



Chương 4: Khí lý tưởng



Bộ môn Vật lý – Khoa Khoa học Cơ bản – Trường Đại học Giao thông Vận tải

Những kiến thức mà sinh viên nắm bắt được khi kết thúc chương này



- Khảo sát đến các quá trình xảy ra bên trong vật, xét đến những quá trình liên quan đến cấu tạo của vật, như các hiện tượng nóng chảy hay bốc hơi khi vật bị đốt nóng...



- dựa trên phương pháp nhiệt động: nghiên cứu điều kiện biến hóa năng lượng từ dạng này sang dạng khác và nghiên cứu những biến đổi đó về mặt định lượng.





§1. Khái niệm cơ bản



§2. Các định luật thực nghiệm



§3. Phương trình trạng thái của khí lý tưởng



§4. Thuyết động học phân tử chất khí



§5. Nội năng khí lý tưởng

§1. Khái niệm cơ bản

1. Thông số trạng thái và phương trình trạng thái

- **Trạng thái** của một vật được xác định bởi một **tập hợp các tính chất**
- Mỗi **tính chất** thì được đặc trưng bởi một **đại lượng vật lý**

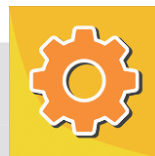
Các **đại lượng vật lý** thể hiện trạng thái của vật

hay

Các **đại lượng vật lý** được gọi là các **thông số trạng thái**



❖ **Phương trình trạng thái** là phương trình biểu diễn mối quan hệ giữa các thông số trạng thái (hay các đại lượng vật lý) của một vật



.....



.....



.....



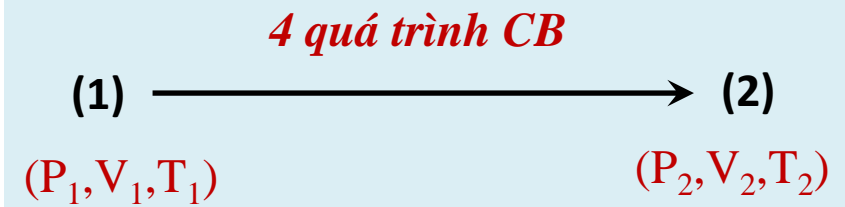
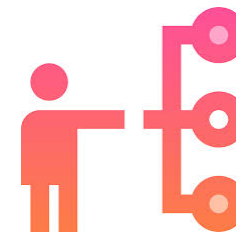
§1. Khái niệm cơ bản



❖ **Cụ thể, đối với một khối khí nhất định**

▪ Ở **một trạng thái** xác định, được đặc trưng bởi **3 thông số** trạng thái:

1. **Áp suất:** **P** [Pa] hay [N/m²]
2. **Thể tích:** **V** [m³]
3. **Nhiệt độ:** **T** [°K]



▪ Khi **chuyển trạng thái**, sự thay đổi của các thông số trạng thái phụ thuộc vào **4 quá trình** cân bằng:

1. Quá trình **đẳng tích:** (**$V_1 = V_2$**) và ($P_1 \neq P_2$); ($T_1 \neq T_2$)
2. Quá trình **đẳng áp:** (**$P_1 = P_2$**) và ($V_1 \neq V_2$); ($T_1 \neq T_2$)
3. Quá trình **đẳng nhiệt:** (**$T_1 = T_2$**) và ($P_1 \neq P_2$); ($V_1 \neq V_2$)
4. Quá trình **đoạn nhiệt:** (**$Q = 0$**) với ($V_1 \neq V_2$); ($P_1 \neq P_2$); ($T_1 \neq T_2$)

§1. Khái niệm cơ bản

2. Khái niệm áp suất, thể tích và nhiệt độ

a) Áp suất **P** [Pa] hay [N/m²]

- *Định nghĩa*: là đại lượng vật lý có giá trị bằng lực nén vuông góc lên một đơn vị diện tích

$$P = \frac{F}{\Delta S}$$

- *Đơn vị*: 1(at) = 1,013(bar) = 736(mmHg) = 736(tor) = **9,81.10⁴ (N/m²) = 9,81.10⁴ (Pa)**



b) Thể tích **V** [m³]

- *Định nghĩa*: * **Thể Tích (Volume)**: là *khoảng không gian* mà vật (chất rắn, lỏng hoặc khí) chiếm chỗ.

* **Dung Tích (Capacity)**: là *sức chứa tối đa* mà vật có thể chứa đựng một khối chất khác có thể là rắn, lỏng hoặc khí.

- *Đơn vị*: 1(l) = 1(dm³) = **10⁻³ (m³)**



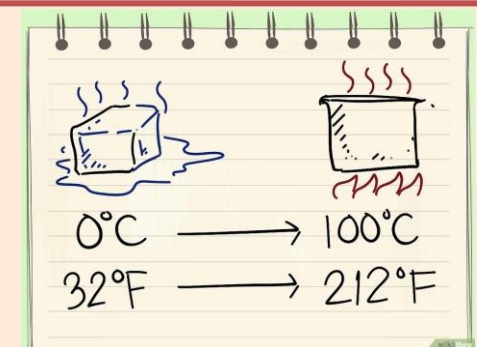
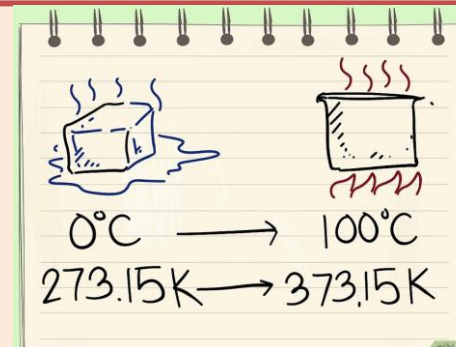
c) Nhiệt độ **T** [°K]

- *Định nghĩa*: là đại lượng vật lý đặc trưng cho mức độ chuyển động hỗn loạn phân tử của các vật

- *Đơn vị*:

$$T(^{\circ}\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273$$

$$T(^{\circ}\text{F}) = [(t(^{\circ}\text{C}) \times 1,8) + 32]$$



§1. Khái niệm cơ bản



- Khối lượng: m [kg]
 - Định nghĩa: * Khối lượng của vật chỉ lượng chất tạo thành vật đó (kg)
 - * Trọng lượng của vật là cường độ của trọng lực tác dụng lên vật đó. Nó phụ thuộc vào khối lượng của vật và gia tốc trọng trường (N)

- Đơn vị:

$$1(\text{g}) = 10^{-3}(\text{kg})$$

Cứ 1 (kmol) chất khí bất kỳ thì: * có khối lượng $m = \mu$ (kg)

* chứa trong chất số $N_A = 6,023 \cdot 10^{26}$ (phân tử)

Ví dụ: * có 2 (kmol) $\text{O}_2 \Rightarrow m_{\text{O}_2} = 2 \cdot 32 = 64$ (kg)

* có 5 (mol) $\text{CO}_2 \Rightarrow m_{\text{CO}_2} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 44 = 220 \cdot 10^{-3}$ (kg)

* $\frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_A}$ do đó, nếu có $5 \cdot 10^{21}$ (phân tử H_2) $\Rightarrow m = \frac{N}{N_A} \cdot \mu = \frac{5 \cdot 10^{21}}{6,023 \cdot 10^{26}} \cdot 2 \approx 1,66 \cdot 10^{-5}$ (kg)



§2. Các định luật thực nghiệm



1. Định luật Boyle-Mariotte

- **Phát biểu:** Trong quá trình đẳng nhiệt của một khối khí xác định, tích số của áp suất và thể tích là một hằng số

- **Công thức:**

$$\left. \begin{array}{l} T_1 = T_2 \\ m = \text{const} \end{array} \right\} \begin{array}{l} P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (4-1) \quad (\text{hay } PV = \text{const}) \\ (1) \xrightarrow{\hspace{2cm}} (2) \\ (P_1, V_1, T_1) \hspace{10em} (P_2, V_2, T_2) \end{array}$$



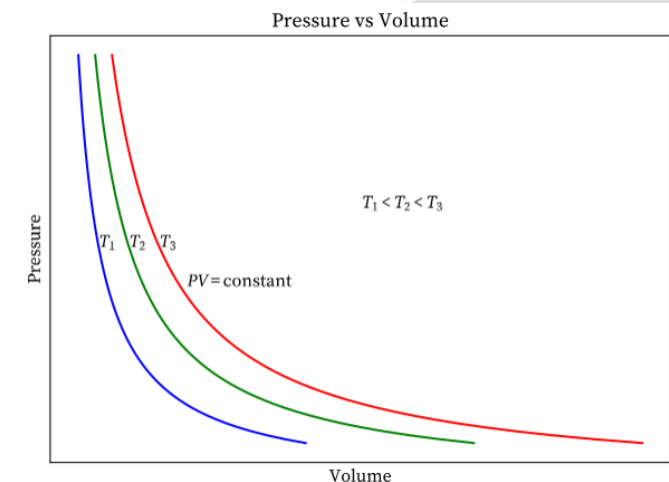
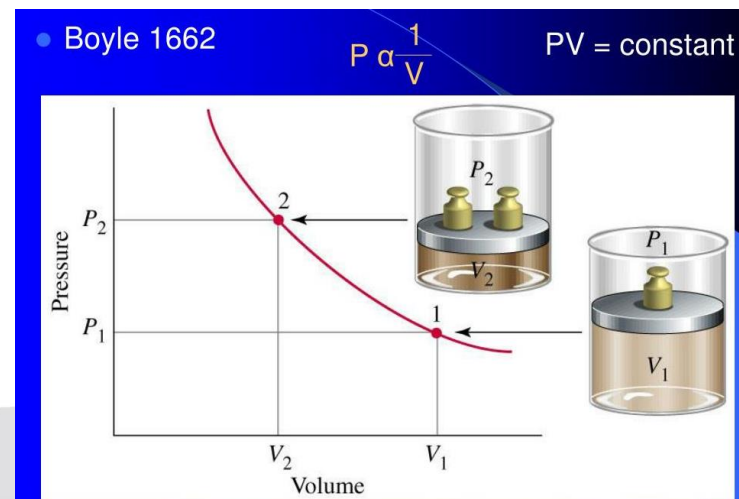
1627-1691



1620-1684

- **Đồ thị:**

- Đường đẳng nhiệt là đường cong Hypebol (H)
- Ứng với các nhiệt độ khác nhau, có các đường đẳng nhiệt khác nhau
- Nhiệt độ càng cao, đường đẳng nhiệt càng xa điểm gốc



§2. Các định luật thực nghiệm



1778-1850

2. Định luật Gay-Lussac

- Phát biểu:

- Trong quá trình đẳng tích của một khối khí xác định, áp suất tỷ lệ với nhiệt độ tuyệt đối
- Trong quá trình đẳng áp của một khối khí xác định, thể tích tỷ lệ với nhiệt độ tuyệt đối

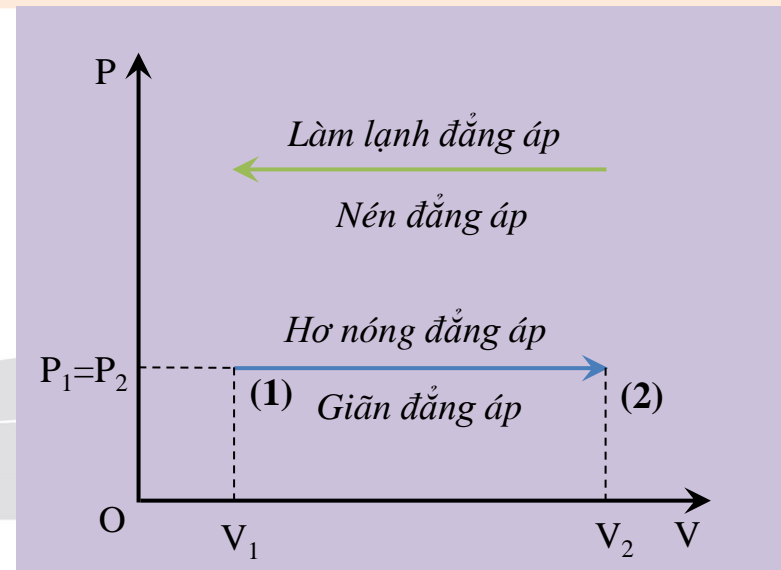
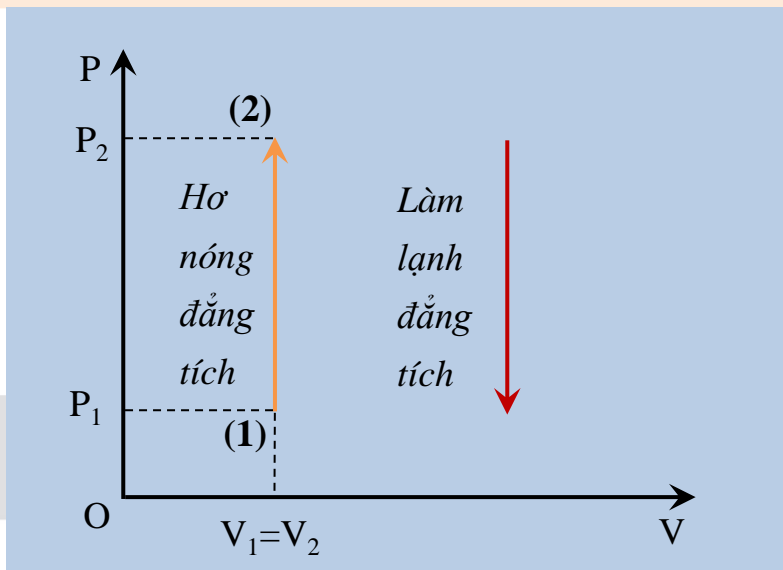
- Công thức: a. $V_1 = V_2$
 $m = \text{const}$ } $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ (4-2) (hay $P/T = \text{const}$)

b. $P_1 = P_2$
 $m = \text{const}$ } $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ (4-3) (hay $V/T = \text{const}$)

(1) \longrightarrow (2)
(P_1, V_1, T_1) (P_2, V_2, T_2)

- Đồ thị:

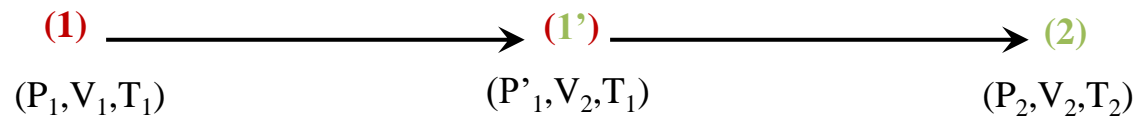
Đường đẳng tích là đường thẳng, // trục OP



Đường đẳng áp là đường thẳng, // trục OV

§3. Phương trình trạng thái của khí lý tưởng (Phương trình Clapeyron-Mendeleev)

➤ Xét quá trình chuyển trạng thái từ (1) đến (2) của **1(kmol) chất khí bất kỳ**



- Quá trình (1-1') là quá trình đẳng nhiệt (do $T_1 = \text{const}$)

Từ (4-1) ta có: $P_1 V_1 = P'_1 V_2$ (*)

- Quá trình (1'-2) là quá trình đẳng tích (do $V_2 = \text{const}$)

Từ (4-2) ta có: $\frac{P'_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ (**)

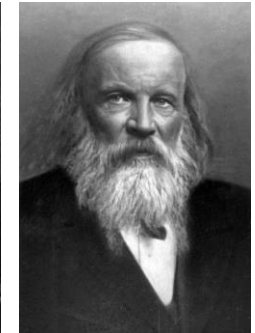
❖ Từ (*), (**) suy ra: $P_1 V_1 = T_1 \frac{P_2}{T_2} \cdot V_2 \Leftrightarrow \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \dots = \frac{P_n V_n}{T_n}$ (***)

\Rightarrow từ (***) thấy: $\frac{PV}{T} = \text{hằng số} = R \Rightarrow PV = RT$

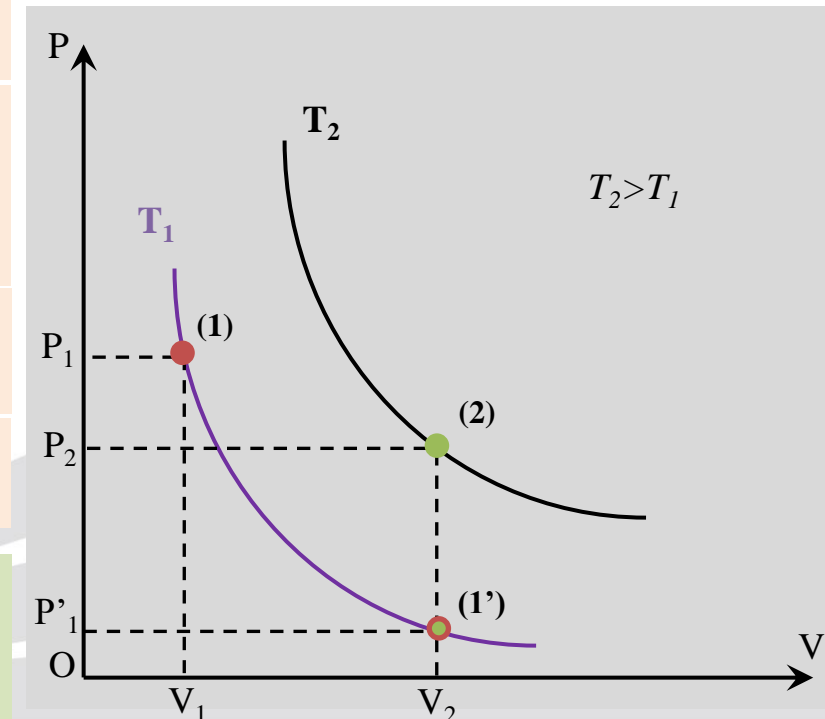
✓ Vậy với 1 chất khí có khối lượng **m(kg) bất kỳ** thì: $\Rightarrow PV = \frac{m}{\mu} RT$ (4-4)
($PV = nRT$)



(1799-1864)

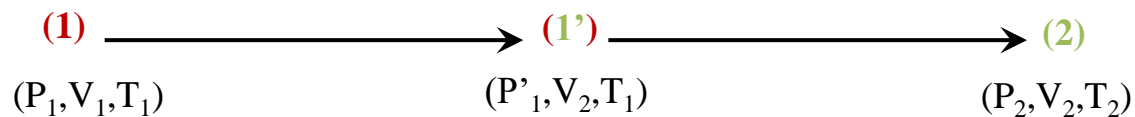


(1834-1907)



§3. Phương trình trạng thái của khí lý tưởng

(Phương trình Clapeyron-Mendeleev)



➤ Giá trị của hằng số khí lý tưởng R: ta biết $PV=RT \Rightarrow [R] = \frac{[P].[V]}{[T]}$

- Theo định luật Avogadro, ở đktc, với **1(mol) khí** bất kỳ:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_0 = 760 \text{ (mmHg)} = 1,033 \text{ (at)} = 1,013.10^5 \text{ (Pa)} \\ V_0 = 22,4 \text{ (l)} = 22,4.10^{-3} \text{ (m}^3\text{)} \\ T_0 = 273 \text{ (}^\circ\text{K)} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow R = \frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{1,013.10^5.22,4.10^{-3}}{273} = 8,31 \text{ (J/mol.K)}$$

= > với **1(kmol) khí** bất kỳ (có $m = \mu$ (kg)) thì **$R = 8,31.10^3 \text{ (J/kmol.K)}$**



$$\left\{ \begin{array}{l} m \text{ [kg]} \\ P \text{ [Pa]} \\ V \text{ [m}^3\text{]} \\ T \text{ [}^\circ\text{K]} \end{array} \right. \quad R = 8,31.10^3 \left(\frac{\text{J}}{\text{kmol.K}} \right)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m \text{ [kg]} \\ P \text{ [at]} \\ V \text{ [m}^3\text{]} \\ T \text{ [}^\circ\text{K]} \end{array} \right. \quad R = 0,0848 \left(\frac{\text{m}^3.\text{at}}{\text{kmol.K}} \right) \text{ hay } \left(\frac{\text{l.at}}{\text{mol.K}} \right) \left\{ \begin{array}{l} m \text{ [g]} \\ P \text{ [at]} \\ V \text{ [l]} \\ T \text{ [}^\circ\text{K]} \end{array} \right.$$



- ✓ Các phương trình (4-1),(4-2),(4-3) được gọi là các **phương trình quá trình**
- ✓ Phương trình (4-4) được gọi là các **phương trình trạng thái khí lý tưởng**

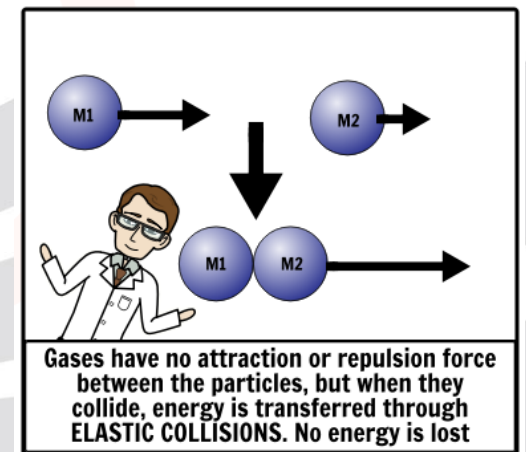
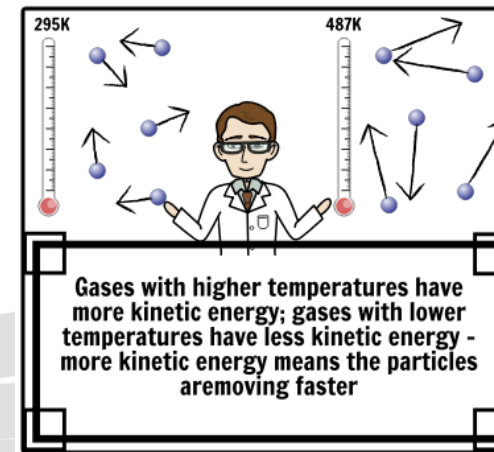
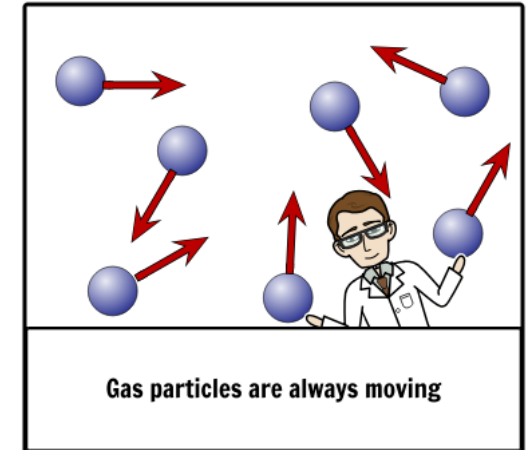
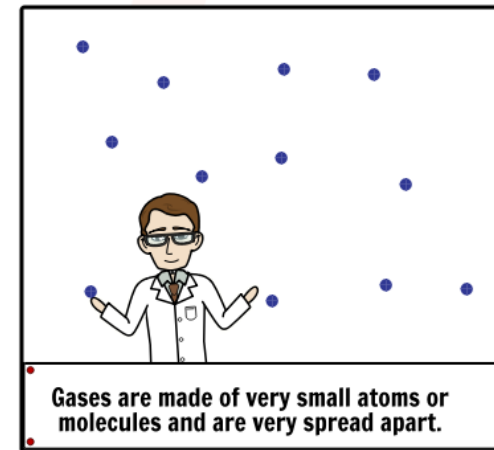
$$(1) \xrightarrow{\quad} (2) \quad P_1 V_1 = \frac{m}{\mu} R T_1 \quad P_2 V_2 = \frac{m}{\mu} R T_2$$

§4. