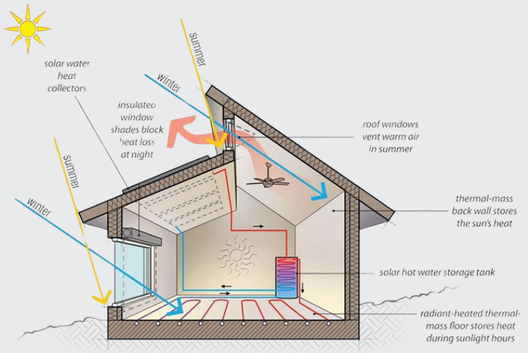
CHƯƠNG 1

CÁC PHƯƠNG THỨC TRUYỀN NHIỆT, KHÍ HẬU VÀ CON NGƯỜI.

GV giảng dạy: Võ Thanh Huy



VÕ THANH HUY

1.1. Các phương thức truyền nhiệt cơ bản

1.1.1. Cơ sở vật lý của môi trường nhiệt ẩm

1.1.1.1. Những đại lượng nhiệt ẩm cơ bản

a. Nhiệt (Nhiệt lượng)

- Nhiệt (H): Dạng năng lượng, đo bằng joule (J). Có thể đổi sang các đơn vị khác như calorie, kilowatt giờ, BTU.
- Các dạng năng lượng khác: Cơ năng, hóa năng, điện năng, có thể chuyển thành nhiệt năng.

b. Nhiệt độ (Temperature)

- Khái niệm: Đặc tính quyết định sự tỏa nhiệt hoặc thu nhiệt của vật với môi trường.
- Khác biệt so với nhiệt lượng: Một ngọn lửa nhỏ có nhiệt độ cao hơn chậu nước sôi nhưng nước chứa nhiều nhiệt lượng hơn.

c. Nhiệt dung (Heat Capacity)

- Nhiệt dung riêng (C): Nhiệt lượng cần thiết để tăng 1kg vật liệu lên 1°C, đo bằng J/kg°C.
- Ví dụ: Nước có tỷ nhiệt cao, giữ nhiệt tốt.

d. Nhiệt hiển và nhiệt ẩn

- Nhiệt hiển (Sensible Heat): Nhiệt năng hấp thụ hoặc thải ra khi thay đổi nhiệt độ.
- Nhiệt ẩn (Latent heat): Nhiệt năng hấp thụ hoặc thải ra khi vật chất thay đổi trạng thái mà không thay đổi nhiệt độ.

e. **Enthalpy**

- Khái niệm: Tổng nhiệt lượng (nhiệt hiển + nhiệt ẩn) trong vật chất so với 0°C.

f. Sự giãn nở (Expansion)

- Khái niệm: Hầu hết chất đều nở khi nóng lên và co khi lạnh đi.
- Hệ số nở nhiệt: Đo sự thay đổi về kích thước do nhiệt độ.

g. Khí và hơi

- Khí: Trạng thái vật chất, phân tử chuyển động liên tục.
- Hơi (Vapour): Dạng đặc biệt của pha khí, có thể hóa lỏng khi nén.
- Khí quyển: Bao gồm nitrogen, oxygen, carbon dioxide và các khí khác.

h. Độ ẩm (Humidity)

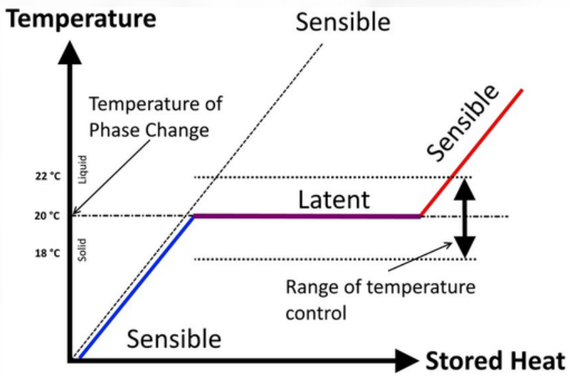
- Độ ẩm tuyệt đối (Absolute Humidity-AH): Số gram hơi nước trong 1 m^3 không khí.
- Độ ẩm tuyệt đối bão hòa (Saturation Humidity-SH): Lượng hơi nước tối đa không khí có thể chứa ở một nhiệt độ cụ thể.
- Độ ẩm tương đối (Relative Humidity-RH): Đo bằng ẩm kế bầu khô và bầu ướt, ẩm kế cánh quạt.

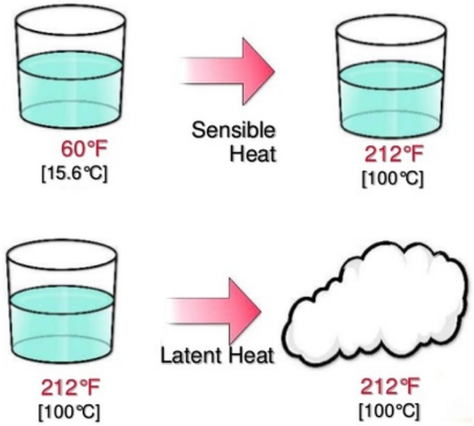
i. Đo độ ẩm

Sử dụng ẩm kế bầu khô và bầu ướt hoặc ẩm kế cánh quạt để đo độ ẩm tương đối trong không khí.

Bảng 1.1. Nhiệt dung riêng của 1 số vật liệu

Vật liệu	Nhiệt dung riêng, J/kg K	Vật liệu	Nhiệt dung riêng, J/kg K
Nước	4190	Gỗ	1700
Bê tông	3300	Nhôm	910
Gạch xây	3300	Đá hoa	880
Băng	2100	Kính	700
Dầu hỏa	2100	Thép	450



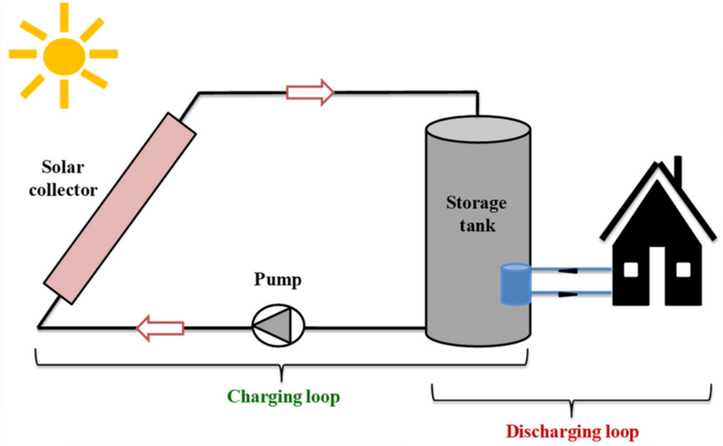


GV giảng dạy: Võ Thanh Huy

SENSIBLE HEAT VS LATENT HEAT

Nhiệt hiển: Khi bạn đun nước, nhiệt độ của nước tăng lên - đó là nhiệt hiển.

Nhiệt ẩn: Khi nước bắt đầu sôi, nhiệt độ không tăng thêm nữa, nhưng nước vẫn tiếp tục nhận nhiệt để chuyển từ trạng thái lỏng sang hơi - đó là nhiệt ẩn.

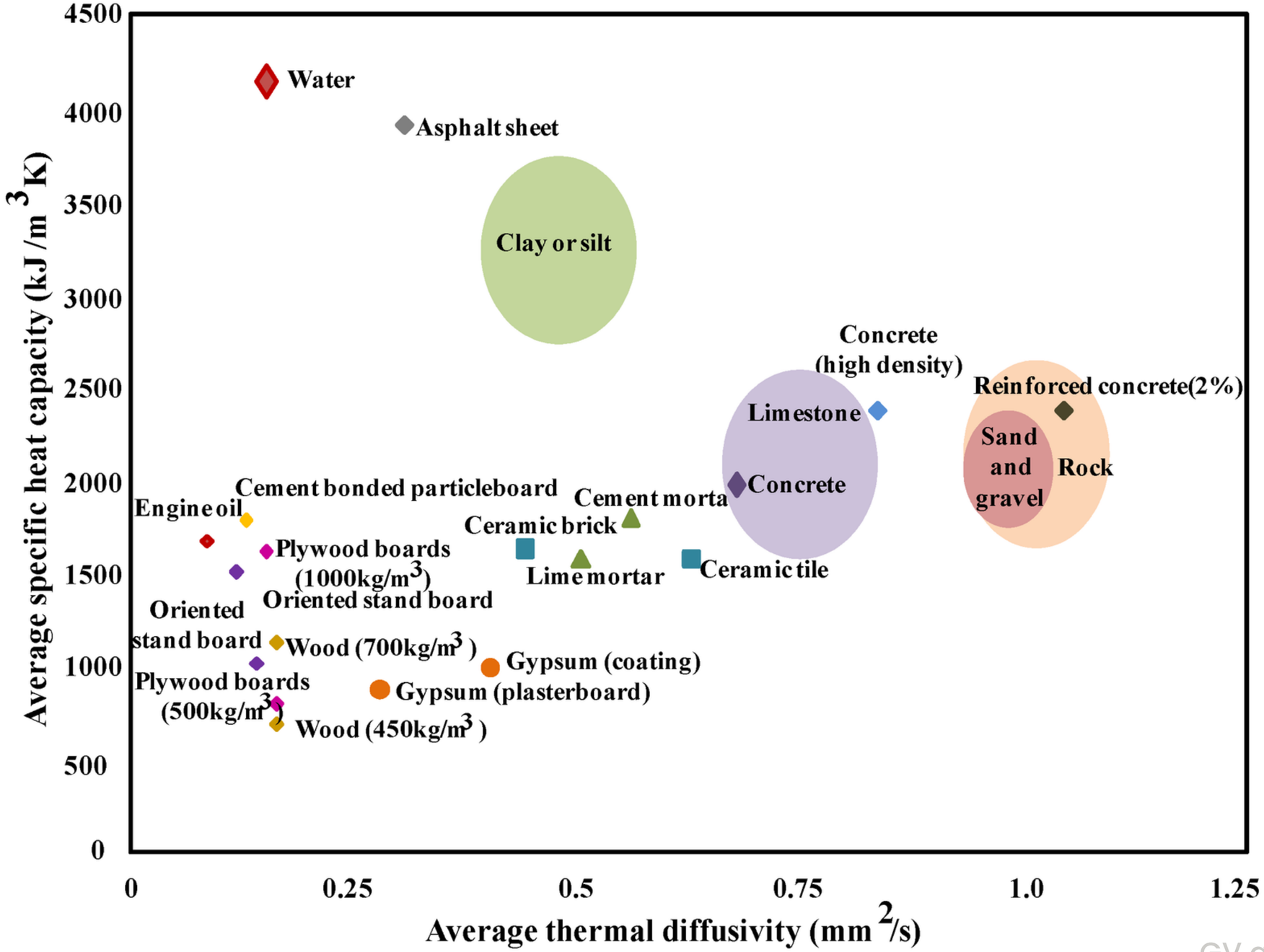


Phương pháp lưu trữ nhiệt cảm (Sensible Heat Storage - SHS), là một giải pháp lưu trữ năng lượng nhiệt (Thermal Energy Storage - TES) phổ biến và đã được sử dụng rộng rãi. Phương pháp này hoạt động dựa trên nguyên lý lưu trữ năng lượng nhiệt thông qua việc thay đổi nhiệt độ của môi trường lưu trữ mà không có sự thay đổi pha

Nguyên Lý Hoạt Động của SHS

Trong phương pháp SHS, nhiệt năng được lưu trữ thông qua việc tăng nhiệt độ của một chất lưu trữ, có thể là chất lỏng (như nước, dầu) hoặc chất rắn (như cát, đá, gạch). Khi nhiệt năng được truyền vào môi trường lưu trữ, nhiệt độ của môi trường đó tăng lên, và khi nhiệt năng được rút ra, nhiệt độ giảm đi.

Nước được bơm qua bộ thu năng lượng mặt trời (solar collector), nơi nó hấp thụ nhiệt từ mặt trời và sau đó được lưu trữ trong bồn chứa nhiệt. Khi cần sưởi ấm, nước nóng từ bồn chứa được dẫn đến nơi cần sử dụng thông qua một vòng lặp phóng nhiệt (discharging loop)


Average specific heat capacity (kJ /m 3 K)
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
Water
Asphalt sheet
Clay or silt
Concrete
(high density)
Reinforced concrete(2%)
Limestone
Sand
and
gravel
Rock
Concrete
Cement bonded particleboard
Cement morta
Engine oil
Ceramic brick
Plywood boards
(1000kg/m3)
Lime mortar
Ceramic tile
Oriented stand board
Oriented
stand board
Wood (700kg/m3)
Gypsum (coating)
Plywood boards
(500kg/m3)
Gypsum (plasterboard)
Wood (450kg/m3)
0
0.25
0.5
0.75
1.0
1.25
Average thermal diffusivity (mm 2/s)

Độ Ẩm Tuyệt Đối (Absolute Humidity - AH)

- Đại lượng f (g/m³): Đây là số gram hơi nước có trong 1 m³ không khí. Nó phản ánh lượng hơi nước tuyệt đối có trong không khí.
- Áp suất hơi ẩm e (mmHg hoặc Pa): Áp suất riêng phần của hơi nước trong không khí, dựa vào điều kiện khí quyển đã biết. Áp suất này thay đổi tùy theo nhiệt độ và độ ẩm.
- Dung ẩm d (g/kg khô): Lượng hơi nước tính bằng gram (g) hoặc kilogram (kg) đối với mỗi kilogram không khí khô. Đây là một cách khác để đo lường độ ẩm tuyệt đối.

Nguyên Lý Đo Độ Ẩm

- Ẩm Kế Bầu Khô và Bầu Ướt: Dùng hai nhiệt kế, một bọc bằng gạc thấm ướt (nhiệt kế ướt) và một không bọc (nhiệt kế khô). Khi quay hoặc khiến cánh quạt của ẩm kế hoạt động, sự bay hơi từ gạc thấm ướt sẽ làm giảm nhiệt độ của nhiệt kế ướt. Chênh lệch nhiệt độ giữa hai nhiệt kế này phản ánh độ ẩm trong không khí. Càng ít bay hơi (khi độ ẩm càng cao), chênh lệch càng nhỏ và ngược lại.

Độ Ẩm Tuyệt Đối Bão Hòa (Saturation Humidity - SH)

- Khi không khí đạt đến một nhiệt độ cho trước, nó chỉ có thể chứa được một lượng hơi nước tối đa nhất định. Khi đó, không khí được coi là ở trạng thái bão hòa và độ ẩm tuyệt đối cũng đạt tới giá trị cực đại.

Cách Tính Độ Ẩm Tương Đối

Để tính độ ẩm tương đối, bạn cần biết nhiệt độ khô (tK) và nhiệt độ ướt (tƯ). Công thức cơ bản để tính độ ẩm tương đối (RH) là

$$RH = \left(\frac{e}{e_s}\right) \times 100\%$$

trong đó:

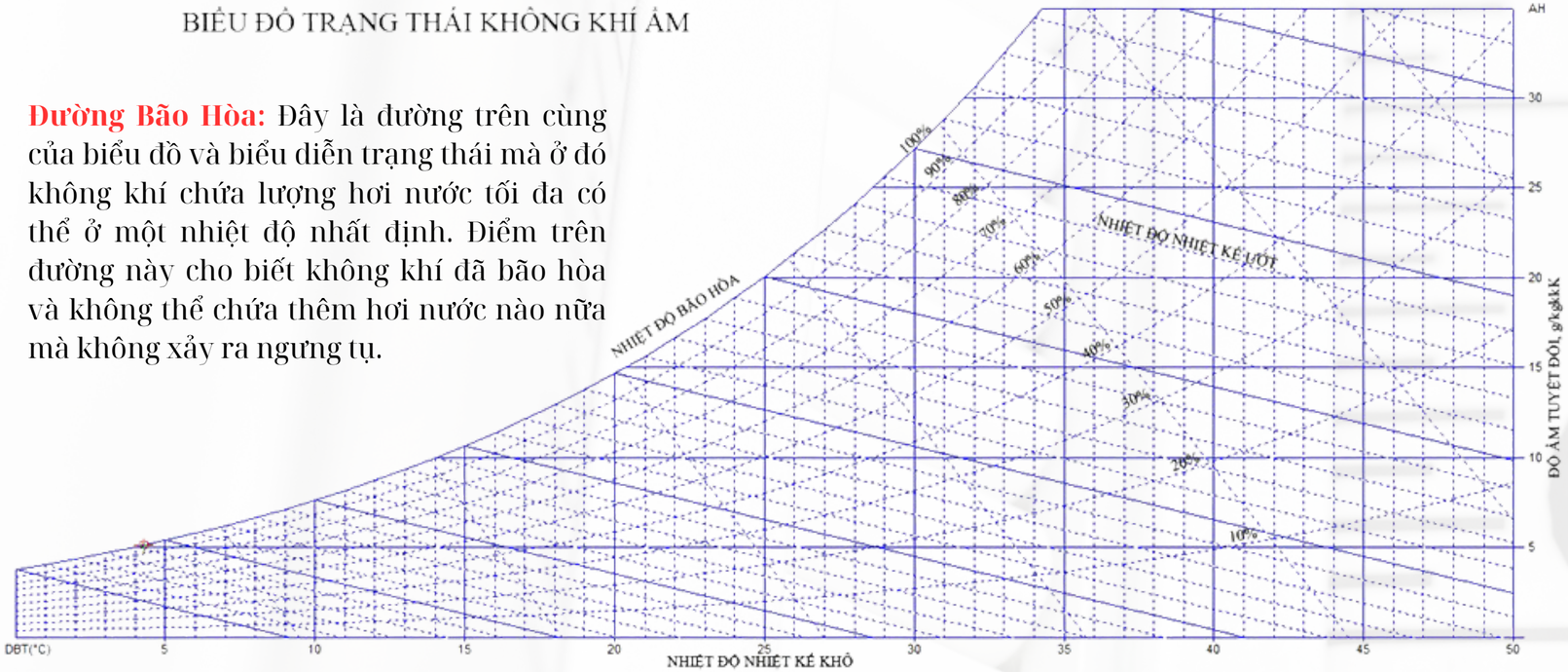
- e là áp suất hơi nước tại nhiệt độ ướt,
- es là áp suất hơi nước bão hòa tại nhiệt độ khô.

$$\varphi = \frac{f}{F}.100\% = \frac{d}{D}.100\% = \frac{e}{E}.100\%$$

Giả sử bạn biết áp suất hơi ẩm hiện tại (ew) là 10 hPa (hectoPascal) và áp suất hơi ẩm bão hòa (es) ở nhiệt độ hiện tại là 20 hPa. Sử dụng công thức trên:
RH=(10/20)×100%=50%RH=(2010)×100%=50%
Tức là độ ẩm tương đối của không khí là 50%.

1.1.1.2. Biểu đồ trạng thái không khí ẩm (Psychrometric Chart)

Biểu đồ trạng thái không khí ẩm, hay còn gọi là Biểu đồ Psychrometric, là công cụ hữu ích để phân tích các đặc tính của không khí ẩm, bao gồm nhiệt độ, độ ẩm, nhiệt dung riêng và nhiều thông số khác.



