

NHIỆT ĐỘNG HỌC

GIẢNG VIÊN: PGS. TS. VŨ VĂN TRƯỜNG

KHOA KT Ô TÔ & NĂNG LƯỢNG

TRƯỜNG ĐH PHENIKAA

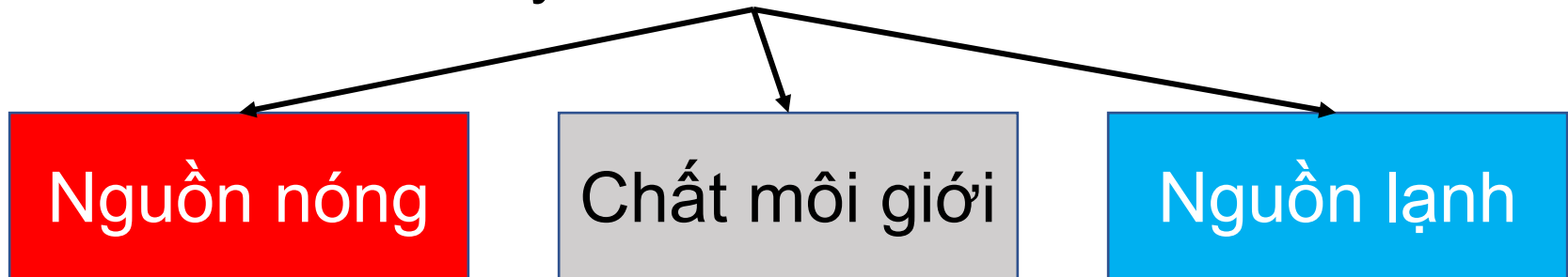


KHÁI NIỆM VÀ PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI

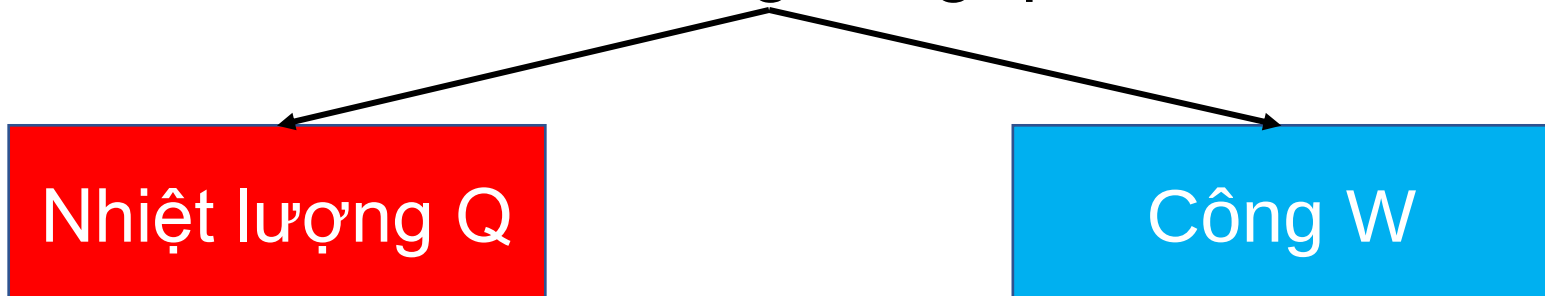
NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

1. HỆ THỐNG NHIỆT ĐỘNG

- Gắn liền với 3 yếu tố:



- Trao đổi với môi trường xung quanh:



1. HỆ THỐNG NHIỆT ĐỘNG

- Các loại hệ thống nhiệt động:

