

Nhiệt động lực học

- + **Nhiệt động lực học** (*Thermodynamics*) là một ngành vật lý **ngiên cứu hiện tượng nhiệt xảy ra bên trong hệ**, các mối liên hệ giữa các biến trạng thái của hệ và các quá trình biến đổi năng lượng dưới dạng nhiệt và công với môi trường xung quanh. Đối tượng nghiên cứu đơn giản nhất của nhiệt động lực học là khí lý tưởng.
- + Phần này sử dụng 2 phương pháp nghiên cứu cơ bản:
 - **Nhiệt động lực học cổ điển** (*Classical Thermodynamics*): ứng dụng trong phần nhiệt động học. **Ngiên cứu vĩ mô các điều kiện biến đổi trạng thái và biến hóa năng lượng để rút ra các định luật.** Phương pháp này **dựa trên hai nguyên lý cơ bản của nhiệt động lực học**, không quan tâm đến vận động vi mô bên trong vật chất.
 - **Nhiệt động lực học thống kê** (*Statistical Thermodynamics*): trong phần vật lý phân tử. **Ngiên cứu sự vận động vi mô bên trong vật chất.** Vận dụng cơ học phân tử, nguyên tử và phương pháp thống kê để tìm qui luật chung và giải thích các tính chất vật chất.

1. Vài khái niệm

+ **Khí lý tưởng** (*Ideal gas*): là khí chứa **một số rất lớn phân tử hay nguyên tử chuyển động ngẫu nhiên không tương tác nhau trừ khi va chạm đàn hồi**. Khái niệm khí lý tưởng được sử dụng thuận lợi vì nó tuân theo định luật khí lý tưởng, phương trình trạng thái đơn giản và có thể phân tích bởi cơ học thống kê.

+ Một mol khí lý tưởng ở điều kiện nhiệt độ và áp suất tiêu chuẩn ($T = 0^{\circ}\text{C}$, $p = 1\text{ atm}$) chiếm thể tích 22,4 lít.

+ Các khí thực (*khí nhẹ*) ở **nhiệt độ cao và áp suất thấp** so với điều kiện tiêu chuẩn được xem như khí lý tưởng. *Khí nặng hơn hay ở nhiệt độ không thấp và áp suất không cao cũng xem gần đúng là khí lý tưởng.*

1. Vài khái niệm (tt)

+ **Biến (thông số) trạng thái** (*state variable*):

- Mỗi trạng thái chất khí được xác định bởi một tập hợp tính chất.
- Mỗi tính chất đặc trưng bởi một đại lượng. Đại lượng này có trị số thay đổi theo trạng thái của chất khí gọi là biến trạng thái hay thông số trạng thái.
- Biến trạng thái thường dùng: áp suất (p), nhiệt độ (T), mật độ phân tử (n_0), thể tích (V).

+ **Phương trình trạng thái** (*Equation of state*):

- Hệ thức giữa các biến trạng thái xác định trạng thái của chất khí gọi là phương trình trạng thái.

$$f(p, V, T) = 0$$

1. Vài khái niệm (tt)

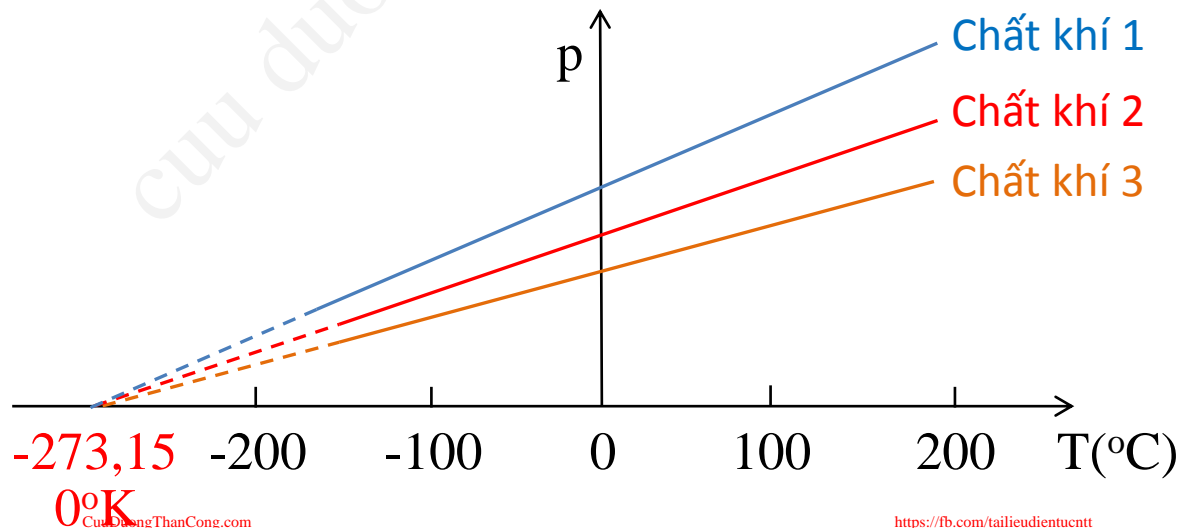
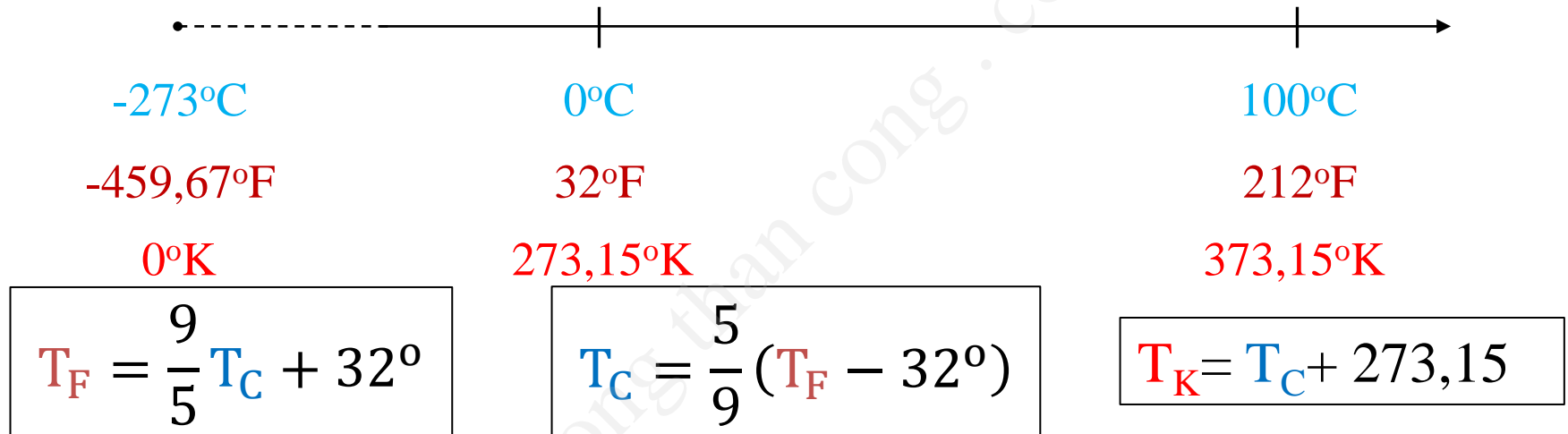
+ **Nhiệt độ** (*Temperature*) là đại lượng biểu thị sự “nóng” hay “lạnh” của một vật khi tiếp xúc. Vật gây cảm giác nóng “thường” có nhiệt độ cao hơn vật cho cảm giác lạnh. Cảm giác nóng, lạnh là chủ quan, do đó dùng nhiệt kế và xây dựng thang nhiệt độ để đo nhiệt độ (sự nóng) của một vật.

Nhiệt độ liên quan với động năng phân tử của vật chất. Do đó, nhiệt độ biểu diễn mức độ chuyển động hỗn loạn của các phân tử bên trong chất khí lý tưởng gọi là **chuyển động nhiệt**.

Nhiệt động lực học: Khí lý tưởng

1. Vài khái niệm (tt)

+ **Thang nhiệt độ** (*Temperature Scales*): Nhiệt độ Celsius (Bách phân), nhiệt độ Fahrenheit, nhiệt độ Kelvin (Tuyệt đối)...



Nhiệt động lực học: Khí lý tưởng

1. Vài khái niệm (tt)

- **Áp suất chất khí** (*Pressure*): là lực mà khí tác dụng lên một đơn vị diện tích của thành bình theo phương vuông góc.

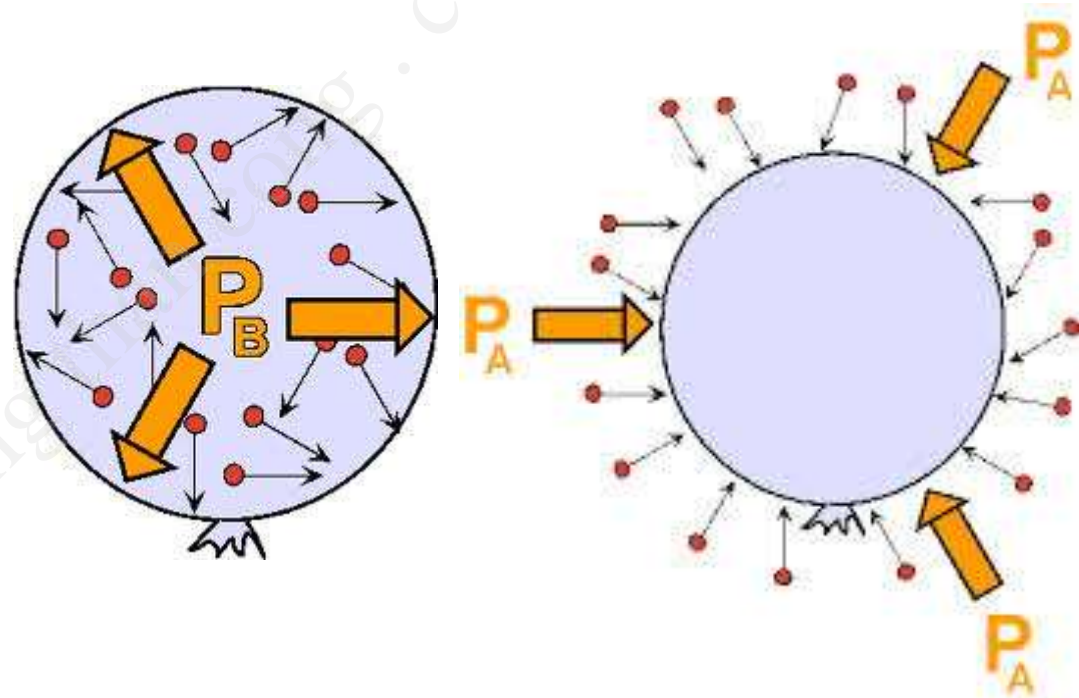
$$p = \frac{F}{\Delta S} \quad (\text{N/m}^2)$$

(F: lực tác dụng trên diện tích ΔS)

- Đơn vị:

$$\text{N/m}^2 = \text{Pa (Pascal)}$$

$$1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa}$$

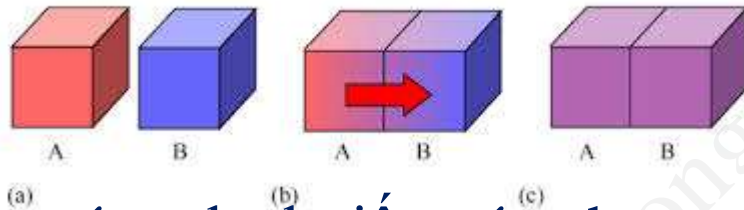


Technical atmosphere: $1 \text{ at} = 0,98066 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 736 \text{ mmHg (torr)}$

Standard atmosphere: $1 \text{ atm} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 760 \text{ mmHg}$

1. Vài khái niệm (tt)

- **Nhiệt, nhiệt lượng** (*Heat, Quantity of heat*)



Khi hai vật nóng, lạnh tiếp xúc nhau, vật lạnh dần ấm lên và vật nóng dần nguội xuống đến khi 2 vật cân bằng nhiệt. Nguyên nhân là do **quá trình truyền năng lượng từ vật nóng sang vật lạnh**. Năng lượng đó gọi là nhiệt hay nhiệt lượng.