Đường Bão Hòa: Đây là đường trên cùng của biểu đồ và biểu diễn trạng thái mà ở đó không khí chứa lượng hơi nước tối đa có thể ở một nhiệt độ nhất định. Điểm trên đường này cho biết không khí đã bão hòa và không thể chứa thêm hơi nước nào nữa mà không xảy ra ngưng tụ.

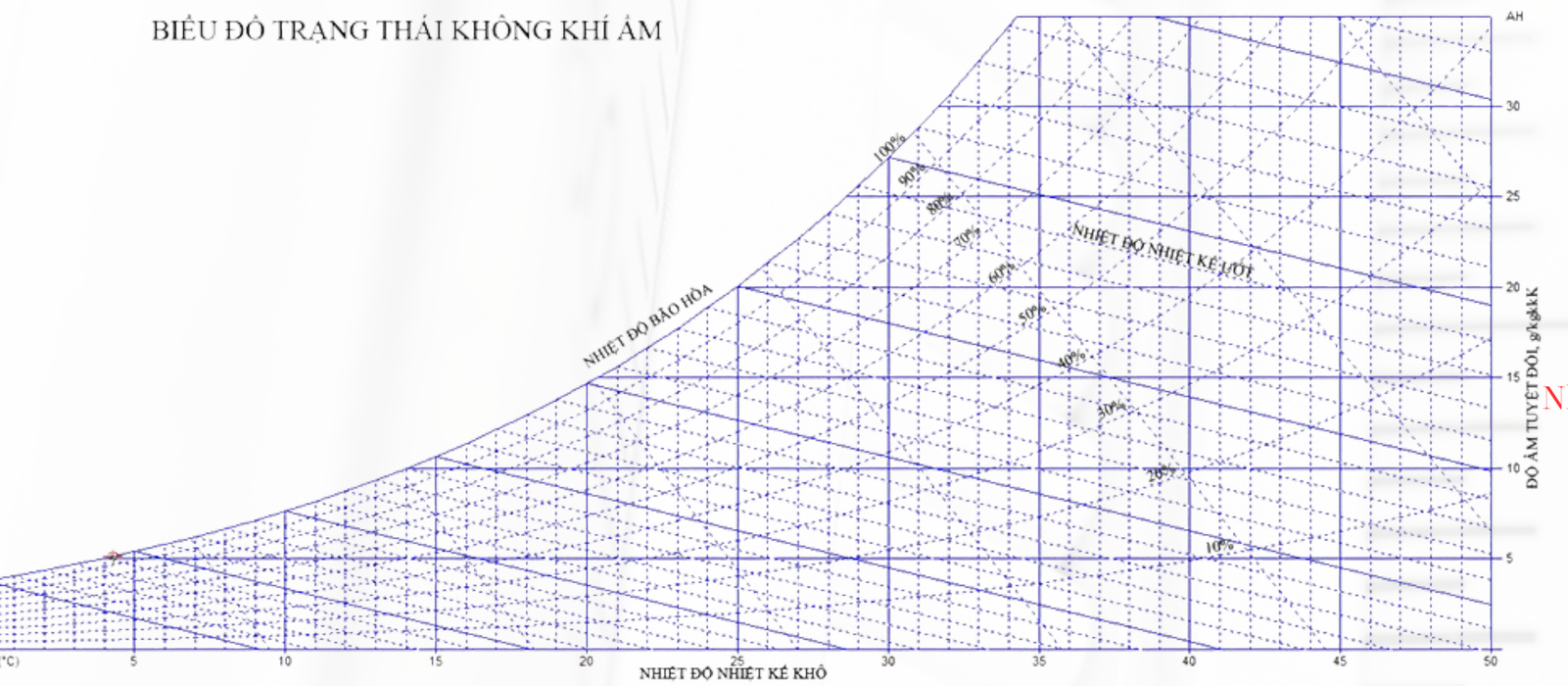
Nhiệt Độ Ướt (tƯ) và Nhiệt Độ Khô (tK): Nhiệt độ khô là nhiệt độ không khí được đo bằng nhiệt kế thông thường, còn nhiệt độ ướt là nhiệt độ đo được từ một nhiệt kế có bầu ướt. Nếu không khí không bão hòa, nhiệt độ ướt sẽ thấp hơn nhiệt độ khô do sự bay hơi từ bầu ướt lấy đi nhiệt.

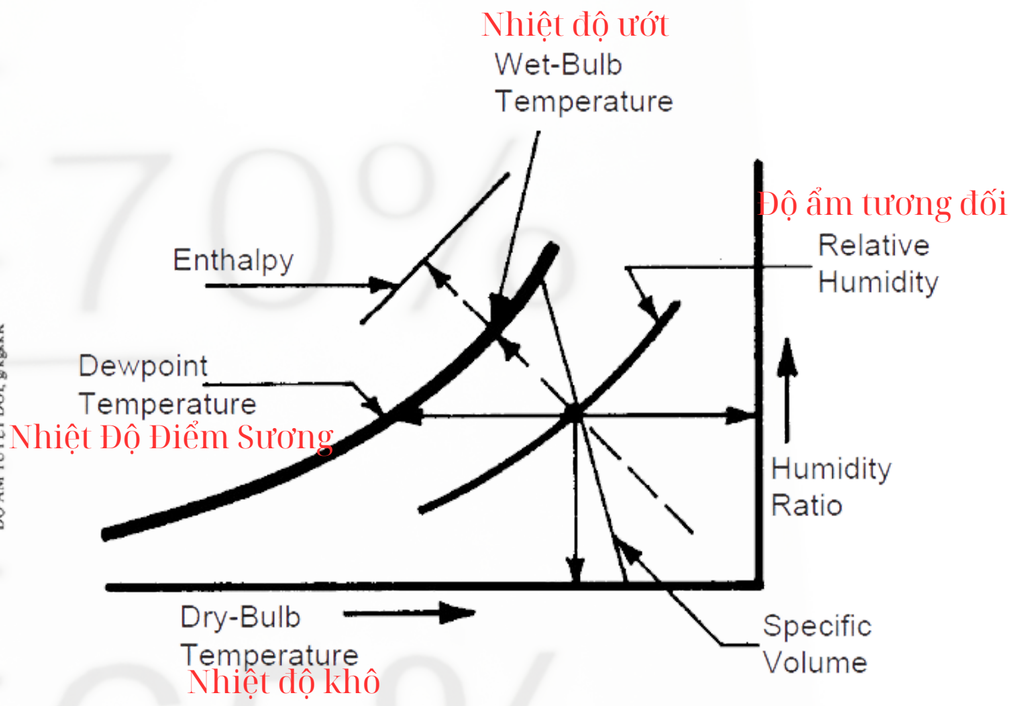
- **Độ Ẩm Tuyệt Đối Bão Hòa (D):** Đây là giá trị dung ẩm lớn nhất mà không khí có thể chứa được tại một nhiệt độ cụ thể, được thể hiện bằng g/kg (gram hơi nước trên mỗi kilogram không khí khô).
- **Đường Độ Ẩm Tương Đối (%)**: Các đường cong trên biểu đồ từ dưới lên cao biểu diễn độ ẩm tương đối của không khí. Độ ẩm tương đối là tỉ lệ phần trăm của lượng hơi nước thực tế so với lượng hơi nước tối đa mà không khí có thể chứa ở một nhiệt độ nhất định.

- Khi nhiệt độ khô (tK) là 29°C và nhiệt độ ướt (tƯ) là 23°C, bạn sẽ đánh dấu điểm này trên biểu đồ. Hai đường này sẽ giao nhau ở một điểm trên biểu đồ.
- Điểm giao này nằm trên đường độ ẩm tương đối 60%, có nghĩa là không khí chứa 60% lượng hơi nước tối đa mà nó có thể chứa ở nhiệt độ đó.
- Trên trục tung bên phải, bạn có thể đọc được giá trị độ ẩm tuyệt đối (AH) tại điểm giao, ở đây là 15g/kg.

Sử dụng biểu đồ này, người ta có thể tính toán và hiểu được sự thay đổi của các đặc tính không khí ẩm khi điều kiện môi trường thay đổi, điều này rất hữu ích trong các ứng dụng HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning), quy hoạch môi trường và các quá trình công nghiệp khác.

1.1.1.2. Biểu đồ trạng thái không khí ẩm (Psychrometric Chart)





Trên biểu đồ này, nếu bạn biết hai trong sáu thông số sau, bạn có thể xác định được các thông số còn lại:

- **tK: Nhiệt độ khô (Dry-bulb temperature)** - Nhiệt độ của không khí.
- **tƯ: Nhiệt độ ướt (Wet-bulb temperature)** - Nhiệt độ khi sự bay hơi hơi nước làm mát không khí đến điểm không thể làm mát thêm.
- **AH: Độ ẩm tuyệt đối (Absolute Humidity)** - Lượng hơi nước trong không khí, thường đo bằng gram trên mét khối.
- **φ (phi) hay RH: Độ ẩm tương đối (Relative Humidity)** - Tỷ lệ phần trăm hơi nước hiện tại so với hơi nước tối đa có thể có ở nhiệt độ đó.
- **H: Entalpy** - Lượng năng lượng trong một đơn vị không khí ẩm, thường đo bằng kJ/kg.
- **v: Thể tích riêng** - Thể tích của không khí ẩm trên mỗi đơn vị khối lượng.