Hệ thống nhiệt động kín

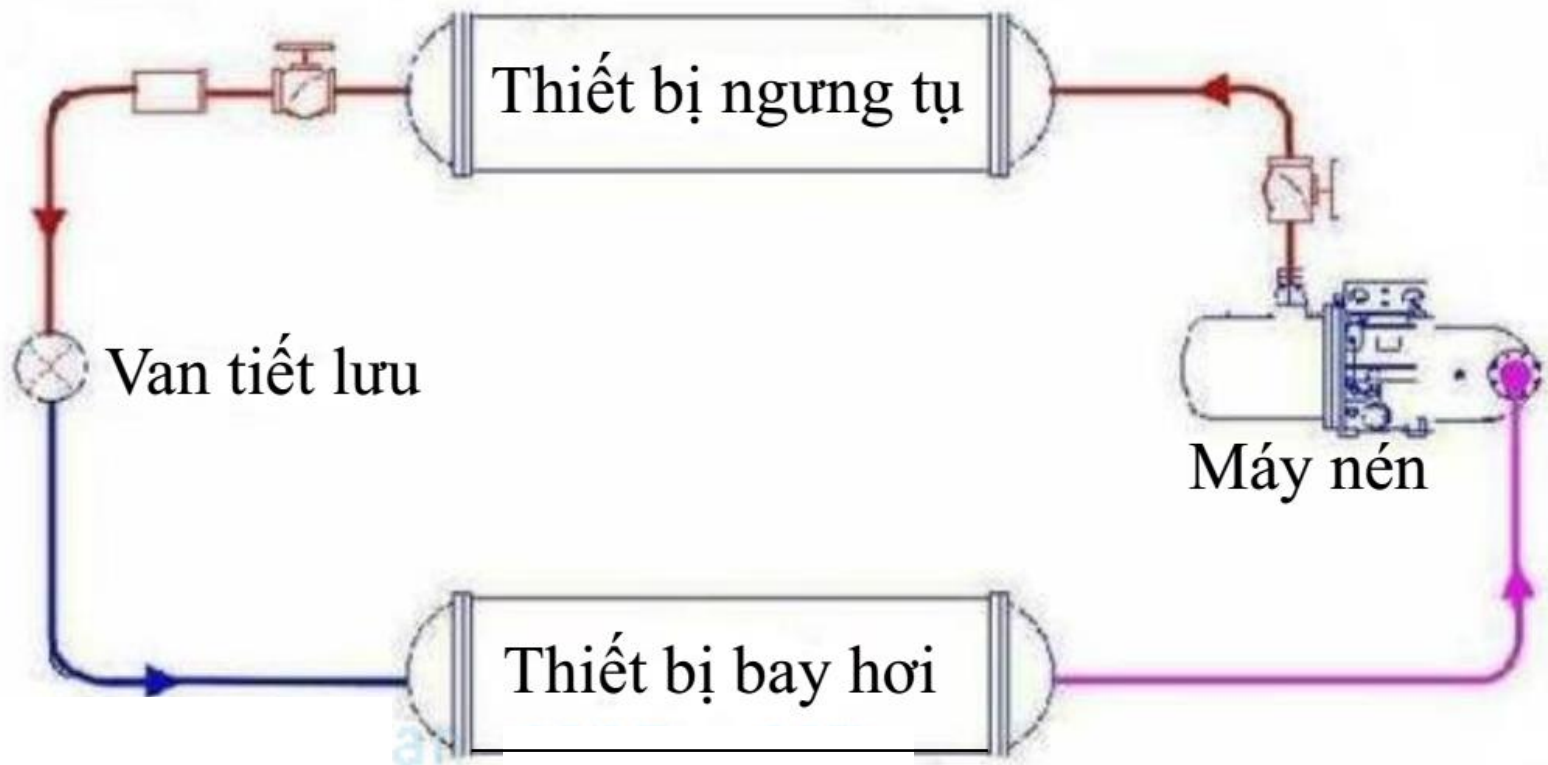
Hệ thống nhiệt động hở

Hệ thống nhiệt động đoạn
nhiệt

Hệ thống nhiệt động cô lập

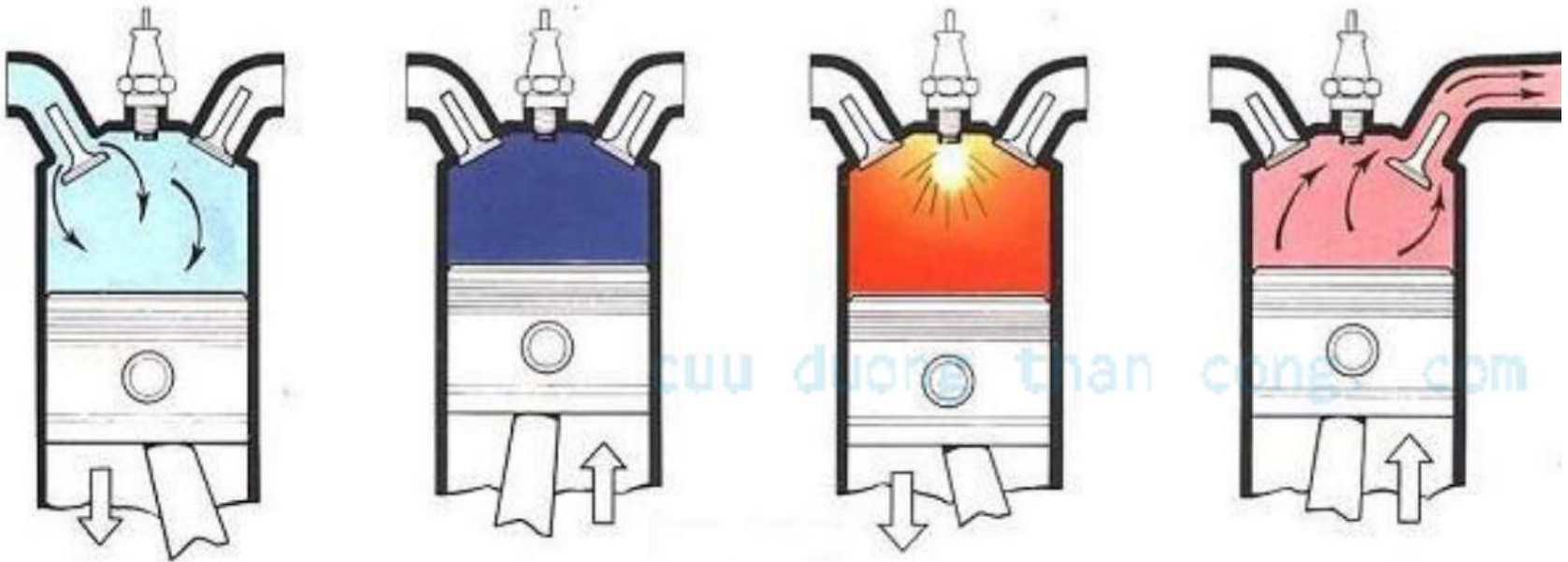
1. HỆ THỐNG NHIỆT ĐỘNG

Hệ thống nhiệt động kín



1. HỆ THỐNG NHIỆT ĐỘNG

Hệ thống nhiệt động hơ



1. HỆ THỐNG NHIỆT ĐỘNG

Hệ thống nhiệt động
đoạn nhiệt



$$Q = 0$$

Là hệ thống nhiệt động
không trao đổi nhiệt lượng
với môi trường xung quanh

$$Q = 0$$
$$W = 0$$



Hệ thống nhiệt động
cô lập

1. TRẠNG THÁI

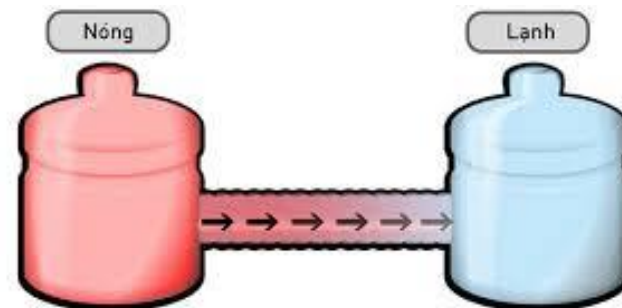
- Đặc trưng cho 1 vị trí nào đó trong hệ thống nhiệt động

- 2 trạng thái cơ bản:

Cân bằng



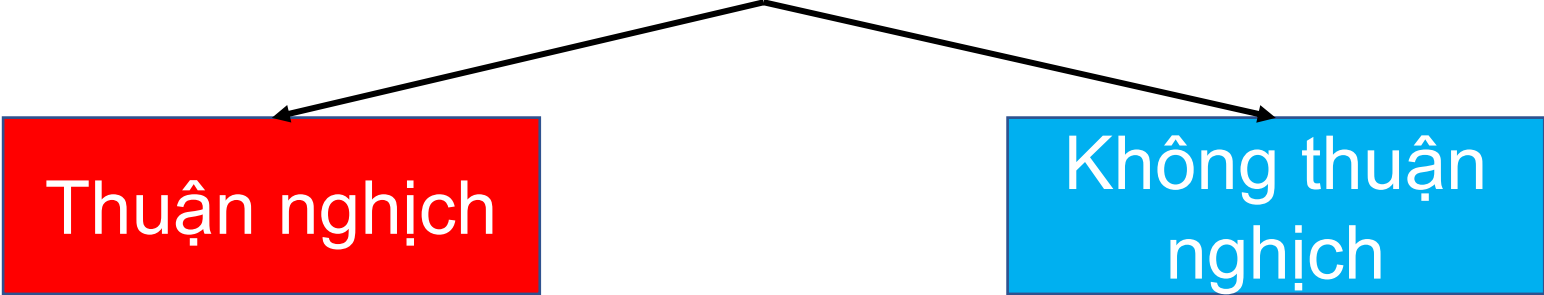
Không cân
bằng



Nhiệt chuyển từ nơi có nhiệt độ cao sang nơi có nhiệt độ thấp

3. QÚA TRÌNH

- Tập hợp một số trạng thái làm việc theo cùng một nguyên tắc



Thuận nghịch

Không thuận
nghịch

