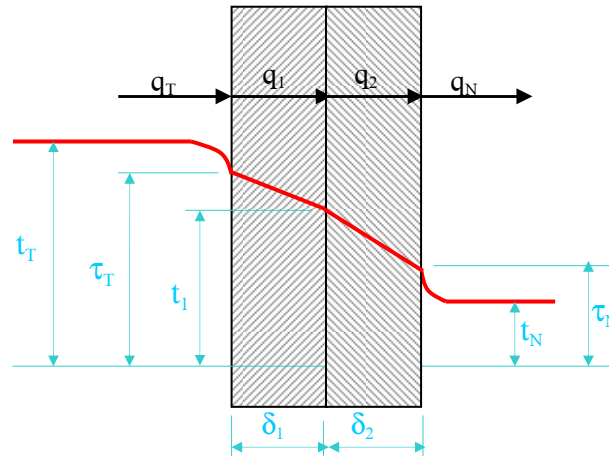
- Nhiệt độ bề mặt trong của kết cấu :

$$\tau_T = t_T - \frac{t_T - t_N}{R_o} \cdot R_T \quad , \quad [^{\circ}\text{C}]$$

- Nhiệt độ bề mặt ngoài của kết cấu :

$$\tau_N = t_T - \frac{t_T - t_N}{R_o} \cdot (R_T + R) \quad , \quad [^{\circ}\text{C}]$$

b/ Đối với kết cấu 2 lớp:



Hình 2: Truyền nhiệt qua kết cấu 2 lớp

Tương tự như truyền nhiệt qua kết cấu 1 lớp, ta có:

$$q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_T} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_N}} (t_T - t_N) = \frac{1}{R_T + R_1 + R_2 + R_N} (t_T - t_N)$$

$$= \frac{1}{R_T + R + R_N} (t_T - t_N) = \frac{1}{R_o} (t_T - t_N)$$

$R = R_1 + R_2$: nhiệt trở bản thân kết cấu .

R_1, R_2 : nhiệt trở của kết cấu 1 và 2.

λ_1, λ_2 : hệ số dẫn nhiệt của lớp 1 và 2.

Lúc này ta xác định được sự phân bố nhiệt độ qua các lớp bề mặt vật liệu:

- Nhiệt độ bề mặt trong của kết cấu :

$$\tau_T = t_T - \frac{t_T - t_N}{R_o} \cdot R_T \quad , \quad [^{\circ}\text{C}]$$

- Nhiệt độ bề mặt ngoài của kết cấu :

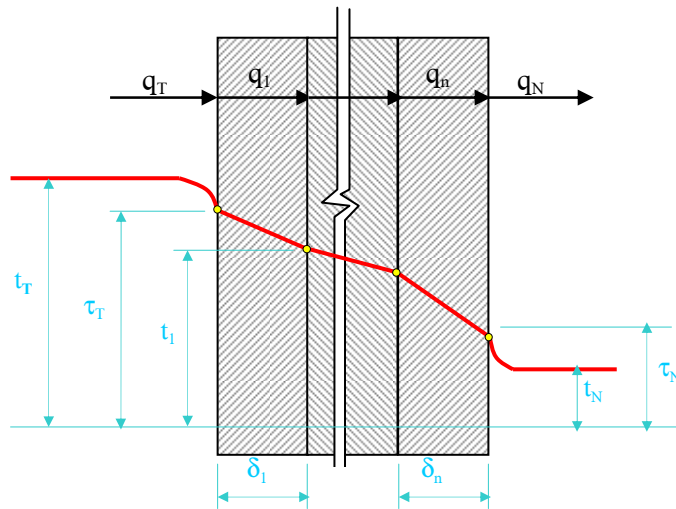
$$\tau_N = t_T - \frac{t_T - t_N}{R_o} \cdot (R_T + R) \quad , \quad [^{\circ}\text{C}]$$

- Nhiệt độ giữa 2 lớp kết cấu :

$$t_1 = t_T - \frac{t_T - t_N}{R_o} (R_T + R_1) \quad , \quad [^{\circ}\text{C}]$$

c/ Đối với kết cấu nhiều lớp:

Tương tự như kết cấu 2 lớp ta có thể xác định được truyền nhiệt qua kết cấu nhiều lớp :



Hình 3: Truyền nhiệt qua kết cấu nhiều lớp

$$q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_T} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_N}} (t_T - t_N) = \frac{1}{R_T + R_1 + \dots + R_n + R_N} (t_T - t_N)$$

$$= \frac{1}{R_T + R + R_N} (t_T - t_N) = \frac{1}{R_o} (t_T - t_N)$$

$R = R_1 + \dots + R_n$: nhiệt trở bản thân kết cấu .

R_1, \dots, R_n : nhiệt trở của kết cấu 1, ..., n.

$\lambda_1, \dots, \lambda_n$: hệ số dẫn nhiệt của lớp 1, ..., n.

Lúc này ta xác định được sự phân bố nhiệt độ qua bề mặt các lớp vật liệu:

- Nhiệt độ bề mặt trong của kết cấu :

$$\tau_T = t_T - \frac{t_T - t_N}{R_o} \cdot R_T \quad , \quad [^{\circ}\text{C}]$$

- Nhiệt độ bề mặt ngoài của kết cấu :

$$\tau_N = t_T - \frac{t_T - t_N}{R_o} \cdot (R_T + R) \quad , \quad [^{\circ}\text{C}]$$

- Nhiệt độ bề mặt lớp kết cấu thứ i:

$$t_i = t_T - \frac{t_T - t_N}{R_o} (R_T + R_1 + \dots + R_i) \quad , \quad [^{\circ}\text{C}]$$

☞ Với các giá trị τ_T , τ_N , t_i ta có thể vẽ được đường biểu diễn nhiệt độ qua các điểm trên bề mặt các lớp vật liệu.

II - TRUYỀN NHIỆT DAO ĐỘNG QUA KẾT CẤU

Truyền nhiệt mà có sự thay đổi nhiệt độ của môi trường và kết cấu theo thời gian thì gọi là truyền nhiệt không ổn định. Trường hợp này hay gặp trong thực tế, đặc biệt là về mùa hè, dưới bức xạ mặt trời có biên độ dao động nhiệt rất lớn. Do vậy, cần phải nghiên cứu tính toán để giải quyết các vấn đề chế độ nhiệt cho công trình.

Khi sự truyền nhiệt qua kết cấu ngăn che dao động lặp lại như cũ sau một khoảng thời gian nhất định gọi là dao động có chu kỳ. Nếu sự biến thiên này có dạng hình SIN hoặc COSIN thì gọi là dao động điều hòa.

Phương trình vi cơ bản của truyền nhiệt không ổn định:

- Trường hợp trường nhiệt 3 chiều:

$$\frac{\partial t}{\partial \theta} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right)$$

- Trường hợp trường nhiệt 2 chiều:

$$\frac{\partial t}{\partial \theta} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} \right)$$

- Trường hợp trường nhiệt 1 chiều:

$$\frac{\partial t}{\partial \theta} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} \right)$$

x, y, z : các phương truyền nhiệt.

t : nhiệt độ.

θ : thời gian.

a: hệ số dẫn nhiệt độ của môi trường: $a = \frac{\lambda}{c \cdot \gamma}$

c : tỉ nhiệt của môi trường , [kcal/kg.°C]

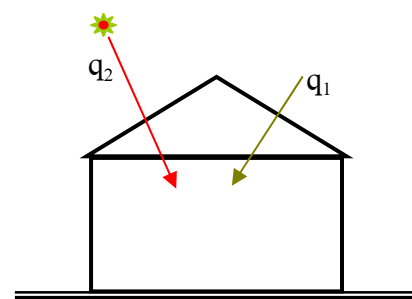
γ : trọng lượng đơn vị của môi trường, [kg/m³].

1/ NHIỆT ĐỘ TỔNG HỢP NGOÀI NHÀ :

Lượng nhiệt tác động lên kết cấu dao động rất lớn trong 1 ngày đêm (24 giờ) nên dòng nhiệt truyền vào phòng và nhiệt độ bề mặt kết cấu cũng biến đổi có tính chu kỳ.

Mặt ngoài kết cấu bao che nhận 2 tác dụng nhiệt đồng thời:

- Tác dụng đối lưu và bức xạ với môi trường không khí ngoài nhà (q_1).
- Tác dụng đốt nóng của tổng xạ I từ bức xạ mặt trời (q_2).



Hình 4: Truyền nhiệt qua mái

☞ Từ đó ta có trị số trung bình tổng nhiệt lượng q kết cấu nhận được bằng:

$$q = q_1 + q_2 \quad , \text{ [kcal/m}^2\text{.h].}$$

q_1 : đã được xác định như phân trước: $q_1 = \alpha_N (t_N - \tau_N)$, [kcal/m².h].

q_2 : bức xạ mặt trời đốt nóng mặt ngoài kết cấu bao che, một phần được bề mặt kết cấu hấp thu, một phần phản xạ trở lại. Lượng nhiệt đó được xác định bằng công thức:

$$q_2 = \rho . I, \text{ [kcal/m}^2\text{.h].}$$

ρ : hệ số hấp thu nhiệt của kết cấu , phụ thuộc vào tính chất, màu sắc của vật liệu ở bề mặt ngoài kết cấu.

Bảng 1: hệ số hấp thu nhiệt của kết cấu

Vật liệu	ρ	Vật liệu	ρ
Mái tôn tráng kẽm	0,65	Tường đá granit đỏ	0,55
Mái tôn quét sơn trắng	0,45	Tường gạch nung	0,65
Mái tôn nâu sẫm	0,81	Tường trát vữa	0,40
Mái ngói đỏ tươi	0,60	Tường gạch silicat	0,35

I : cường độ bức xạ trung bình chiếu lên bề mặt kết cấu, [kcal/m².h].

Do đó lượng nhiệt tổng truyền lên mái nhà:

$$q = \alpha_N (t_N - \tau_N) + \rho . I = \alpha_N \left(t_N + \frac{\rho . I}{\alpha_N} - \tau_N \right)$$

Hai tác dụng đồng thời t_N và I là 2 đại lượng không cùng thứ nguyên làm cho bài toán phức tạp. Để đơn giản tính toán, có thể thừa nhận tác dụng của tổng xạ I như một loại nhiệt độ tăng thêm cho nhiệt độ ngoài t_N và gọi là nhiệt độ tương đương t_{td} :

$$t_{td} = \frac{\rho . I}{\alpha_N} \quad , \quad [^{\circ}\text{C}].$$

Nhiệt độ tương đương kết hợp với nhiệt độ bên ngoài nhà thành nhiệt độ tổng hợp ngoài nhà:

$$t_{tg} = t_N + t_{td} \quad , \quad [^{\circ}\text{C}].$$

Lúc đó ta có nhiệt truyền lên mái nhà:

$$q = \alpha_N . (t_{tg} - \tau_N) \quad , \text{ [kcal/m}^2\text{.h].}$$

Theo phương thức truyền nhiệt qua kết cấu đã xét ở chương 1 ta có lượng nhiệt truyền vào nhà qua mái sẽ là:

$$q = K_{\text{mái}} . (t_{tg} - t_T) \quad , \text{ [kcal/m}^2\text{.h].}$$

Trong thực tế cường độ bức xạ nhiệt dao động theo chu kỳ 24 giờ trong ngày nên giá trị bức xạ I được xác định theo giá trị trung bình lên mặt phẳng của kết cấu đang xem xét:

$$I = \frac{\sum I_{(i)}}{24} \quad , \quad \text{ [kcal/m}^2\text{h].}$$

$\sum I_{(i)}$: tổng cường độ bức xạ mặt trời của các giờ nắng trong ngày.

2/ BIÊN ĐỘ DAO ĐỘNG NHIỆT:

Cường độ bức xạ (I hay t_{td}) và nhiệt độ bên ngoài (t_N) đều dao động theo chu kỳ 24 giờ nhưng có sự lệch pha nhau, do đó nhiệt độ tổng (t_{tg}) cũng là dao động điều hoà theo chu kỳ đó. Biên độ dao động của các đại lượng được xác định như sau:

$$A(t_{td}) = \frac{\rho(I^{\max} - I^{TB})}{\alpha_N}$$

$$A(t_N) = t_{\max}^{13h} - t_N^{TB}$$

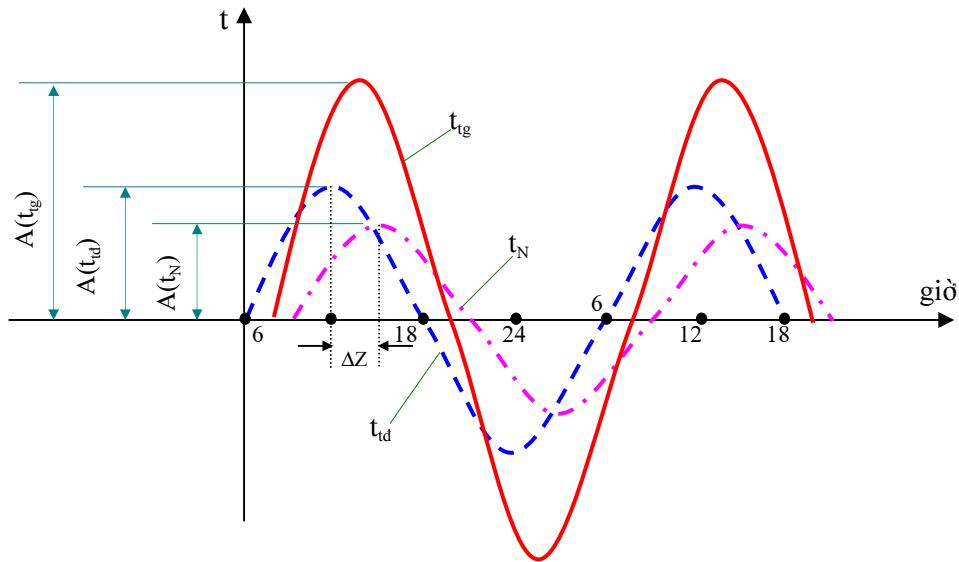
$$A(t_{tg}) = [A(t_{td}) + A(t_N)]\psi$$

t_{\max}^{13} : nhiệt độ trung bình max xuất hiện lúc 13^h.

ψ : hệ số hiệu chỉnh do sự lệch pha giữa t_{td}^{\max} và t_N^{\max} → Được xác định theo bảng.

Bảng 2: hệ số hiệu chỉnh ψ

$\frac{A(t_{td})}{A(t_N)}$	Độ lệch pha ΔZ , giờ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,99	0,96	0,92	0,87	0,79	0,71	0,61	0,50	0,38	0,26
2	0,99	0,97	0,93	0,88	0,82	0,75	0,66	0,57	0,49	0,41
3	0,99	0,97	0,94	0,90	0,85	0,79	0,73	0,66	0,60	0,55
5	1,00	0,98	0,96	0,93	0,89	0,85	0,81	0,76	0,73	0,69



Hình 5: Biên độ dao động nhiệt tổng hợp

3/ TRUYỀN NHIỆT DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA QUA KẾT CẤU NGĂN CHE

a/ Hệ số tắt dao động nhiệt - hệ số hàm nhiệt:

Sau khi truyền qua kết cấu vào nhà, biên độ bề mặt trong giảm đi v lần so với biên độ tổng hợp bên ngoài:

$$v = \frac{A_{t_{lg}}}{A_{\tau_T}}$$

Đối với toàn bộ kết cấu, ta gọi v_0 là hệ số tắt dần tổng hợp và được xác định theo công thức:

$$v_0 = 2^D \cdot \left(0,83 + 3 \cdot \frac{\sum R}{D} \right) \cdot v_1 \cdot v_k$$

D: tổng hệ số nhiệt quán tính của kết cấu :

$$D = \sum_{i=1}^n R_i \cdot S_i$$

$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$: nhiệt trở của kết cấu thứ i .

S_i : nhiệt hàm của kết cấu thứ i , tra bảng.

v_1 : hệ số hiệu chỉnh kể đến ảnh hưởng của thứ tự các lớp trong kết cấu. Nếu chỉ xét hai lớp chính của kết cấu là lớp cách nhiệt và lớp kết cấu chịu lực thì:

$$v_1 = 0,85 + 0,15 \frac{S_2}{S_1}$$

S_1, S_2 : hệ số hàm nhiệt của vật liệu hai lớp trên, thứ tự tính theo hướng của sóng nhiệt.

v_k : hệ số kể đến ảnh hưởng của tầng không khí kín làm tăng hệ số tắt dần dao động nhiệt của kết cấu:

$$v_k = 1 + 0,5 \cdot R_k \frac{D}{\sum R}$$

R_k : nhiệt trở của lớp không khí kín. Nếu kết cấu ngăn che không có tầng không khí thì $v_k=1$.

b/ Độ trễ dao động:

Dao động nhiệt độ bề mặt trong kết cấu thường chậm hơn pha dao động nhiệt độ tổng hợp ngoài nhà, ta gọi đó là độ trễ dao động hay độ lệch pha .

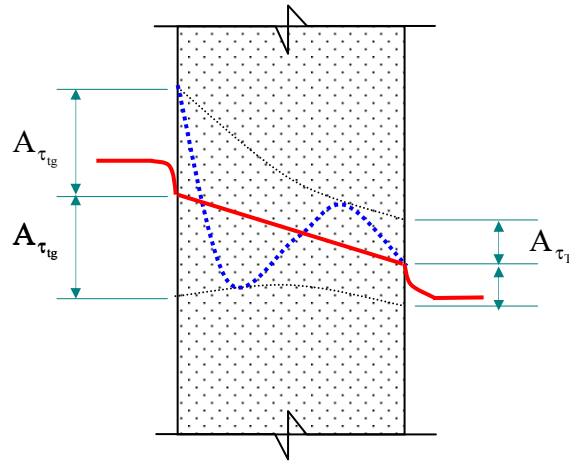
Thời gian trễ pha tổng hợp giữa t_{lg}^{max} và τ_T^{max} là ϵ_0 :

$$\epsilon_0 = Z_{\tau_T^{max}} - Z_{t_{lg}^{max}} = 2,7D - 0,4 \text{ , [giờ]}.$$

$Z_{\tau_T^{max}}$: thời điểm xuất hiện τ_T^{max} .

$Z_{t_{lg}^{max}}$: thời điểm xuất hiện t_{lg}^{max} .

Tương tự, thời gian trễ pha giữa τ_N^{max} và τ_T^{max} được xác định bằng ϵ .



Hình 6: dao động nhiệt qua kết cấu

c/ Chỉ số nhiệt quán tính D:

Tích số $RS=D$ gọi là *chỉ số nhiệt quán tính* của lớp kết cấu. Chỉ số nhiệt quán tính của kết cấu nhiều lớp được xác định như sau:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i \cdot S_i$$

$D \geq 1 \rightarrow$ chứa được $\geq 1/4$ bước sóng \rightarrow kết cấu dày về phương diện nhiệt.

$D < 1 \rightarrow$ kết cấu mỏng.

III - PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ CÁCH NHIỆT CHO KẾT CẤU

Nhiệm vụ của người thiết kế là đưa ra một giải pháp kết cấu phù hợp đảm bảo chống nóng về mùa hè, chống lạnh về mùa đông,... mà vẫn đảm bảo về mặt chịu lực và kinh tế nhất.

1/ THIẾT KẾ KẾT CẤU THEO YÊU CẦU CHỐNG LẠNH MÙA ĐÔNG

Kết cấu bao che về mùa đông phải đủ dày và có khả năng chống thất thoát nhiệt của công trình, do vậy phải lựa chọn các lớp vật liệu sao cho đảm bảo yêu cầu đề ra.

Bao gồm 2 bước:

- Xác định nhiệt trở yêu cầu R_o^{yc} của kết cấu .
- Cấu tạo kết cấu có nhiệt trở $R \geq R_o^{yc}$.

Việc xác định R_o^{yc} phải thỏa mãn 2 điều kiện sau:

a/ Điều kiện tiện nghi nhiệt :

Khi biết nhiệt độ bề mặt cho phép bên trong ta phải có $\tau_T \geq [\tau_T]$. Lúc đó:

$$R_o^{yc} = \frac{t_T - t_N}{t_T - [\tau_T]} \cdot R_T = \frac{t_T - t_N}{\Delta t_T} \cdot R_T$$

t_T, t_N : nhiệt độ bên trong và bên ngoài nhà, [°C].

R_T : nhiệt trở bề mặt trong.

$[\tau_T]$: nhiệt độ cho phép bề mặt trong , [°C].

Δt_T : chênh lệch nhiệt độ cho phép không khí bên trong và bề mặt trong của nhà.

Bảng 3: chênh lệch nhiệt độ cho phép Δt_T

Nhóm nhà	Tên nhà	Trị số Δt_T	
		Tường ngoài	Mái & trần
1	Nhà ở, bệnh viện, nhà trẻ	6	4,5
2	Rạp hát, trường học, nhà ga	7	6,5
3	Nhà sản xuất có $\phi = 50 - 60\%$	8	7
4	Nhà sản xuất có $\phi < 49\%$	10	8
5	Nhà sản xuất có nhiệt thừa và $\phi < 45\%$	12	12
6	Nhà sản xuất có $\phi = 60 - 75\%$	$t_T - t_s$	$t_T - t_s$
7	Nhà sản xuất có $\phi > 75\%$	6,5	$t_T - t_s$

b/ Điều kiện chống đọng sương trên bề mặt trong của kết cấu :

Với điều kiện khí hậu trong phòng đã biết, dựa vào biểu đồ I-d ta xác định được nhiệt độ điểm sương (t_s). Kết cấu phải đảm bảo có nhiệt độ bề mặt trong $\tau_T \geq t_s$ (để không xảy ra hiện tượng điểm sương). Lúc đó:

$$R_o^{yc} = \frac{t_T - t_N}{t_T - t_s} \cdot R_T$$

Khi tính được 2 giá trị R_o^{yc} trên ta thiết kế kết cấu sao cho nhiệt trở của nó phải lớn hơn hoặc bằng giá trị lớn nhất của 2 giá trị trên.