Carrier

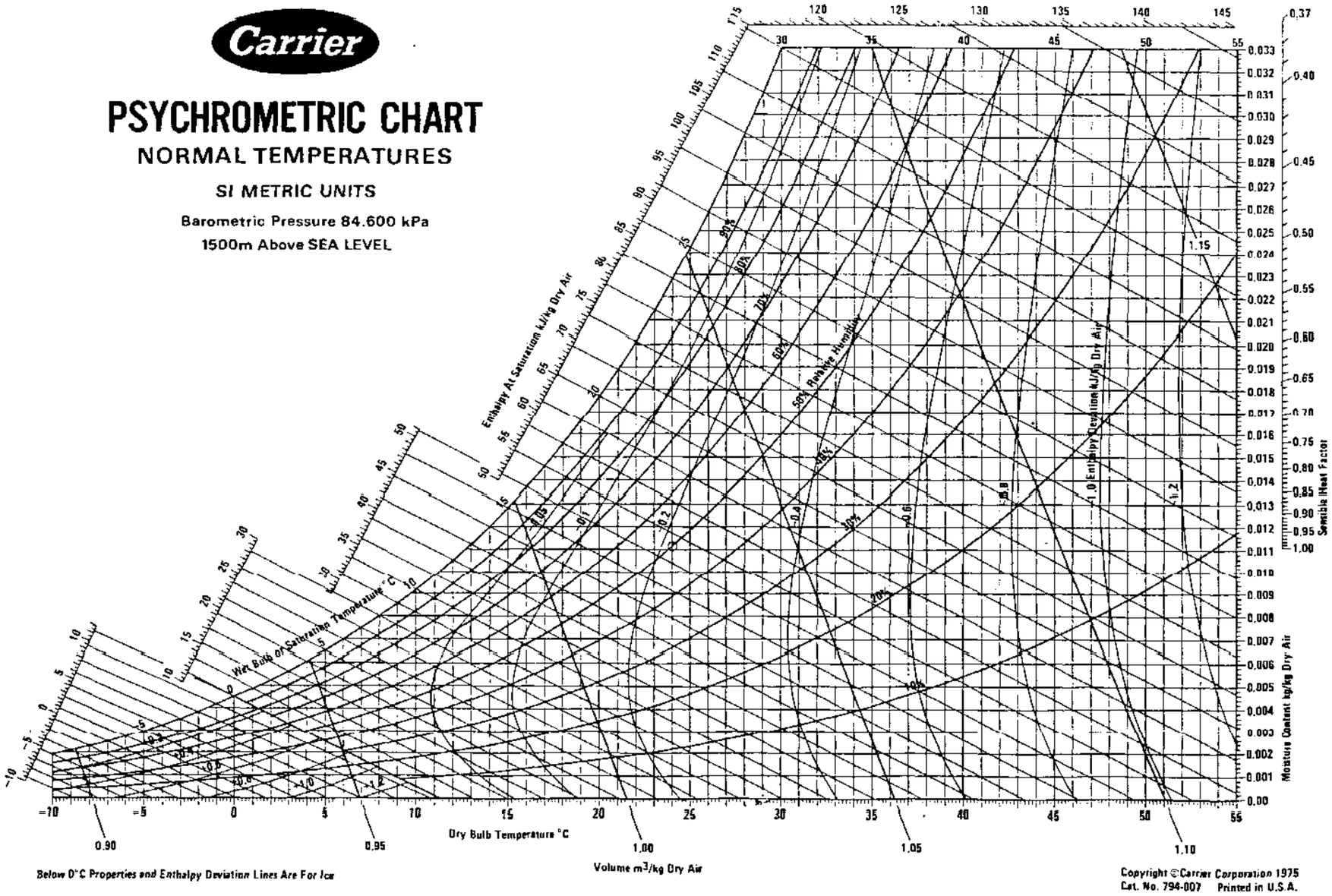
PSYCHROMETRIC CHART

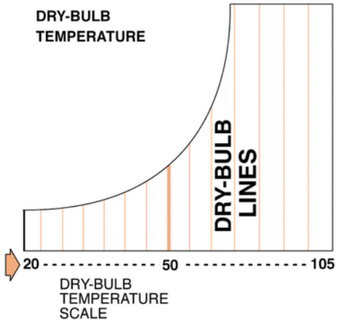
NORMAL TEMPERATURES

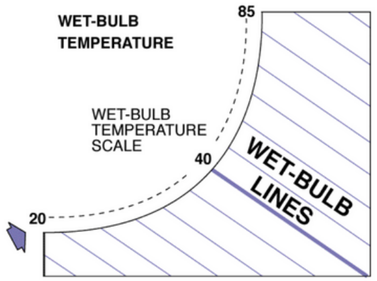
SI METRIC UNITS

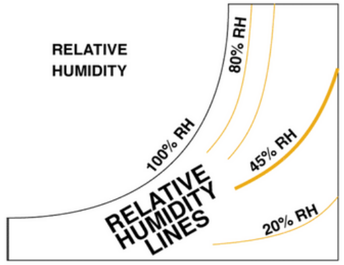
Barometric Pressure 84.600 kPa

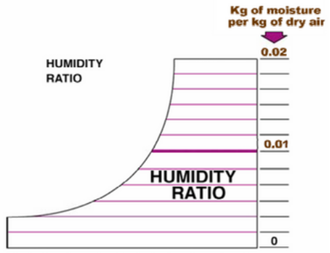
1500m Above SEA LEVEL

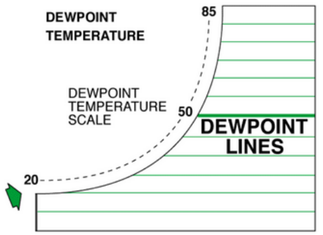


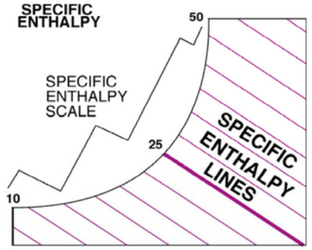


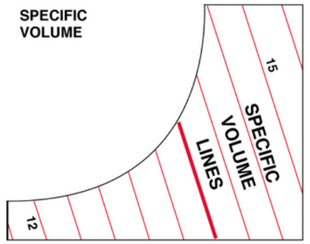




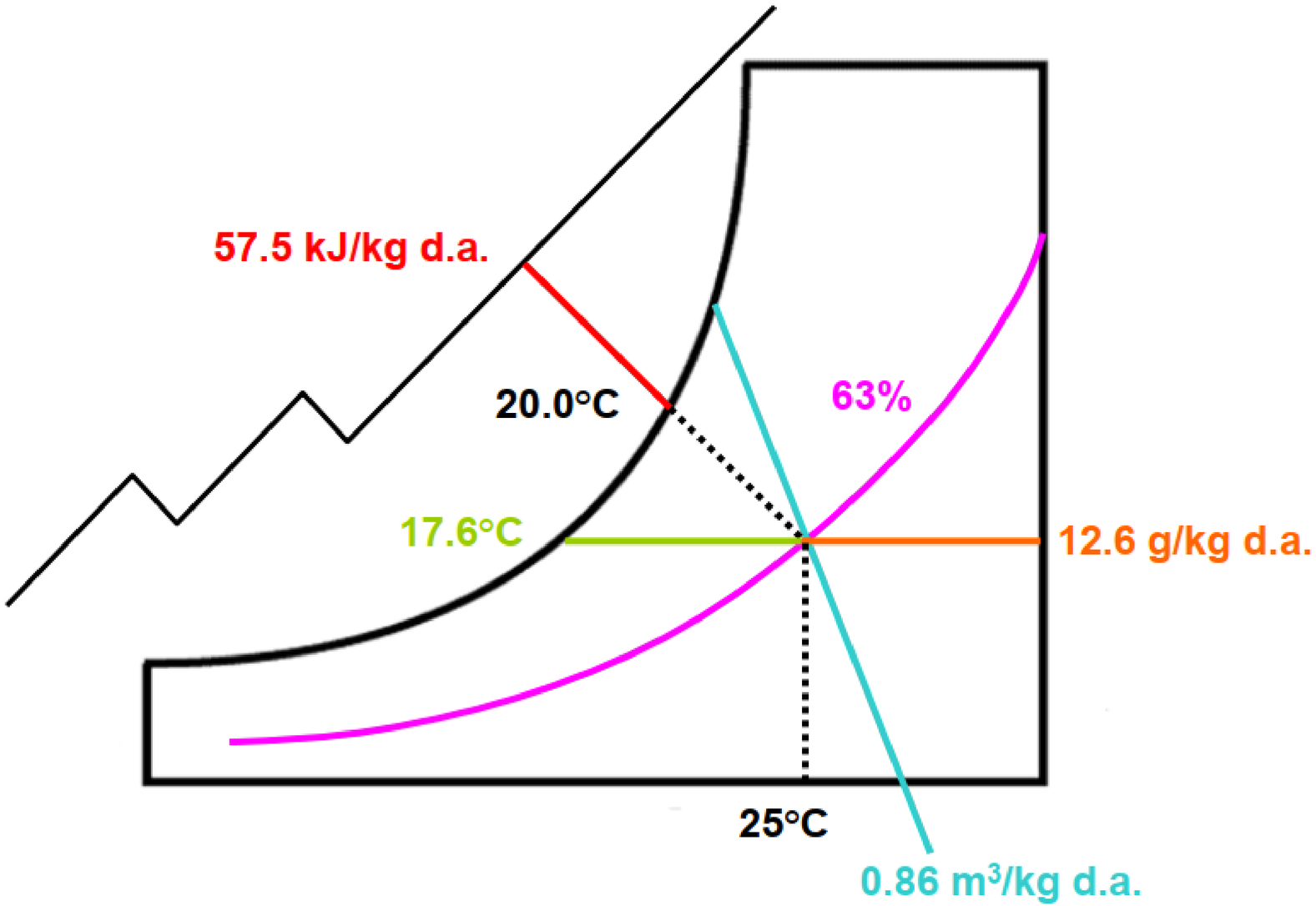




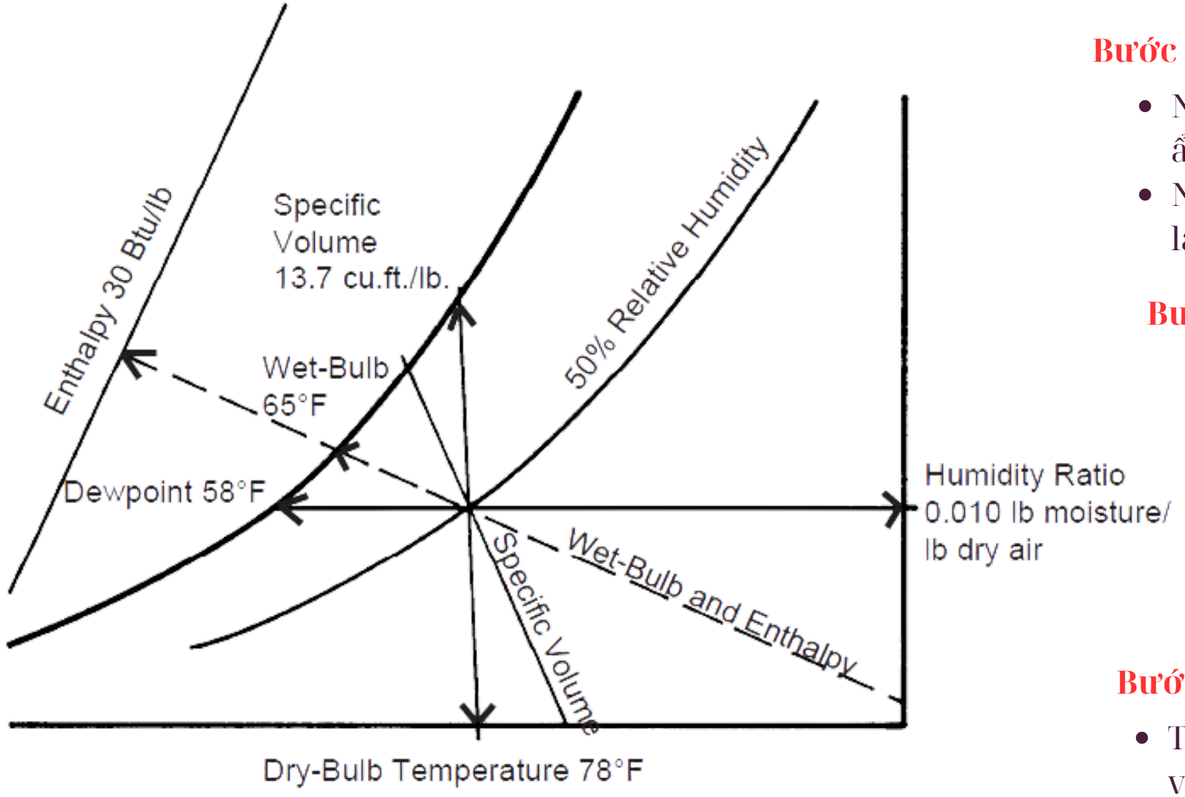




Tìm các giá trị ((a) **RH**, (b) **Tdp**, (c) **HR**, (d) **v**, (e) **h**)trên biểu đồ psychrometric dựa vào nhiệt độ khô (T) là 25°C và nhiệt độ ướt (T_w) là 20°C



Cách sử dụng biểu đồ psychrometric để xác định các tính chất khác nhau của không khí ẩm từ nhiệt độ khô (dry-bulb temperature) và nhiệt độ ướt (wet-bulb temperature)



Bước 1: Xác định Điểm Trạng Thái Không Khí

- Nhiệt độ khô: Là nhiệt độ mà nhiệt kế đo được khi không ảnh hưởng bởi độ ẩm trong không khí, ở đây là 78°F.
- Nhiệt độ ướt: Là nhiệt độ mà nhiệt kế đo được khi bề mặt nhiệt kế được làm ẩm, ở đây là 65°F.

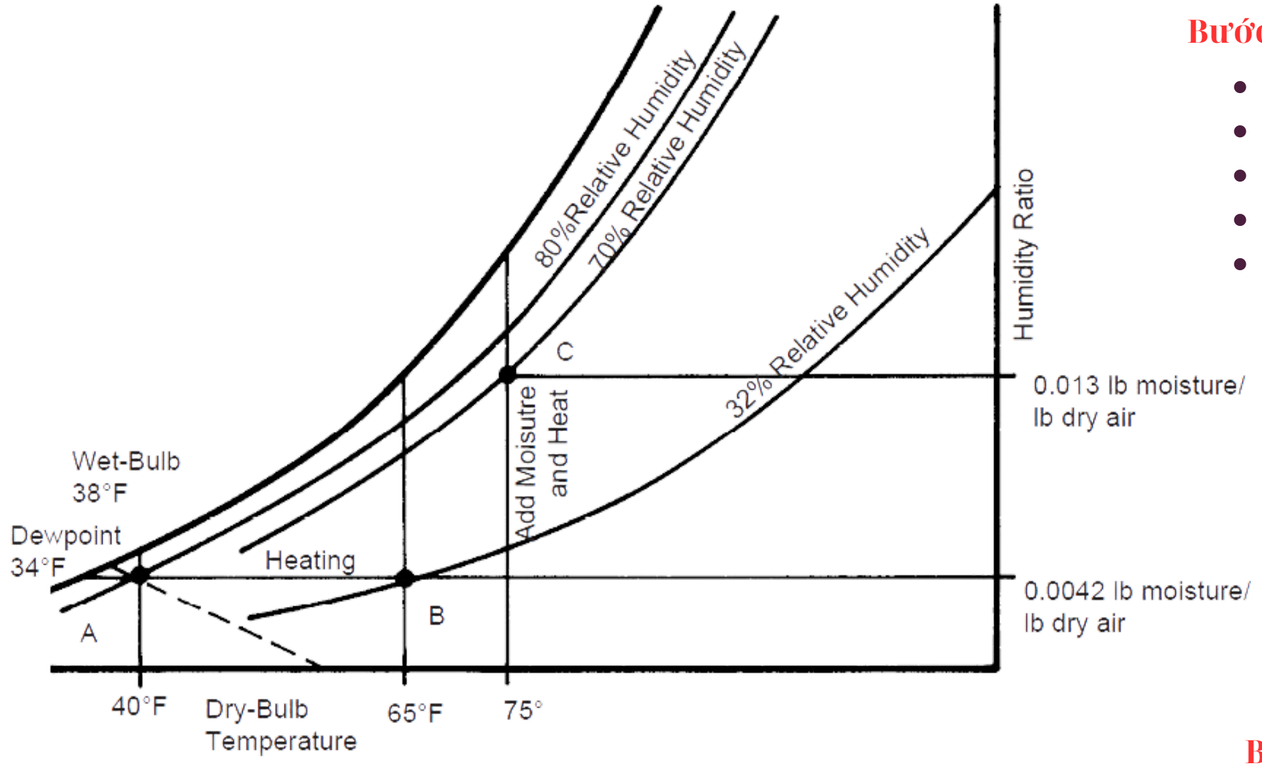
Bước 2: Đọc Độ Ẩm Tương Đối và Nhiệt Độ Điểm Sương

- Độ Ẩm Tương Đối (RH): Đường cong từ trái sang phải qua biểu đồ đại diện cho các mức độ ẩm tương đối. Từ điểm trạng thái của không khí, bạn có thể đọc được độ ẩm tương đối là 50%.
- Nhiệt Độ Điểm Sương (Dewpoint): Đây là nhiệt độ mà tại đó không khí trở nên bão hòa và bắt đầu có sự ngưng tụ nếu nhiệt độ khô giảm xuống. Trong trường hợp này, nhiệt độ điểm sương là 58°F.

Bước 3: Đọc Tỷ Lệ Ẩm

- Tỷ Lệ Ẩm (Humidity Ratio): Được biểu thị trên trục y (trục dọc) của biểu đồ và thể hiện lượng ẩm có trong mỗi pound không khí khô. Trong ví dụ này, tỷ lệ ẩm là khoảng 0.0104 lb moisture/lb dry air.

Sử dụng một biểu đồ psychrometric để phân tích quá trình thông gió trong mùa đông và hiểu cách không khí ngoài trời được sưởi ấm trước khi được đưa vào môi trường nhà kính hoặc khu vực giữ trẻ



Bước 1: Xác định Điểm Trạng Thái của Không Khí Ngoài Trời

- Điểm A: Không khí ngoài trời ở nhiệt độ khô là 40°F và độ ẩm tương đối là 80%.
- Các tính chất khác của không khí ở điểm A bao gồm:
- Nhiệt độ ướt: 38°F
- Nhiệt độ điểm sương: khoảng 34°F
- Tỷ lệ ẩm: 0.0042 lb moisture/lb dry air

Bước 2: Xác định Điểm Trạng Thái Sau Khi Sưởi Ấm

- Điểm B: Không khí được sưởi ấm lên đến nhiệt độ khô 65°F mà không thay đổi hàm lượng nước trong không khí.
- Quá trình sưởi không khí diễn ra theo đường nằm ngang trên biểu đồ, điểm B nằm trên cùng một đường tỷ lệ ẩm với điểm A nhưng ở nhiệt độ khô cao hơn.
- Sự sưởi ấm làm giảm độ ẩm tương đối xuống còn khoảng 32%.
- Nhiệt độ điểm sương và tỷ lệ ẩm vẫn giữ nguyên như ở điểm A.

Bước 3: Phân Tích Điểm Trạng Thái của Không Khí Thải Ra

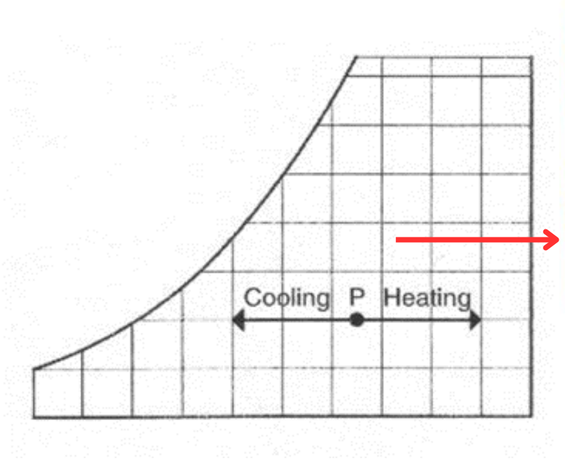
- Điểm C: Điều này mô tả không khí thải ra sau khi đã hấp thụ nhiệt và độ ẩm từ môi trường, với nhiệt độ khô là 75°F và độ ẩm tương đối là 70%.
- Không khí thải ra có tỷ lệ ẩm tăng lên gấp ba lần so với không khí đầu vào, lên đến 0.013 lb moisture/lb dry air.

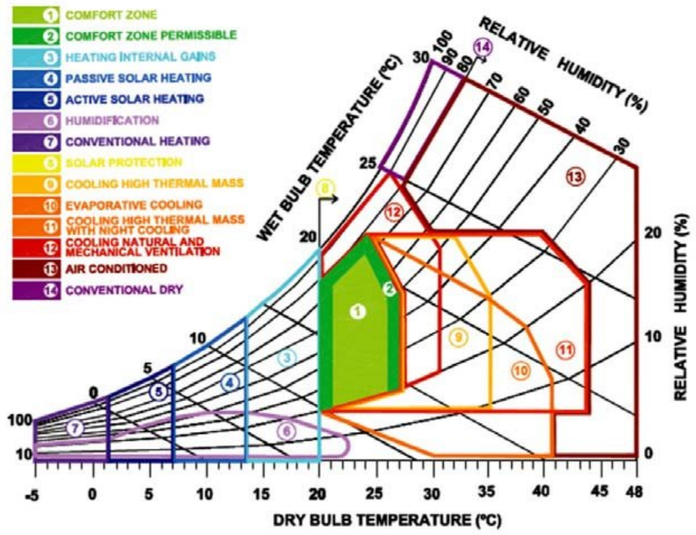
Kết Luận

- Không khí nóng, ẩm thải ra mang theo nhiều hơi ẩm hơn nhiều so với không khí lạnh, ẩm được đưa vào, điều này chứng tỏ hệ thống thông gió mùa đông đang hoạt động hiệu quả trong việc loại bỏ hơi ẩm khỏi môi trường nhà kính hoặc khu chăn nuôi.
- Việc giảm độ ẩm tương đối của không khí sau khi sưởi ấm giúp không khí có khả năng hấp thụ độ ẩm từ môi trường, đây là một phần quan trọng của việc kiểm soát độ ẩm trong môi trường trồng trọt hoặc chăn nuôi.
- Việc theo dõi tỷ lệ ẩm giúp quản lý mức độ ẩm trong không khí một cách chính xác hơn là chỉ dựa vào độ ẩm tương đối, vì tỷ lệ ẩm không thay đổi theo nhiệt độ khô.

1.1.1.3. Các quá trình nhiệt ẩm.

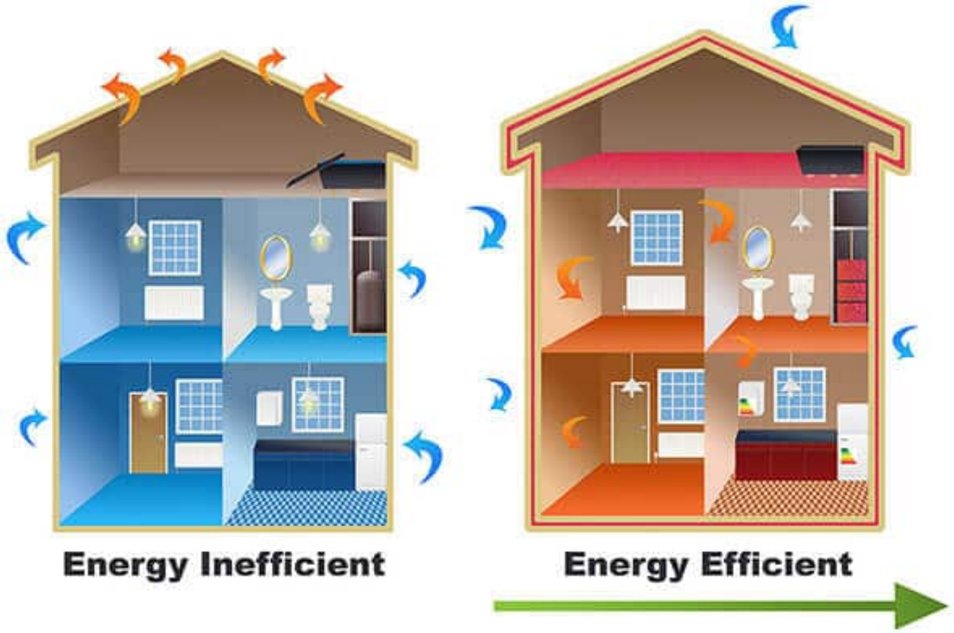
(1) Quá trình sưởi và làm mát (Heating and Cooling)





Quá Trình Làm Nóng (Heating)

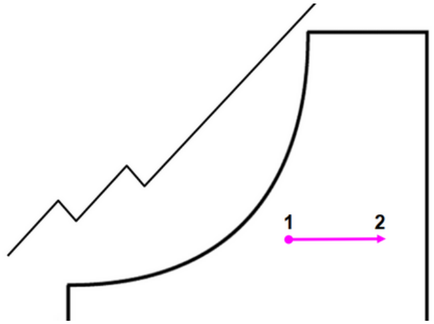
- Khi không khí được làm nóng, nhiệt độ khô (**tK**) của không khí tăng lên.
- Trong biểu đồ, điều này được biểu diễn bằng việc di chuyển điểm trạng thái của không khí sang phải trên cùng một đường tỷ lệ ẩm (đường ngang), vì lượng hơi nước tổng cộng trong không khí không thay đổi.
- Vì không khí nóng có khả năng chứa được nhiều hơi nước hơn, nên khi tăng nhiệt độ mà không thêm hơi nước, độ ẩm tương đối RH (φ) giảm xuống.



Quá Trình Làm Lạnh (Cooling)

- Ngược lại, khi không khí được làm lạnh, nhiệt độ khô của không khí giảm xuống.
- Điều này được biểu diễn bằng việc di chuyển điểm trạng thái sang trái trên cùng một đường tỷ lệ ẩm, vì không khí vẫn giữ nguyên lượng hơi nước.
- Khi không khí lạnh giảm khả năng chứa hơi nước, độ ẩm tương đối tăng lên.

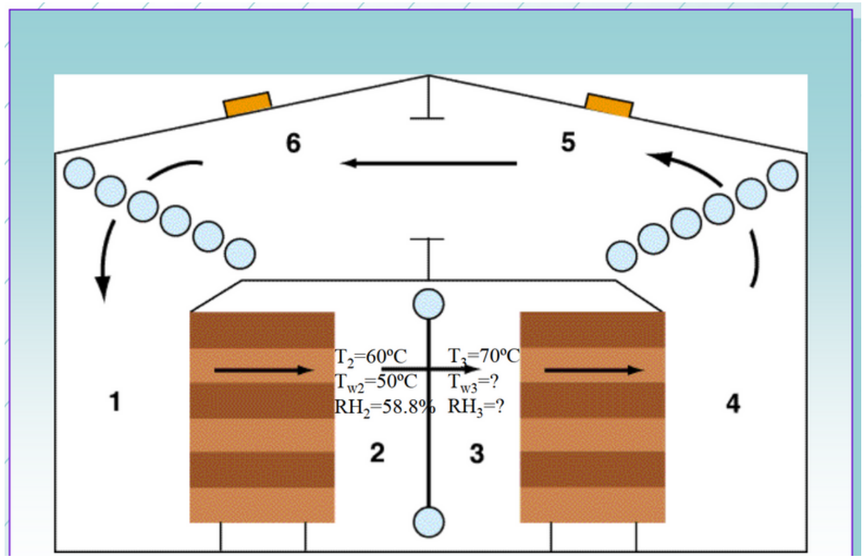
Quá Trình Làm Nóng và Làm Lạnh Cảm (Sensible Heating or Cooling) là quá trình tăng hoặc giảm nhiệt độ của không khí mà không làm thay đổi tỷ lệ ẩm của nó. Điều này có nghĩa là trong quá trình này, không có hơi nước nào được thêm vào hoặc loại bỏ khỏi không khí; chỉ có sự thay đổi nhiệt độ

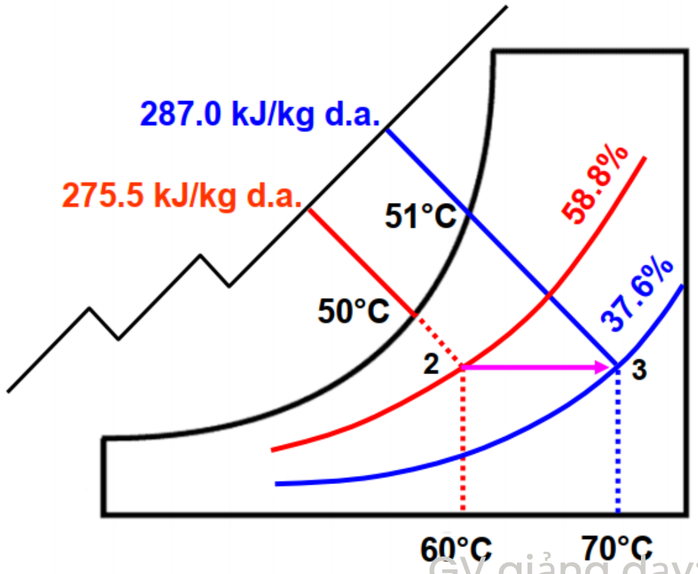


Khi không khí ẩm đi qua một lò sưởi trong phòng: Ở đây, không khí ẩm được làm nóng mà không làm thay đổi lượng hơi nước mà nó chứa. Nhiệt độ của không khí tăng lên, nhưng tỷ lệ ẩm (tỷ lệ giữa khối lượng hơi nước và khối lượng không khí khô) vẫn không đổi.