- Trạng thái đầu và trạng thái cuối là cân bằng

3. CÁC THÔNG SỐ TRẠNG THÁI

- Các đại lượng đặc trưng cho trạng thái của chất môi giới được gọi là thông số trạng thái
- Các thông số trạng thái thường dùng:

- Nhiệt độ T
- Áp suất p
- Thể tích riêng v (hay khối lượng riêng ρ)
 $\rho = 1 / v$

Thông số
trạng thái
cơ bản

- Nội năng u
- Entanpy i
- Entropy s

3.1. Nhiệt độ

- Là thông số biểu thị mức độ nóng lạnh của vật
- Dụng cụ đo: nhiệt kế
 - Nhiệt kế thủy ngân: dựa trên sự giãn nở của chất lỏng
 - Nhiệt kế điện trở: dựa trên sự thay đổi điện trở
 - Nhiệt kế hồng ngoại: dựa trên hiệu ứng bức xạ nhiệt dưới dạng hồng ngoại của vật nóng

Dụng cụ đo nhiệt độ

- Nhiệt kế thủy ngân:



- Nhiệt kế điện trở



- Nhiệt kế hồng ngoại



Đơn vị nhiệt độ

Thang nhiệt độ Celcius:

- Ký hiệu: t
- Đơn vị: $^{\circ}\text{C}$

Thang nhiệt độ Kelvin: (Nhiệt độ tuyệt đối)