2/ THIẾT KẾ KẾT CẤU THEO YÊU CẦU CHỐNG NÓNG MÙA HÈ

Kết cấu được thiết kế phải đảm bảo 2 yêu cầu :

a/ Điều kiện tiện nghi tổng thể:

Phương pháp này đưa ra khái niệm nhiệt độ phòng:

$$t_f = k_v \cdot t_k \cdot (1 - k_v) \cdot t_R$$

k_v : hệ số kể đến ảnh hưởng của tốc độ không khí trong phòng.

Bảng 4: hệ số kể đến ảnh hưởng của tốc độ không khí trong phòng (k_v)

$v[m/s]$	0-0,05	0,1	0,2	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8
k_v	0,5	0,59	0,67	0,73	0,78	0,82	0,84	0,86	0,87

t_k : nhiệt độ không khí trong phòng , [°C].

t_R : nhiệt độ trung bình của các bề mặt trong phòng , [°C].

Ta phải có : $R_o^{yc} = (1 - k_v) \cdot R \cdot \frac{t_{ig}^{TB} - t_T}{29,5 - t_T}$

29,5 : nhiệt độ cho phép trong phòng về mùa nóng do UBNN qui định.

t_{ig}^{TB} : nhiệt độ tổng hợp trung bình , [°C].

t_T : nhiệt độ trung bình của không khí trong phòng , [°C].

b/ Điều kiện tiện nghi cục bộ:

Yêu cầu: $\tau_T^{max} \leq [\tau_T]$. Từ biểu thức $v_o = \frac{A_{t_{ig}}}{A_{\tau_T}}$ ta có:

$$v_o^{yc} = \frac{A_{t_{ig}}}{[\tau_T] - t_T - \frac{R_T}{R_o} (t_{ig}^{TB} - t_N^{TB})} \Rightarrow R_o^{yc} = \frac{R_T (t_{ig}^{TB} - t_N^{TB})}{[\tau_T] - t_N - \frac{A_{t_{ig}}}{v_o}}$$

v_o^{yc} : hệ số tắt dần yêu cầu của kết cấu .

v_o : hệ số tắt dần của toàn bộ kết cấu.

$A_{t_{ig}}$: biên độ dao độ tổng hợp của nhiệt độ.

Như vậy, muốn tính R_0^{yc} phải giả thiết cho trước trị số hệ số tắt dần ν_0 , từ trị số R_0^{yc} tính được với trị số ν_0 giả thiết, ta thiết kế các lớp kết cấu bao che, sau đó tính lại trị số ν_0 và so sánh nó với trị số ν_0 giả thiết ban đầu, nếu chúng khác nhau trong phạm vi $\pm 10\%$ là được.

3

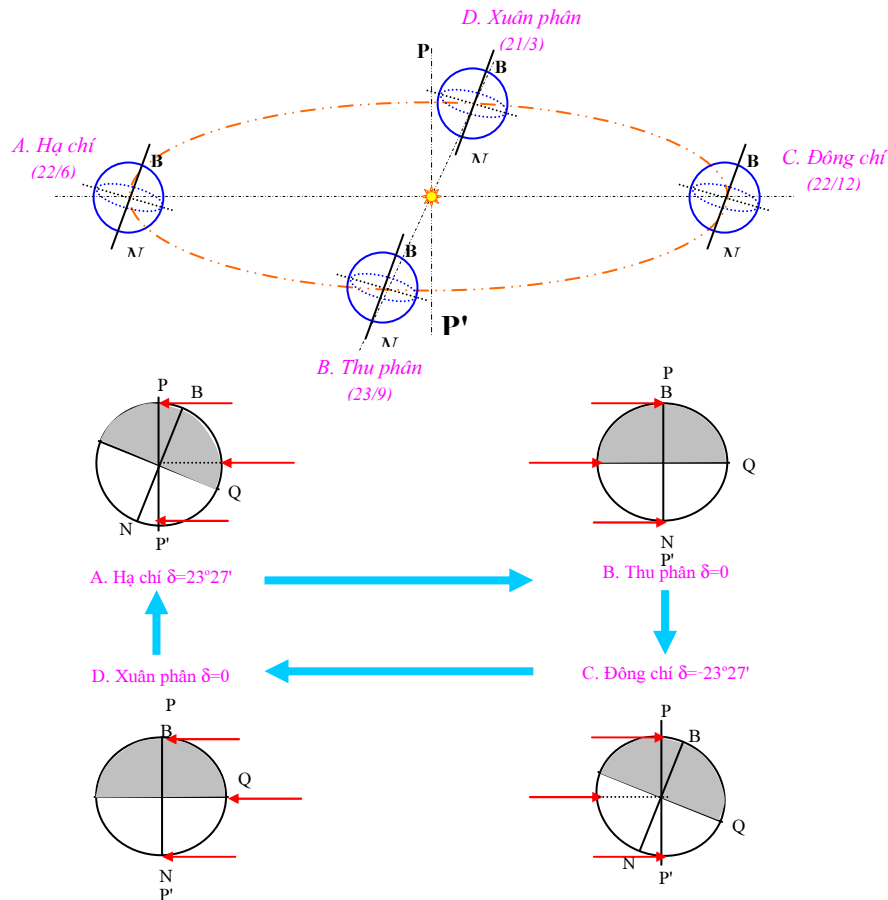
CHE NĂNG

I - CÁCH XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ MẶT TRỜI

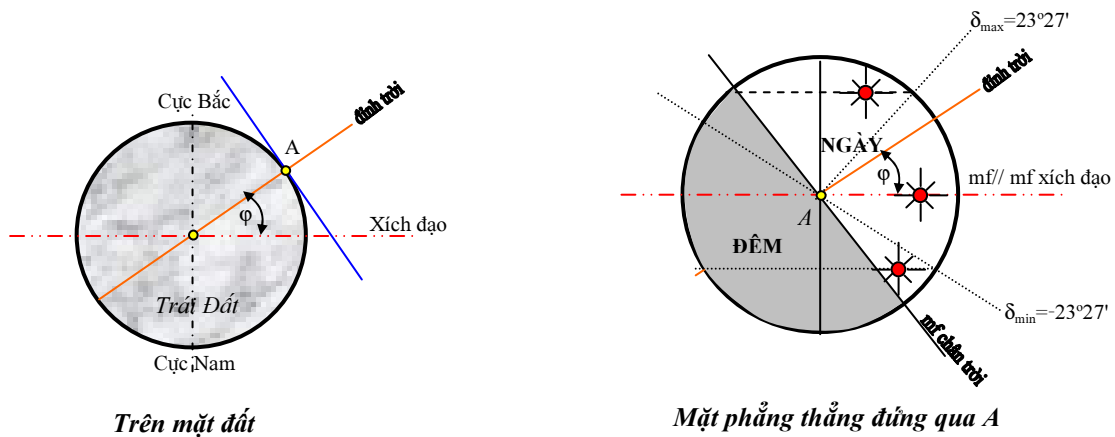
Mặt trời là khối khí nóng khổng lồ, có nhiệt độ bề mặt khoảng 6000°K , liên tục phát bức xạ năng lượng ra xung quanh. Trái đất chỉ nhận được khoảng $1/2.200.000.000$ tổng năng lượng bức xạ đó.

Trái đất quay xung quanh mặt trời \rightarrow mặt hoàng đạo (1 vòng/năm).

Trái đất tự quay quanh trục của nó (1 vòng/ngày đêm). Trục tự quay của trái đất nghiêng so với mặt phẳng xích đạo (hoàng đạo) một góc $66^{\circ}33'$ \rightarrow tia chiếu của mặt trời nghiêng với mặt phẳng xích đạo góc δ luôn thay đổi trong năm, tạo thành hiện tượng ngày dài đêm ngắn khác nhau, cũng như tạo thành bốn mùa Xuân, Hạ, Thu, Đông.

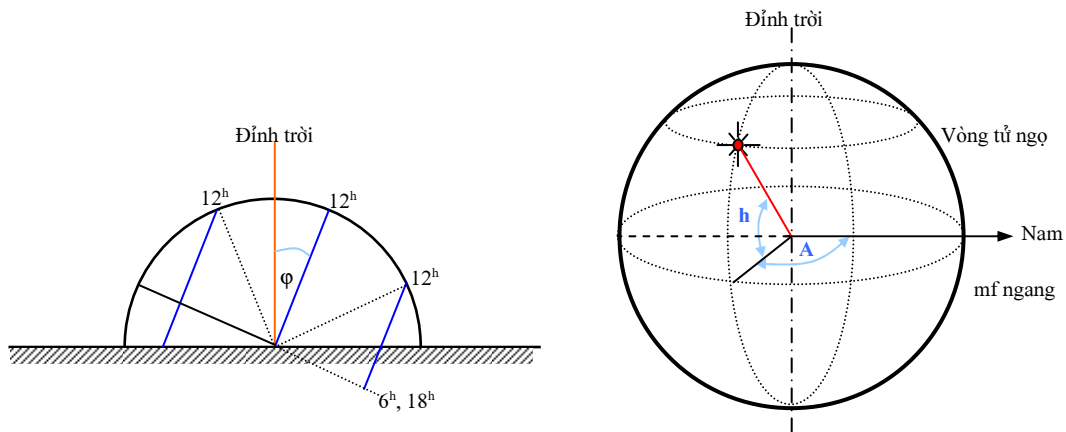


Hình 1: Quy luật chuyển động của Trái Đất quanh Mặt Trời



Hình 2: Chuyển động biểu kiến của Mặt Trời, quan sát từ điểm A có vĩ độ φ

Khi nhìn từ mặt đất lên ta có cảm giác mặt trời chuyển động trên bầu trời. Ta gọi đó là chuyển động biểu kiến của mặt trời.



Hình 3: Ngày đêm dài ngắn khác nhau

Hình 4: vị trí mặt trời từ điểm quan sát dưới mặt đất

Vị trí của mặt trời so với điểm quan sát được đặc trưng bởi 2 yếu tố:

- Góc phương vị A (so với phương Nam của hình chiếu tia mặt trời lên mặt phẳng ngang).
- Góc độ cao h (so với phương ngang).

Về trị số: $\sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos z$

$$\sin A = \frac{\cos \delta \cdot \sin z}{\cos h} \quad ; \quad \cos A = \frac{\sin h \cdot \sin \varphi - \sin \varphi}{\cos h \cdot \cos \varphi}$$

δ : góc xích độ.

φ : vĩ độ điểm quan sát.

z : góc giờ, tính như sau: lúc 12^h (giờ trung bình mặt trời) thì z=0. Cứ trước hay sau đó 1^h lấy z=15°. Ví dụ: lúc 14^h20' → z = 2 × 15 + $\frac{1}{3}$ × 15 = 35°.

Từ các công thức trên, có thể suy ra công thức để tính độ dài ngày, góc phương vị của mặt trời lúc mọc và lặn, cũng như độ cao của mặt trời lúc 12 giờ trưa:

- Góc phương vị của mặt trời khi mọc (hay lặn): từ công thức trên cho $h=0$ ta có:

$$\cos A_0 = -\frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$$

- Độ cao mặt trời lúc 12 giờ trưa: từ công thức trên cho $z=0$ ta có:

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta$$

- Tương tự, giờ mặt trời mọc hay lặn: $\cos z_0 = -\text{tg}\varphi.\text{tg}\delta$.

II- YÊU CẦU ĐỐI VỚI KẾT CẤU CHE NẮNG - TIÊU CHUẨN CHE NẮNG

1/ YÊU CẦU ĐỐI VỚI KẾT CẤU CHE NẮNG:

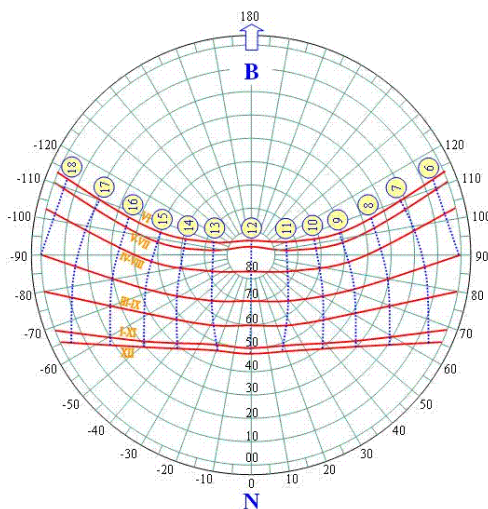
Kết cấu che nắng cần phải thỏa mãn các yêu cầu:

- ☛ Che bức xạ mặt trời về mùa hè và không cản trở chiếu nắng về mùa đông (chiếu sáng, sưởi ấm).
- ☛ Kết hợp chặt chẽ với yêu cầu che mưa.
- ☛ Không ảnh hưởng xấu đến thông gió tự nhiên.
- ☛ Không hạn chế tầm nhìn của người.
- ☛ Cấu tạo đơn giản và có hiệu quả kinh tế, dễ định hình hóa để dùng trong nhà lắp ghép.
- ☛ Kiểu cách hợp lý phù hợp với kiến trúc của nhà.

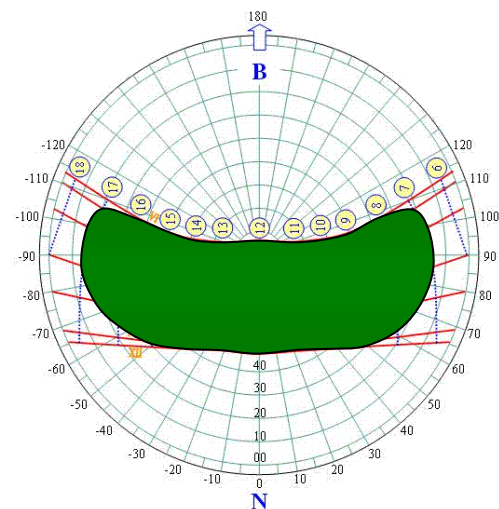
2/ CHỈ TIÊU CHE NẮNG:

☞ Việc cần thiết phải che nắng khi xảy ra đồng thời 2 điều kiện sau:

- ☛ Nhiệt độ hiệu quả tương đương của không khí tác động lên mặt nhà: $t_{hqtđ} = 27^\circ$.
- ☛ Bức xạ mặt trời chiếu lên mặt nhà: $I \geq 230 \text{ kcal/m}^2$.



Hình 5: Đường chuyển động biểu kiến mặt trời



Hình 6: Tiêu chuẩn che nắng

Qua 2 chỉ tiêu đó ta xác định được số giờ trong ngày cần phải che nắng và thể hiện trên biểu đồ:

- Đường đồng tâm chỉ góc cao mặt trời (h).
- Đường xuyên tâm chỉ góc phương vị mặt trời (A).
- Đường nét đứt chỉ giờ trong ngày (màu xanh).
- Đường cong nằm ngang chỉ đường chuyển động biểu kiến của mặt trời (màu đỏ).

Vậy, *biểu đồ chỉ tiêu che nắng* là một vòng bao tập hợp tất cả các giờ cần che nắng trong ngày ứng với tất cả các ngày trong năm.

III - THIẾT KẾ KẾT CẤU CHE NẮNG

Thiết kế kết cấu che nắng gồm 2 vấn đề:

- 🔧 *Lựa chọn hình thức kết cấu che nắng thích hợp với từng công trình ứng với từng mặt nhà.*
- 🔧 *Xác định kích thước hợp lý của kết cấu che nắng.*

1/ LỰA CHỌN HÌNH THỨC KẾT CẤU CHE NẮNG:

Kết cấu che nắng có 2 loại:

- *Kết cấu cố định:* ô văng, tấm ngang, mái đua, ban công, hành lang, hiên,...
- *Kết cấu di động:* chớp quay, mái hiên di động, cánh phen, mui che,...

Việc lựa chọn hình thức kết cấu che nắng phụ thuộc vào địa điểm xây dựng và hướng của cửa cần che nắng. Trước hết ta phải biết được khả năng che nắng của từng loại kết cấu để xác định nó được áp dụng vào với hướng nào, cụ thể:

- *Kết cấu nằm ngang:* phù hợp với hướng Nam và hướng lân cận. Loại này ngoài việc che nắng còn có tác dụng che mưa tốt và ít cản gió vào phòng.
- *Kết cấu thẳng đứng:* phù hợp với hướng Đông-Bắc, Tây-Bắc, Bắc. Để đảm bảo vấn đề chống mưa hắt và tận dụng tốt gió tự nhiên có thể chế tạo kết cấu che nắng thẳng đứng có thể quay được chung quanh trục đứng.
- *Kết cấu che nắng hỗn hợp:* áp dụng cho các hướng khác, đó là loại kết hợp hài hoà giữa kết cấu che nắng ngang và đứng.
- *Tấm chắn trước cửa:* áp dụng cho các cửa hướng Đông, Tây hay các hướng lân cận bị các tia nắng thấp chiếu thẳng vào nhà (nắng xiên khoai). Đó là dạng che nắng kiểu chuồng chim. Loại này có nhược điểm là cản gió, giảm ánh sáng, giảm tầm nhìn của nhà, nên cần cấu tạo theo kiểu lỗ hoa, tổ ong,...

2/ XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC KẾT CẤU CHE NẮNG:

Dựa vào chỉ tiêu che nắng, thời gian che nắng, ta có thể dùng phương pháp giải tích hoặc phương pháp biểu đồ để xác định kích thước kết cấu che nắng.

a/ Xác định kích thước kết cấu che nắng bằng phương pháp giải tích:

► **Kết cấu che nắng nằm ngang:**

Căn cứ vào giờ cần che nắng của địa phương, xác định góc A và góc h của mặt trời. Lấy hướng Nam làm chuẩn (hướng gốc của góc phương vị A), lấy dấu (+) về phía Tây, dấu (-) về phía Đông.

α là góc giữa hướng nhà với hướng chính Nam, và lấy dấu theo góc A. Lúc này độ vươn ra của kết cấu che nắng có giá trị là:

$$L = H \cdot \cotg h \cdot \cos \gamma - d$$

L : độ dài đua ra của kết cấu che nắng, tính từ mép ngoài của cửa sổ đến mép ngoài của kết cấu che nắng, [cm].

H : chiều cao cửa sổ, tính từ bậu cửa sổ đến tấm che nắng, [cm].

d : chiều dày hiệu quả của tường, tính từ mặt kính đến mặt ngoài của tường, [cm].

h : góc cao mặt trời lúc tính toán, [độ].

γ : hiệu số góc phương vị mặt trời lúc tính toán và góc lệch của hướng nhà so với hướng Nam: $\gamma = A - \alpha$.

Trị số h và A được xác định theo phụ lục, ứng với các giờ cần che nắng cho các hướng. Phải tính L với tất cả các giờ cần che nắng, sau đó lấy trị số lớn nhất để sử dụng.

Trường hợp tấm đua ngang không dài liên tục, tính thêm độ dài đua dọc tường D theo công thức:

$$D = H \cdot \cotg h \cdot \sin \gamma$$

► **Tấm chớp ngang:**

Khoảng cách giữa các tấm chớp ngang xác định theo công thức: $H = B' \cdot (\tg h + \tg \beta) \cdot \cos \gamma$

B' : bề rộng hiệu quả của tấm chớp: $B' = B \cdot \cos \beta$

B : chiều rộng tấm chớp.

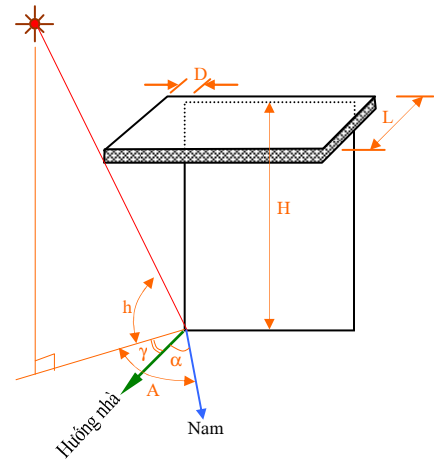
β : góc nghiêng tấm chớp so với mặt phẳng ngang.

► **Kết cấu che nắng thẳng đứng:**

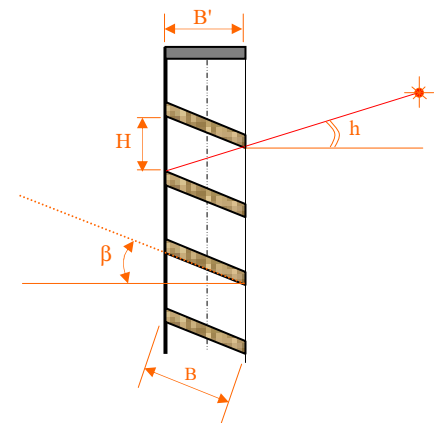
$$L = B \cdot \cotg \gamma - d$$

B : khoảng cách từ tấm đứng đến cạnh cửa đối diện.

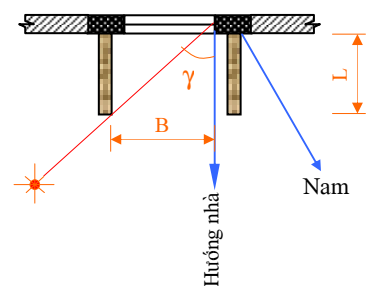
d : chiều dày hiệu quả của tường, tính từ mặt kính đến mặt ngoài của tường, [cm].



Hình 7: kết cấu che nắng nằm ngang



Hình 8: Tấm chớp ngang



Hình 9: kết cấu che nắng thẳng đứng

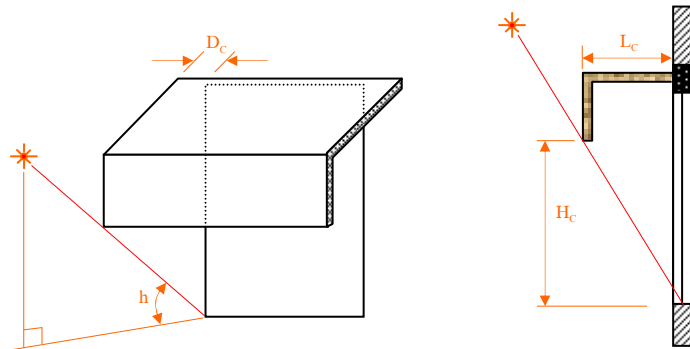
► **Tấm che trước cửa:**

Trước tiên chọn trị số L_c theo yêu cầu cấu tạo (thông gió, chiếu sáng, kiến trúc), thông thường lấy bằng 0,6 - 1,2m tùy theo kích thước cửa sổ. Khi đó ta sẽ xác định được chiều cao H_c và chiều dài đua dọc D_c :

$$H_c = L_c \cdot \operatorname{tg} h \cdot \cos \gamma - d$$

$$D_c = H \cdot \operatorname{cotg} h \cdot \sin \gamma$$

H : chiều cao cửa sổ.