Khi không khí của lò gạch đi qua các cuộn sưởi: Trong quá trình sản xuất gạch, không khí cần được làm nóng để sấy khô các viên gạch. Khi không khí đi qua các cuộn sưởi, nhiệt độ của nó tăng lên nhưng không khí không mất đi hoặc hấp thụ thêm hơi ẩm.

Mục tiêu là thay đổi nhiệt độ của không khí để đáp ứng nhu cầu cụ thể (như sưởi ấm hoặc sấy khô) mà không ảnh hưởng đến độ ẩm của nó. Đây là một khía cạnh quan trọng trong việc thiết kế các hệ thống HVAC và các quá trình công nghiệp, vì nó ảnh hưởng đến sự thoải mái và hiệu quả của các quá trình đó



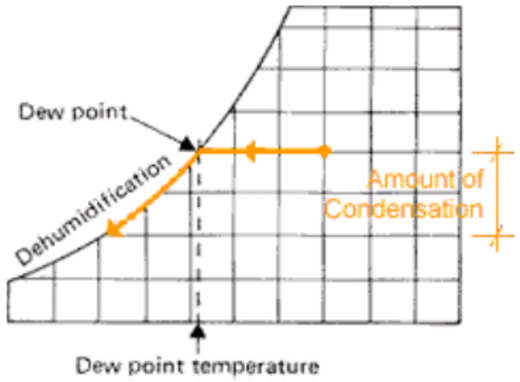


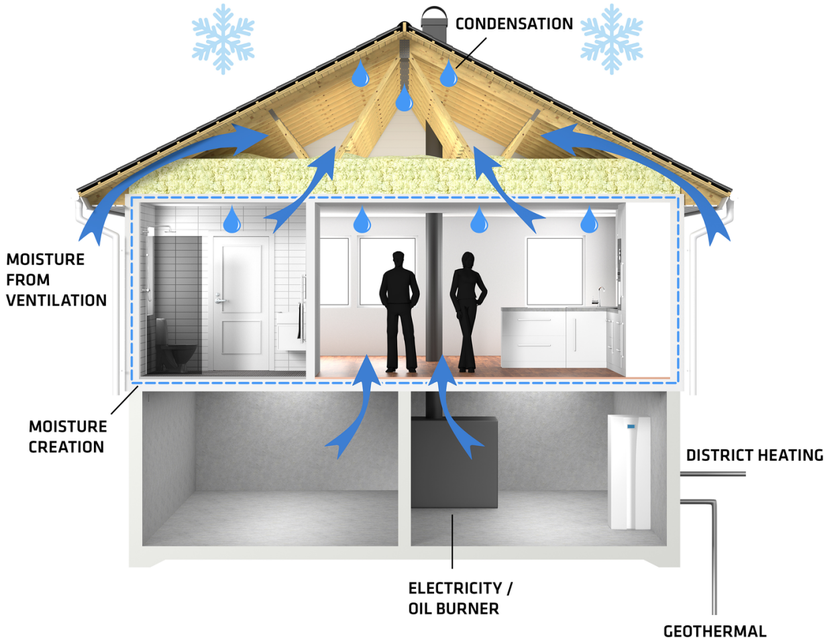
GV giảng dạy: Võ Thanh Huy

1.1.1.3. Các quá trình nhiệt ẩm.

(2) Quá trình làm mát khử ẩm - làm lạnh khô (Dehumdification)

Một quá trình giảm nhiệt độ không khí đến mức độ bão hòa, nơi mà hơi nước bắt đầu ngưng tụ từ không khí





Hiểu Quá Trình Làm Mát Khử Ẩm:

1. **Bắt đầu từ một Điểm Trạng Thái:** Điểm ban đầu trên biểu đồ đại diện cho không khí ở nhiệt độ và độ ẩm tuyệt đối cụ thể.
2. **Di Chuyển Ngang Trên Biểu Đồ:** Khi không khí bắt đầu làm lạnh, điểm trạng thái di chuyển sang trái trên biểu đồ mà không đi lên hoặc xuống. Điều này biểu thị việc giảm nhiệt độ không thay đổi tỷ lệ ẩm.
3. **Đến Đường Bão Hòa:** Khi điểm trạng thái đạt đến đường bão hòa (đường cong phía trên cùng của biểu đồ), không khí đã đạt đến nhiệt độ điểm sương của nó. Tại đây, độ ẩm tương đối (φ) đạt 100%, tức là không khí chứa lượng hơi nước tối đa mà nó có thể chứa ở nhiệt độ đó.
4. **Ngưng Tụ Bắt Đầu:** Nếu không khí tiếp tục được làm lạnh xuống dưới điểm sương của nó, hơi nước bắt đầu ngưng tụ, thường dưới dạng sương mù hoặc giọt nước.

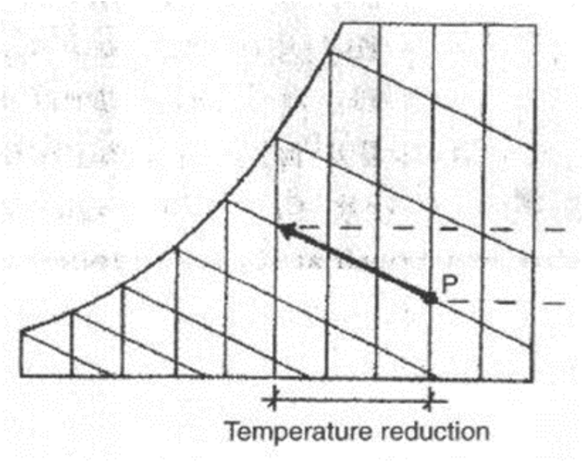
Giả sử bạn có một không gian với không khí ở nhiệt độ 29°C và độ ẩm tuyệt đối là 15.2 g/kg (độ ẩm tương đối khoảng 60%). Điểm sương của không khí này là 20.5°C.

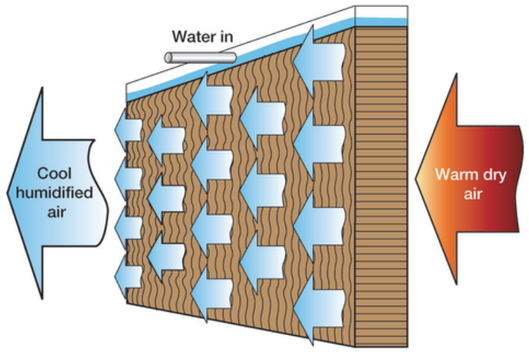
Khi bạn làm lạnh không khí này xuống 15°C (dưới điểm sương), bạn sẽ di chuyển điểm trạng thái xuống dọc theo đường bão hòa.
Không khí bây giờ không thể chứa thêm hơi nước ở nhiệt độ này, và sự chênh lệch giữa độ ẩm tuyệt đối ban đầu và độ ẩm tuyệt đối tại 15°C (10.5 g/kg) cho thấy sự ngưng tụ.
Lượng hơi nước ngưng tụ là sự chênh lệch giữa hai giá trị này: 15.2 g/kg - 10.5 g/kg = 4.7 g/kg.
Đây là lượng nước đã chuyển từ trạng thái hơi sang trạng thái lỏng và được loại bỏ khỏi không khí.

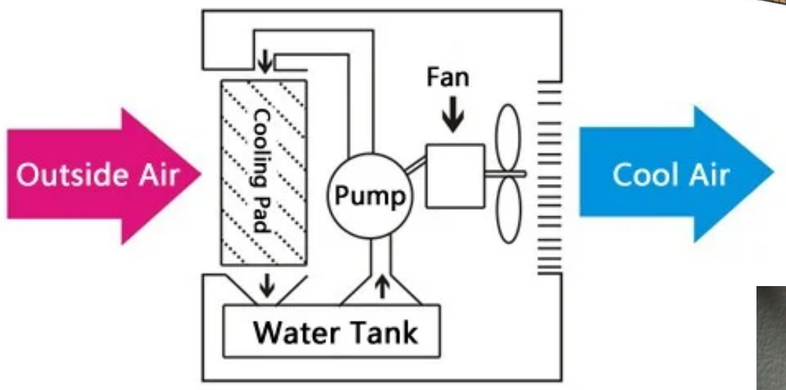
1.1.1.3. Các quá trình nhiệt ẩm.

(3) Quá trình Làm mát bốc hơi: Phun ẩm (Evaporative Cooling: Humidification)

Quá trình làm mát bốc hơi (Evaporative Cooling) hay còn gọi là làm ẩm, là một quá trình trong đó nước được thêm vào không khí dưới dạng hơi nước. Khi nước bay hơi, nó lấy nhiệt từ không khí xung quanh để biến từ trạng thái lỏng sang hơi, làm giảm nhiệt độ không khí mà không cần thêm hoặc loại bỏ nhiệt lượng từ bên ngoài (quá trình đoạn nhiệt)







Working Principle Diagram of Evaporative Air Coolers

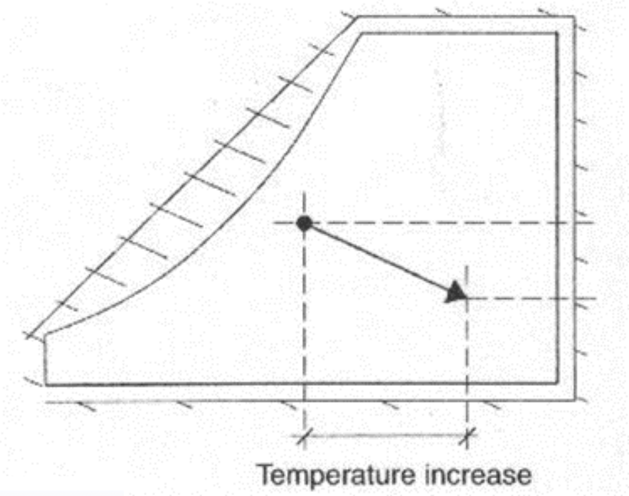
Trên biểu đồ psychrometric, quá trình này được biểu diễn như sau:

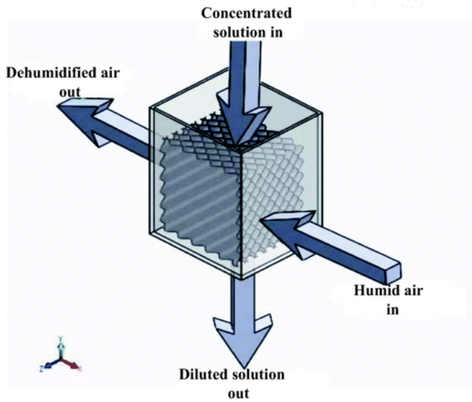
1. **Khởi Đầu ở Điểm P:** Điểm ban đầu trên biểu đồ đại diện cho trạng thái hiện tại của không khí, với nhiệt độ khô (tK) và độ ẩm tương đối (φ) cụ thể.
2. **Di Chuyển Dọc Theo Đường Nhiệt Độ Ướt (WB - Wet-Bulb Temperature):** Khi nước được phun vào không khí và bắt đầu bay hơi, điểm trạng thái di chuyển dọc theo đường nhiệt độ ướt (đường chéo dẫn đến đường cong bão hòa trên cùng của biểu đồ) hướng về phía trái. Sự di chuyển này cho thấy giảm nhiệt độ khô do nhiệt lượng được hấp thụ bởi quá trình bay hơi của nước.
3. **Tăng Độ Ẩm:** Đồng thời, độ ẩm tương đối (φ) và tỷ lệ ẩm (W - Humidity Ratio) của không khí tăng lên vì lượng hơi nước trong không khí tăng.
4. **Giảm Nhiệt Độ Không Khí:** Kết quả là nhiệt độ khô của không khí giảm, thể hiện bằng "Temperature reduction" trên biểu đồ, đồng thời không khí trở nên ẩm hơn, thể hiện bằng sự di chuyển về phía đường bão hòa (đường cong 100% RH).

1.1.1.3. Các quá trình nhiệt ẩm.

(4) Quá trình khử ẩm đoạn nhiệt (Adiabatic Dehumidification)

Quá trình khử ẩm đoạn nhiệt (Adiabatic Dehumidification) là một quá trình trong đó không khí được làm khô mà không cần thêm nhiệt từ bên ngoài.





Quá trình này xảy ra như sau:

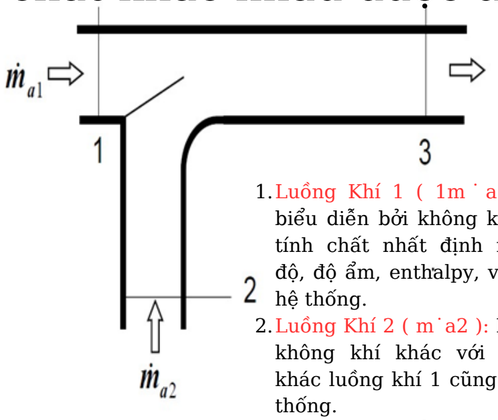
1. **Hấp Thụ Hơi Nước:** Khi không khí ẩm đi qua một chất hấp thụ như silicagel hoặc phun glycol, hơi nước trong không khí được chất này hấp thụ hoặc bám dính. Điều này làm giảm lượng hơi nước trong không khí (giảm độ ẩm tuyệt đối và độ ẩm tương đối).
2. **Tái Phát Nhiệt:** Quá trình hấp thụ năng lượng từ không khí để biến hơi nước thành dạng lỏng hoặc hấp thụ vào chất hấp thụ tỏa ra nhiệt. Nhiệt này được truyền trở lại vào không khí, làm tăng nhiệt độ khô (tK) của không khí.
3. **Kết Quả**: Kết quả là không khí trở nên khô hơn (giảm độ ẩm) và ấm hơn (tăng nhiệt độ khô), nhưng không cần phải sử dụng nhiệt độ từ một nguồn nhiệt ngoại lai. Đây là lý do tại sao quá trình này được gọi là "đoạn nhiệt", bởi vì nó không liên quan đến sự trao đổi nhiệt từ bên ngoài.

Trên biểu đồ psychrometric, điều này được thể hiện bằng một đường di chuyển từ trái sang phải (tăng nhiệt độ khô) và từ trên xuống dưới (giảm độ ẩm). Điểm trạng thái của không khí di chuyển theo hướng này trên biểu đồ, phản ánh sự tăng nhiệt độ và giảm độ ẩm sau khi không khí đã qua chất khử ẩm.

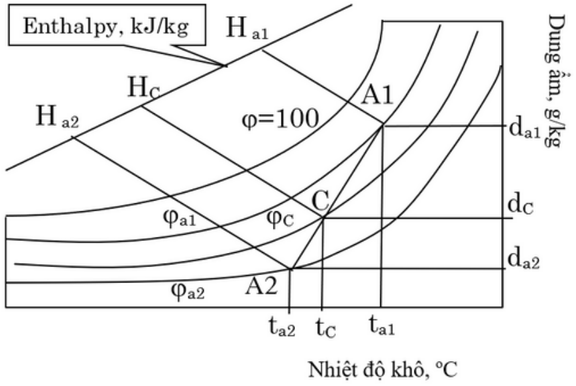
1.1.1.3. Các quá trình nhiệt ẩm.

(5) Quá trình trộn khí (Mixing process)

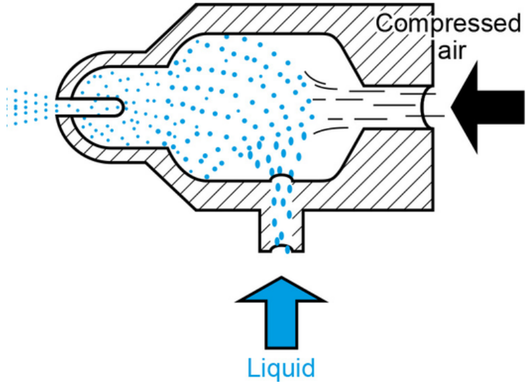
Đây là một cách để xác định các tính chất của không khí sau khi hai hoặc nhiều luồng không khí với các tính chất khác nhau được trộn lẫn với nhau.



1. Luồng Khí 1 (1m ˙ a1): Được biểu diễn bởi không khí với các tính chất nhất định như nhiệt độ, độ ẩm, enthalpy, v.v., đi vào hệ thống.
2. Luồng Khí 2 (m ˙ a2): Một luồng không khí khác với tính chất khác luồng khí 1 cũng đi vào hệ thống.
3. Điểm 3: Là điểm không khí sau khi được trộn, có các tính chất mới do sự kết hợp của hai luồng khí trước đó.



b. Phân tích quá trình trên biểu đồ t-d



Phân Tích Quá Trình trên Biểu Đồ t-d (Biểu Đồ Nhiệt Ẩm):

1. **Điểm A1 và A2:** Đây là điểm đại diện cho trạng thái của luồng khí 1 và 2 trên biểu đồ. Các tính chất như nhiệt độ khô (t), enthalpy (H), tỷ lệ ẩm (d) được xác định tại mỗi điểm này.
2. **Đường Trộn (Mixing Line):** Điểm trạng thái của không khí sau khi trộn nằm ở trên đường thẳng nối điểm A1 và A2. Vị trí cụ thể của điểm này trên đường thẳng phụ thuộc vào tỷ lệ lượng khí của hai luồng khí đầu vào.
3. **Điểm C:** Điểm trạng thái của không khí sau khi trộn được xác định bởi giao điểm của đường trộn và tỷ lệ khí trộn. Tại điểm này, bạn có thể đọc được nhiệt độ khô, enthalpy, tỷ lệ ẩm và độ ẩm tương đối của không khí trộn.
4. **Tính Chất Cuối Cùng của Khí Trộn:** Bằng cách phân tích biểu đồ, ta có thể xác định được độ ẩm tương đối (φ), nhiệt độ điểm sương (DP), tỷ lệ ẩm (W), và enthalpy (H) của không khí sau khi trộn.

Quá trình này cho phép các kỹ sư xác định chính xác cách thức thay đổi nhiệt độ và độ ẩm của không khí trong các hệ thống HVAC, từ đó có thể thiết kế các hệ thống đáp ứng nhu cầu cụ thể của các tòa nhà hoặc các quy trình công nghiệp khác nhau.

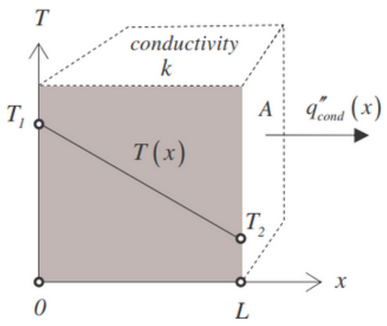
1.1.2. Các phương thức truyền nhiệt ổn định

Nhiệt luôn truyền từ nơi có nhiệt độ cao tới nơi có nhiệt độ thấp. Có 3 phương thức truyền nhiệt: Dẫn nhiệt (conduction), Đối lưu (convection) và bức xạ (radiation).

1.1.2.1.Truyền nhiệt bằng dẫn nhiệt

Dẫn Nhiệt (Conduction): Là sự truyền nhiệt qua chất rắn mà không có chuyển động thực tế của các phân tử. Quá trình này diễn ra do sự chuyển giao năng lượng từ các phân tử hoặc điện tử nóng hơn sang lạnh hơn.

Kim loại là chất dẫn nhiệt tốt vì chúng có các electron tự do dễ dàng truyền động năng. Trong khi đó, khí và chất lỏng dẫn nhiệt kém hơn và vật liệu có cấu trúc rỗng hoặc chứa không khí là chất cách nhiệt tốt.



Heat Equation:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0$$

boundary conditions:

$$T(0) = T_1$$
$$T(L) = T_2$$

Solution of BVP:

$$T(x) = (T_2 - T_1)\frac{x}{L} + T_1$$

temperature gradient

$$\frac{\partial}{\partial x}T(x) = \frac{T_2 - T_1}{L}$$

rate of heat transfer

$$q = \frac{kA}{L}(T_1 - T_2) = \frac{T_1 - T_2}{R_{cond}}$$

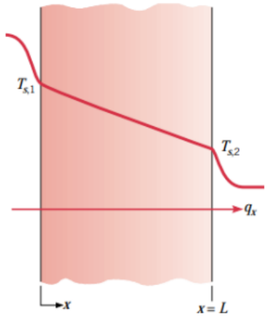
W/m2, hoặc KCal/m2.h

$$q_x = -kA\frac{dT}{dx} = -\frac{kA}{\Delta x}(T_{s,2} - T_{s,1})$$

$$q_x = \frac{kA}{L}(T_{s1} - T_{s2}) = \frac{T_{s1} - T_{s2}}{R_{t,cond.}}$$

Thermal resistance for conduction is

$$R_{t,cond.} = \frac{\Delta x}{kA} = \frac{L}{kA}$$



Định Luật Fourier: Trong quá trình dẫn nhiệt, dòng nhiệt qua một vách phẳng được tính theo công thức tương tự như định luật Ôm trong dòng điện, **nơi cường độ dòng nhiệt (q)** được xác định bởi độ chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt của vách và nhiệt trở (R) của vách.

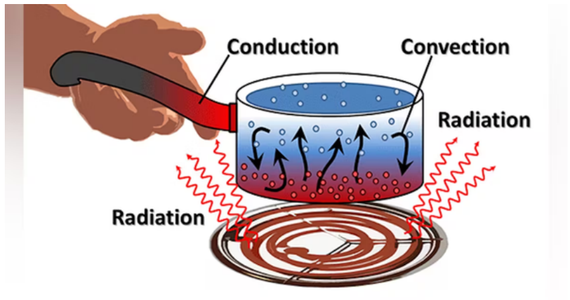
$$q = \frac{t_1 - t_2}{R}$$

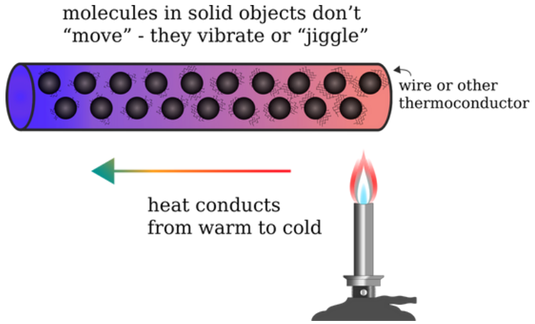
trong đó:

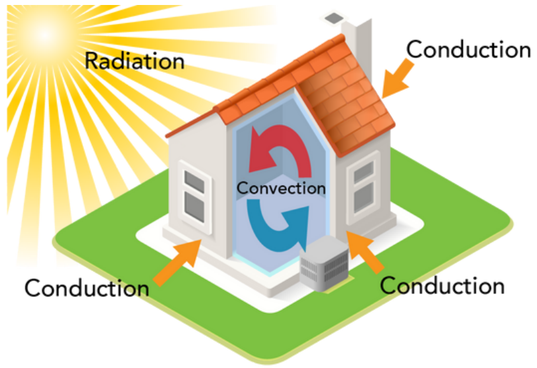
- q là cường độ dòng nhiệt (heat flux) hay còn gọi là tốc độ truyền nhiệt, được đo bằng Watt trên mỗi mét vuông (W/m²).
- t1 và t2 là nhiệt độ bề mặt hai phía của vách phẳng.
- R là nhiệt trở của vách, là một đại lượng đo khả năng cản trở sự truyền nhiệt của vật liệu.

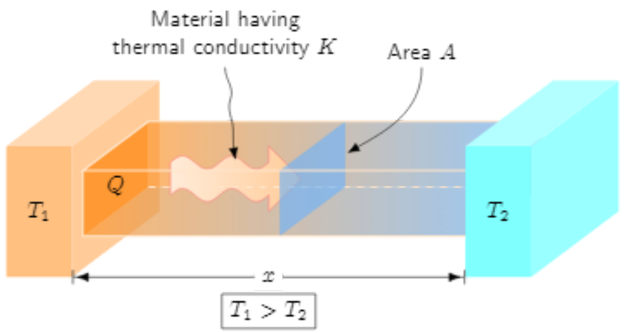
GV giảng dạy: Võ Thanh Hay

1.1.2.1.Truyền nhiệt bằng dẫn nhiệt









Nhiệt trở (R) được xác định bằng công thức:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}$$

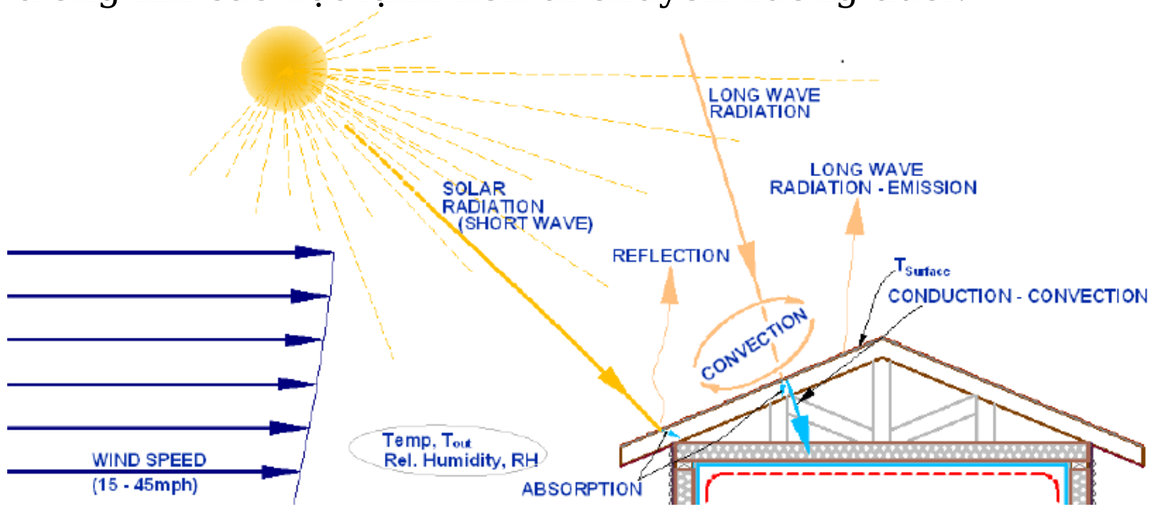
- **δ** (thường được ký hiệu là d) là chiều dày của vách (hoặc lớp vật liệu), đo bằng mét (m).
- **λ** (thường được ký hiệu là k hoặc λ) là hệ số dẫn nhiệt của vật liệu, thể hiện khả năng dẫn nhiệt của vật liệu, đo bằng Watt trên mét trên độ Celsius (W/m°C).

Hệ số dẫn nhiệt λ có thể thay đổi dựa trên:

- **Tỉ trọng vật liệu: Vật liệu có tỉ trọng lớn thường có khả năng dẫn nhiệt tốt hơn, tức là λ lớn hơn.**
- **Độ ẩm vật liệu: Khi độ ẩm trong vật liệu tăng lên, khả năng dẫn nhiệt cũng tăng lên, tức là λ tăng.**
- **Cấu trúc vật liệu: Vật liệu với cấu trúc dọc thớ hoặc tinh thể thường dẫn nhiệt tốt hơn so với vật liệu có cấu trúc ngang thớ hoặc vô định hình. Ví dụ, bê tông cốt thép có λ=1,55 W/m°C; gạch máy có λ=0,93 W/m°C; gạch thủ công có λ=0,7 W/m°C**

1.1.2.2. Truyền nhiệt bằng đối lưu.

Đối lưu là sự truyền nhiệt xảy ra khi các hạt trong một chất lỏng hoặc khí di chuyển từ nơi này đến nơi khác, mang theo năng lượng nhiệt. Sự dịch chuyển này có thể là do khác biệt nhiệt độ trong chất lỏng hoặc khí, khiến các hạt nóng lên và di chuyển lên trên, trong khi các hạt lạnh hơn di chuyển xuống dưới.



Hai Loại Đối Lưu:

- **Đối lưu tự nhiên: Xảy ra khi sự chênh lệch nhiệt độ trong một chất lỏng hoặc khí tạo ra dòng chảy tự nhiên. Ví dụ, khi bạn đun nước, nước nóng sẽ di chuyển lên trên và nước lạnh hơn sẽ di chuyển xuống dưới.**
- **Đối lưu cưỡng bức: Xảy ra khi có một lực bên ngoài can thiệp, như quạt hoặc bơm, để tạo ra dòng chảy trong chất lỏng hoặc khí. Ví dụ, hệ thống làm mát của máy ô tô sử dụng quạt để đẩy không khí qua bộ tản nhiệt và làm mát động cơ.**

Cường độ dòng nhiệt q: Được tính theo công thức trong đó:

$$q = \alpha_đ(\tau - t_t) = \frac{(\tau - t_t)}{\frac{1}{\alpha_đ}} = \frac{(\tau - t_t)}{R_đ}$$

- αđ: Hệ số trao đổi nhiệt đối lưu, đơn vị W/m².ºC.
- t: Nhiệt độ bề mặt nóng hơn.
- tt: Nhiệt độ bề mặt lạnh hơn.

Nhiệt trở Rđ của lớp không khí đối lưu được tính là **R=1/αđ**, đơn vị m².ºC/W, và cho biết khả năng cản trở sự truyền nhiệt của lớp không khí đó.

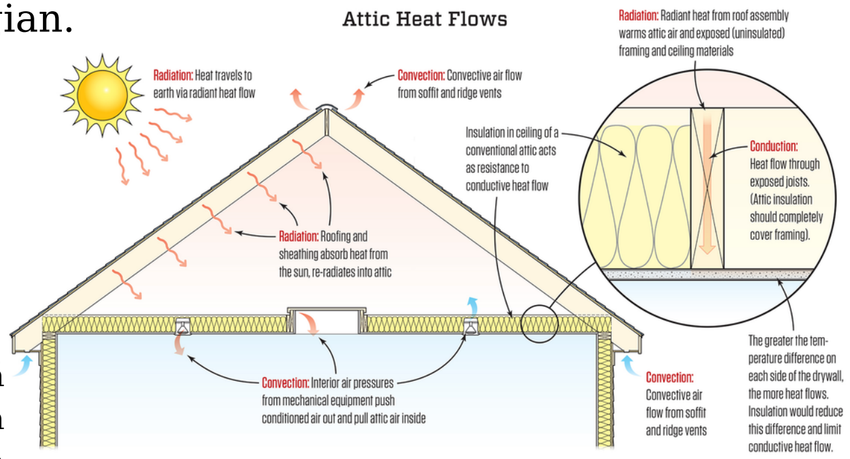
- Khi phòng đóng kín cửa: $\alpha_t = 7.56 - 8,72$ W/m^2.^{o}C
- Khi phòng mở cửa thông thoáng: $\alpha_t = 5 + 4,42\ v_t^{0,8}$ (v: vận tốc gió trong phòng m/s)
- Mặt ngoài tường: $\alpha_n = 5,81 + 11,63\sqrt{v_n}$, W/m^2.^{o}C
- Mặt ngoài mái: $\alpha_n = 8,73 + 2,56\sqrt{v_n}$, W/m^2.^{o}C
- Trong tầng hầm mái: $\alpha_n = 11,63$ W/m^2.^{o}C

Yếu Tố Ảnh Hưởng Đến Đối Lưu:

- Tốc độ dịch chuyển của khí thể: Tốc độ gió hoặc chuyển động của chất lỏng ảnh hưởng đến α.
- Hiệu nhiệt độ giữa bề mặt và không khí: Độ chênh lệch nhiệt độ càng lớn thì tốc độ truyền nhiệt càng cao.
- Vị trí bề mặt: α khác nhau tùy thuộc vào việc bề mặt đó là mặt sàn, mặt tường, hay dưới trần.
- Trạng thái bề mặt: Bề mặt nhẵn có α cao hơn so với bề mặt xù xì.

1.1.2.3. Truyền nhiệt bằng bức xạ.

Bức xạ nhiệt là một quá trình truyền năng lượng nhiệt từ một vật thể đến vật thể khác thông qua sóng điện từ mà không cần tiếp xúc trực tiếp hay chất trung gian.



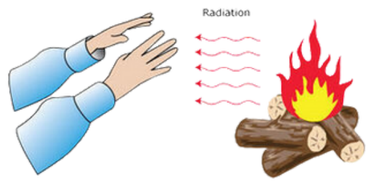
Định luật Stefan-Boltzmann mô tả mối quan hệ giữa năng lượng bức xạ phát ra từ một vật thể và nhiệt độ của nó

$$P = e\sigma A(T_r^4 - T_c^4)$$

P là công suất bức xạ ròng, tức là tổng năng lượng bức xạ phát ra trừ đi năng lượng bức xạ nhận được từ môi trường, đơn vị là watt (W).
e là độ phát xạ của vật thể, một số không chiều từ 0 đến 1, phản ánh khả năng của bề mặt phát ra bức xạ nhiệt so với một bề mặt lý tưởng gọi là "vật đen" (một vật đen có độ phát xạ e = 1).
σ là hằng số Stefan-Boltzmann, có giá trị khoảng $5.67\times10-8$ W/m²·K⁴.
A là diện tích bề mặt phát xạ, đơn vị là mét vuông (m²).
Tr là nhiệt độ tuyệt đối của bề mặt phát xạ, đơn vị là Kelvin (K).
Tc là nhiệt độ tuyệt đối của môi trường xung quanh, cũng tính bằng Kelvin (K).

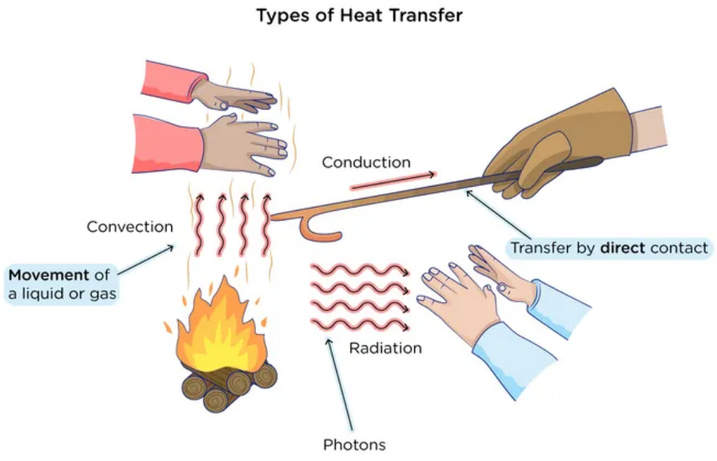
Phương trình này cho biết công suất bức xạ ròng phụ thuộc vào độ phát xạ của vật thể, diện tích bề mặt phát xạ và hiệu của nhiệt độ tuyệt đối của bề mặt phát xạ và môi trường xung quanh, mỗi nhiệt độ đều được nâng lên lũy thừa bốn.

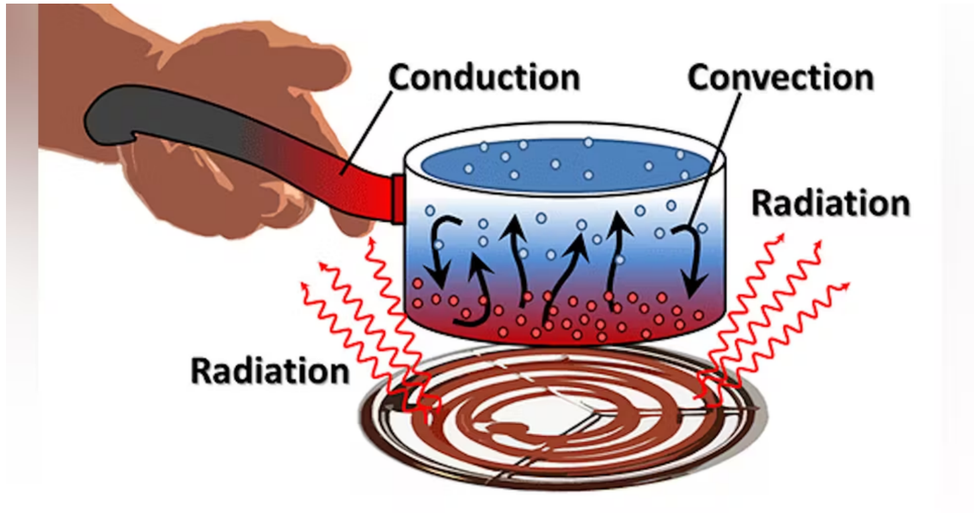
Bức xạ nhiệt là một quá trình tự nhiên mà thông qua đó, mọi vật thể tại nhiệt độ trên độ không tuyệt đối đều bức xạ năng lượng vào không gian. Bức xạ nhiệt không cần chất trung gian để truyền đi, và nó có thể xảy ra qua không gian, chất lỏng và chất khí. Quá trình bức xạ có thể được tối ưu hóa hoặc giảm thiểu thông qua thiết kế, chất liệu và màu sắc của bề mặt vật liệu.