- Ký hiệu: T
- Đơn vị: K

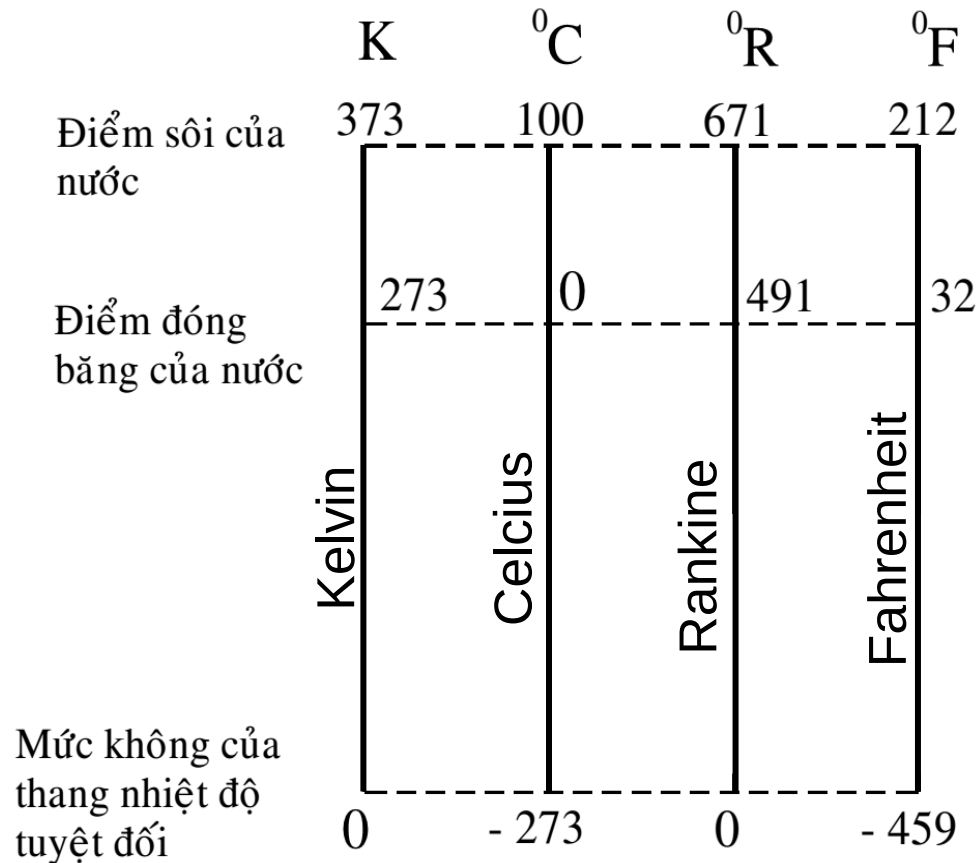
Thang nhiệt độ Fahrenheit:

- Ký hiệu: t
- Đơn vị: $^{\circ}\text{F}$

Thang nhiệt độ Rankine: (Nhiệt độ tuyệt đối)

- Ký hiệu: T
- Đơn vị: $^{\circ}\text{R}$

Đơn vị nhiệt độ



Mối quan hệ giữa các thang nhiệt độ:

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$

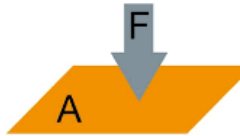
$$^{\circ}\text{R} = 1,8 \text{ K}$$

$$^{\circ}\text{F} = 1,8 ^{\circ}\text{C} + 32$$

Chỉ có nhiệt độ, đơn vị K, mới là thông số trạng thái

3.2. Áp suất

$$\text{Pressure } (p) = \frac{\text{Force } (F_n)}{\text{Area}(A)}$$



- Là lực tác dụng lên một đơn vị diện tích bề mặt ranh giới theo phương pháp tuyến với bề mặt đó

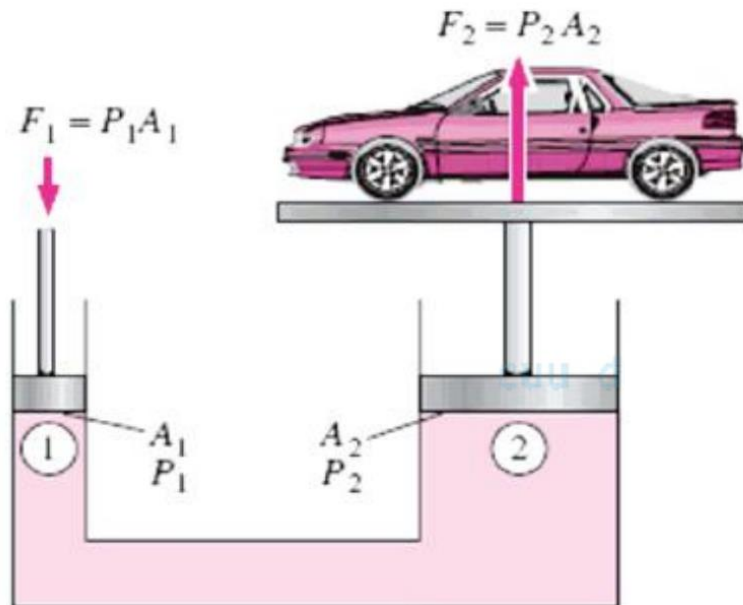
$$p = \frac{F}{A} \text{ , N/m}^2 = \text{Pa}$$

- Các loại áp suất

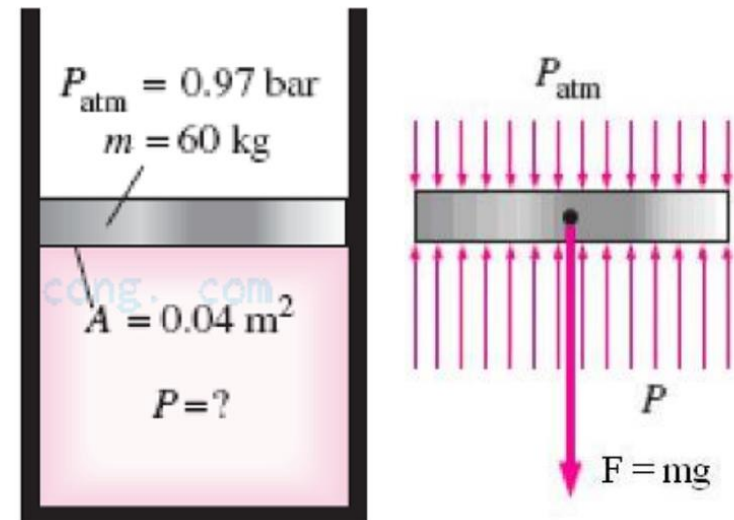
- Áp suất khí quyển p_{kq}
- Áp suất dư p_d
- Áp suất chân không p_{ck}
- Áp suất tuyệt đối p_{td}

Xác định bằng dụng cụ đo

3.2. Áp suất – ví dụ



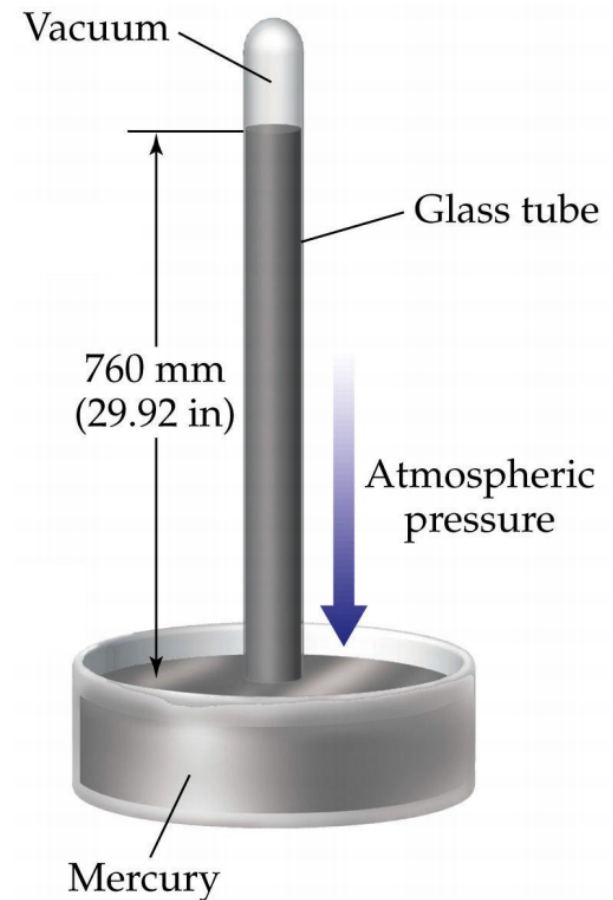
$$p_1 = p_2 \Leftrightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$$



Đáp số: 111.7 kPa

3.2. Áp suất – áp suất khí quyển

- Là áp lực của không khí tác động lên các vật thể nằm trong nó và lên bề mặt trái đất.
- Giá trị trung bình của p_{kq} tại **mực nước biển** là **760 mmHg**
- Trong tính toán kỹ thuật cho phép lấy $p_{kq} = 1 \text{ bar}$
- Dụng cụ đo: **Barometer**



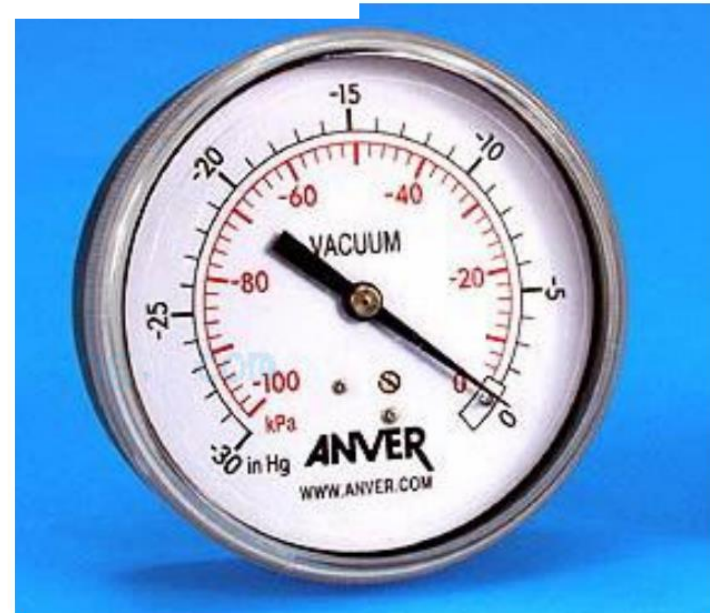
3.2. Áp suất – áp suất dư

- Khi áp suất môi trường khảo sát lớn hơn áp suất khí quyển, ta gọi độ chênh lệch giữa áp suất môi trường đó với áp suất khí quyển là **áp suất dư**.
- Dụng cụ đo: **Manometer**



3.2. Áp suất – áp chân không

- Khi áp suất môi trường khảo sát nhỏ hơn áp suất khí quyển, ta gọi độ chênh lệch giữa áp suất môi trường đó với áp suất khí quyển là **áp suất chân không**.
- Dụng cụ đo: **Vacumeter**



3.2. Áp suất – suất tuyệt đối

- Khi $p_{td} > p_{kq}$:

$$p_{td} = p_{kq} + p_d$$

- Khi $p_{td} < p_{kq}$:

$$p_{td} = p_{kq} - p_{ck}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 750 \text{ mmHg}$$

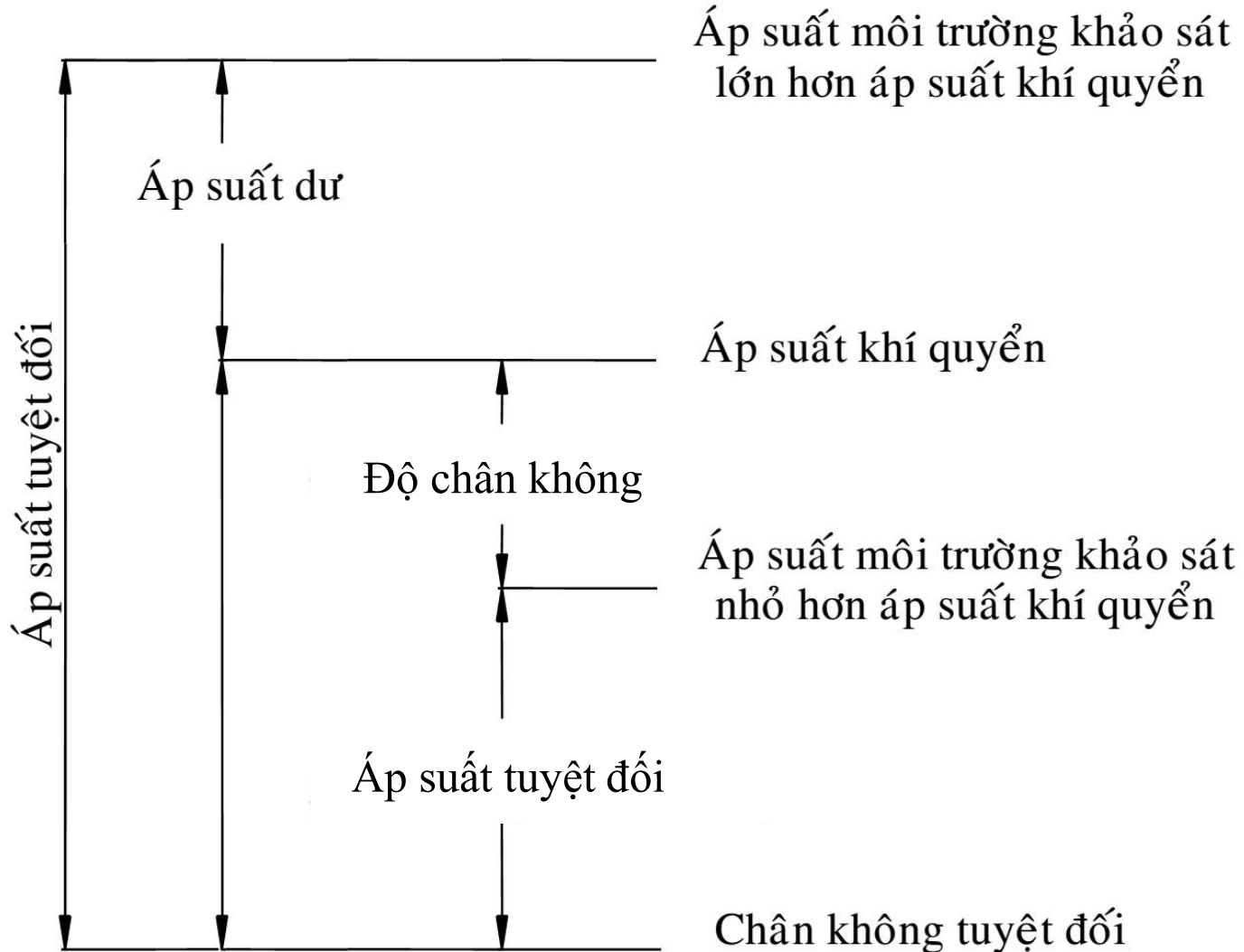
$$1 \text{ at} = 0,981 \text{ bar} = 1 \text{ kgf/cm}^2 \\ = 10 \text{ mH}_2\text{O}$$

$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ psi} = 6895 \text{ N/m}^2$$

Chỉ có áp suất tuyệt đối mới
là thông số trạng thái

3.2. Áp suất



3.3. Thể tích riêng

▪ Thể tích riêng:

$$v = \frac{V}{G}$$

▪ Khối lượng riêng:

$$\rho = \frac{G}{V} = \frac{1}{v}$$

- G – Khối lượng của khối chất môi giới đang khảo sát, kg
- V – Thể tích chiếm chỗ của khối chất môi giới, m³

**Chỉ có thể tích riêng mới là
thông số trạng thái**

3.4. Nội năng

- Tổng độ biến thiên năng lượng của một hệ thống

$$\Delta E = \Delta E_{đ} + \Delta E_t + \Delta U$$

- Trong phạm vi nhiệt động học, hệ thống hầu như không có sự thay đổi vị trí:

$$\Delta E = \Delta U$$

- Trong phạm vi vi mô của hệ thống:

$$U = U_{đ} + U_t$$

- Nếu $G = 1 \text{ kg}$:

$$u = u_{đ} + u_t$$

3.4. Nội năng

Với chất môi giới là khí lý tưởng, độ biến thiên nội năng của hệ thống được xác định như sau