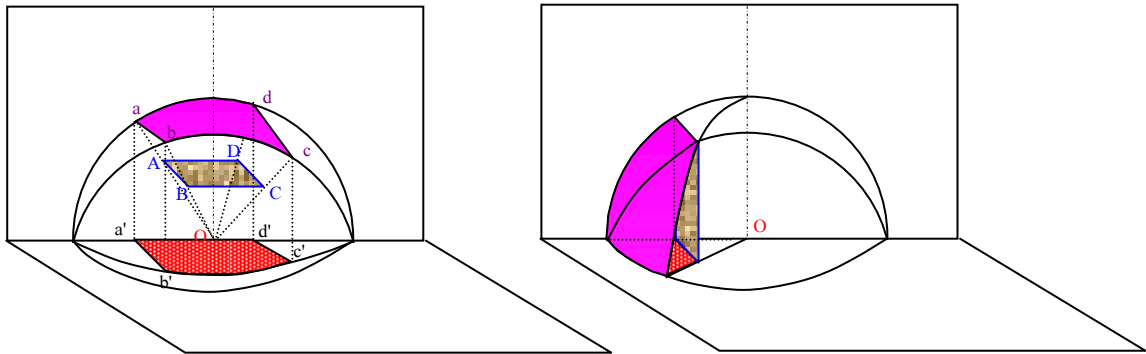


Hình 10: Tấm che trước cửa

b/ Xác định kích thước kết cấu che nắng bằng phương pháp biểu đồ:

Kết cấu che nắng sẽ che khuất một mảng trời từ điểm quan sát (điểm cần che nắng), do vậy khi mặt trời nằm trong phạm vi mảng trời bị che khuất sẽ không thể chiếu nắng vào nhà. Việc xác định phạm vi bầu trời bị che khuất đó hình thành nên khái niệm *biểu đồ đường viền che nắng*.

Cách xác định biểu đồ đường viền che nắng được thể hiện theo hình vẽ sau:



Hình 11: Đường viền che nắng kết cấu nằm ngang

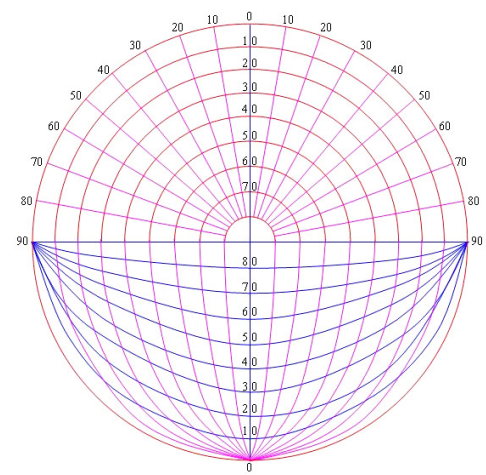
Hình 12: Đường viền che nắng kết cấu thẳng đứng

- Bán cầu tâm O , bán cầu gọi là vòm cầu giả tưởng.
- O là điểm quan sát.
- $ABCD$ là kết cấu che nắng nằm ngang.
- $abcd$ là mảng trời bị che khuất.
- Hình chiếu $a'b'c'd'$ của $abcd$ lên mặt phẳng ngang gọi là *đường viền che nắng của kết cấu $ABCD$* .

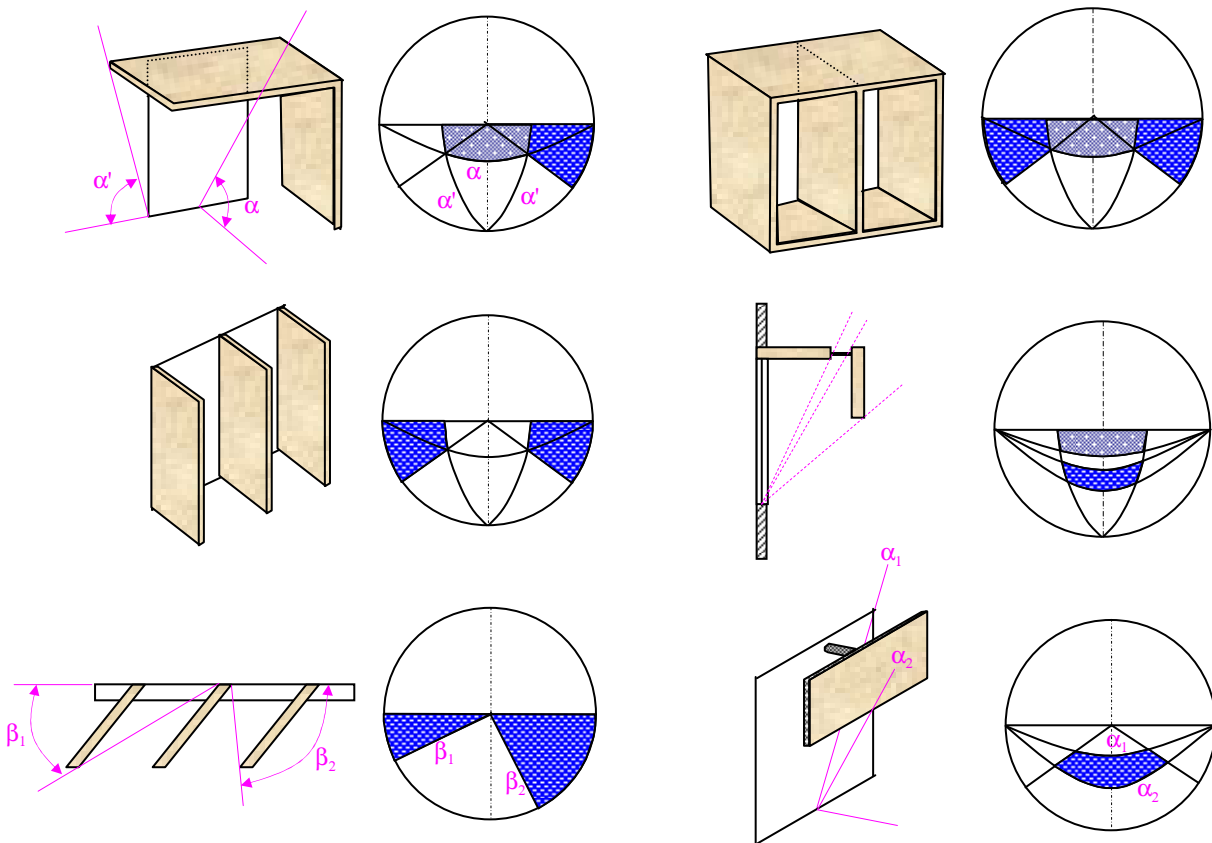
Để xác định được đường viền che nắng đơn giản và dễ dàng người ta sử dụng biểu đồ mạng lưới hai hệ đường cong chiếu cách đều của Dunaev và Olguay như hình vẽ:

Để thuận tiện trong khi thiết kế che nắng, người ta thành lập biểu đồ này có kích thước bằng biểu đồ chuyển động biểu kiến của mặt trời. Chỉ có như vậy mới xác định được chính xác kích thước của kết cấu che nắng.

Căn cứ vào biểu đồ trên ta xác định được đường viền che nắng của các kết cấu che nắng có kiểu dáng khác nhau:



Hình 13: biểu đồ hai hệ đường cong cách đều Dunaev và Olguay



Hình 14: đường viền che nắng của một số kết cấu che nắng thông dụng

Xác định kết cấu che nắng bằng phương pháp biểu đồ được thực hiện bằng cách lựa chọn hình thức kết cấu có biểu đồ đường viền che nắng có khả năng che khuất được biểu đồ chỉ tiêu che nắng.

✿ **Phương pháp xác định kết cấu che nắng bằng biểu đồ:** vẽ biểu đồ phụ trợ hai hệ đường cong chiếu đều (Dunaev) lên giấy can, đặt chồng lên biểu đồ "chỉ tiêu che nắng", tâm của hai biểu đồ trùng nhau, trục 0-0 của biểu đồ Dunaev trùng với hướng của sổ. Phần diện

tích chỉ tiêu che nắng nằm ở phía nửa vòng tròn theo hướng của số chính là phạm vi chỉ tiêu che nắng của cửa đang xét. Sau đó tìm các đường cong nào (đối với kết cấu nằm ngang) hay đường xuyên tâm nào (đối với kết cấu thẳng đứng) của biểu đồ Dunaev có thể trùm kín phạm vi chỉ tiêu che nắng thì các trị số đó ứng với các góc α và β của kết cấu che nắng cần tìm.

PHẦN 2

AM HỌC KIẾN TRÚC

I CÁC KHÁI NIỆM & CÁC ĐẶC TRƯNG CƠ BẢN CỦA ÂM THANH

I - CÁC ĐẶC TRƯNG CƠ BẢN CỦA ÂM THANH

1/ SÓNG ÂM :

Sóng âm sinh ra khi có vật thể dao động trong môi trường đàn hồi. Âm thanh là sự lan truyền của sóng âm trong không gian. Môi trường trường trong đó có sóng âm lan truyền gọi là *trường âm*.

Ví dụ: khi dây đàn dao động → các phần tử vật chất bên cạnh dao động theo, do môi trường đàn hồi có các phần tử vật chất liên kết nhau → dao động của các phần tử này kéo theo dao động của các phần tử khác bên cạnh → âm thanh sẽ lan xa dần. Khi các dao động truyền đến tai người, chúng sẽ tác động lên cơ quan thính giác và cho ta cảm giác âm thanh.

a/ Các loại sóng âm:

- *Theo phương dao động:*
 - *Sóng dọc:* khi các phần tử dao động dọc theo phương truyền sóng (khí, lỏng, rắn).
 - *Sóng ngang:* khi các phần tử dao động vuông góc với phương truyền sóng (rắn).
- *Theo đặc điểm của nguồn:*
 - *Sóng cầu:* khi mặt sóng là những mặt cầu (nguồn điểm).
 - *Sóng trụ:* khi mặt sóng là những mặt trụ (nguồn đường).
 - *Sóng phẳng:* khi mặt sóng là những mặt phẳng (nguồn mặt).

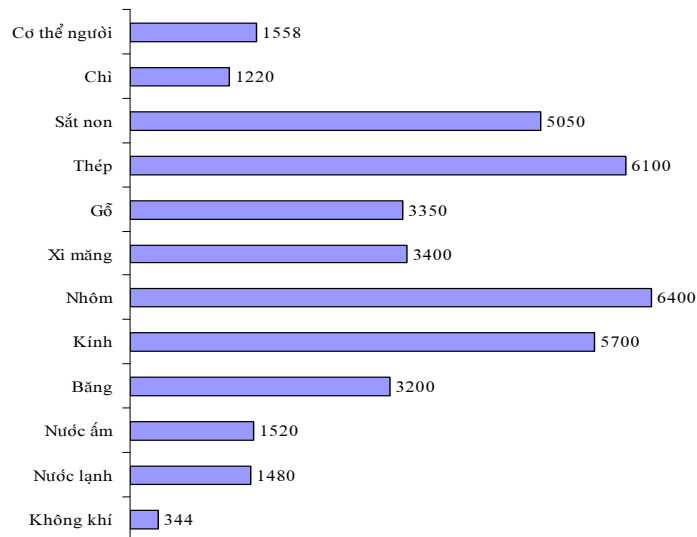
b/ Các đặc trưng cơ bản của sóng âm:

- *Tần số âm:* là số dao động trong 1 giây: f , Héc (Hz).
- *Bước sóng âm:* là khoảng cách gần nhất giữa 2 dao động cùng pha: λ , (m).
- *Chu kỳ dao động âm:* thời gian để thực hiện 1 dao động: T , (s).
- *Biên độ dao động âm:* khoảng cách lớn nhất của dao động so với vị trí cân bằng.

- **Vận truyền tốc âm:** là vận tốc lan truyền của sóng âm trong môi trường: c , (m/s). Với MTKK (1at, 20°C) → $c=340\text{m/s}$. Vận tốc âm trong không khí phụ thuộc vào nhiệt độ của không khí: $c = 331,5 + 0,61.t$, (m/s). Ở đây: 331,5 là vận tốc ở 0°C.

Mối quan hệ giữa các đại lượng của sóng âm: $\lambda = \frac{c}{f}$

Các môi trường khác nhau sẽ có vận tốc truyền âm khác nhau. Trong chân không, âm thanh không thể lan truyền.



Hình 1: Vận tốc âm trong một số môi trường

2/ ÁP SUẤT ÂM - CƯỜNG ĐỘ ÂM - MẬT ĐỘ NĂNG LƯỢNG ÂM :

a/ Áp suất âm (P):

Không gian có sóng âm lan truyền gọi là trường âm. Khi lan truyền → môi trường bị nén dãn liên tục → xuất hiện áp suất dư (phần thêm vào áp suất khí quyển) gọi là áp suất âm.

Áp suất âm được xác định bằng biểu thức:

$$p = \rho \cdot c \cdot v \quad , \quad [\text{N/m}^2], [\text{bar}].$$

ρ : khối lượng riêng của môi trường [kg/m^3].

c : vận tốc sóng âm, [m/s].

v : vận tốc dao động của các phần tử trong môi trường, [m/s].

Áp suất âm là một đại lượng biến thiên theo thời gian . Tại một thời điểm xác định của môi trường , cứ trong 1 chu kỳ, áp suất âm biến đổi từ giá trị cực đại (p_{max}) xuống 0, rồi tăng từ 0 lên cực đại → thường lấy giá trị trung bình của áp suất cực đại: $p_{\text{TB}} = \frac{\sqrt{2}}{2} p_{\text{max}}$ và gọi là áp suất âm có ích.

b/ Cường độ âm (I):

Cường độ âm là số năng lượng âm đi qua 1 đơn vị diện tích vuông góc với phương truyền âm trong 1 giây.

$$I = p.v = \frac{p^2}{\rho.c}, \quad [\text{J/m}^2\text{s}], [\text{W/m}^2].$$

Đối với sóng cầu: nguồn điểm phân bố đều trên mọi hướng trong không gian, do đó cường độ âm tại một điểm cách nguồn r [mét] bằng:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}, \quad [\text{W/m}^2]$$

P : công suất của nguồn âm, [W].

Trong thực tế nguồn âm bức xạ không đều theo mọi hướng trong không gian, nên biểu thị bằng hệ số có hướng F. Cường độ âm cách nguồn một khoảng r có giá trị:

$$I_r = \frac{P.F}{\Omega.r^2}, \quad [\text{W/m}^2]$$

Ω : góc vị trí của nguồn âm trong không gian:

$\Omega = 4\pi$: nguồn âm đặt trong không gian.

$\Omega = 2\pi$: nguồn âm đặt trong mặt phẳng.

$\Omega = \pi$: nguồn âm đặt trong cạnh góc nhị diện.

$\Omega = \pi/2$: nguồn âm đặt trong cạnh góc tam diện.

F : hệ số có hướng : $F = \frac{p_r^2}{p_{tb}^2}$

p_r : áp suất âm ở khoảng cách r tính cho một hướng nhất định.

p_{tb} : áp suất âm trung bình ở khoảng cách r tính cho mọi hướng.

c/ Mật độ năng lượng âm (E):

Mật độ năng lượng âm là năng lượng âm chứa trong 1 đơn vị thể tích của môi trường:

$$E = \frac{I}{c} = \frac{p^2}{\rho.c^2}, \quad [\text{J/m}^3].$$

3/ MỨC ÁP SUẤT ÂM - MỨC CƯỜNG ĐỘ ÂM - MỨC MẬT ĐỘ NĂNG LƯỢNG ÂM:

Trong thực tế, phạm vi âm thanh tai người nghe được thay đổi trong một khoảng rất lớn nên người ta không đánh giá chúng theo trị số tuyệt đối mà đánh giá tương đối theo thang logarit, gọi là mức âm, có đơn vị đo là dexiben, [dB].

a/ Mức áp suất âm (L_p):

$$L_p = 10.lg \frac{p^2}{p_0^2} = 20.lg \frac{p}{p_0}, \quad [\text{dB}]$$

p_0 : áp suất ở ngưỡng nghe qui ước : $p_0 = 2.10^{-5} \text{ N/m}^2$.

b/ Mức cường độ âm (L_I):

$$L_I = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0} , \quad [\text{dB}].$$

I_0 : cường độ âm ở ngưỡng nghe qui ước: $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

c/ Mức mật độ năng lượng âm (L_E):

$$L_E = 10 \cdot \lg \frac{E}{E_0} , \quad [\text{dB}].$$

E_0 : mật độ năng lượng âm ở ngưỡng nghe qui ước : $E_0 = 3 \cdot 10^{-15} \text{ J/m}^3$.

II - CÁC ĐẶC TRƯNG SINH LÝ CỦA ÂM THANH

1/ ĐẶC ĐIỂM THU NHẬN ÂM THANH CỦA TAI NGƯỜI :

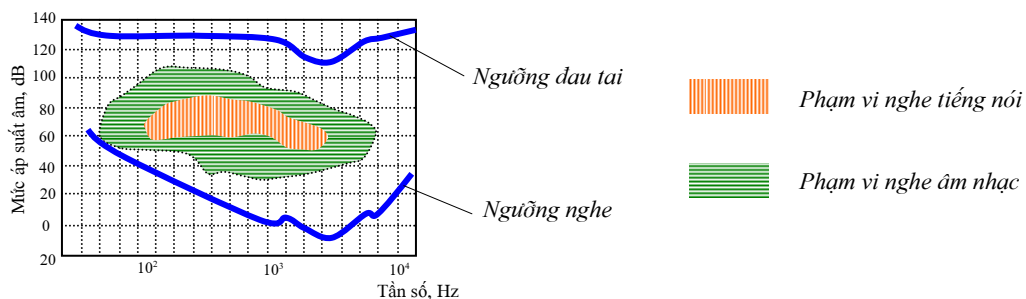
Tai người là bộ máy âm học rất phức tạp, tinh vi và hoàn thiện. Nó vừa đánh giá độ to của âm thanh¹, vừa phân tích tần số² để có cảm giác về độ cao và âm sắc của âm thanh, vừa xác định phương hướng và khoảng cách tới nguồn âm. Giữa những tiếng ồn hỗn độn, tai có thể phân tách ra những âm thanh có qui luật để nghe hiểu được tiếng nói.

Trong một âm phức tạp bao giờ cũng có một âm cơ bản (âm có cường độ mạnh nhất), các họa âm và các âm khác. Độ cao của âm thanh do tần số của âm cơ bản quyết định. Tần số càng lớn cảm giác âm thanh càng cao. Hai âm có độ cao bằng nhau nhưng ta có thể phân biệt được sự khác nhau là do số lượng và cường độ của các họa âm khác nhau. Nói cách khác, số lượng và cường độ của các họa âm quyết định *âm sắc* của âm thanh.

Tai người nghe được khoảng âm thanh : 16Hz → 20.000Hz.

$< 16\text{Hz} \rightarrow$ Hạ âm
 $> 20000\text{Hz} \rightarrow$ Siêu âm

} → tai người không nghe được .



Hình 2: Phạm vi âm thanh tai người nghe được

¹ Năng lượng giữa âm lớn nhất và nhỏ nhất tai người nghe được khác nhau khoảng 10^{12} lần.

² Tai có thể phân tích tần số khoảng 1000 lần.

2/ MỨC TO - ĐỘ TO :

a/ Mức to:

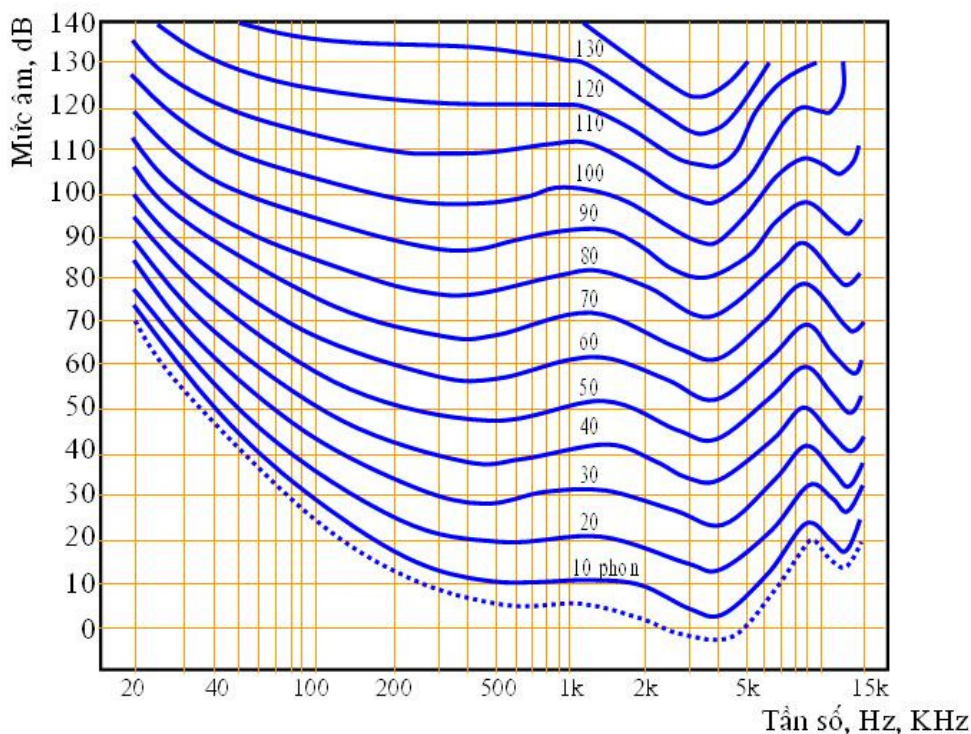
Cảm giác to nhỏ khi nghe âm thanh của tai người vừa phụ thuộc vào mức âm (dB) và phụ thuộc tần số âm (Hz). Nó được đánh giá bằng đại lượng *mức to* và được xác định theo phương pháp chủ quan âm cần đo so với âm tiêu chuẩn.