Cơ Chế Truyền Nhiệt Bức Xạ:

1. Bức Xạ Từ Mặt Trời: Mặt trời truyền nhiệt đến Trái Đất qua không gian hầu như chân không, nơi không thể xảy ra đối lưu hoặc dẫn nhiệt. Sóng điện từ mặt trời, bao gồm tia cực tím, ánh sáng nhìn thấy và hồng ngoại, chứa năng lượng nhiệt truyền đến Trái Đất.
2. Phụ Thuộc vào Tính Chất Bề Mặt và Nhiệt Độ:
   - Tính Chất Bề Mặt: Bề mặt càng thô và có diện tích lớn càng hấp thụ bức xạ tốt hơn.
   - Màu Sắc Bề Mặt: Bề mặt màu đen hấp thụ nhiệt mạnh vì nó hấp thụ đa phần ánh sáng và nhiệt.
   - Phát Xạ: Vật liệu hấp thụ bức xạ tốt cũng thường phát xạ nhiệt mạnh.
3. Ứng Dụng Thực Tế:
   - Colector Mặt Trời: Sử dụng bề mặt đen để hấp thụ nhiệt mặt trời hiệu quả.
   - Cách Nhiệt: Bề mặt bóng, như lá nhôm, được sử dụng để phản xạ bức xạ và cách nhiệt.
4. Tăng Nhiệt Độ - Tăng Bức Xạ: Càng tăng nhiệt độ của vật thể, bức xạ nhiệt càng mạnh. Khi nhiệt độ vật thể cao hơn nhiệt độ môi trường xung quanh, vật thể sẽ bức xạ nhiều năng lượng hơn nó hấp thụ.
5. Hiệu Ứng Nhà Kính: Sự tăng nồng độ khí nhà kính trong khí quyển hấp thụ bức xạ sóng dài phản xạ từ mặt đất, sau đó phát xạ trở lại mặt đất, làm giảm khả năng bức xạ nhiệt của Trái Đất vào vũ trụ, góp phần làm tăng nhiệt độ toàn cầu.

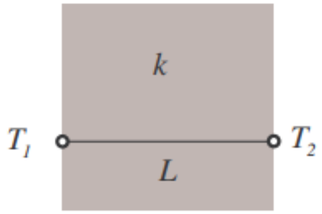
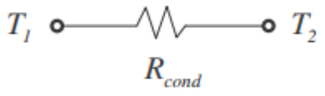
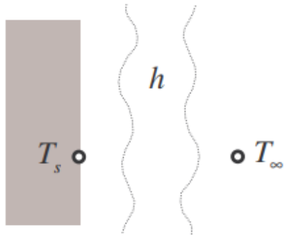
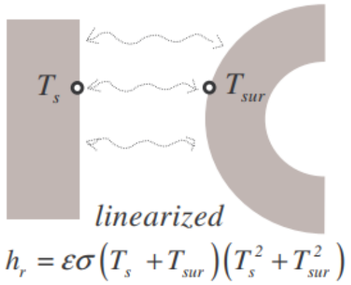




Tiêu chí so sánh	Dẫn nhiệt Conduction	Đối lưu Convection	Bức xạ Radiation
Định nghĩa	Truyền nhiệt xảy ra khi có tiếp xúc vật lý giữa các vật thể.	Truyền nhiệt trong chất lỏng hoặc khí do chuyển động của chất lỏng hoặc khí.	Truyền nhiệt xảy ra giữa các vật thể mà không cần tiếp xúc trực tiếp.
Cơ chế truyền thiệt	Vật thể có nhiệt độ cao sẽ truyền nhiệt đến vật thể có nhiệt độ thấp hơn.	Nhiệt được truyền từ khu vực có mật độ thấp đến khu vực có mật độ cao hơn.	Các nguyên tử và phân tử truyền năng lượng qua chuyển động quay và rung động của chúng.
Tốc độ truyền nhiệt	Chậm so với đối lưu và bức xạ.	Nhanh hơn dẫn nhiệt nhưng chậm hơn bức xạ.	Nhanh nhất so với dẫn nhiệt và đối lưu.
Ảnh hưởng của nhiệt độ	Tiếp tục cho đến khi nhiệt độ giữa hai vật thể bằng nhau.	Truyền nhiệt tiếp tục miễn là còn chênh lệch nhiệt độ.	Truyền nhiệt tiếp tục miễn là còn năng lượng để phát ra.
Qua môi trường	Qua vật rắn.	Qua chất lỏng hoặc khí.	Qua sóng điện từ.
Nguyên nhân	Do sự chênh lệch nhiệt độ.	Do sự khác biệt về mật độ.	Tất cả các vật thể phát ra hiện tượng này khi nhiệt độ vượt quá 0 K.
Định luật phản xạ và khúc xạ	Không tuân theo.	Không tuân theo.	Tuân theo.
Các yếu tố ảnh hưởng	Nhiệt độ và năng lượng động.	Mật độ của chất lỏng hoặc khí.	Nhiệt độ.
Ví dụ	Đun nóng một cái chảo trên bếp.	Băng tan chảy.	Ánh sáng phát ra từ bóng đèn sợi đốt.

Gv giảng dạy: Võ Thanh Huy

Các phương thức truyền nhiệt ổn định

		Nhiệt trở	Tốc độ truyền nhiệt	Mạch nhiệt
Dẫn nhiệt (Conduction)		$R_{cond} = \frac{L}{kA}$	$q = \frac{T_1 - T_2}{R_{cond}}$	
Đối lưu (Convection)		$R_{conv} = \frac{1}{hA}$	$q = \frac{T_s - T_\infty}{R_{conv}}$	
Bức xạ (Radiation)		$R_{rad} = \frac{1}{h_r A}$	$q = \frac{T_s - T_{sur}}{R_{rad}}$	

1.1.2.4. Xác định nhiệt trở của kết cấu:

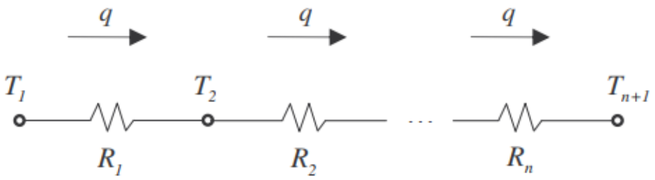
Chu trình nhiệt
Thermal Curcuit
Tường dạng tấm

for plane system, q is the same for any layer between two temperatures

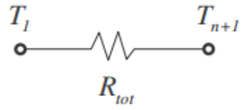
$$q = \frac{T_1 - T_{n+1}}{R_{tot}}$$

equivalent thermal circuit

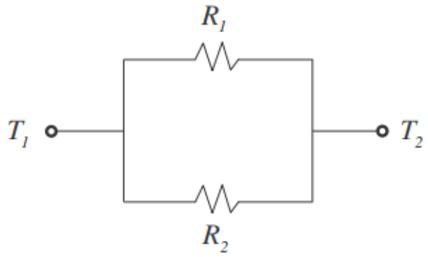
Nối tiếp
series



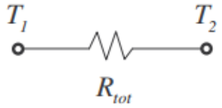
$$R_{tot} = R_1 + \ldots + R_n$$



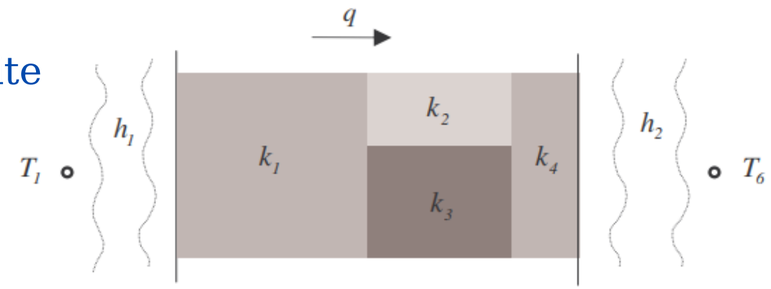
Song song
parallel



$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R_1} + \ldots + \frac{1}{R_n}$$



Composite Wall
Tường composite



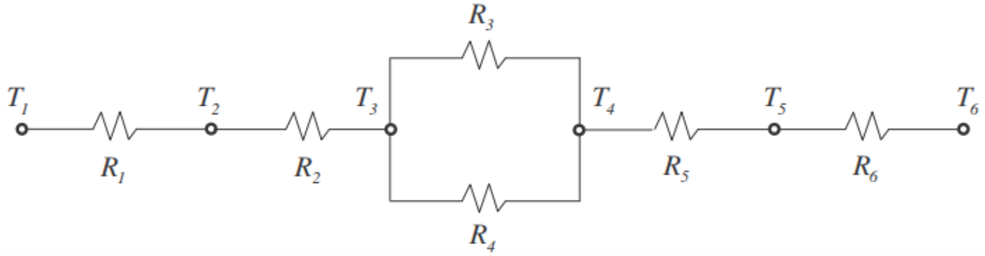
overall heat transfer coefficient

$$U = \frac{1}{A \cdot R_{tot}}$$

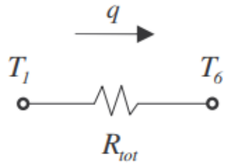
rate of heat transfer

$$q = U \cdot (T_1 - T_6) \cdot A$$

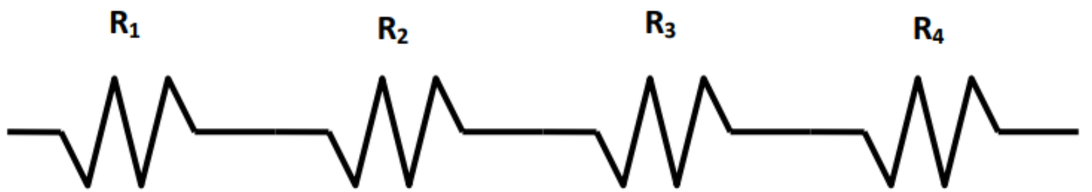
$$q = \frac{T_1 - T_6}{R_{tot}}$$

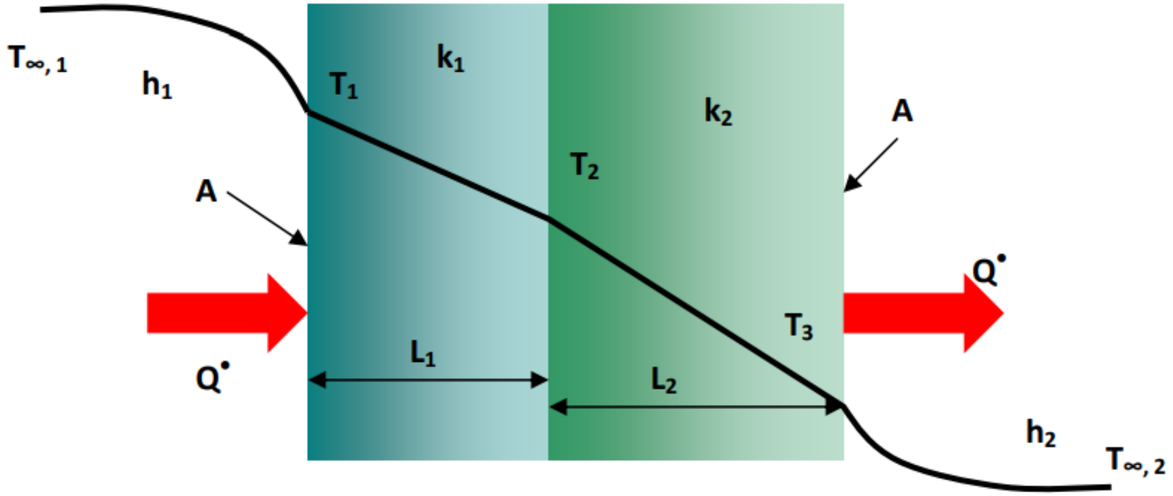


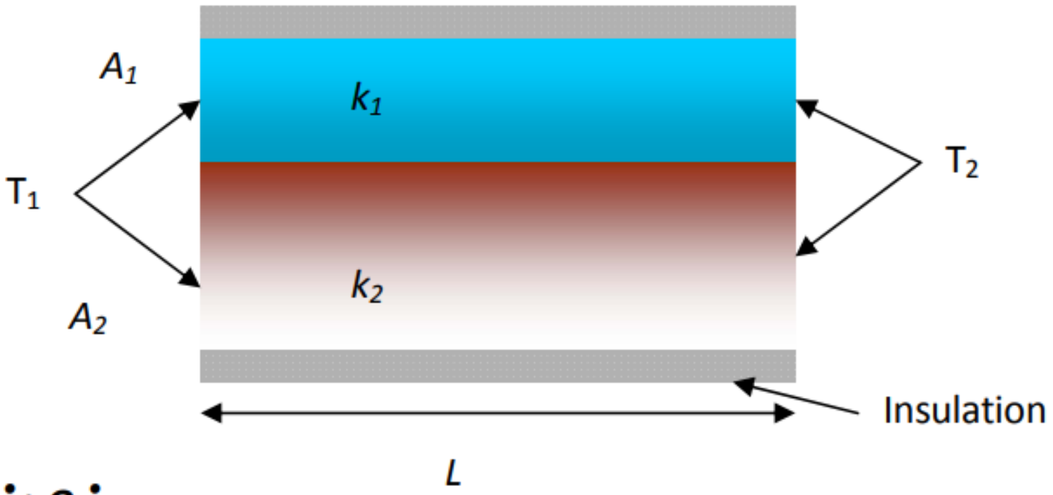
$$R_{tot} = R_1 + R_2 + \frac{1}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} + R_5 + R_6$$



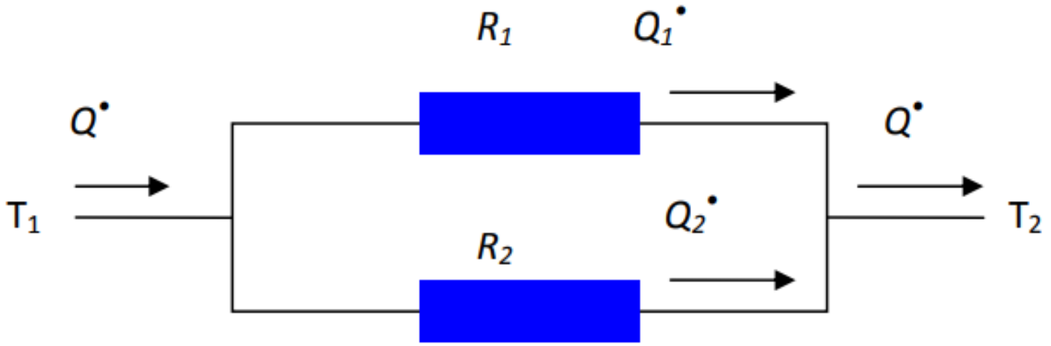
GV giảng dạy: Võ Thanh Huy







$$Q^{\bullet} = Q_2^{\bullet} + Q_2^{\bullet}$$



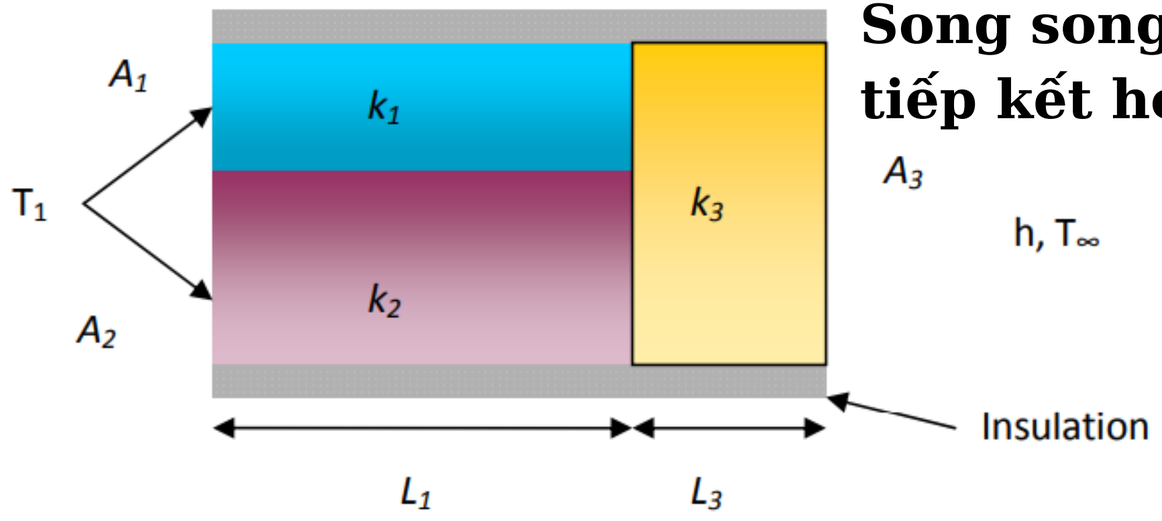
$$Q^{\bullet} = Q_1^{\bullet} + Q_2^{\bullet} = \frac{T_1 - T_2}{R_1} + \frac{T_1 - T_2}{R_2} = (T_1 - T_2)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

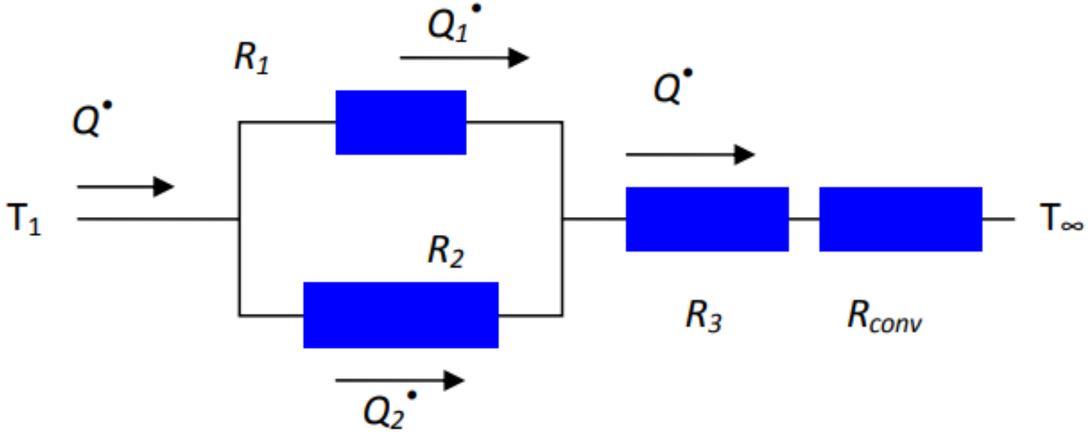
$$Q^{\bullet} = \frac{T_1 - T_2}{R_{total}}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \rightarrow \frac{1}{R_{total}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