- Khi $G = 1$ kg:

$$\Delta u = c_v (T_2 - T_1) \quad , \text{ kJ/kg}$$

- Khi $G \neq 1$ kg:

$$\Delta U = G \cdot \Delta u = G c_v (T_2 - T_1) \quad , \text{ kJ}$$

Trong đó: c_v – Nhiệt dung riêng khối lượng đẳng tích, kJ/kgK

T_1, T_2 – Nhiệt độ đầu và cuối của quá trình khảo sát, K

3.5. Entanpy

- Entanpy

$$\mathbf{i = u + pv}$$

- Với chất môi giới là khí lý tưởng, độ biến thiên entanpy của hệ thống:

- Khi $G = 1 \text{ kg}$:

$$\Delta i = c_p (T_2 - T_1) \quad , \text{ kJ/kg}$$

- Khi $G \neq 1 \text{ kg}$:

$$\Delta I = G \cdot \Delta i = G c_p (T_2 - T_1)$$

Trong đó: c_p – Nhiệt dung riêng khối lượng đẳng áp, kJ/kgK

T_1, T_2 – Nhiệt độ đầu và cuối của quá trình khảo sát, K

3.5. Entropy

- Định nghĩa

$$ds = \frac{\delta q}{T}$$

, kJ/kgK

- Khi $G \neq 1$ kg:

$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$

, kJ/K

hoặc

$$dS = G.ds$$

, kJ/K

4. KHÍ LÝ TƯỞNG

- Một chất khí được xem là khí lý tưởng khi thỏa mã
 - Thể tích bản thân các phân tử bằng không
 - Lực tương tác giữa các phân tử bằng không
- Chất khí không phải là khí lý tưởng: gọi là khí thực

4. PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI

- Khi $G = 1 \text{ kg}$: $p v = RT$

- Khi $G \neq 1 \text{ kg}$: $p V = GRT$

- p – áp suất tuyệt đối, Pa
- v – thể tích riêng, m^3/kg
- V – thể tích, m^3
- G – Khối lượng, kg
- T – Nhiệt độ tuyệt đối, K

4. PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI

Và R – hằng số chất khí, J/kgK

$$R = \frac{R_{\mu}}{\mu} = \frac{8314}{\mu}$$

R_{μ} – hằng số phổ biến của chất khí, J/kmolK

μ – phân tử lượng của chất khí, kg/kmol

Định luật Avogadro:

Ở cùng điều kiện áp suất và nhiệt độ tiêu chuẩn ($p = 101,325\text{kPa}$ và $T = 273,15\text{K}$) thể tích 1 kmol của tất cả các khí lý tưởng đều bằng nhau và bằng $22,4 \text{ m}^3$

Hỗn hợp khí lý tưởng

- Các khí lý tưởng được trộn lẫn theo kiểu cơ học, không xảy ra phản ứng hóa học.
- Hỗn hợp của các khí lý tưởng được xem là một khí lý tưởng tương đương
→ Có thể dùng phương trình trạng thái của khí lý tưởng cho hỗn hợp khí lý tưởng
- Mỗi thành phần khí lý tưởng trong hỗn hợp đều có nhiệt độ của hỗn hợp và chiếm toàn bộ thể tích của hỗn hợp

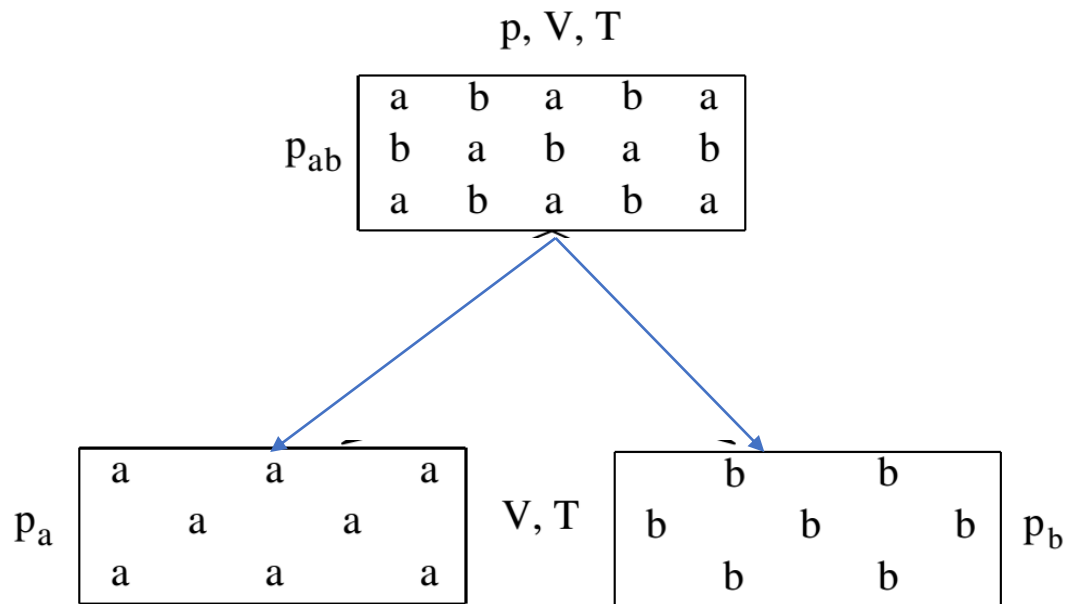
Phân áp suất (áp suất riêng phần)

Khi một thành phần của hỗn hợp chiếm toàn bộ thể tích của hỗn hợp và ở nhiệt độ của hỗn hợp thì áp suất tương ứng của thành phần đó trong hỗn hợp được gọi là **phân áp suất** của nó

$$p = p_a + p_b$$

Định luật Dalton:

$$p = \sum_{i=1}^n p_i$$



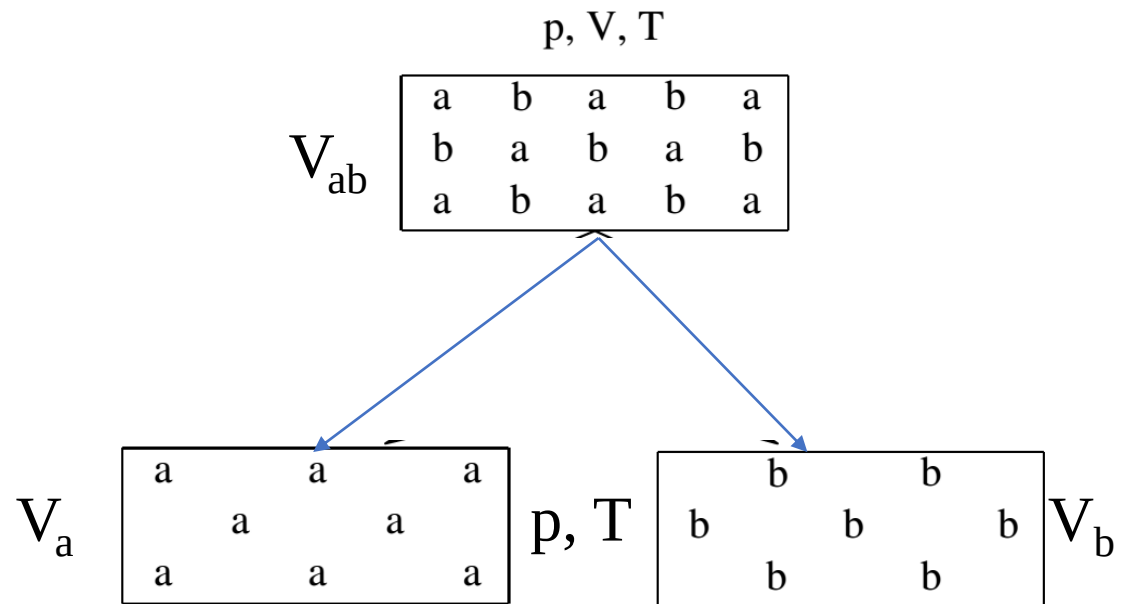
Phân thể tích (thể tích riêng phần)

Phân thể tích là thể tích chiếm chỗ của một thành phần khí lý tưởng khi thành phần đó ở áp suất và nhiệt độ của hỗn hợp

$$V = V_a + V_b$$

Định luật Amagat:

$$V = \sum_{i=1}^n V_i$$



Thành phần khối lượng - g_i

$$g_i = \frac{G_i}{G}$$

$$G = G_1 + G_2 + \dots + G_n = \sum_{i=1}^n G_i$$

$$g_1 + g_2 + \dots + g_n = \sum g_i = 1$$

- G – Khối lượng hỗn hợp khí
- G_i – Khối lượng của chất khí thứ i trong hỗn hợp

Thành phần thể tích - r_i

$$r_i = \frac{V_i}{V}$$

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n = \sum_{i=1}^n V_i$$

$$r_1 + r_2 + \dots + r_n = \sum r_i = 1$$

- V – Thể tích hỗn hợp khí
- V_i – Thể tích của chất khí thứ i trong hỗn hợp

Tính hằng số chất khí của hỗn hợp khí lý tưởng

$$R_{hh} = \sum_{i=1}^n g_i R_i = \frac{R_{\mu}}{\mu_{hh}} = \frac{8314}{\mu_{hh}}, \text{ J/kgK}$$

$$\mu_{hh} = \frac{1}{\frac{g_1}{\mu_1} + \frac{g_2}{\mu_2} + \dots + \frac{g_n}{\mu_n}}, \text{ kg/kmol}$$

$$\mu_{hh} = r_1 \mu_1 + r_2 \mu_2 + \dots + r_n \mu_n, \text{ kg/kmol}$$

Tính hằng số chất khí của hỗn hợp khí lý tưởng

$$R_{hh} = \sum_{i=1}^n g_i R_i = \frac{R_{\mu}}{\mu_{hh}} = \frac{8314}{\mu_{hh}}, \text{ J/kgK}$$

$$\mu_{hh} = \frac{1}{\frac{g_1}{\mu_1} + \frac{g_2}{\mu_2} + \dots + \frac{g_n}{\mu_n}}, \text{ kg/kmol}$$

$$\mu_{hh} = r_1 \mu_1 + r_2 \mu_2 + \dots + r_n \mu_n, \text{ kg/kmol}$$

Tính hằng số chất khí của hỗn hợp khí lý tưởng

Mối quan hệ giữa thành phần khối lượng
và thành phần thể tích

$$g_i = \frac{\mu_i \cdot r_i}{\mu_{hh}}$$

Xác định giá trị phân áp suất của từng khí trong hỗn hợp

$$p_i = p \cdot r_i$$

Trong đó: p – áp suất của hỗn hợp khí