Theo qui ước quốc tế, âm tiêu chuẩn là âm hình sin dưới dạng sóng phẳng có tần số là 1000Hz.

Đơn vị mức to là **Fon**. Đối với âm tiêu chuẩn mức to có trị số bằng trị số của mức áp suất âm theo dB. Ví dụ, âm tiêu chuẩn có mức áp suất âm 50dB thì có mức to là 50Fon.

Mức to của âm bất kỳ có trị số bằng mức to của âm tiêu chuẩn (tính bằng Fon) nếu cảm giác nghe to 2 âm là như nhau.

Dựa vào kết quả so sánh rất nhiều âm đơn theo phương pháp đó, D.Robinson và R.Dadson đã lập được biểu đồ các đường đồng mức to. Mỗi đường cong trên biểu đồ là tập hợp những âm có tần số và mức áp suất âm khác nhau, nhưng đều nghe to như nhau nên có cùng một trị số mức to Fon.



Hình 3: Biểu đồ các đường đồng mức to của Robinson và Dadson

b/ Độ to:

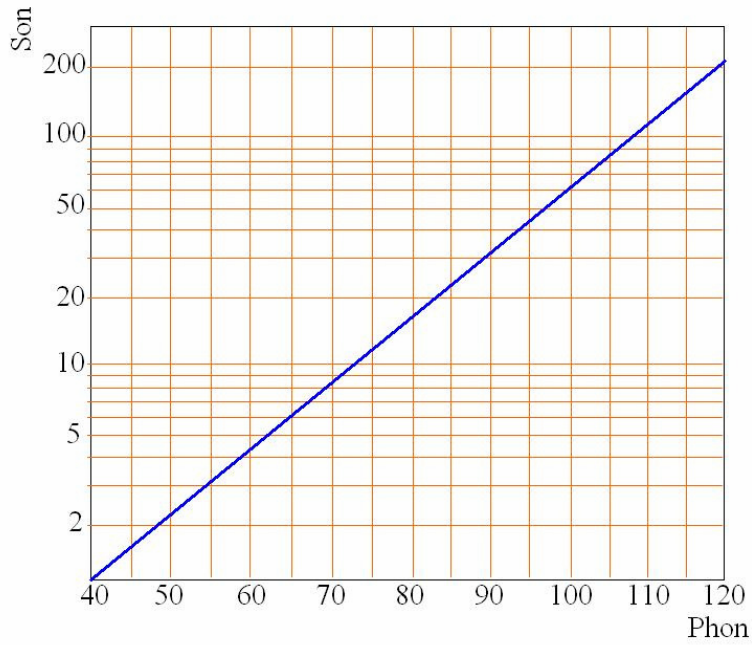
Độ to dùng để đánh giá âm này to hơn âm kia bao nhiêu lần, đơn vị đo là **Son**, nó tỉ lệ thuận với cảm giác độ to của âm thanh. Giữa độ to và mức to có quan hệ sau đây:

$$S = 2^{0,1(F-40)}$$

S : độ to, [Son].

F : mức to, [Fon].

Độ to 1 Son tương ứng với mức to 40 Fon. Khi mức to trên 40 Fon mỗi sự thay đổi mức to 9-10 Fon sẽ tương ứng với sự thay đổi độ to là 2 lần. Mối quan hệ này được thể hiện qua hình vẽ sau:



Hình 4: quan hệ giữa độ to và mức to

2

VẬT LIỆU & KẾT CẤU HÚT ÂM

I - HỆ SỐ HÚT ÂM - VẬT LIỆU HÚT ÂM

1/ HỆ SỐ HÚT ÂM :

Khi một nguồn âm truyền đến kết cấu (E_t) thì:

- Một phần xuyên qua kết cấu : E_x
- Một phần phản xạ trở lại : E_f
- Một phần bị kết cấu hấp thụ : E_h

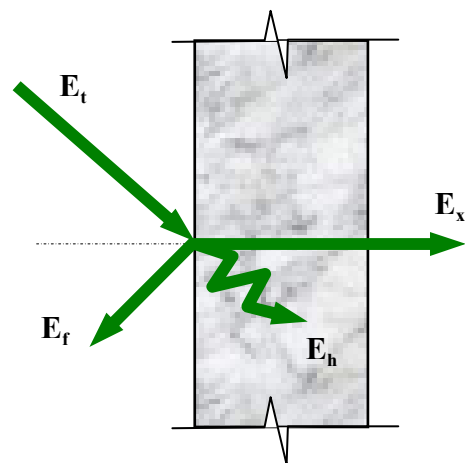
Với vật liệu hút âm thì E_x rất bé, được coi như chung với thành phần bị vật liệu hút (E_h).

Lúc này $E_t = E_f + E_h$.

Ta sẽ có hệ số hút âm của vật liệu:

$$\alpha = \frac{E_h}{E_t} = \frac{E_t - E_f}{E_t}$$

- Kết cấu bình thường $\rightarrow \alpha$ coi như không đáng kể.
- Không gian bao la (cửa mở) $\rightarrow \alpha = 100\%$.
- Hệ số α phụ thuộc vào góc tới θ của E_t :
 - Khi $\theta = 0^\circ$ ($E_t \perp$ bề mặt vật liệu) $\rightarrow \alpha = \max$.
 - Khi $\theta = 90^\circ$ ($E_t //$ bề mặt vật liệu) $\rightarrow \alpha = \min$.
- Hệ số α còn phụ thuộc vào tính chất vật lý của vật liệu, cấu trúc của vật liệu làm kết cấu. Hay còn gọi là phụ thuộc vào trở âm của vật liệu.



Hình 1: truyền âm qua kết cấu

2/ VẬT LIỆU HÚT ÂM :

Như hình vẽ trên miêu tả, ở đây thành phần E_f và E_x còn được cộng thêm một phần năng lượng do kết cấu dao động bức xạ ra. Vấn đề ở vật liệu hút âm là ta nghiên cứu E_h của nó. Thành phần này xảy ra chủ yếu do:

- ✚ **Ma sát trên bề mặt các thành lỗ của vật liệu:** do ma sát của các phân tử không khí với thành \rightarrow một phần năng lượng âm biến thành nhiệt.

- ✚ **Sự dẫn nhiệt của vật liệu:** sóng âm nén không khí trong các lỗ rỗng → bị nóng lên theo chu kỳ → nhiệt thoát ra các lỗ rỗng → áp suất không khí hạ thấp dần → kéo theo sự mất mát năng lượng âm.
- ✚ **Sự biến dạng khác nhau giữa các bộ phận của chúng:** vì vật liệu có cấu trúc khác nhau → khi nén, các thành mỏng bị nung nóng nhiều hơn do biến dạng lớn hơn → san bằng nhiệt độ không khí → hạ thấp áp suất → mất mát năng lượng âm.
- ✚ **Biến dạng dư của vật liệu:** khi áp suất giảm → vật liệu biến dạng dư → có quá trình mất mát năng lượng → phải bù bằng năng lượng âm.

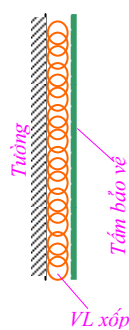
Theo đặc tính cơ lý của vật liệu, và theo sự mất mát năng lượng âm người ta chia vật liệu và kết cấu hút âm thành các dạng sau đây:

- **Vật liệu hút âm xốp:**
 - Loại có thành lỗ cứng không đàn hồi: bê tông bọt, gạch xốp, sa mốt,..
 - Loại có thành lỗ đàn hồi: bông khoáng, bông thủy tinh, sợi gỗ ép,...
- **Kết cấu dao động hút âm:** do biến dạng khi chúng bị dao động dưới tác dụng của sóng âm. Ở đây nội ma sát của vật liệu có ảnh hưởng to lớn đến sự mất mát năng lượng âm.
- **Kết cấu có tấm đục lỗ phía sau đặt vật liệu hút âm xốp:** là kết cấu hút âm phối hợp hai cơ chế hút âm trên. Vì vậy phạm vi tần số hút âm được mở rộng hơn và có thể áp dụng rộng rãi trong âm học các phòng cũng như trong chống tiếng ồn công nghiệp.
- **Kết cấu hút âm cộng hưởng:** hút âm chủ yếu do ma sát giữa không khí và thành kết cấu, nhưng làm việc theo nguyên tắc cộng hưởng và tính năng hút âm được tính toán trước.

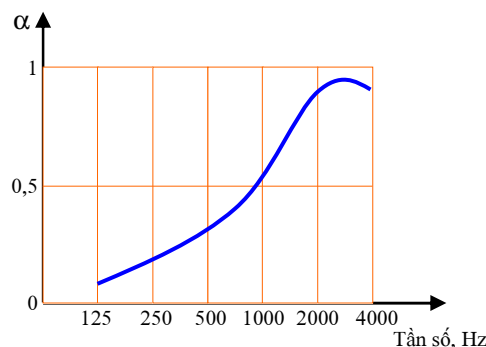
II - CÁC KẾT CẤU HÚT ÂM

1/ VẬT LIỆU HÚT ÂM XỐP :

Đó là vật liệu có nhiều lỗ rỗng thông nhau và thông ra ngoài, như sản phẩm dệt (vải, thảm len, thảm đay, thảm cói,...); bông thủy tinh; bông khoáng; xốp tổng hợp (tấm mút);... Nó có khả năng hút âm ở tần số cao.



Hình 2: vật liệu xốp hút âm



Hình 3: hệ số hút âm theo tần số

Khi sóng âm tới bề mặt làm việc → không khí trong lỗ rỗng dao động, một phần âm năng biến thành cơ năng và một phần biến thành nhiệt năng.

Khả năng hút âm của vật liệu xốp phụ thuộc vào đặc điểm của các lỗ rỗng. Nếu các vật liệu đủ xốp thì khi có độ dày thích hợp, nó có thể hút được 95% năng lượng âm tới ở các tần số cao.

Có thể đánh giá khả năng hút âm của vật liệu bằng đại lượng trở thối r (sức cản của không khí khi thối qua vật liệu). Trở thối r càng lớn thì khả năng hút âm của vật liệu càng nhỏ.

$$r = \frac{\Delta p}{v} \quad [\text{N.s/m}^3].$$

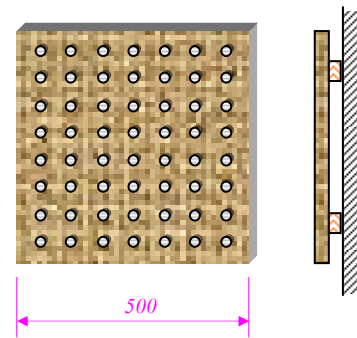
Δp : hiệu số áp suất ở 2 bên kết cấu, $[\text{N/m}^2]$.

v : vận tốc dòng không khí qua kết cấu, $[\text{m/s}]$.

Các tấm hút âm xốp có thể chế tạo thành các tấm ép nửa cứng (từ bông khoáng, bông thủy tinh, sợi gỗ, bã mía, rơm rạ,...); bề mặt có thể phủ một lớp sơn hoa văn trang trí. Khi sử dụng có thể đặt trực tiếp lên kết cấu hoặc tạo một khe hở không khí phía sau nó.

Vật liệu có thể ép thành các tấm mềm hoặc nửa mềm và đặt cách tường hoặc sát tường, có đục lỗ hoặc không.

- Khả năng hút âm của tấm đục lỗ lớn hơn tấm không đục lỗ.
- Khả năng hút âm (tần số thấp) tấm đặt cách tường lớn hơn tấm đặt sát tường.



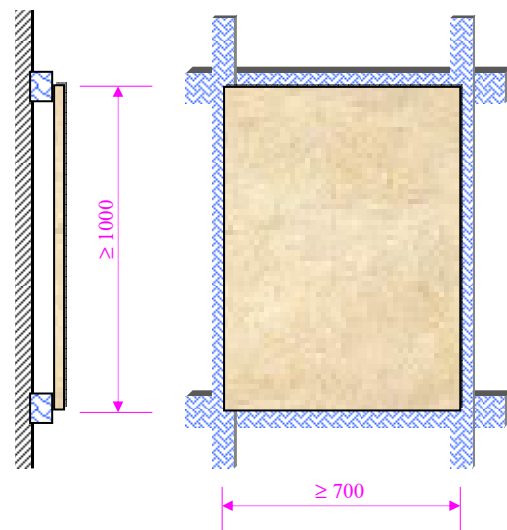
Hình 4: tấm ép vật liệu xốp hút âm

2/ TẤM DAO ĐỘNG CỘNG HƯỞNG HÚT ÂM :

Là tấm mỏng bằng gỗ ván, gỗ dán, chất dẻo, xi măng amiăng,... đóng lên hệ khung bằng gỗ hoặc kim loại.

Khi có sóng âm → có áp suất âm → tấm dao động nhờ một phần năng lượng âm biến thành cơ năng và một phần biến thành nhiệt năng để thắng nội ma sát của vật liệu.

Mặt khác, kết cấu giống như một hệ thống dao động cơ học (tấm mỏng là khối lượng, không khí phía sau nó là lò xo), có một tần số dao động riêng, và khi tần số âm tới kết cấu trùng với nó, sẽ xảy ra cộng hưởng. Khi đó kết cấu sẽ dao động rất mạnh, và khả năng hút âm sẽ đạt cực đại ở tần số này.



Hình 5: tấm dao động cộng hưởng hút âm

Tần số cộng hưởng f_0 tương ứng với hệ số hút âm cực đại có thể xác định theo công thức:

$$f_0 = \frac{600}{\sqrt{md}}$$

m : khối lượng tấm mỏng, [kg/m²].

d : chiều dày của lớp không khí phía sau nó, [cm].

Khối lượng tấm mỏng càng lớn, lớp không khí càng rộng và dày, tần số cộng hưởng càng thấp. Chính vì vậy mà kết cấu này có tên là *kết cấu hút âm tần số thấp*.

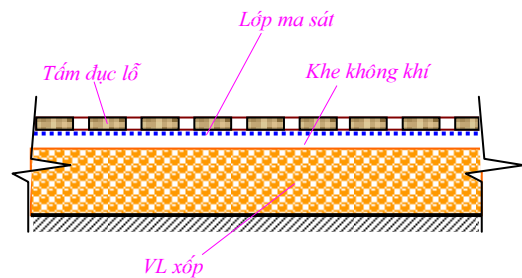
Kết cấu càng nặng càng cứng, khả năng hút âm càng yếu; kết cấu nhẹ và dẻo, khả năng hút âm tăng lên rõ rệt.

Để nâng cao hệ số hút âm → đặt thêm lớp bông khoáng vào lớp không khí, hoặc tạo liên kết đàn hồi giữa tấm và khung.

Loại này có ưu điểm là bền và vệ sinh hơn vật liệu xốp, có thể chịu được các va chạm cơ học và có thể tạo được hình dạng bề mặt bất kỳ để làm phong phú nội thất và tăng tính khuếch tán của trường âm trong môi trường.

3/ VẬT LIỆU XÓP ĐẶT SAU TẤM ĐỤC LỖ :

Kết cấu gồm một lớp vật liệu xốp, ngoài che bằng một tấm mỏng có đục lỗ (hoặc xẻ rãnh). Mặt trong tấm đục lỗ thường được dán thêm một lớp vật liệu ma sát (vải thủy tinh, vải màn,...) để làm tăng sự mất mát năng lượng âm. Giữa tấm mỏng và vật liệu xốp có một lớp không khí. Lớp này có tác dụng làm phân bố đều năng lượng âm trên bề mặt vật liệu.



Hình 6: vật liệu xốp đặt sau tấm đục lỗ

Tấm đục lỗ thường làm bằng gỗ dán, kim loại, chất dẻo, xi măng amiăng, thạch cao,...

Đường kính đục: $d = 3 \div 10$ mm.

Hệ số đục lỗ : $K = \frac{S_{lỗ}}{S} = 15 \div 20\%$

- K lớn → tấm coi như lớp bảo vệ, kết cấu làm việc như chỉ riêng vật liệu xốp.
- K nhỏ → làm việc tổng hợp, khả năng hút âm ở tần số cao giảm, còn tần số thấp thì tăng lên.

Do đó, khi thay đổi các thông số của tấm đục lỗ → có thể thay đổi được đặc tính tần số hút âm của kết cấu. Theo kinh nghiệm, tấm đục lỗ không dày quá 6 ÷ 8mm với hệ số đục lỗ trên 20% không làm thay đổi tính chất hút âm của vật liệu xốp hút âm phía sau.

4/ LỖ CỘNG HƯỞNG HÚT ÂM :

Cấu tạo như hình vẽ, còn gọi là ống Helmholt. Khi kích thước của ống nhỏ so với bước sóng âm tới thì ống cộng hưởng có thể khảo sát như một hệ dao động có một bậc tự do, trong

đó khối lượng là không khí ở phần cổ và phần cạnh miệng ống (cùng dao động), còn phần đàn hồi là không khí ở trong ống.

Các cộng hưởng kiểu này hay được sử dụng trong các nhà thờ cổ để tăng cường âm vang. Chúng có kích thước khác nhau và thường được bố trí trên tường và vòm nhà.

Nếu trong phần cổ ống có đặt thêm vật liệu xốp (ví dụ dán vải lớp vải màn) thì sẽ hút âm mạnh hơn do ma sát tăng lên.

Kết cấu chỉ hút âm mạnh trong một phạm vi tần số hẹp quanh tần số cộng hưởng, xác định theo công thức:

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{S}{l_k \cdot V}}$$

c : vận tốc âm trong không khí , [cm/s].

S : diện tích tiết diện cổ ống, [cm²].

V : thể tích không khí trong phần rộng của cổ ống, [cm³].

l_k : chiều dài hiệu quả cổ ống: $l_k = l + 1,57.r$.

l : chiều dài cổ, [cm].

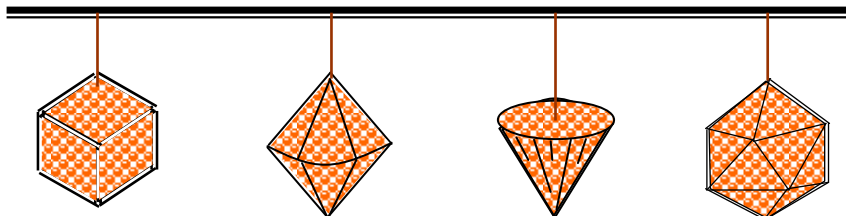
r : bán kính tiết diện cổ, [cm]: $r = d/2$.

Lượng hút âm tương đương cổ ống cộng hưởng có thể xác định gần đúng theo công thức:

$$A_0 = \frac{\lambda_0^2}{2\pi} = \frac{1}{6,28} \left(\frac{c}{f_0} \right)^2$$

5/ KẾT CẤU HÚT ÂM ĐƠN :

Đó là các kết cấu hút âm khối có dạng hình nón, hình hộp, hình cầu,... để chống tiếng ồn trong các nhà máy. Chúng được treo ngay phía trên các thiết bị máy móc phát sinh ra tiếng ồn.

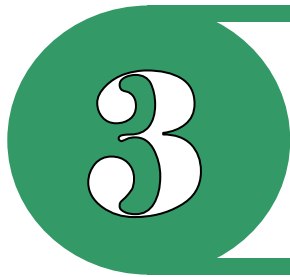


Hình 8: kết cấu hút âm đơn

Cấu tạo gồm các mặt đục lỗ (bằng gỗ dán, tôn, sắt tây, đồng thau,...) phía trong đặt một lớp vật liệu xốp dày 10 ÷ 25 mm.

Nếu kích thước của chúng nhỏ hơn hoặc xấp xỉ với bước sóng âm thì khả năng hút âm sẽ tăng lên nhờ hiện tượng nhiễu xạ. Vì vậy kết cấu này được mang tên là kết cấu hút âm nhiễu xạ.

Khả năng hút âm của các kết cấu hút âm khối được đánh giá bằng lượng hút âm tương đương. Người, đồ gỗ và các thiết bị trong phòng cũng có thể coi là các vật hút âm khối và đánh giá bằng lượng hút âm tương đương (xem phụ lục).



ÂM HỌC PHÒNG KHÁN GIẢ

I - YÊU CẦU CHẤT LƯỢNG ÂM HỌC PHÒNG KHÁN GIẢ

1/ ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG ÂM HỌC THEO CHỦ QUAN NGƯỜI NGHE :

Phòng khán giả là những phòng có thể tích lớn được dùng làm hội trường, giảng đường, nhà hát, ... đó là một không gian khép kín bởi các kết cấu xây dựng.

Có các loại phòng sau:

- *Phòng có âm vang tự nhiên* là những phòng nghe âm thanh trực tiếp từ nguồn âm.
- *Phòng chỉ nghe âm thanh qua hệ thống điện thanh* (rap chiếu bóng).
- *Phòng vừa nghe âm thanh tự nhiên, vừa nghe qua hệ thống điện thanh* (các phòng có sức chứa lớn, phòng vận năng,...)

Xét theo quan điểm âm thanh, có thể chia ra:

- *Phòng dùng cho tiếng nói* (giảng đường, hội trường, nhà hát kịch,...)
- *Phòng dùng cho âm nhạc* (nhạc dân tộc, nhạc giao hưởng,...)

Đối với phòng nghe tiếng nói, chất lượng âm chủ yếu đánh giá qua độ rõ của âm thanh nghe được. Độ rõ của tiếng nói không những phụ thuộc vào đặc điểm âm thanh của phòng, mà còn phụ thuộc vào đặc điểm tiếng nói, sự chú ý của người nghe đối với nội dung của bài nói,... Để loại trừ các nhân tố trên, người ta đánh giá độ rõ bằng tỷ lệ % của số âm tiết nghe được so với âm phát ra; âm phát ra là những âm hoàn toàn vô nghĩa, không liên quan gì tới nhau, người nghe ngồi ở các vị trí khác nhau và ghi lại. Kết quả:

- Nếu > 85%: rất tốt.
- Từ 75-85%: tốt.
- Từ 65-75%: đạt yêu cầu.
- Nếu < 65%: không đạt.