GV giảng dạy: Võ Thanh Huy

Song song, nối tiếp kết hợp



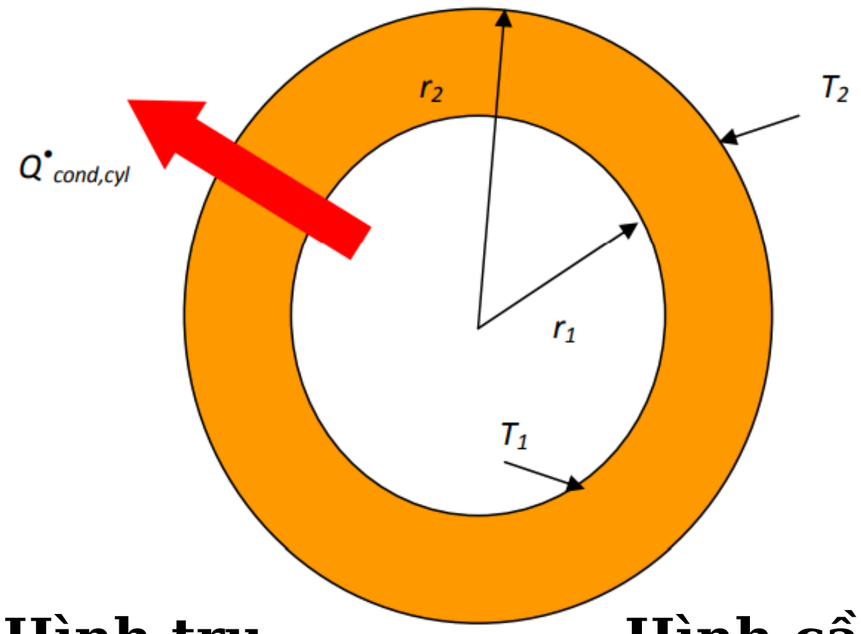


$$Q^{\bullet} = \frac{T_1 - T_\infty}{R_{total}}$$

$$R_{total} = R_{12} + R_3 + R_{conv} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 + R_{conv}$$

$$Q^{\bullet}_{cond,cyl} = -kA\frac{dT}{dr} \qquad (W)$$

$$A = 2\pi rL$$



Hình trụ

$$\int_{r1}^{r2} \frac{Q^{\bullet}_{cond,cyl}}{A} dr = -\int_{T1}^{T2} k dT \qquad A = 2\pi rL$$

$$Q^{\bullet}_{cond,cyl} = 2\pi kL \frac{T_1 - T_2}{\ln(r_2 / r_1)}$$

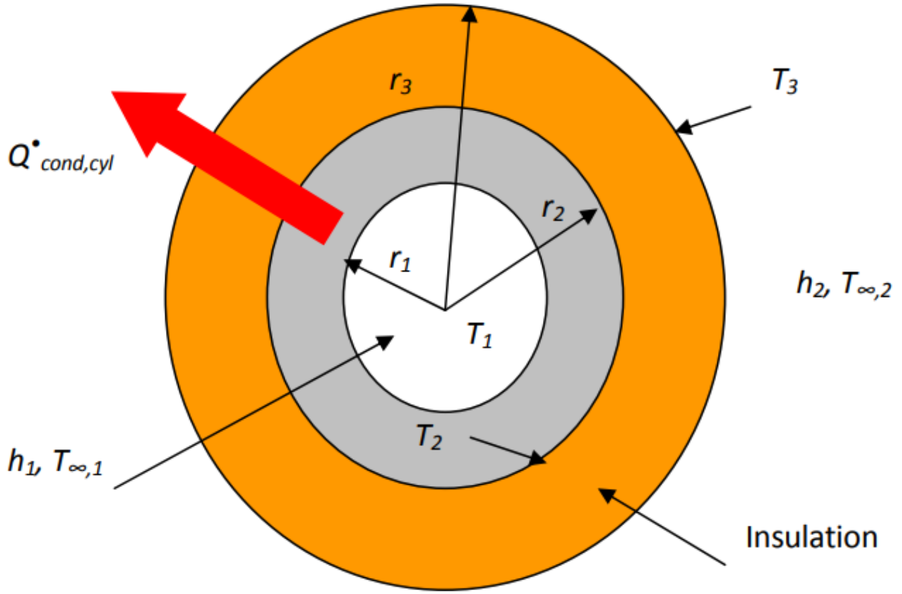
$$Q^{\bullet}_{cond,cyl} = \frac{T_1 - T_2}{R_{cyl}}$$

$$R_{cyl} = \frac{\ln(r_2 / r_1)}{2\pi kL}$$

Hình cầu

$$Q^{\bullet}_{cond,sph} = \frac{T_1 - T_2}{R_{sph}}$$

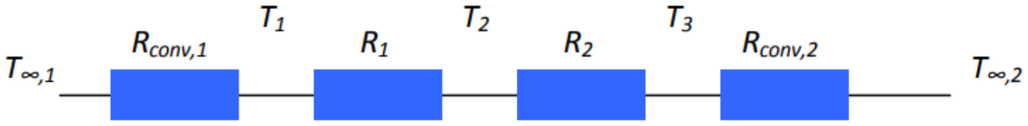
$$R_{sph} = \frac{r_2 - r_1}{4\pi r_1 r_2 k}$$



Bài toán yêu cầu tính toán tổn thất nhiệt và sự sụt giảm nhiệt độ qua một đoạn ống hơi nước và lớp cách nhiệt bao quanh nó dưới các giả định là trạng thái ổn định và truyền nhiệt một chiều.

Dữ liệu bài toán gồm có:

- Hơi nước ở nhiệt độ T∞,1=320 °C chảy trong một ống sắt đúc với hệ số dẫn nhiệt k=80 W/m.°C.
- Đường kính trong và ngoài của ống lần lượt là D1=5 cm và D2=5.5 cm.
- Ống được bao bọc bởi lớp cách nhiệt bằng len kính có độ dày 3 cm và hệ số dẫn nhiệt k=0.05 W/m.°C.
- Nhiệt độ môi trường xung quanh là T∞,2=5°C và tổn thất nhiệt qua đối lưu tự nhiên và bức xạ được mô tả bằng hệ số tổng truyền nhiệt là *h*2=18h2=18 W/m².°C.
- Hệ số truyền nhiệt bên trong ống là h1=60 W/m²K.



Cần xác định:

1. Tốc độ tổn thất nhiệt từ hơi nước qua ống và lớp cách nhiệt trên một đơn vị chiều dài của ống.
2. Sự sụt giảm nhiệt độ qua vỏ ống và qua lớp cách nhiệt.

$A_1 = 2\pi r_1 L = 0.157\ m^2$

$A_2 = 2\pi r_2 L = 0.361\ m^2$

Lấy L=1 m

$$R_{conv,1} = \frac{1}{h_1 A_1} = \frac{1}{(60\ W/m^2.^\circ C)(0.157 m^2)} = 0.106\ ^\circ C/W$$

$$R_1 = R_{pipe} = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi k_1 L} = 0.0002^\circ C/W$$

$$R_2 = R_{insulation} = \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi k_2 L} = 2.35^\circ C/W$$

$$R_{conv,2} = \frac{1}{h_2 A_2} = 0.154\ ^\circ C/W$$

$$R_{total} = R_{conv,1} + R_1 + R_2 + R_{conv,2} = 2.61^\circ C/W$$

The steady-state rate of heat loss from the steam becomes

$$Q^{\bullet} = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,2}}{R_{total}} = 120.7\ W \qquad \text{(per m pipe length)}$$

The total heat loss for a given length can be determined by multiplying the above quantity by the pipe length.

The temperature drop across the pipe and the insulation are:

$$\Delta T_{pipe} = Q^{\bullet} R_{pipe} = (120.7\ W)(0.0002\ ^\circ C/W) = 0.02^\circ C$$

$$\Delta T_{insulation} = Q^{\bullet} R_{insulation} = (120.7\ W)(2.35\ ^\circ C/W) = 284\ ^\circ C$$

GV giảng dạy: Võ Thạnh Huy

Bài toán yêu cầu bạn tính toán tỷ lệ truyền nhiệt ổn định qua bức tường lò sưởi thí nghiệm, cũng như xác định nhiệt độ tại biên giữa lớp gạch chịu lửa và lớp cách nhiệt. Cấu trúc tường bao gồm:

1. Lớp gạch chịu lửa dày 0.2 m, có hệ số dẫn nhiệt ka=1 W/m.K.
2. Lớp cách nhiệt dày 0.03 m, có hệ số dẫn nhiệt kb=0.07 W/m.K.

Nhiệt độ bề mặt bên trong của gạch là 1250 K, và nhiệt độ bề mặt bên ngoài của lớp cách nhiệt là 310 K.

Yêu cầu cụ thể của bài toán bao gồm:

- Tính tỷ lệ truyền nhiệt ổn định qua bức tường, đơn vị W/m².
- Xác định nhiệt độ tại mặt phân cách (T2) giữa gạch chịu lửa và lớp cách nhiệt.

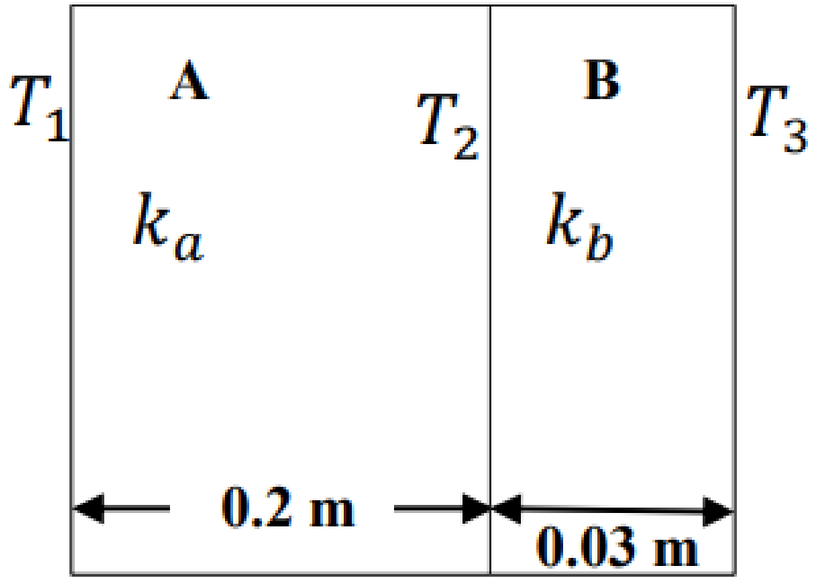
$$\frac{q}{A} = \frac{T_1 - T_3}{\Delta x_a/k_a + \Delta x_b/k_b}$$

$$\frac{q}{A} = \frac{1250 - 310}{0.2/1 + 0.03/0.07} = 1495\, W/m^2$$

$$\frac{q}{A} = \frac{T_1 - T_2}{\Delta x_a/k_a}$$

$$1495 = \frac{1250 - T_2}{0.2/1}$$

$$T_2 = 951\, K$$

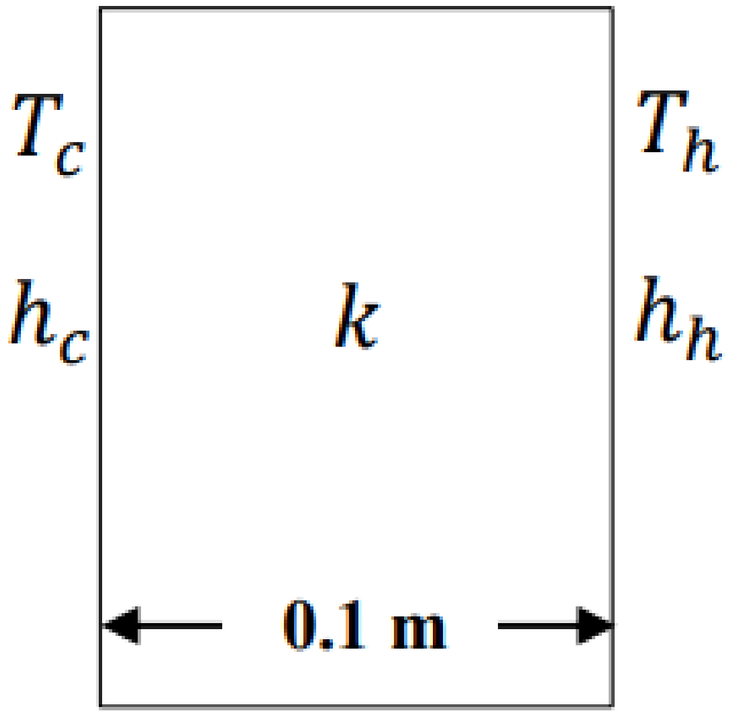


Bài toán yêu cầu tính toán tốc độ truyền nhiệt trên mỗi đơn vị diện tích của một bức tường gạch dày 0.1 m với hệ số dẫn nhiệt là k=0.7 W/m.K. Một mặt của tường tiếp xúc với gió lạnh có nhiệt độ 270K và hệ số truyền nhiệt đối lưu là 40 W/m².K, trong khi mặt kia tiếp xúc với không khí ở nhiệt độ 330K và có hệ số truyền nhiệt đối lưu tự nhiên là 10 W/m².K. Bài toán đòi hỏi phải xác định tốc độ truyền nhiệt qua tường dưới điều kiện truyền nhiệt đối lưu từ cả hai phía.

$$\frac{q}{A} = \frac{\Delta T}{1/h_h + \Delta x/k + 1/h_c}$$

$$\frac{q}{A} = \frac{330 - 270}{1/10 + 0.1/0.7 + 1/40}$$

$$\frac{q}{A} = 223.9\ W/m^2$$



Bài toán yêu cầu xác định tỷ lệ truyền nhiệt ổn định qua cửa sổ kính đôi có chiều cao 0.8 m và chiều rộng 1.5 m, với mỗi tấm kính dày 4 mm (hệ số dẫn nhiệt k=0.78 W/m.°C) và chúng được tách biệt bởi một khoảng không khí yên tĩnh rộng 10 mm (hệ số dẫn nhiệt k=0.026 W/m.°C). Cần xác định nhiệt độ bề mặt bên trong của cửa sổ trong một ngày mà phòng được duy trì ở nhiệt độ 20°C trong khi nhiệt độ bên ngoài là -10°C. Hệ số truyền nhiệt đối lưu ở bề mặt trong và ngoài của cửa sổ lần lượt là hi=10 W/m².°C và ho=40 W/m².°C.

$$A = 0.8 * 1.5 = 1.2\ m^2$$

$$R_i = \frac{1}{h_i A} = \frac{1}{10 * 1.2} = 0.083\ °C/W$$

$$R_1 = R_3 = R_{glass} = \frac{L_1}{k_1 A} = \frac{0.004}{0.78 * 1.2} = 0.00427\ °C/W$$

$$R_2 = R_{air} = \frac{L_2}{k_2 A} = \frac{0.01}{0.026 * 1.2} = 0.3205\ °C/W$$

$$R_0 = \frac{1}{h_0 A} = \frac{1}{40 * 1.2} = 0.02083\ °C/W$$

$$R_{total} = R_i + R_1 + R_2 + R_3 + R_0$$

$$R_{total} = 0.083 + 0.00427 + 0.3205 + 0.00427 + 0.02083$$

$$R_{total} = 0.4332\ °C/W$$

Tốc độ truyền nhiệt ổn định qua cửa sổ hai lớp là:

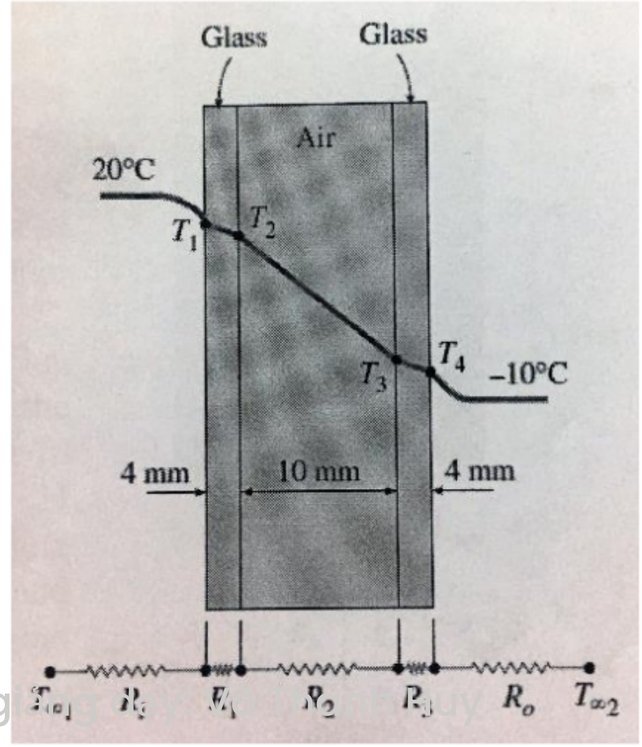
$$q = \frac{\Delta T_{overall}}{R_{total}} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{total}} = \frac{20 - (-10)}{0.4332} = 69.2\ W$$

Nhiệt độ bên trong là:

$$q = \frac{T_{\infty 1} - T_1}{R_i}$$

$$69.2 = \frac{20 - T_1}{0.083}$$

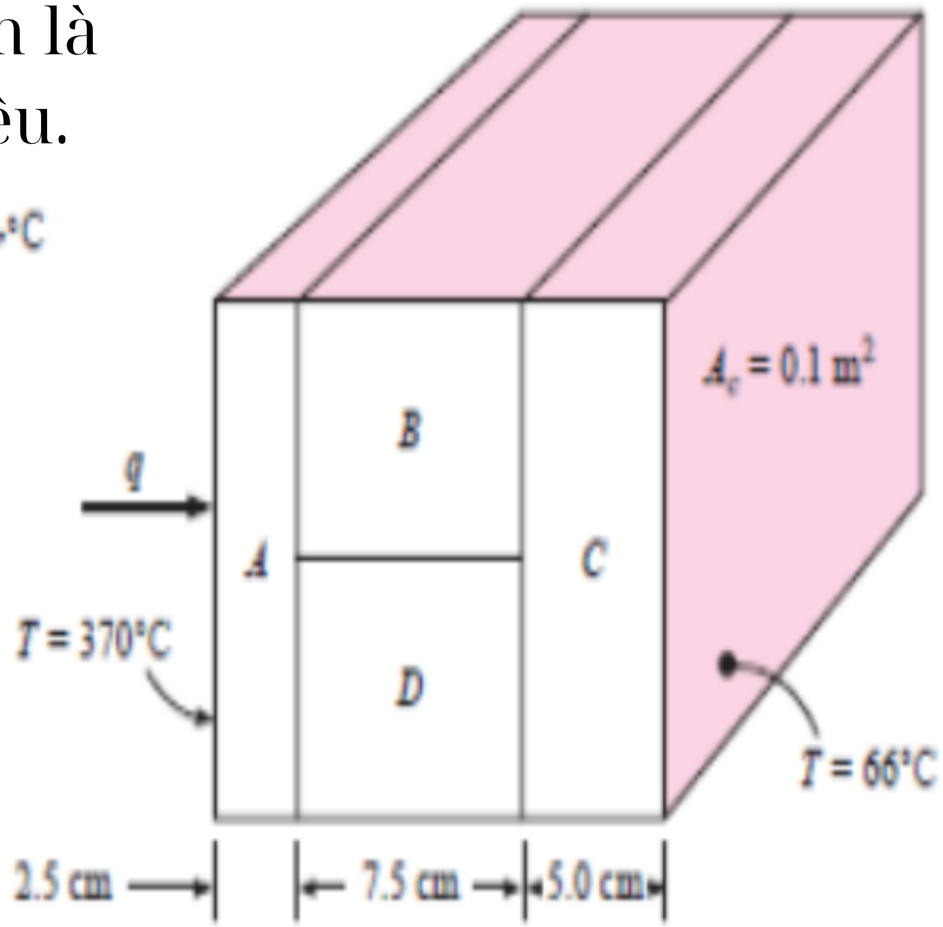
$$T_1 = 14.2\ °C$$



GV g

Tính toán lượng truyền nhiệt trên mỗi đơn vị diện tích qua một bức tường ghép, với giả định là quá trình truyền nhiệt chỉ xảy ra theo một chiều.