Cần phân biệt giữa nhiệt độ (biến trạng thái) và nhiệt lượng (hàm quá trình)

Đơn vị của nhiệt lượng (thứ nguyên năng lượng): **J** (đơn vị SI)

Calori (Cal) là nhiệt lượng cần thiết để nâng nhiệt độ của một gam nước từ $14,5^{\circ}\text{C}$ lên $15,5^{\circ}\text{C}$. **$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$**

1. Vài khái niệm (tt)

- **Nhiệt dung riêng** (*Specific heat*) của một chất (c) là đại lượng có trị số bằng nhiệt lượng cần thiết truyền cho **một đơn vị khối lượng của vật** đó để nhiệt độ của nó tăng thêm 1°K .

Một chất khối lượng m nhận nhiệt δQ làm cho nhiệt độ tăng dT :

$$\delta Q = mc \cdot dT$$

\Rightarrow Nhiệt dung riêng:
$$c = \frac{1}{m} \frac{\delta Q}{dT} \quad (\text{J/kg.K})$$

- **Nhiệt dung mol** (*Molar heat capacity*): ứng với **1 mol** (μ).

\Rightarrow
$$C = \mu c \quad (\text{J/mol.K}) = (\text{kg/mol})(\text{J/kg.K})$$

\Rightarrow
$$\delta Q = \frac{m}{\mu} C \cdot dT$$

2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng

+ Định luật Boyle (1662) (Mariotte)

$$T = \text{const} \Rightarrow PV = \text{const} \Rightarrow PV = P_0 V_0$$

+ Định luật Charles (1787) (Gay-Lussac)

$$P = \text{const} \Rightarrow \frac{V}{T} = \frac{V_0}{T_0} \Rightarrow V = V_0 \frac{T_C + 273,15}{273,15} = V_0(1 + \alpha T_C)$$

$$V = \text{const} \Rightarrow \frac{p}{T} = \frac{p_0}{T_0} \Rightarrow p = p_0(1 + \alpha T_C)$$

+ Định luật Dalton về áp suất riêng phần (1801)

$$p_{\text{total}} = p_1 + p_2 + \dots + p_n = \sum_{i=1}^n p_i \quad (p_i: \text{áp suất riêng phần})$$

2. Phương trình trạng thái khí lý tưởng (tt)

+ Định luật khí lý tưởng Clapeyron (1834)

$$pV_{\mu} = R(T_C + 273,15) = RT$$

$$\Rightarrow pV = \frac{M}{\mu} RT = \frac{N}{N_A} RT = NkT$$

$$\Rightarrow p = \frac{N}{V} kT = n_0 kT$$

V: thể tích chất khí (m^3); V_{μ} : thể tích 1 mol khí

M: khối lượng của chất khí (kg).

μ : khối lượng mol của chất khí (kg).

$R \approx 8,31 \text{ J/mol.K}$: hằng số khí lý tưởng

$N_A = 6,0221367 \cdot 10^{23} / \text{mol}$: hằng số Avogadro

$k = R/N_A = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$: hằng số Boltzmann

3. Phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử chất khí

+ Thuyết động học về khí lý tưởng bao gồm những giả định:

- Chất khí bao gồm một số rất lớn các hạt rất nhỏ là phân tử hay nguyên tử. Kích thước phân tử rất nhỏ so với khoảng cách trung bình giữa chúng.
- Phân tử chuyển động nhanh hỗn loạn thường xuyên.
- Các phân tử không tương tác nhau trừ khi “thỉnh thoảng” các phân tử va chạm nhau và va chạm với thành bình là va chạm tuyệt đối đàn hồi.
- Động năng tịnh tiến trung bình của phân tử chỉ phụ thuộc nhiệt độ tuyệt đối của hệ.

3. Phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử chất khí (tt)

+ KLT gồm N phân tử khối lượng m trong bình lập phương cạnh a .

- Xét phân tử i chuyển động \vec{v}_i va chạm thành trái của bình.