Đối với phòng nghe âm nhạc, chất lượng âm thanh chủ yếu được đánh giá bằng nghe "hay". Điều này khó định lượng vì nó phụ thuộc vào tâm trạng, khả năng thưởng thức, nội dung bản nhạc, trình độ biểu diễn,... Thường để đánh giá so sánh người ta chỉ dùng một dàn

nhạc, biểu diễn một tác phẩm và cho biểu diễn ở nhiều phòng khác nhau trước cùng một số người nghe là những người hiểu biết về âm nhạc để đánh giá.

2/ ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG ÂM HỌC THEO KHÁCH QUAN :

Phương pháp đánh giá chủ quan chỉ cho phép kết luận về chất lượng âm thanh các phòng để nghe tiếng nói và âm nhạc. Nhưng thực tế để tạo ra phòng có chất lượng âm thanh cao thì phải tìm ra các tiêu chuẩn vật lý (tiêu chuẩn khách quan) có liên hệ với các thông số của phòng (như hình dạng, thể tích phòng, đặc điểm hút âm của các bề mặt trong phòng,...) để đánh giá chất lượng âm thanh của các phòng khán giả và dùng chúng để thiết kế âm thanh cho phòng. Đây là bài toán phức tạp vì nó không chỉ liên quan đến các vấn đề vật lý - âm học, mà còn liên quan đến điều kiện cảm thụ âm thanh của con người. Để thực hiện điều đó người ta dùng 3 lý thuyết sau đây để nghiên cứu:

- ✚ **Lý thuyết sóng:** Coi thể tích không khí trong phòng khi chịu tác dụng của âm thanh như một hệ thống dao động 3 chiều với một phổ các tần số riêng rất phức tạp. Nó cho phép giải thích chính xác bản chất vật lý của quá trình âm thanh xảy ra trong phòng và xét ảnh hưởng của chúng đến các tính chất âm thanh của phòng. Nhưng vì phải sử dụng công cụ toán học phức tạp và cồng kềnh nên phương pháp này chỉ cho phép rút ra những kết luận định tính.
- ✚ **Lý thuyết thống kê:** Cho phép lý tưởng hóa các quá trình vật lý xảy ra trong phòng và hoàn toàn không nhìn nhận tính chất sóng của âm thanh. Theo lý thuyết này, năng lượng âm ở mỗi điểm trong phòng có thể tính bằng tổng năng lượng của các phản xạ đi đến điểm đó, không xét đến sự lệch pha giữa các sóng. Lý thuyết thống kê sử dụng toán học thống kê (lý thuyết xác suất) để nghiên cứu các phản xạ âm đi tới mỗi điểm trong không gian của phòng (khi coi chúng là những hiện tượng ngẫu nhiên), nó cho phép đưa ra những kết quả định lượng, có thể áp dụng dễ dàng trong thực tế, vì thế rất hay được sử dụng.
- ✚ **Lý thuyết âm hình học:** Trường âm được xét dưới dạng tổng cộng của các tia âm, dựng theo các qui luật quang hình học. Phương pháp này đặc biệt thích hợp để khảo sát phòng khi do một nguyên nhân nào đó, các phản xạ âm không còn là quá trình ngẫu nhiên (ví dụ như sự hội tụ âm từ các bề mặt phòng) và do đó, áp dụng lý thuyết thống kê sẽ cho kết quả thiếu chính xác.

II - THIẾT KẾ PHÒNG THEO NGUYÊN LÝ ÂM HÌNH HỌC

1/ NGUYÊN LÝ ÂM HÌNH HỌC & SỰ HÌNH THÀNH TRƯỜNG ÂM TRONG PHÒNG :

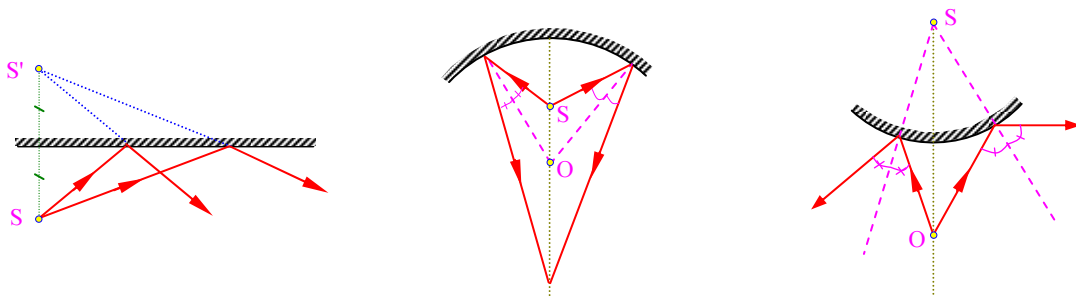
a/ Nguyên lý âm hình học:

Lý thuyết âm hình học cũng giống như quang hình học, cho phép nghiên cứu sự truyền âm dưới dạng các vectơ tia âm.

Khi âm thanh đi đến gặp một bề mặt kết cấu thì một phần năng lượng âm sẽ phản xạ trở lại, các phản xạ này có thể có hướng hoặc khuếch tán và chúng giữ một vai trò quan trọng trong việc hình thành các điều kiện âm thanh của phòng.

Hiện tượng phản xạ của âm xảy ra khi kích thước bề mặt phản xạ lớn hơn bước sóng của âm tới (ít nhất là 1,5 lần) và có thể nghiên cứu rất thuận tiện khi áp dụng nguyên lý âm hình học.

- Nguyên lý:
- Góc tới bằng góc phản xạ.
 - Tia tới và tia phản xạ nằm trong một mặt phẳng vuông góc với mặt phẳng phản xạ.

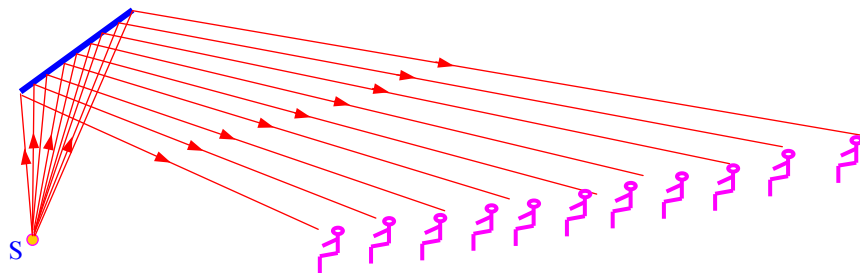


Hình 1: nguyên lý phản xạ âm

b/ Áp dụng nguyên lý hình học để thiết kế phòng:

Khi âm thanh lan truyền trong phòng, càng xa nguồn âm, năng lượng càng giảm đi. Sự mất năng lượng một phần do sự lan tỏa trong môi trường, một phần do các bề mặt hấp thụ âm, phòng chứa đầy người cũng chính là một bề mặt hút âm. Kết quả người ngồi cuối phòng sẽ không đủ năng lượng để nghe nữa; khi đó cần bổ sung âm cho người ngồi phía sau bằng cách cho âm phản xạ lên trần và tường bên để truyền âm tới.

Nguyên tắc của nguyên lý âm hình học là lựa chọn các bề mặt phản xạ âm sao cho nó có thể đưa các tia âm phản xạ cần thiết tới vùng khán giả cần nghe. Vì vậy: kích thước, hình dáng và độ nghiêng của kết cấu phản xạ quyết định đến sự phân bố trường âm trong phòng.

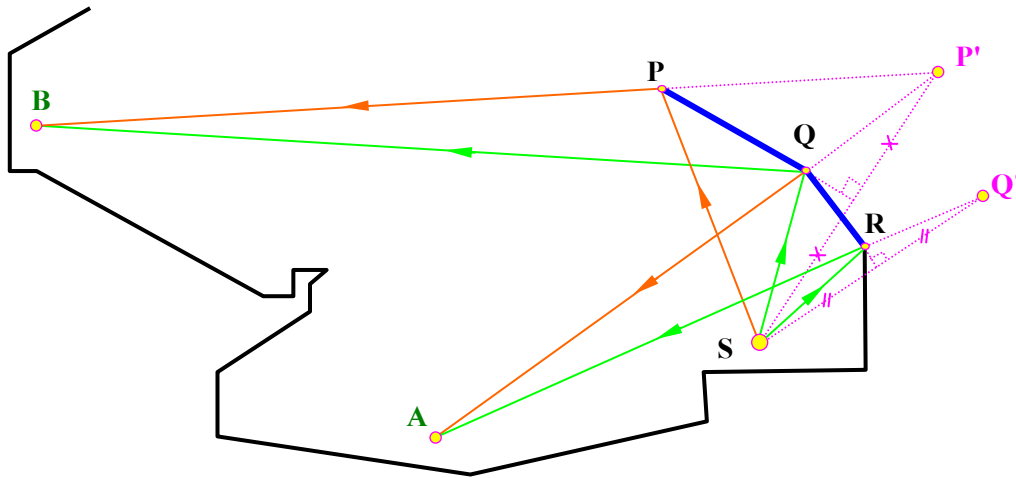


Hình 2: phân phối đều âm phản xạ đến khu vực khán giả

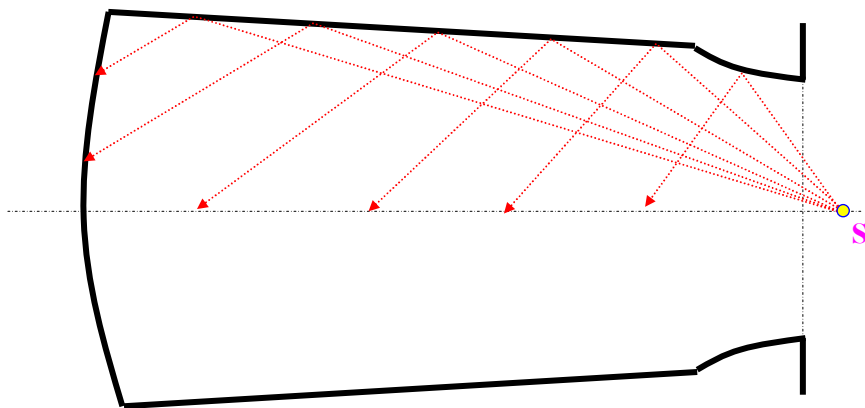
Với nguyên tắc như trên, ta có thể xác định được kích thước và độ nghiêng của các tấm trần phòng khán giả để phân bố trường âm đồng đều trong phòng như hình vẽ ở dưới.

Chọn điểm P tùy ý trên không gian của phòng cạnh sân khấu. Xác định mặt PQ để đưa âm phản xạ tới chỗ ngồi trong phạm vi AB. Sau đó tiếp tục xác định mặt QR,... Theo kinh

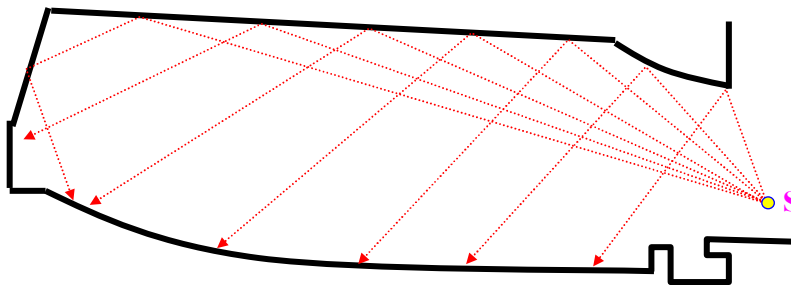
nghiệm thì các mặt phản xạ phải có kích thước không nhỏ hơn 2m và có trọng lượng không dưới vài kg/m^2 mới có thể phản xạ tốt các âm tần số thấp.



Hình 3: cách thiết kế các tấm phản xạ trần phòng khán giá



Hình 4: Phân phối trường âm đều bên tường bên phòng khán giá



Hình 5: Phân phối trường âm đều trên trần phòng khán giá

2/ TRÁNH CÁC HIỆN TƯỢNG XẤU TRONG TRƯỜNG ÂM :

Trong thực tế thường xảy ra những hiện tượng làm giảm chất lượng âm thanh trong phòng khán giả, một trong những công cụ hữu hiệu để xác định nguyên nhân gây ra và đưa ra biện pháp khắc phục các hiện tượng đó là nguyên lý âm hình học.

a/ Hiện tượng tiếng dội:

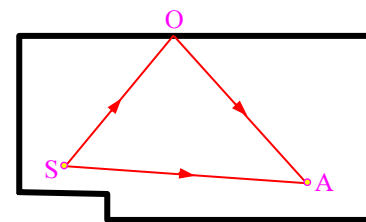
Khi âm thanh phát ra, thính giả nghe được cả âm trực tiếp từ nguồn và cả âm phản xạ qua các kết cấu. Âm trực tiếp và âm phản xạ đến tai người có những khoảng chênh lệch về thời gian nhất định. Nếu các khoảng thời gian này chênh lệch nhỏ hơn một khoảng giới hạn thì tiếng nói được tăng cường thêm và độ rõ tăng lên, nếu chúng vượt quá khoảng giới hạn thì sẽ tạo thành tiếng dội (âm bị ngắt quãng, nghỉ), làm xấu chất lượng âm nghe được.

Khoảng thời gian giới hạn phụ thuộc vào dạng của âm vang phát ra có thể lấy bằng: 50ms (1/20s) đối với tiếng nói là; 100-200ms đối với âm nhạc.

Tương ứng với thời gian 50ms âm thanh lan truyền được một quãng đường là 17m. Từ đó chúng ta có thể kiểm tra sự tạo thành tiếng dội trong các phòng khán giả. Để tránh tiếng dội, cần thỏa mãn các điều kiện sau đây:

$$SA + 17 \geq SO + OA$$

Trong phòng khán giả lớn, tiếng dội có thể tạo thành ở các chỗ ngồi gần sân khấu do âm phản xạ từ trần, tường bên, tường sau phòng khán giả hoặc từ lan can ban công.



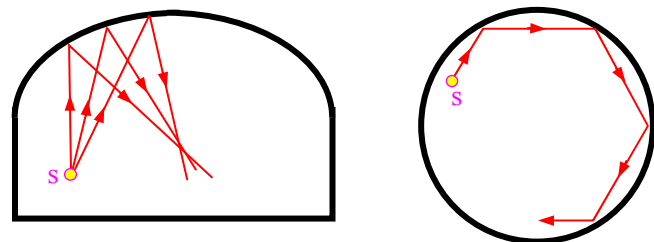
Hình 6: kiểm tra hiện tượng tiếng dội

Để tránh tiếng dội có thể hạ thấp trần (bằng cách dùng các mặt phản xạ treo trên sân khấu), nâng cao độ dốc sàn, tạo khuếch tán âm thanh hoặc dùng vật liệu hút âm.

Một hiện tượng đặc biệt của tiếng dội là tiếng dội lặp lại (nhiều lần), có thể tạo thành trong các phòng có các bề mặt cứng song song với nhau. Lúc đó âm thanh phản xạ nhiều lần từ các bề mặt đối diện rồi quay trở về điểm xuất phát, tạo ra hàng loạt tiếng lặp lại sau những khoảng thời gian xác định.

b/ Hội tụ âm:

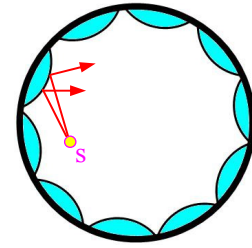
Là hiện tượng sau khi âm thanh phản xạ từ các bề mặt cong tập trung tại một điểm hoặc một vùng trong phòng. Trong các phòng có các mặt bằng hình tròn hoặc elip, ngoài việc tạo thành tiêu điểm âm, còn xuất hiện hiện tượng âm đi ven phòng. Nếu tường được gia công nhẵn và cứng âm thanh có thể truyền theo suốt chu vi với cường độ khá lớn.



Hình 7: hiện tượng hội tụ âm và âm đi ven phòng

Hiện tượng hội tụ âm và âm đi ven phòng phá vỡ sự đồng đều của trường âm, làm giảm chất lượng âm thanh của phòng.

Để khắc phục hiện tượng này cần chọn bán kính cong của các bề mặt hợp lý, sao cho vùng hội tụ không rơi vào vùng khán giả, hoặc tạo phản xạ có hướng khuếch tán bằng cách sử dụng các mặt phân chia dạng cong lồi.



Hình 8: khắc phục hội tụ âm và âm đi ven phòng

c/ Méo âm sắc:

Là hiện tượng phổ âm thanh đến người nghe bị thay đổi nhiều so với phổ âm thanh do nguồn phát ra. Lúc đó âm thanh nghe được bị sai lệch, mất tính chân thực, ảnh hưởng đến cảm giác hay khi cảm thụ âm thanh.

Nguyên nhân xảy ra méo âm sắc có thể do:

- Sự hút âm không đều giữa các tần số của vật liệu trong phòng, một số tần số bị hút quá mạnh gây nên thiếu hụt năng lượng âm.
- Sự phản xạ và khuếch tán âm khác nhau từ các bề mặt trong của phòng (do quan hệ giữa kích thước bề mặt và bước sóng âm khác nhau). Ví dụ: mặt cong lõm kích thước lớn gây hội tụ âm ở các tần số thấp, trong khi các mặt lồi nhỏ trên mặt lồi đó lại gây phản xạ khuếch tán âm ở tần số cao. Do đó tại nhiều chỗ trong trường âm sẽ bị tổn thất âm tần số thấp.

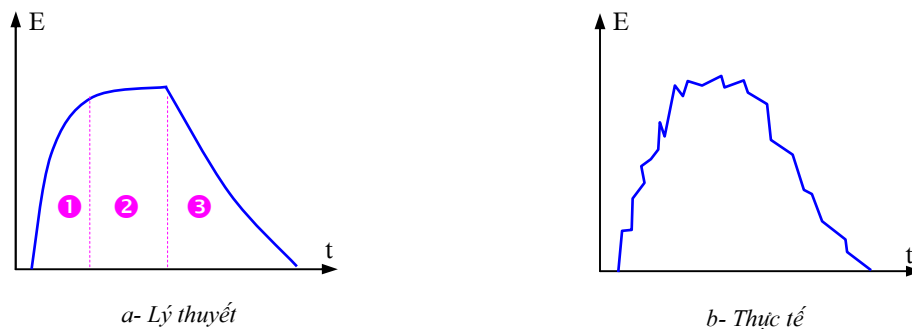
Hiện tượng méo âm sắc cần đặc biệt lưu ý khi thiết kế các phòng dùng cho âm nhạc, nó có thể được pháp hiện và xử lý theo nguyên lý âm hình học.

III - THIẾT KẾ PHÒNG THEO THỜI GIAN ÂM VANG

1/ THỜI GIAN ÂM VANG :

Khi nguồn âm phát tín hiệu trong phòng, âm thanh tới người nghe trước hết là âm trực tiếp từ nguồn, sau đó là các âm phản xạ từ các bề mặt trong phòng, số lượng các phản xạ càng về sau càng tăng lên, âm tới càng dày đặc.

Quá trình thu nhận âm thanh trong phòng có thể phân thành 3 giai đoạn:



Hình 9: quá trình âm vang trong phòng

- *Giai đoạn thứ nhất*: năng lượng âm tăng lên dần do được bổ sung bằng các âm phản xạ tới liên tiếp. Đến một lúc nào đó sẽ đạt tới giá trị cân bằng, khi đó năng lượng âm sẽ không tăng lên nữa.
- *Giai đoạn hai*: là giai đoạn cân bằng, ổn định âm thanh.
- *Giai đoạn ba*: Khi tắt nguồn âm, năng lượng âm giảm dần vì các phản xạ sẽ tắt dần lần lượt (phản xạ nào tới trước sẽ tắt trước), gọi là giai đoạn tắt dần.

Các quá trình tăng và tắt dần của âm thanh trong phòng tuân theo qui luật hàm số mũ và có thể biểu diễn bằng công thức sau:

$$\text{Đối với quá trình tăng: } E_t = E_o \left[1 - e^{-\frac{CS}{4V} \ln(1-\alpha)t} \right]$$

$$\text{Đối với quá trình giảm: } E_g = E_o \cdot e^{-\frac{CS}{4V} \ln(1-\alpha)t}$$

E_t : mật độ năng lượng âm trong quá trình tăng.

E_g : mật độ năng lượng âm trong quá trình giảm.

E_o : mật độ năng lượng âm ở trạng thái ổn định.³

S : tổng diện tích các bề mặt trong phòng, [m²].

V : thể tích của phòng, [m³].

α : hệ số hút âm trung bình của các bề mặt trong phòng.

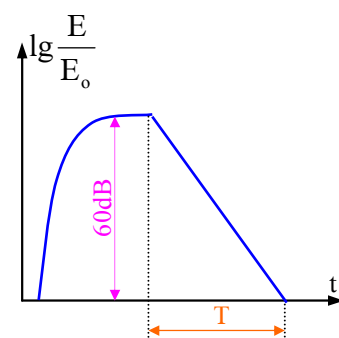
t : thời gian, [s].

Quá trình tăng của âm thanh xảy ra khá nhanh (trong vài phần mười giây), còn quá trình tắt dần xảy ra chậm hơn và ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng thu nhận âm thanh trong phòng, người ta gọi nó là quá trình âm vang. Thời gian âm thanh tắt dần trong quá trình đó gọi là *thời gian âm vang*.

Để đánh giá định lượng thời gian âm vang người ta định ra 2 giới hạn của mật độ năng lượng âm chênh lệch nhau một phần triệu (10⁶) lần, và gọi thời gian tắt dần tự do của âm thanh trong phòng giữa 2 giới hạn đó sau khi tắt nguồn âm là *thời gian âm vang* (T), đo bằng giây.

Như vậy thời gian âm vang của phòng cho biết tốc độ tắt dần của âm thanh trong phòng đó (sau khi tắt nguồn âm) là nhanh hay chậm.

Vì mật độ năng lượng giảm 10⁶ lần, mức năng lượng giảm được 60dB, nên thời gian âm vang có thể xác định như thời gian cần thiết để mức âm giảm được 60dB.



Hình 10: Thời gian âm vang

³ $E_o = \frac{4P}{CA}$

P : công suất nguồn âm.

C : vận tốc âm thanh trong không khí , C=340m/s.

A : lượng hút âm của phòng.

2/ CÔNG THỨC TÍNH THỜI GIAN ÂM VANG :

Thời gian âm vang của phòng phụ thuộc vào tần số âm, kích thước hình học của phòng đó, lượng hút âm và cả vị trí của các vật liệu hút âm trong phòng. Sabine đã đưa ra công thức tính toán thời gian âm vang như sau:

$$T = \frac{0,162V}{A}$$

T : thời gian âm vang , [s].

V : thể tích phòng, [m³].

A : tổng lượng hút âm của phòng, [m²]

Đối với các phòng ít hút âm (hệ số hút âm trung bình $\alpha_{TB} = \frac{A}{S} < 0,2$, với S là tổng diện tích các bề mặt trong phòng) thì công thức trên cho kết quả khá phù hợp với thực tế. Nhưng khi lượng hút âm tăng lên thì Eyring⁴ (1930) đưa ra công thức tính như sau:

$$T = \frac{0,164V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_{TB})}$$

hay chuyển sang logarit thập phân:

$$T = \frac{0,071V}{-S \cdot \lg(1 - \alpha_{TB})}$$

Các công thức trên còn chưa kể đến sự hút âm của không khí trong phòng, vì vậy khi thể tích phòng lớn đối với các tần số cao ($f > 1000\text{hz}$) cần phải kể thêm lượng hút âm này. Lúc đó công thức sẽ có dạng:

$$T = \frac{0,162V}{A + n \cdot V}$$

$$\text{và } T = \frac{0,164V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_{TB}) + n \cdot V}$$

n : hệ số xét đến lượng hút âm của không khí , đơn vị m⁻¹, (xem phụ lục).

Lượng hút âm của toàn phòng A lúc này xác định theo công thức:

$$A = \sum \alpha_i S_i + a_1 N_1 + a_2 N_2 + \alpha_p S$$

α_i : hệ số hút âm của bề mặt có diện tích tương ứng là S_i .

a_1 và N_1 : lượng hút âm của một người và số người có mặt trong phòng.

a_2 và N_2 : lượng hút âm của một ghế và số ghế không có người ngồi trong phòng.

$\alpha_p S$: lượng hút âm phụ thêm do các khe hở, lỗ đèn và sự dao động của kết cấu trong phòng, trong đó α_p là hệ số hút âm phụ lấy như sau:

$$- \text{ Ở tần số thấp : } \alpha_p = 0,07.$$

⁴ Khác với Sabine cho rằng sự hút âm trên các bề mặt của phòng xảy ra liên tục, Eyring giả thiết sự hút âm ở đó xảy ra gián đoạn, có những bước nhảy.

- Ở tần số trung bình và cao: α_p

Các trị số này có thể tăng hoặc giảm 30% tùy theo các phòng thực tế giống nhiều hoặc ít với các điều kiện kể trên.

Cuối cùng cần lưu ý rằng phương trình âm vang đã được thành lập dựa trên 2 giả thiết cơ bản sau đây:

- Âm thanh truyền theo tia âm và năng lượng âm là tổng năng lượng của âm trực tiếp và các phản xạ tới điểm tính toán (không xét đến sự lệch pha).
- Các phản xạ âm đi tới mỗi điểm trong phòng phải đủ lớn và là một sự kiện ngẫu nhiên, nghĩa là trường âm trong phòng là hoàn toàn khuếch tán.

3/ THỜI GIAN ÂM VANG TỐT NHẤT :

Thời gian âm vang dài hay ngắn sẽ ảnh hưởng đến chất lượng âm thanh trong phòng:

- Thời gian âm thanh ngắn → nghe không hay, khô khan.
- Thời gian âm thanh dài → nghe không rõ, vì xảy ra hiện tượng chồng âm.

Sabine cho rằng mỗi phòng tùy theo chức năng sử dụng và thể tích của nó có một trị số thời gian âm vang được coi là tốt nhất, ở đó chất lượng thu nhận âm thanh đạt được cao nhất. Có nhiều nghiên cứu về thời gian âm vang tốt nhất, sơ lược như sau:

✚ *Thời gian âm vang tốt nhất phụ thuộc vào thể tích phòng:* do công suất nguồn âm có hạn nên khi thể tích phòng tăng lên, mật độ năng lượng âm trong phòng giảm đi, vật thời gian âm vang lại có thể sinh ra hiện tượng chồng âm làm giảm độ rõ. Như vậy thời gian âm vang tốt nhất có thể xác định như là trị số thời gian âm vang nhỏ nhất mà chưa bắt đầu gây ra sự giảm độ rõ do giảm mức to của âm. Trong phòng hòa nhạc, thời gian âm vang ít phụ thuộc vào thể tích phòng, khi thể tích tăng từ 10-30 lần, thời gian âm vang tốt nhất chỉ tăng 30-50%.

Một số nghiên cứu sau này cho thấy:

- Với phòng lớn hơn 2000m³ thời gian âm vang không phụ thuộc thể tích phòng và là một trị số cố định đối với mỗi loại nhạc:
 - + Nhạc hiện đại: 1,48s.
 - + Nhạc cổ điển: 1,54s.
 - + Nhạc lãng mạn: 2,07s.

Trung bình 3 loại nhạc là 1,7s.

- Với các phòng nhỏ (200-300m³) thời gian âm vang tốt nhất theo kinh nghiệm là 1s.

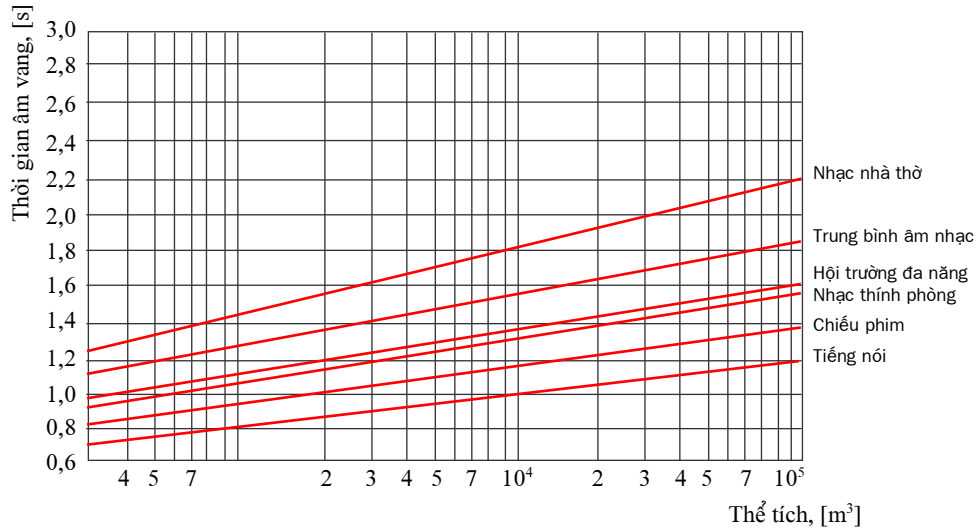
Như vậy, khi thể tích thay đổi từ 300 đến 2000m³ thời gian âm vang tốt nhất phải thay đổi từ 1,0 đến 1,7s theo công thức kinh nghiệm sau đây:

$$\lg T_m = -0,374 + \frac{1}{6} \lg V$$

✚ *Thời gian âm vang tốt nhất phụ thuộc vào chức năng của phòng:* Các phòng khác nhau có yêu cầu chất lượng âm thanh khác nhau. Nếu đối với phòng nghe tiếng nói

nếu phải cần độ rõ cao, thì đối với phòng nghe âm nhạc độ rõ có thể thấp hơn, nhưng phải tạo được cảm giác ấm cúng, du dương. Như vậy phòng nghe tiếng nói phải có thời gian âm vang nhỏ hơn phòng nghe âm nhạc.

Có thể lấy thời gian âm vang tốt nhất của phòng căn cứ vào biểu đồ sau:⁵



Hình 11: Thời gian âm vang tốt nhất ở tần số 500 - 1000 Hz

☞ Công suất nguồn âm càng lớn thì thời gian càng phải dài hơn.

☞ Nhạc chậm (khoan thai), long trọng, du dương cần có thời gian âm vang lớn hơn loại nhạc nhanh, nhạc nhẩy. Nhịp điệu nhạc càng nhanh phải giảm thời gian âm vang để đảm bảo sự trong trẻo và rõ ràng của âm thanh.

📌 **Thời gian âm vang tốt nhất phụ thuộc vào tần số âm thanh.** Bởi vì:

- khả năng hút âm của các vật liệu khác nhau theo tần số.
- mức âm của nguồn khác nhau khi tần số khác nhau.

Nguyên nhân thứ nhất có thể loại trừ khi chọn vật liệu hút âm để gia công âm học phòng.

Nguyên nhân thứ hai cần phải xét đến vì không phải loại trừ được.

Đặc tính tần số của thời gian âm vang tốt nhất phải đảm bảo cho âm vang của mỗi tần số riêng không bị che lấp hoặc lấn át các tần số khác.

Có thể xác định thời gian âm vang tốt nhất ở các tần số khác theo thời gian âm vang tốt nhất ở tần số 500hz (T_{500}^m) theo công thức sau: $T_f^m = k \cdot T_{500}^m$

T_{500}^m : lấy theo biểu đồ trên.

k : hệ số xét đến sự phụ thuộc của thời gian âm vang tốt nhất theo tần số, tra bảng:

Loại phòng	Hệ số k theo tần số, Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Nhà hát vũ kịch và phòng hòa	1,4	1,15	1	0,9	0,9	0,9

⁵ Biểu đồ được tạo bởi nhiều tác giả nước ngoài thành lập.

nhạc						
Nhà hát kịch, phòng họp, giảng đường	1,1	1	1	1	1	1

4/ THIẾT KẾ PHÒNG THEO THỜI GIAN ÂM VANG :

Hai yêu cầu chính trong thiết kế âm vang:

- ✚ *Thời gian âm vang theo tính toán của phòng phải đạt xấp xỉ trị số tốt nhất*: yêu cầu này được thực hiện theo 6 dải tần số 1 octa, có các tần số trung bình là 125, 250, 500, 1000, 2000 và 4000Hz, vì các tần số này đặc trưng cho phạm vi âm thanh thường gặp nhất trong tiếng nói và âm nhạc ⁶. Sai số giữa trị số tính toán và trị số tốt nhất thời gian âm vang không vượt quá 10% của trị số tốt nhất. Yêu cầu này có thể biểu diễn theo công thức:

$$T_f = T_f^m \pm (10\% \cdot T_f^m)$$

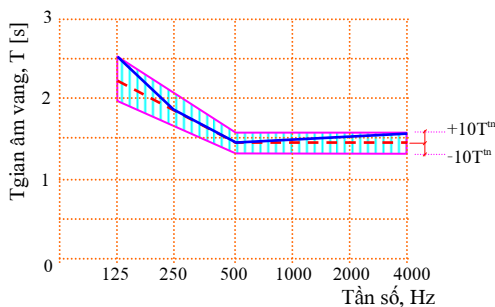
T_f : thời gian âm vang tính toán của dải tần số.

T_f^m : thời gian âm vang tốt nhất của dải tần số đó.

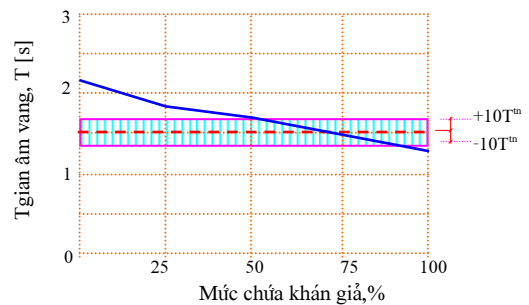
- ✚ *Sự thay đổi âm vang của phòng theo số lượng thính giả có mặt phải được tính toán trước*:

Số lượng khán giả trong phòng cũng ảnh hưởng đến thời gian âm vang, vì mỗi một người được coi như bộ phận hút âm, do đó người ta thường thiết kế ghế mềm để giống sự hút âm của người. Nhưng thực tế vẫn phải xét đến sự thay đổi này phụ thuộc vào mức chứa của phòng, khi mức chứa khán giả 0%, 50%, 70% và 100% ở tần số trung bình (500hz).

Hai yêu cầu nói trên có thể biểu diễn dưới dạng biểu đồ đường đặc tính thời gian âm vang và thời gian âm vang theo mức chứa thính giả của phòng:



Hình 12: Theo tần số phòng khi chứa 70% khán giả



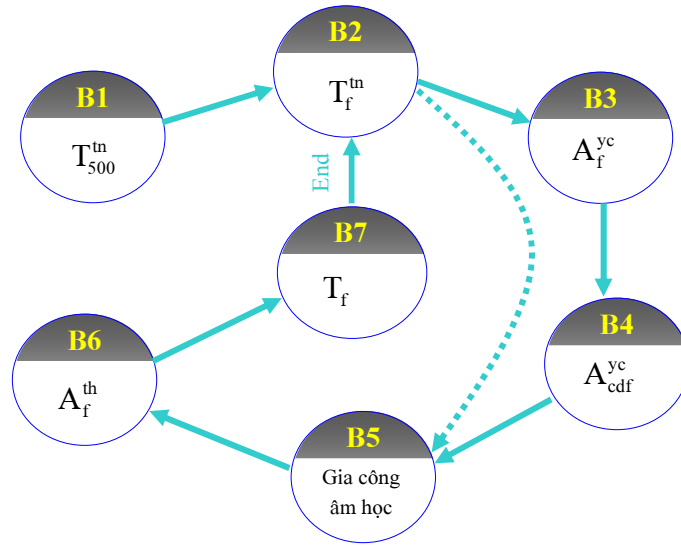
Hình 13: Theo các mức chứa khán giả khác nhau (ở tần số 500Hz)

- Thời gian âm vang tốt nhất, T^n
- Thời gian âm vang tính toán, T''

⁶ Phòng yêu cầu chất lượng âm thanh cao thì có thể tính cho nhiều dải tần số.

Với phòng mà chất lượng âm thanh chủ yếu nghe rõ (giảng đường) có thể chỉ tính cho tần số 500hz.

❁ **Các bước thiết kế thời gian âm vang:**



Hình 14: Các bước thiết kế thời gian âm vang

➤ **Bước 1:** Xác định T_{500}^{tn} theo biểu đồ trên.

➤ **Bước 2:** Xác định thời gian âm vang tốt nhất theo dải tần số tính toán: $T_f^{tn} = k.T_{500}^{tn}$

➤ **Bước 3:** Xác định lượng hút âm yêu cầu của phòng theo dải tần số âm: A_f^{yc}

Từ công thức Eyring : $T_f^{tn} = \frac{0,164V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_{TB})}$ ta suy ra α_{TB}

Do đó: $A_f^{yc} = \alpha_{TB} \cdot S$

➤ **Bước 4:** Xác định lượng hút âm yêu cầu của các bề mặt trong phòng theo dải tần số âm:

$A_{cd,f}^{yc}$

$$A = \sum S_i \alpha_i + \sum a_m N_m$$

Gọi $A_{cd} = \sum S_i \alpha_i$ là lượng hút âm cố định (của các bề mặt trong phòng).

$A_{td} = \sum a_m N_m$ là lượng hút âm thay đổi (của thính giả).

Ta có $A_f^{yc} = A_{cd,f}^{yc} + A_{td,f}$. Do đó $A_{cd,f}^{yc} = A_f^{yc} - A_{td,f}$

$A_{td,f}$ xác định theo số lượng thính giả có mặt và số ghế trống (mức chứa 75% hoặc 100%).

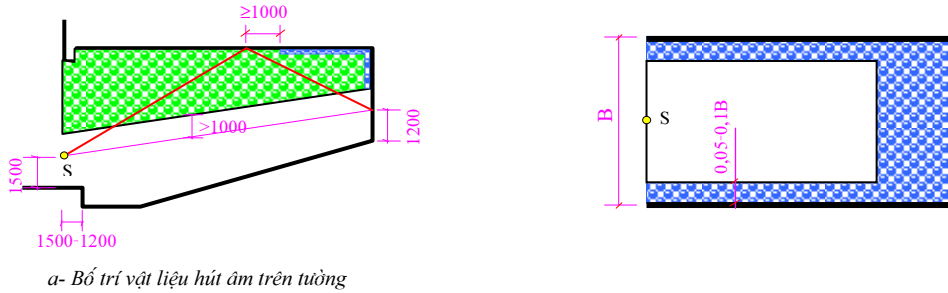
➤ **Bước 5:** Gia công âm học cho phòng. Cần phải chọn và bố trí vật liệu hút âm trong phòng cho đạt được bằng với lượng hút âm yêu cầu đã xác định ở bước 4.

Việc bố trí vật liệu hút âm trên bề mặt phòng có ảnh hưởng đến mức âm tại mỗi chỗ ngồi của khán giả, đến mức độ khuếch tán trường âm trong phòng, đến sự hình thành các hiện tượng xấu về âm thanh trong phòng,... Do vậy khi bố trí vật liệu hút âm có thể tuân theo hướng dẫn sau:

☞ Trên trần và phía dưới tường bên, đặc biệt các phần trần và tường sát sân khấu, nên bố trí vật liệu phản xạ âm mạnh.

☞ Phần trên của tường bên và phần sau của trần bố trí vật liệu tạo khuếch tán âm, hoặc xen kẽ hút âm và khuếch tán âm.

☞ Trên các tường sau (ở độ cao $\geq 1,2m$ trên mặt sàn), tường lan can ban công bố trí vật liệu hút âm mạnh.



Hình 15: Cách thức bố trí vật liệu hút âm cho phòng khán giả

➤ **Bước 6:** Xác định lượng hút âm thực của phòng sau khi gia công âm học theo 6 dải tần số :

$$A_r^{th} = \sum S_i \alpha_i + \sum a_m N_m$$

➤ **Bước 7:** Xác định thời gian âm vang của phòng tại 6 dải tần số theo công thức Eyring, và so sánh với trị số tốt nhất tương ứng. Nếu sai số $< 10\% T_r^m$ là đạt yêu cầu, nếu không phải thực hiện lại bước 5 cho tần số chưa đạt và tiếp tục.

IV - THIẾT KẾ PHÒNG ĐẢM BẢO TRƯỜNG ÂM KHUẾCH TÁN

Tạo sự khuếch tán âm sẽ tăng thêm tiện nghi âm thanh cho phòng, âm thanh nghe càng sinh động và hấp dẫn.

Muốn đạt được độ khuếch tán cao của trường âm, các mặt phản xạ phải có khả năng tạo cho người nghe nhận được nhiều âm phản xạ nhất, các phản xạ tới từ mọi hướng với xác suất như nhau và âm nọ nối tiếp sau âm kia.

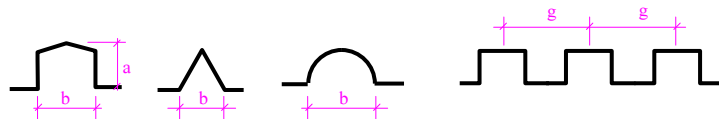
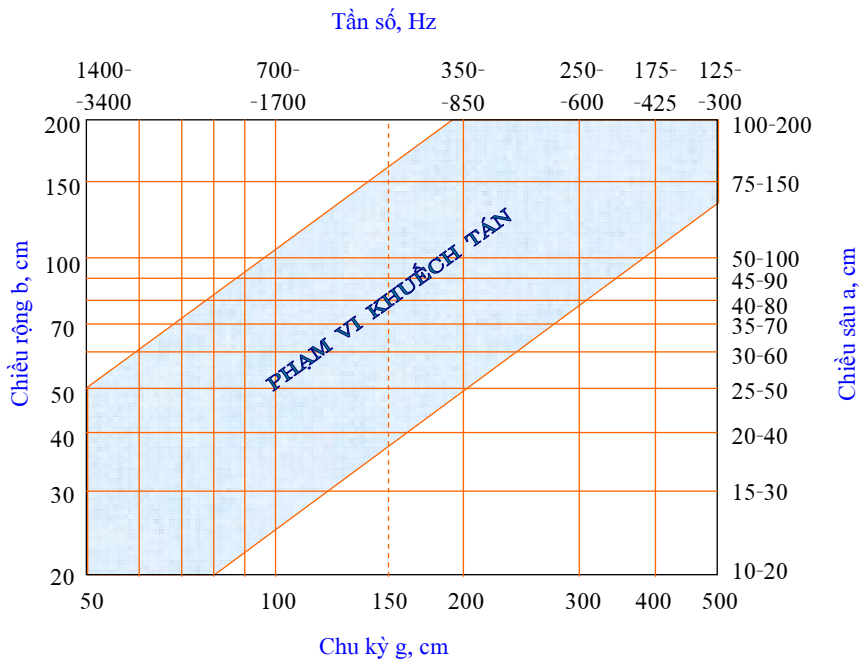
Để tạo trường âm khuếch tán có thể thực hiện theo một trong các giải pháp sau:

➤ **Giải pháp 1:** Lợi dụng các phản xạ định hướng phân tán của các mặt cong lồi hoặc các bề mặt tương tự, bằng cách cải tạo lại các bề mặt kết cấu chịu lực chính của phòng như cột, dầm, tường, sàn,... Tuy nhiên giải pháp này chưa đạt được hiệu quả cao và chỉ nên áp dụng cho các phòng nhỏ, không có yêu cầu cao về chất lượng âm thanh.



Hình 16: Tạo khuếch tán âm từ cột, dầm,...

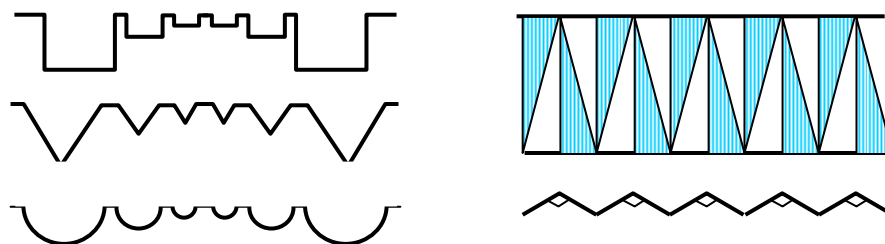
► **Giải pháp 2:** Xử lý các bề mặt không gian chính phòng khán giả bằng các cấu tạo phân chia chu kỳ. Cấu tạo phân chia dạng chu kỳ vừa đạt hiệu quả cao về trang trí nội thất vừa đạt hiệu quả cao về âm học. Tuy nhiên, các cấu tạo phân chia muốn đạt được hiệu quả khuếch tán cao phải có kích thước xấp xỉ với bước sóng âm tới. Các cấu kiện có kích thước nhỏ (vài cm) không tạo được khuếch tán âm ngay cả ở các tần số cao và nó có tác dụng như mặt phẳng. Kinh nghiệm cho thấy kích thước các mặt phân chia phải lớn hơn vài chục cm. Kích thước tốt nhất của các bề mặt phân chia có thể chọn theo biểu đồ dưới đây:



Hình 17: Biểu đồ để chọn kích thước mặt phân chia chu kỳ

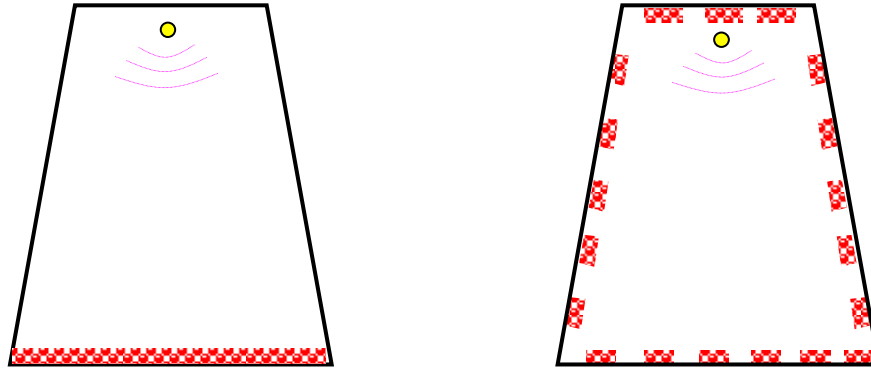
Trong kiến trúc thường hay sử dụng cấu tạo phân chia dạng chu kỳ hình chữ nhật, lăng trụ, bán trụ. Loại lăng trụ và bán trụ cho hiệu quả khuếch tán cao hơn ở các tần số trung bình và cao. Ngược lại, loại hình chữ nhật tạo khuếch tán tốt trong phạm vi tần số thấp.

Các loại cấu tạo vừa nói trên đều có kích thước cố định nên mới chỉ đạt được hiệu quả khuếch tán trong một phạm vi tần số nhất định. Nếu các thông số của chúng thay đổi nhiều hơn thì hiệu quả khuếch tán sẽ đạt được trong phạm vi tần số rộng hơn.



Hình 18: Cấu tạo phân chia có kích thước thay đổi theo 2 chiều và 3 chiều

► **Giải pháp 3:** Tạo trường âm khuếch tán trong phòng bằng cách bố trí vật liệu hút âm phân tán thành các dải nhỏ, xen kẽ với các vật liệu phản xạ âm trên các bề mặt của phòng. Những bề mặt hút âm có kích thước lớn không có lợi về mặt khuếch tán âm, sự tắt dần của âm thanh không đều bằng trường hợp bố trí phân tán.



Hình 19: **Bố trí vật liệu hút âm phân tán âm thanh sẽ khuếch tán đều hơn bố trí tập trung**

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 Φ_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 (Φ_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 θ với trục góc khối thì trị số góc khối $d\omega$ bằng:

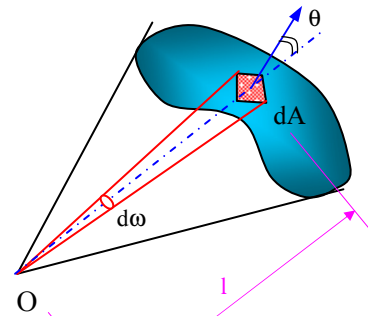
$$d\omega = \frac{dA \cos \theta}{l^2}$$

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 4π stêradian.



Hình 1: Góc khối bức xạ

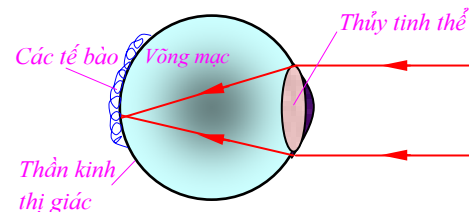
b/ Ánh sáng nhìn thấy:

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:

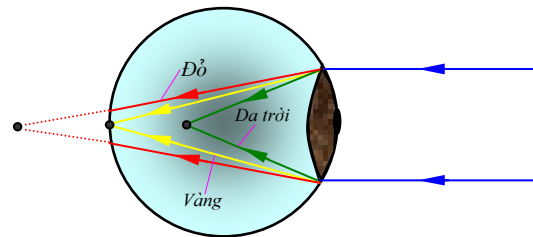
- **Tế bào hình nón:** có khoảng 7 triệu tế bào. Chúng chiếm chủ yếu ở giữa vùng của võng mạc và được kích thích bằng các mức chiếu sáng cao (thị giác ban ngày). Chúng đảm bảo tri giác màu.
- **Tế bào hình que:** nhiều hơn tế bào hình nón (khoảng 120 triệu), chúng bao phủ phần còn lại của võng mạc; có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

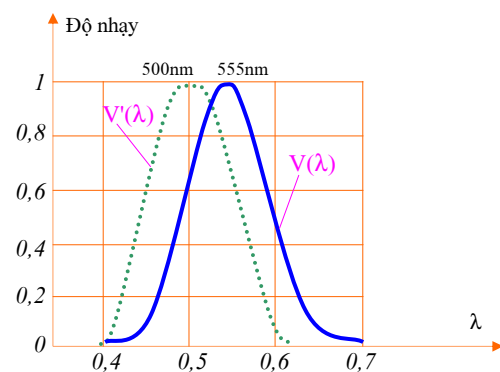
Hai điểm của không gian được nhìn một cách phân biệt nếu hình ảnh của nó tạo nên cảm giác của hai tế bào khác nhau.

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.

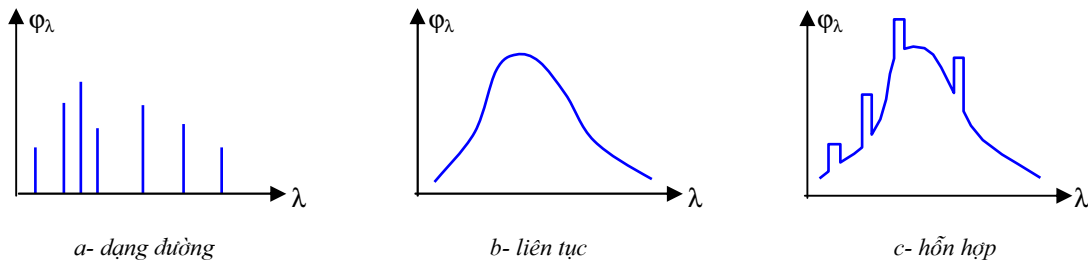
Đường cong hiệu quả ánh sáng tương đối thứ hai $V'(\lambda)$ có dạng cong tương tự như $V(\lambda)$ nhưng lệch về các tia tử ngoại vào khoảng 50nm.

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:

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

Φ_{λ} : quang thông trong đoạn bước sóng λ .

Φ : 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 candelat 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:

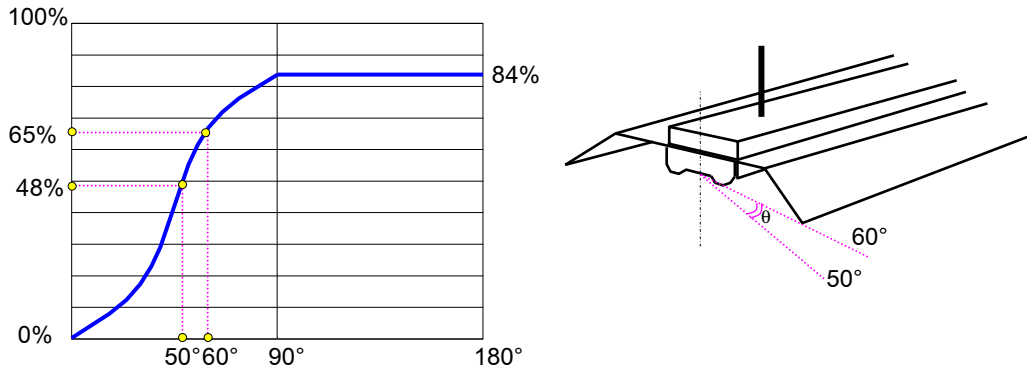
$$\Phi = 680 \cdot \sum_{i=1}^n \varphi_{e\lambda_i} \cdot V(\lambda_i)$$

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°) và (60°) là: $65\% - 48\% = 17\%$.

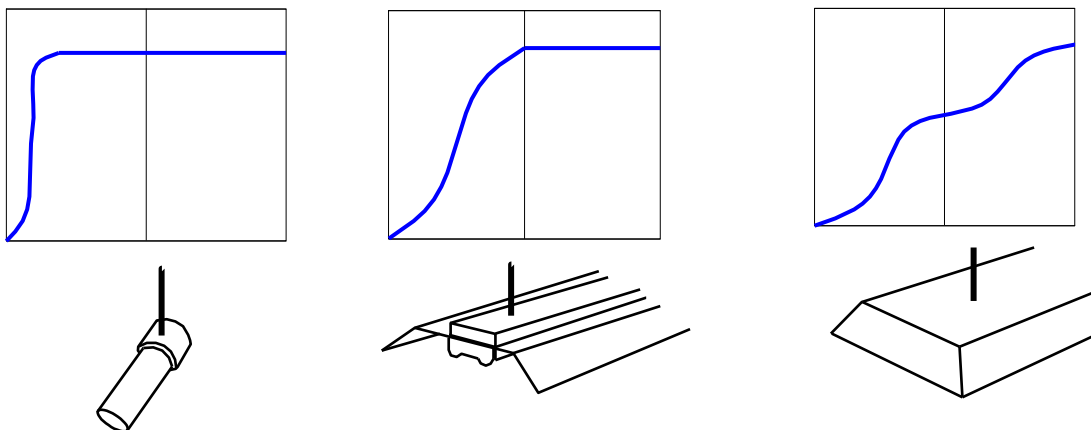
Ta có thể nhận thấy rằng trên 90° , không có bức xạ ánh sáng. Quang thông phát ra bằng 84% quang thông sử dụng (tổng tất). Như vậy, hiệu suất của nguồn là 0,84.



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°) à (60°) 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:

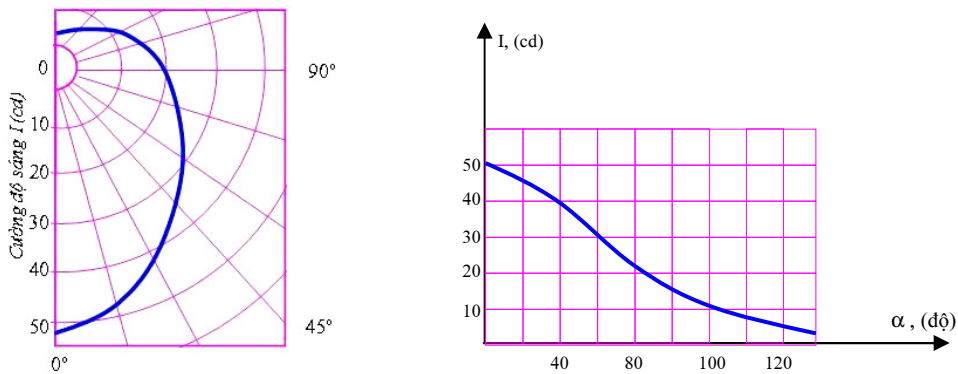
$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} , \quad [\text{cd}].$$

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*¹, 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 m² ở nhiệt độ T=2046°K (nhiệt độ đông của platin) dưới áp suất 101.325 pascal (N/m²).*"

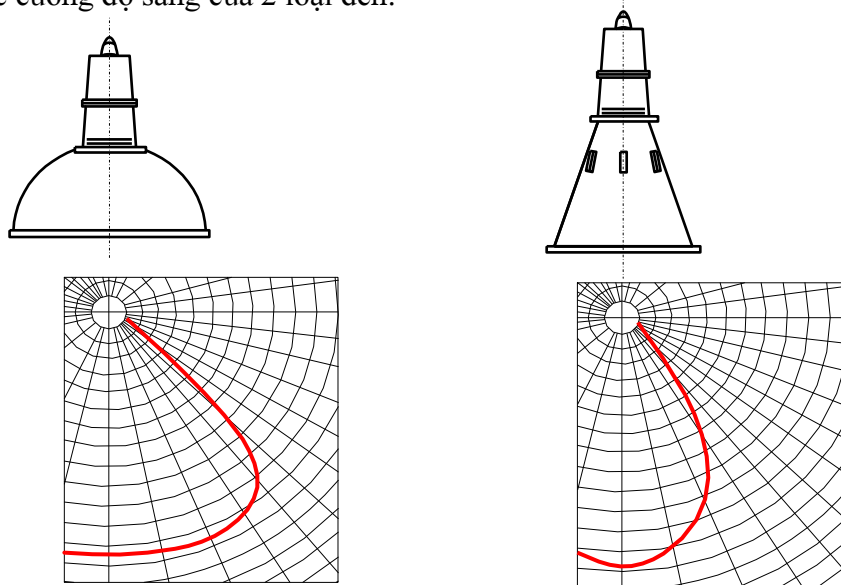
Các nguồn sáng gặp trong thực tế nói chung có cường độ sáng không như nhau theo các hướng. Vì vậy, khi nói cường độ sáng phải liên kết nó với hướng nào đó trong không gian.

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:



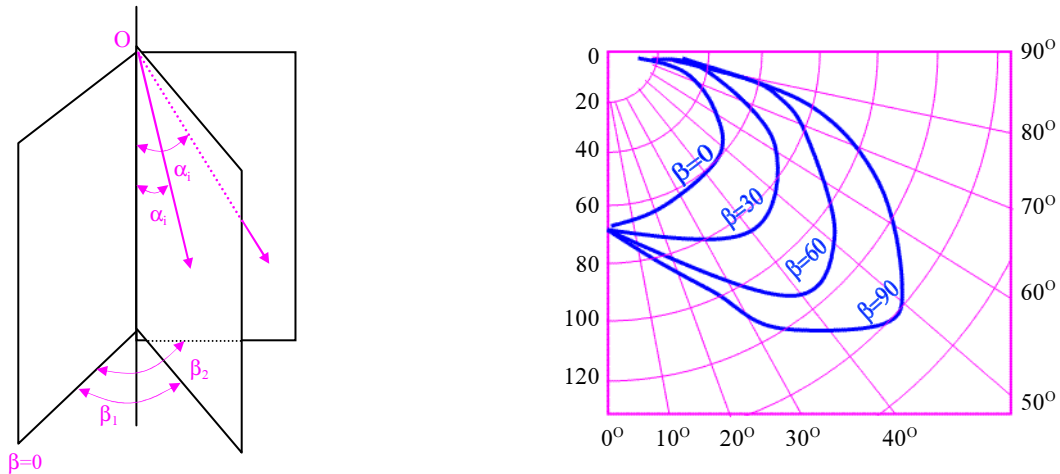
Hình 9: Biểu đồ cường độ sáng của một số loại đèn

¹ 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 α và β , 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 α . 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 :

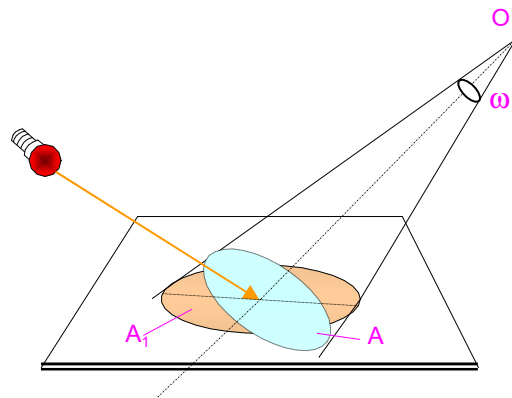
a/ Độ chói:

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).

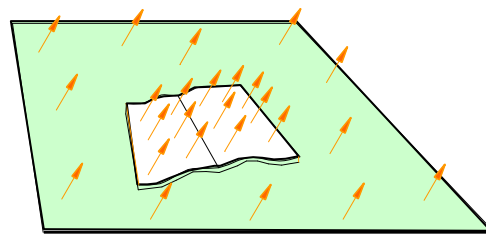
Ví dụ quan sát quyển sách đặt trên bàn. Lúc này, độ chói của quyển sách cao hơn độ chói của bàn. Bàn tối hơn và phản xạ kém hơn.

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.

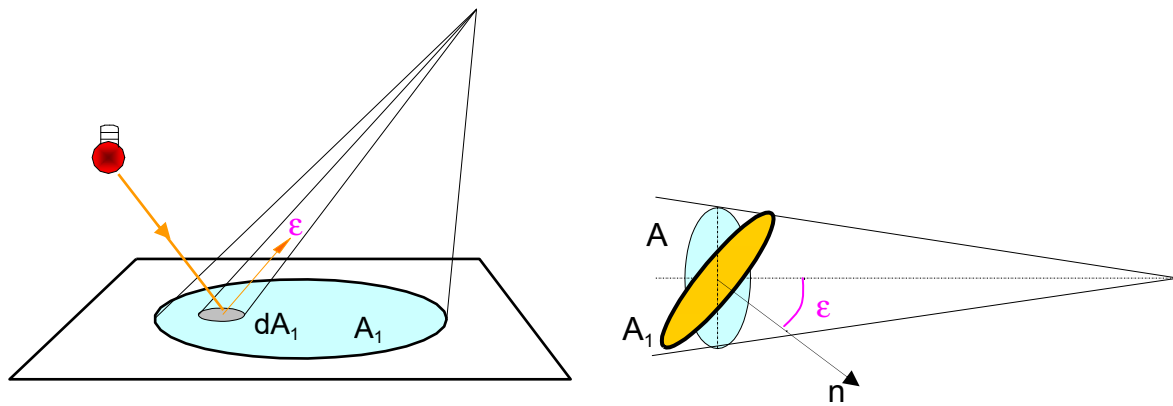
Độ chói của mặt phát ánh sáng là mật độ của cường độ sáng trên một phần tử vô cùng bé của nó, vuông góc với hướng quan sát.



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 ϵ 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_{ϵ} : cường độ sáng theo hướng ϵ .

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 ϵ từ diện tích vô cùng bé dA_1 trong giới hạn góc khối $d\omega$ mà trực trùng với hướng ϵ .

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 [cd/m^2]. Đơn vị cũ là nit = $1 \text{cd}/\text{m}^2 = 1 \text{nt}$.²

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:

² Đơn vị độ chói cd/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 $30.000 \text{cd}/\text{m}^2$.

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

dA_2 : diện tích mặt nhận bức xạ.

Đơn vị đo độ rọi là lux^3 , 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^2 .

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

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:

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

Φ : đo bằng lumen.

A_2 : diện tích được chiếu sáng $[\text{m}^2]$.

Vì $d\Phi = I \cdot d\omega$ 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.

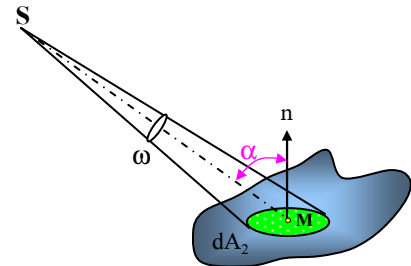
r : khoảng cách từ nguồn đến điểm M trên diện tích chiếu sáng.

α : 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:

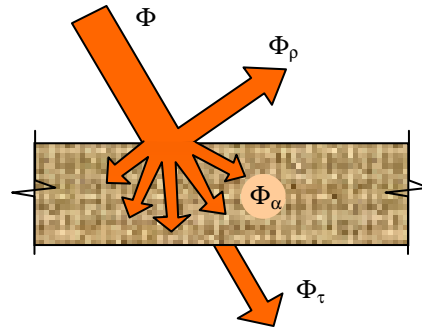
- Một phần sẽ phản xạ trở lại: Φ_p .
- Một phần sẽ xuyên qua: Φ_τ .
- Một phần sẽ bị hấp thụ: Φ_α .

³ Anh, Mỹ dùng đơn vị độ rọi foot-candle, $1\text{fc} = 10,76 \text{ lx}$.

Lux là một đơn vị nhỏ. Ánh sáng trăm rằm khoảng $0,2 \text{ lx}$. Cây đèn hoa kỳ nhỏ trên mặt bàn $3-5 \text{ lx}$. 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 ρ , τ , α 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 :

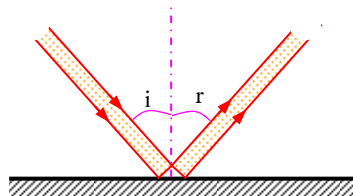
Ánh sáng là phổ của nhiều tia sáng (λ khác nhau). Trong nghiên cứu chuyên sâu \rightarrow phải xác định hệ số phản xạ đơn sắc $\rho(\lambda)$.

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

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

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

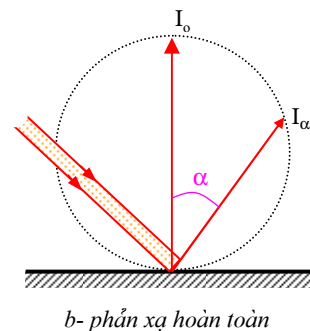
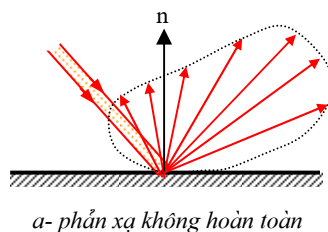
➤ *Phản xạ đơn hướng (gương):*



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.

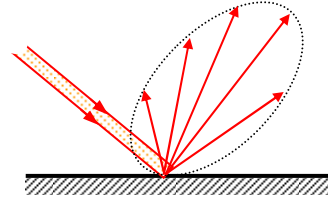
Lúc này, phân bố cường độ phân bố theo định luật Lambe:

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

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

➤ **Phản xạ hỗn hợp:**

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



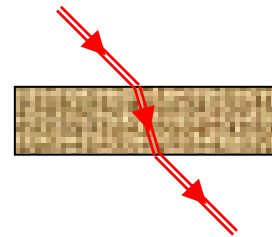
Hình 18: Phản xạ hỗn hợp

2/ TÍNH CHẤT XUYỀN SÁNG :

Ánh sáng xuyên qua vật sẽ được xác định bằng hệ số xuyên sáng τ , 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).

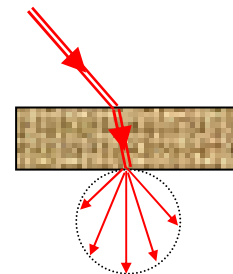


Hình 19: Xuyên sáng định hướng

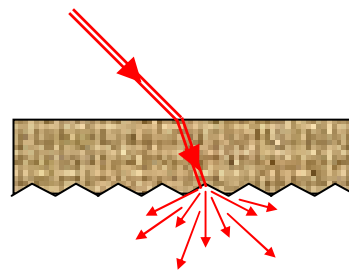
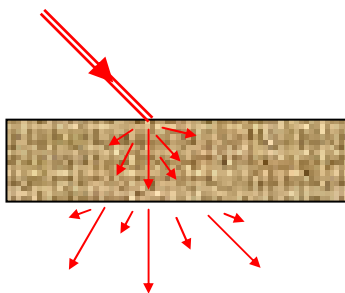
➤ **Sự xuyên sáng khuếch tán:**

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

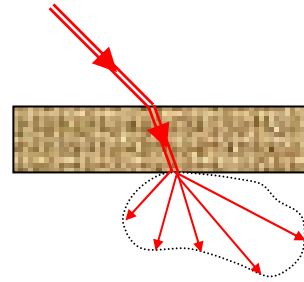


Hình 21: Hai phương pháp tạo khuếch tán qua kính

➤ Sự xuyên sáng hỗn hợp:

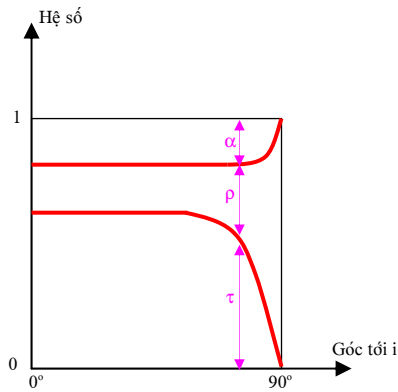
Trường hợp này hay gặp trong thực tế. Nó kết hợp sự xuyên sáng trực tiếp và khuếch tán.

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:

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

α : hệ số hấp thụ.

ρ : hệ số phản xạ.

τ : 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 khúc 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/cm².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.

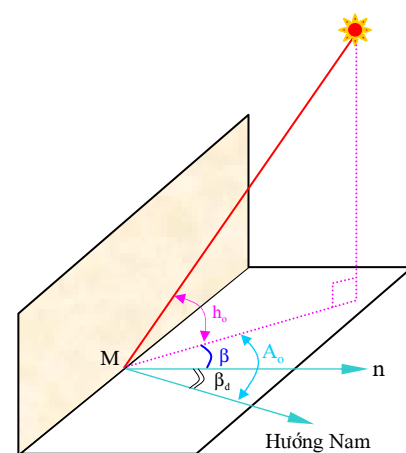
m : khối lượng khí quyển tại thời điểm tính toán.

η_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:**

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

β : góc phương vị của mặt trời so với phương vị mặt đứng:

$$\beta = A_o - \beta_d \cdot$$

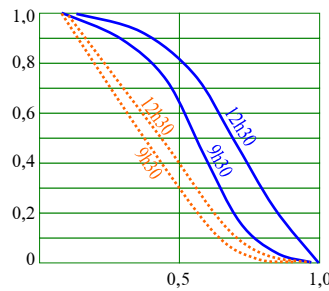
A_o : góc phương vị của mặt trời.

β_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/cm²].



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

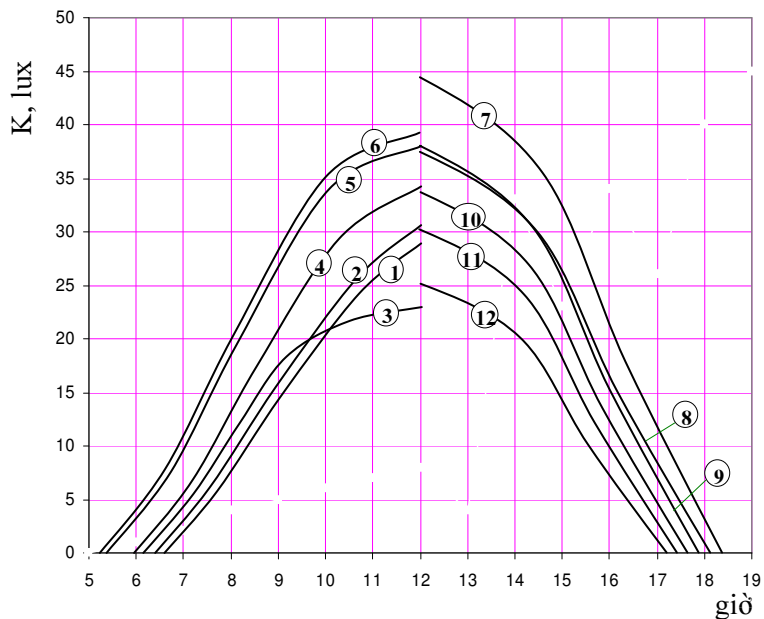
— Có nắng
- - - Không có nắng

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:

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

η_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:

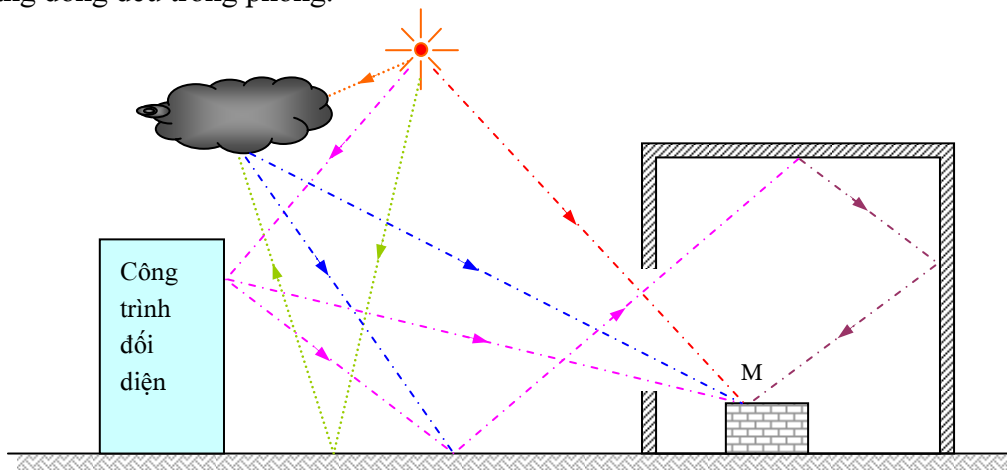
$$e_M = \frac{E_M}{E_{bt}} \cdot 100\%$$

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: $e_{tr} = e_{fản xạ}$.

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.

⁴ 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, [m²].

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

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

τ_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 (η_{cs}):

$\frac{L_1}{B}$	B/h_1							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
≥ 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	≥ 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:

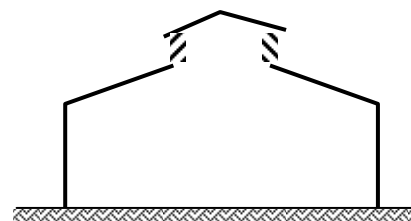
☛ Đặc tính cửa mái:

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:**

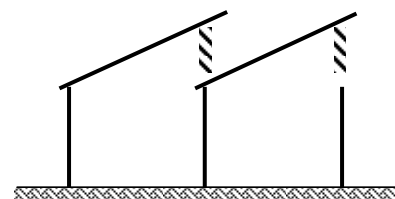
- Tăng hệ số chiếu sáng lên 5% khi kích thước đã tối ưu: $S_c/S_s = 35\%$ (ứng với trường hợp không che nắng).
- Tăng lên 2,5-4% (ứng với trường hợp có che nắng).



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.

η_{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.

τ_o : hệ số xuyên suốt ánh sáng toàn phần của cửa mái:

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

τ_1 : hệ số xuyên suốt ánh sáng của vật liệu → tra bảng 7.

τ_2 : tỉ lệ hao phí ánh sáng qua khung cửa → tra bảng 8.

τ_3 : hệ số hao phí ánh sáng qua kính bị bẩn → tra bảng 9.

τ_4 : hệ số hao phí ánh sáng vì kết cấu chịu lực → tra bảng 10.

τ_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 (η_{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 φ_{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
≥ 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 (τ_1):

Kính	τ_1	Kính	τ_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 (τ_2):

Loại kết cấu khung	τ_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 (τ_3) qua kính bị bẩn:

Mức độ bẩn	τ_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 (τ_4) vì kết cấu chịu lực:

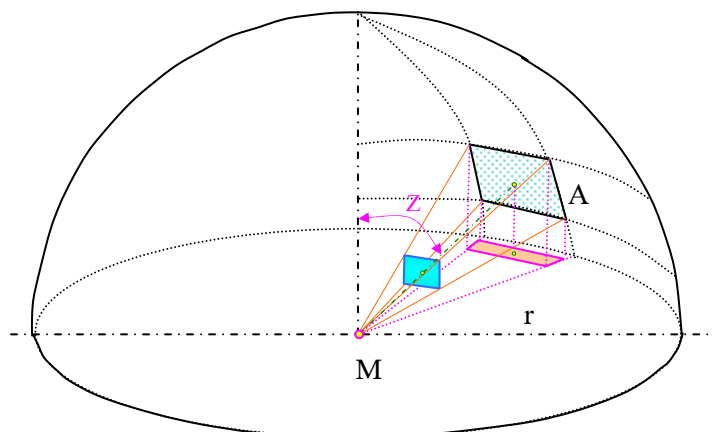
Mức độ bẩn	τ_4
Vì kèo dàn bằng thép	0,90
Dàn và vòm bằng bê tông cốt thép	0,80
Vì kèo đặc chiều cao $\geq 0,5m$	0,80
Vì kèo đặc chiều cao $< 0,5m$	0,90

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 %.

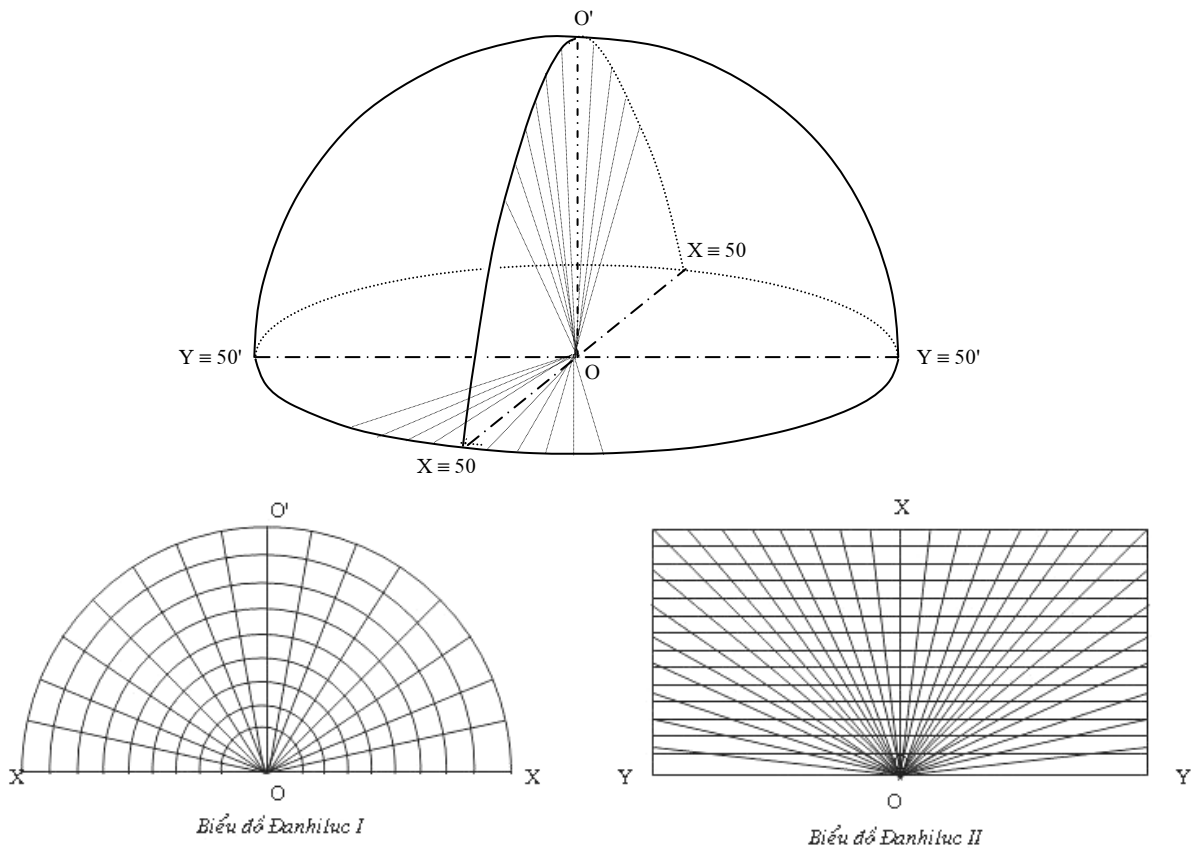
Lúc đó: $e_{bt} = e_1 \cdot e_2$

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: $e_{bt} = 0,05 \times 0,50 = 0,025$

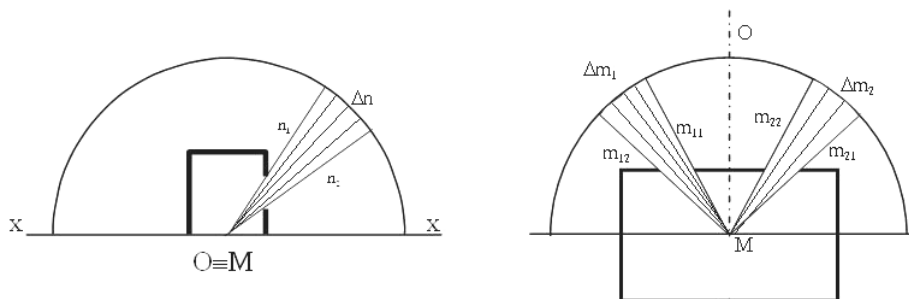
Tóm lại:

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

Với trường hợp nhà 2 cửa:

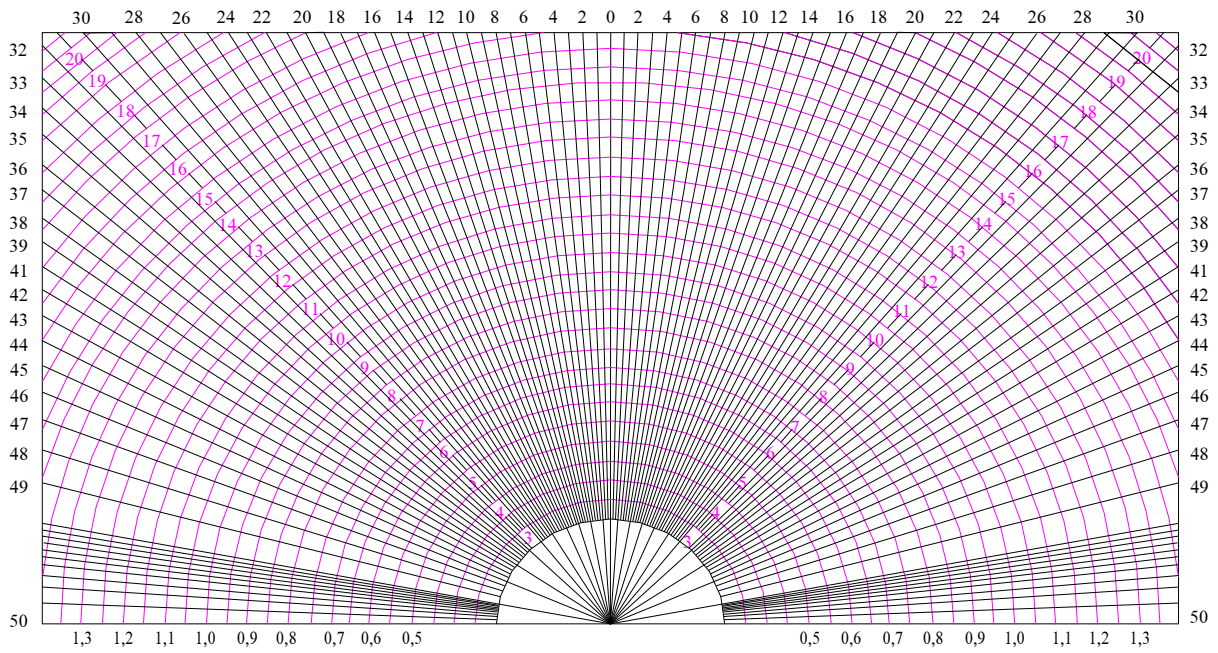
$$e_M = e_1 \cdot e_2 = \Delta n \cdot \Delta m = \Delta n \cdot (\Delta m_1 + \Delta m_2)$$

$$= (n_2 - n_1) \cdot (m_{12} - m_{11}) \cdot (m_{22} - m_{21})$$

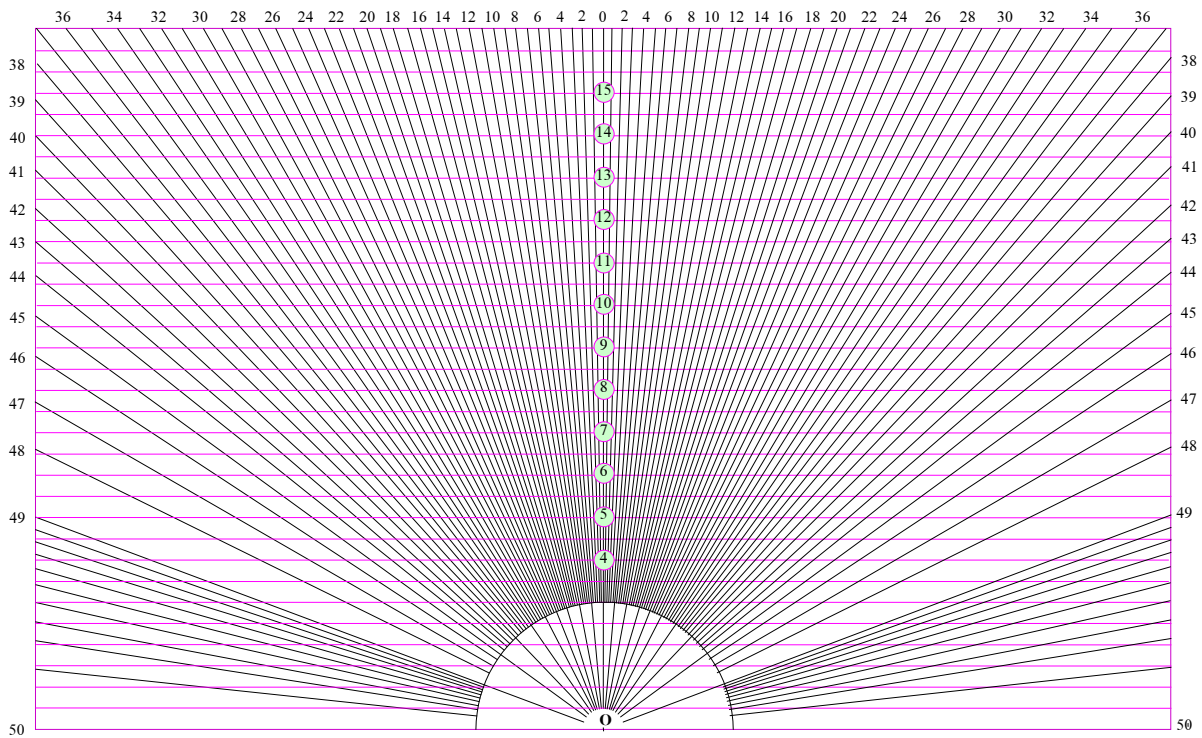


Hình 9: Cách sử dụng biểu đồ Danhiluc

☞ 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).

τ_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.

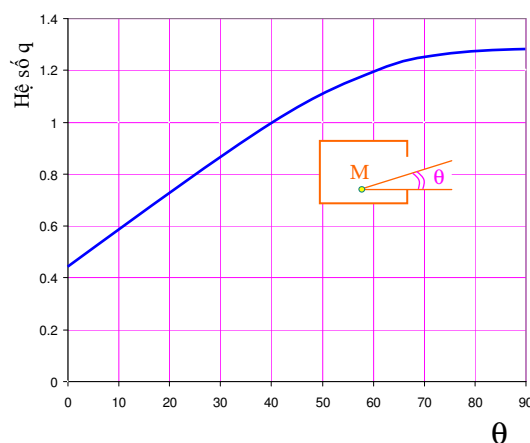
k_m : hệ số ảnh hưởng của dạng cửa mái \rightarrow tra bảng 13.

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 , τ_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.