$k_A = 150$ W/m·°C
$k_B = 30$
$k_C = 50$
$k_D = 70$
$A_B = A_D$



$$R = \frac{\Delta x}{kA}$$

$$R_A = \frac{0.025}{(150)(0.1)} = 1.667 \times 10^{-3}$$

$$R_B = \frac{0.075}{(30)(0.05)} = 0.05$$

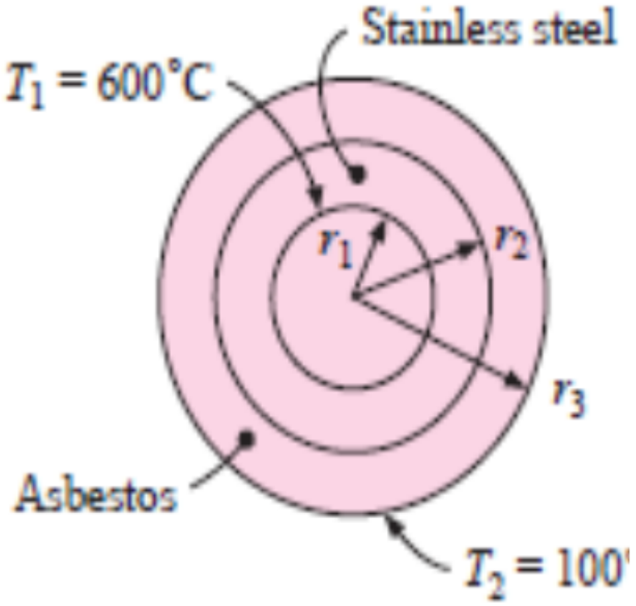
$$R_C = \frac{0.05}{(50)(0.1)} = 0.01$$

$$R_D = \frac{0.075}{(70)(0.05)} = 0.02143$$

$$R = R_A + R_C + \frac{1}{\frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_D}} = 2.667 \times 10^{-2}$$

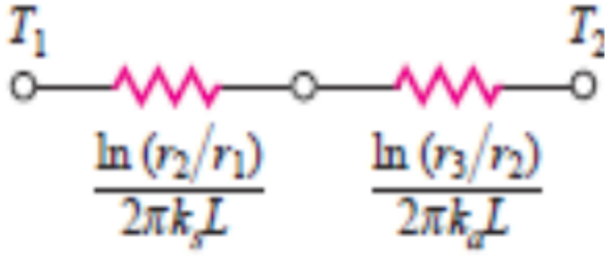
$$q = \frac{\Delta T}{R} = \frac{370 - 66}{2.667 \times 10^{-2}} = 11{,}400 \text{ W}$$

Ví dụ yêu cầu bạn tính lượng tổn thất nhiệt trên mỗi mét chiều dài của một ống thép không gỉ dày (chứa 18% Crom và 8% Niken, với hệ số dẫn nhiệt k=19 W/m.°C) có đường kính trong là 2 cm và đường kính ngoài là 4 cm. Ống này được bao bọc bởi một lớp cách nhiệt bằng amiăng dày 3 cm (với hệ số dẫn nhiệt k=0.2 W/m.°C). Nếu nhiệt độ bên trong tường ống được duy trì ở 600°C, cần tính tổn thất nhiệt và nhiệt độ tại điểm tiếp giáp giữa ống và lớp cách nhiệt.



$$\frac{q}{L} = \frac{2\pi(T_1 - T_2)}{\ln(r_2/r_1)/k_s + \ln(r_3/r_2)/k_a} = \frac{2\pi(600-100)}{(\ln 2)/19 + (\ln \frac{3}{2})/0.2} = 680 \text{ W/m}$$

$$\frac{q}{L} = \frac{T_a - T_2}{\ln(r_3/r_2)/2\pi k_a} = 680 \text{ W/m}$$



Nhiệt độ tiếp giáp Ta =595.8 oC

Xem xét một cửa sổ kính đôi có chiều cao 0.8 m và chiều rộng 1.5 m, gồm hai lớp kính dày 4 mm (hệ số dẫn nhiệt k=0.78 W/m·°C) được tách biệt bởi một lớp không khí yên tĩnh dày 10 mm (hệ số dẫn nhiệt k=0.026 W/m·°C). Yêu cầu xác định tỷ lệ truyền nhiệt ổn định qua cửa sổ này và nhiệt độ bề mặt bên trong trong một ngày khi phòng duy trì ở 20°C trong khi nhiệt độ bên ngoài là -10°C. Hệ số truyền nhiệt đối lưu tại bề mặt trong và ngoài của cửa sổ lần lượt là h1=10 W/m²·°C và h2=40 W/m²·°C, đã bao gồm cả hiệu ứng bức xạ.

$$R_i = R_{conv,1} = \frac{1}{h_1 A} = \frac{1}{(10\ \text{W/m}^2\cdot{}^\circ\text{C})(1.2\ \text{m}^2)} = 0.08333^\circ\text{C/W}$$

$$R_1 = R_3 = R_{glass} = \frac{L_1}{k_1 A} = \frac{0.004\ \text{m}}{(0.78\ \text{W/m}\cdot{}^\circ\text{C})(1.2\ \text{m}^2)} = 0.00427^\circ\text{C/W}$$

$$R_2 = R_{air} = \frac{L_2}{k_2 A} = \frac{0.01\ \text{m}}{(0.026\ \text{W/m}\cdot{}^\circ\text{C})(1.2\ \text{m}^2)} = 0.3205^\circ\text{C/W}$$

$$R_o = R_{conv,2} = \frac{1}{h_2 A} = \frac{1}{(40\ \text{W/m}^2\cdot{}^\circ\text{C})(1.2\ \text{m}^2)} = 0.02083^\circ\text{C/W}$$

Noting that all three resistances are in series, the total resistance is

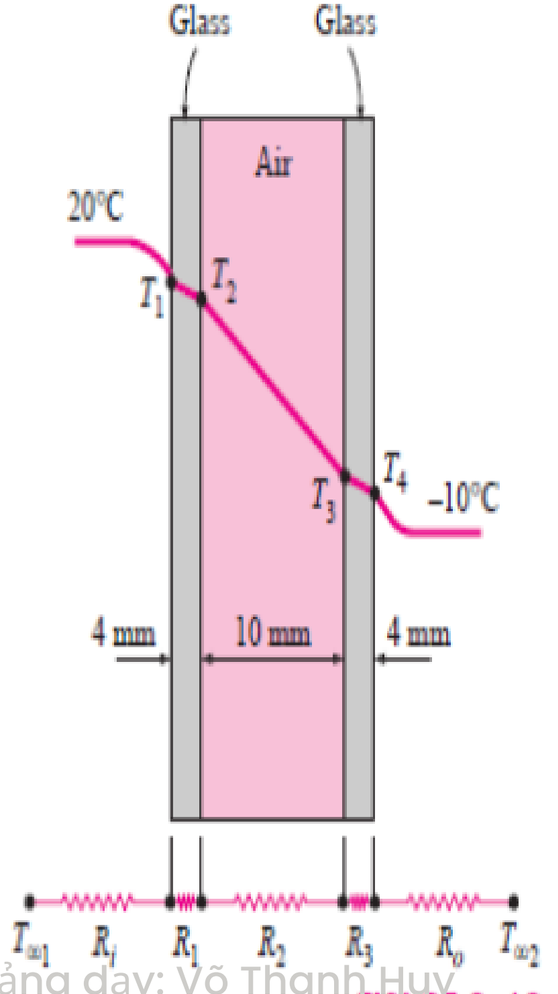
$$\begin{aligned} R_{total} &= R_{conv,1} + R_{glass,1} + R_{air} + R_{glass,2} + R_{conv,2} \\ &= 0.08333 + 0.00427 + 0.3205 + 0.00427 + 0.02083 \\ &= 0.4332^\circ\text{C/W} \end{aligned}$$

Then the steady rate of heat transfer through the window becomes

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{total}} = \frac{[20 - (-10)]^\circ\text{C}}{0.4332^\circ\text{C/W}} = 69.2\ \text{W}$$

The inner surface temperature of the window in this case will be

$$T_1 = T_{\infty 1} - \dot{Q}R_{conv,1} = 20^\circ\text{C} - (69.2\ \text{W})(0.08333^\circ\text{C/W}) = 14.2^\circ\text{C}$$



GV giảng dạy: Võ Thanh Huy

Xem xét hai trường hợp về quá trình truyền nhiệt qua một quả cầu rỗng làm từ nhôm:

a) Quả cầu có đường kính trong là 4 cm và đường kính ngoài là 8 cm. Nhiệt độ bên trong là 100°C và nhiệt độ bên ngoài là 50°C. Yêu cầu tính toán lượng truyền nhiệt qua quả cầu.

b) Nếu quả cầu được bao phủ bởi một lớp vật liệu cách nhiệt dày 1 cm có k=50 mW/m.°C và bề mặt ngoài của lớp cách nhiệt tiếp xúc với môi trường có hệ số truyền nhiệt đối lưu h=20h=20 W/m².°C và nhiệt độ môi trường T∞=10°C. Bên trong quả cầu vẫn duy trì ở 100°C. Yêu cầu tính toán lượng truyền nhiệt dưới điều kiện này.

a)

$$q = \frac{4\pi k(T_i - T_0)}{\frac{1}{r_i} - \frac{1}{r_0}} \qquad k = 204\ \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot{}^\circ\text{C}}$$

$$= \frac{(4)\pi(204)(100-50)}{\frac{1}{0.02} - \frac{1}{0.04}} = 5127\ \text{W}$$

b)

$$q = \frac{\Delta T}{\sum R}$$

$$R_{\text{alum}} = \frac{\frac{1}{0.02} - \frac{1}{0.04}}{4\pi(204)} = 9.752 \times 10^{-3}$$

$$R_{\text{ins}} = \frac{\frac{1}{0.04} - \frac{1}{0.05}}{4\pi(0.05)} = 7.958$$

$$R_{\text{conv}} = \frac{1}{hA} = \frac{1}{(20)(4\pi)(0.05)^2} = 1.592$$

$$q = \frac{100-10}{0.00975 + 7.958 + 1.592} = 9.41\ \text{W}$$

Xem xét một dây điện có đường kính 2 mm và dài 10 m được bọc chặt bởi một lớp vỏ nhựa dày 1 mm với hệ số dẫn nhiệt k=0.15 W/m·°C. Các phép đo điện cho thấy dòng điện qua dây là 10 A và có sụt áp 8 V dọc theo dây. Nếu dây điện được bọc cách nhiệt tiếp xúc với môi trường ở T=30°C với hệ số truyền nhiệt h=24 W/m²·°C, yêu cầu xác định nhiệt độ tại mặt phân cách giữa dây và vỏ nhựa trong hoạt động ổn định. Cũng xác định xem việc tăng gấp đôi độ dày của vỏ nhựa sẽ làm tăng hay giảm nhiệt độ tại mặt phân cách này.

$$\dot{Q} = \dot{W}_e = VI = (8\text{ V})(10\text{ A}) = 80\text{ W}$$

The total thermal resistance is

$$R_{conv} = \frac{1}{h_o A_o} = \frac{1}{(24\text{ W/m}^2.°\text{C})[\pi(0.004\text{ m})(10\text{ m})]} = 0.3316\text{ °C/W}$$

$$R_{plastic} = \frac{\ln(r_2/r_1}{2\pi kL} = \frac{\ln(2/1)}{2\pi(0.15\text{ W/m.°C})(10\text{ m})} = 0.0735\text{ °C/W}$$

$$R_{total} = R_{conv} + R_{plastic} = 0.3316 + 0.0735 = 0.4051\text{ °C/W}$$

Then the interface temperature becomes

$$\dot{Q} = \frac{T_1 - T_{\infty 2}}{R_{total}} \longrightarrow T_1 = T_\infty + \dot{Q}R_{total} = 30°\text{C} + (80\text{ W})(0.4051\text{ °C/W}) = \mathbf{62.4°C}$$

The critical radius of plastic insulation is

$$r_{cr} = \frac{k}{h} = \frac{0.15\text{ W/m.°C}}{24\text{ W/m}^2.°\text{C}} = 0.00625\text{ m} = 6.25\text{ mm}$$

Tăng gấp đôi độ dày của vỏ nhựa bọc dây điện làm tăng khả năng mất nhiệt do diện tích bề mặt tiếp xúc với không khí tăng lên, nhưng vẫn dưới bán kính tới hạn của cách nhiệt. Do đó, việc này làm giảm nhiệt độ tại điểm tiếp giữa dây và vỏ nhựa, cải thiện hiệu quả làm mát.

Bài toán này yêu cầu bạn tính toán hệ số tổng truyền nhiệt và tổn thất nhiệt trên mỗi đơn vị chiều dài từ một ống dẫn nước có nhiệt độ 50°C, đường kính trong 2.5 cm, khi nước chảy qua ống đó. Ống có độ dày vách là 0.8 mm và hệ số dẫn nhiệt của vật liệu làm ống là 16 W/m.°C. Bên ngoài ống, tổn thất nhiệt xảy ra qua đối lưu tự do với hệ số truyền nhiệt 6ho=7.6 W/m².°C. Nhiệt độ không khí xung quanh là 20°C và hệ số truyền nhiệt bên trong ống là hi=3500 W/m².°C. Cần xác định hệ số tổng truyền nhiệt qua ống và lượng nhiệt mất đi qua không khí xung quanh trên mỗi đơn vị chiều dài của ống.

$$R_i = \frac{1}{h_i A_i} = \frac{1}{(3500)\pi(0.025)(1.0)} = 0.00364\ ^\circ\mathrm{C/W}$$

$$R_t = \frac{\ln(d_o/d_i)}{2\pi k L} = \frac{\ln(0.0266/0.025)}{2\pi(16)(1.0)} = 0.00062\ ^\circ\mathrm{C/W}$$

$$R_o = \frac{1}{h_o A_o} = \frac{1}{(7.6)\pi(0.0266)(1.0)} = 1.575\ ^\circ\mathrm{C/W}$$

$$q = \frac{\Delta T}{\sum R} = U A_o \Delta T$$

$$U_o = \frac{1}{A_o \sum R} = \frac{1}{[\pi(0.0266)(1.0)](0.00364 + 0.00062 + 1.575)} = 7.577\ \mathrm{W/m^2 \cdot {}^\circ C}$$

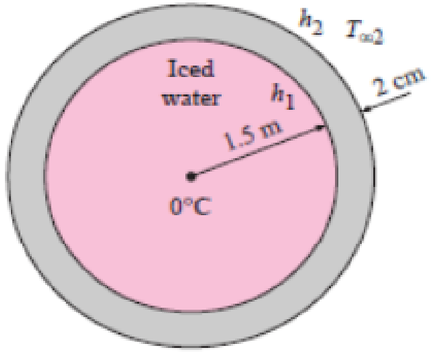
$$q = U A_o \Delta T = (7.577)\pi(0.0266)(1.0)(50 - 20) = 19\ \mathrm{W}\ \text{(for 1.0 m length)}$$

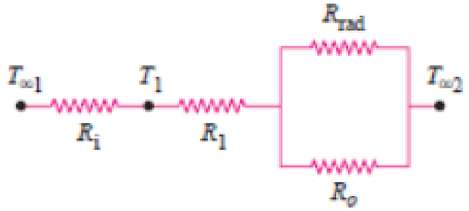
Bài toán này yêu cầu bạn tính toán tốc độ truyền nhiệt vào nước đá trong một bể chứa hình cầu có đường kính trong là 3 m, làm từ thép không gỉ dày 2 cm (với hệ số dẫn nhiệt k=15 W/m·°C). Nhiệt độ nước đá trong bể là T1=0 °C. Bể được đặt trong một phòng có nhiệt độ T2=22 °C, và tường phòng cũng ở nhiệt độ 22 °C. Bề mặt ngoài của bể được sơn màu đen và truyền nhiệt từ bề mặt ngoài của bể sang môi trường xung quanh xảy ra qua đối lưu tự nhiên và bức xạ. Hệ số truyền nhiệt đối lưu tại bề mặt trong và ngoài của bể lần lượt là h1=80 W/m²·°C và h2=10 W/m²·°C. Cần xác định tỷ lệ truyền nhiệt vào nước đá trong bể.

$$A_1 = \pi D_1^2 = \pi(3\text{ m})^2 = 28.3\text{ m}^2$$
$$A_2 = \pi D_2^2 = \pi(3.04\text{ m})^2 = 29.0\text{ m}^2$$

Also, the radiation heat transfer coefficient is given by

$$h_{rad} = \varepsilon\sigma(T_2^2 + T_{\infty 2}^2)(T_2 + T_{\infty 2})$$





Then the individual thermal resistances become

$$R_i = R_{conv,1} = \frac{1}{h_1 A_1} = \frac{1}{(80\text{ W/m}^2\cdot°\text{C})(28.3\text{ m}^2)} = 0.000442°\text{C/W}$$

$$R_1 = R_{sphere} = \frac{r_2 - r_1}{4\pi k r_1 r_2} = \frac{(1.52 - 1.50)\text{ m}}{4\pi(15\text{ W/m}\cdot°\text{C})(1.52\text{ m})(1.50\text{ m})}$$
$$= 0.000047°\text{C/W}$$

$$R_o = R_{conv,2} = \frac{1}{h_2 A_2} = \frac{1}{(10\text{ W/m}^2\cdot°\text{C})(29.0\text{ m}^2)} = 0.00345°\text{C/W}$$

$$R_{rad} = \frac{1}{h_{rad} A_2} = \frac{1}{(5.34\text{ W/m}^2\cdot°\text{C})(29.0\text{ m}^2)} = 0.00646°\text{C/W}$$

The two parallel resistances R_o and R_{rad} can be replaced by an equivalent resistance R_{equiv} determined from

$$\frac{1}{R_{equiv}} = \frac{1}{R_o} + \frac{1}{R_{rad}} = \frac{1}{0.00345} + \frac{1}{0.00646} = 444.7\text{ W/°C}$$

which gives

$$R_{equiv} = 0.00225°\text{C/W}$$

$$R_{total} = R_i + R_1 + R_{equiv} = 0.000442 + 0.000047 + 0.00225 = 0.00274°\text{C/W}$$

Then the steady rate of heat transfer to the iced water becomes

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 2} - T_{\infty 1}}{R_{total}} = \frac{(22 - 0)°\text{C}}{0.00274°\text{C/W}} = 8029\text{ W} \qquad (\text{or } \dot{Q} = 8.027\text{ kJ/s})$$

To check the validity of our original assumption, we now determine the outer surface temperature from

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 2} - T_2}{R_{equiv}} \longrightarrow T_2 = T_{\infty 2} - \dot{Q}R_{equiv}$$
$$= 22°\text{C} - (8029\text{ W})(0.00225°\text{C/W}) = 4°\text{C}$$

GV giảng dạy: Võ Thanh Huy