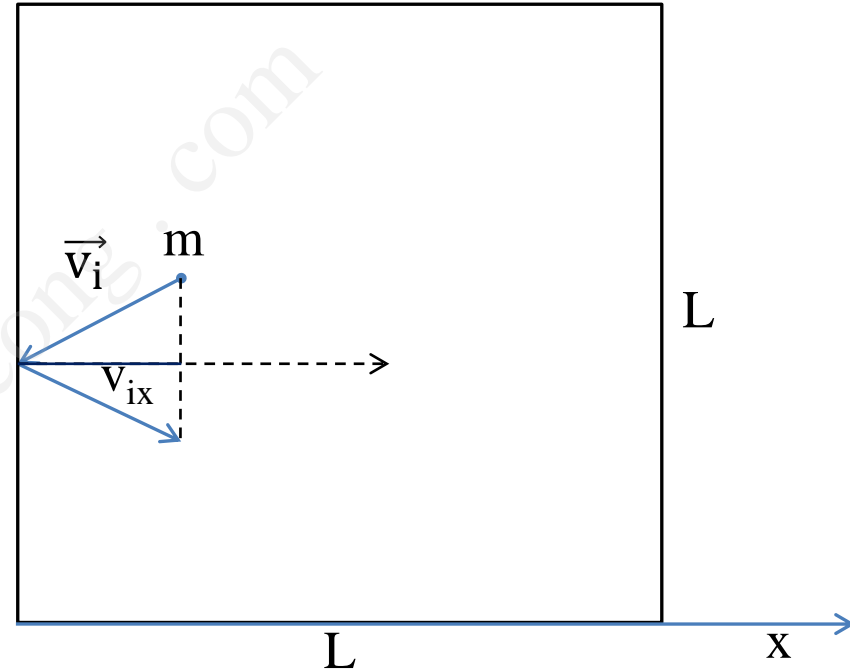
- Độ biến thiên động lượng thành trái nhận được: $\Delta p = 2mv_{ix}$

- Thời gian giữa 2 lần chạm thành trái: $\Delta t = 2L/v_{ix}$

- Lực do phân tử i tác động lên thành trái:

$$f_i = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{mv_{ix}^2}{L}$$

- Lực do hạt N phân tử tác động lên thành trái: $F = \sum_i f_i = N \frac{m\overline{v_x^2}}{L}$



3. Phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử chất khí (tt)

- Do sự bình đẳng của các phương

$$\Rightarrow \overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2} = 3\overline{v_x^2} \Rightarrow \overline{v_x^2} = \frac{\overline{v^2}}{3}$$

$$\Rightarrow F = \frac{Nm\overline{v^2}}{3L} = p.L^2 \quad (L^2 \text{ là diện tích thành trái})$$

- Áp suất p của chất khí theo thuyết động học phân tử:

$$p = \frac{Nm\overline{v^2}}{3L^3} = \frac{Nm\overline{v^2}}{3V} = \frac{2}{3}n_0 \frac{m\overline{v^2}}{2} \Rightarrow \boxed{p = \frac{2}{3}n_0 \overline{w_d}}$$

- Theo PT trạng thái khí lý tưởng: $p = n_0 kT$

\Rightarrow Động năng tịnh tiến trung bình của phân tử:

$$\boxed{\overline{w_d} = \frac{3}{2}kT}$$

4. Phương trình cơ bản của khí thực

+ Phương trình Van der Waals (1873)

Chất khí trong thực tế không thỏa mãn đầy đủ điều kiện của khí lý tưởng (mật độ không loãng, có tương tác hấp dẫn và điện từ giữa các phân tử gọi là lực tương tác phân tử,...) được gọi là khí thực. Phương trình trạng thái khí lý tưởng không thể áp dụng được cho các khí ở áp suất cao hay nhiệt độ thấp.

$$\left(p + \frac{a}{V_{\mu}^2}\right)(V_{\mu} - b) = RT \quad (\text{ứng với 1 mol})$$

$$\text{hay} \quad \left(p + \frac{M^2}{\mu^2} \frac{a}{V^2}\right)\left(V - \frac{M}{\mu} b\right) = \frac{M}{\mu} RT$$

a , b : số hiệu chỉnh áp suất và thể tích phụ thuộc loại khí.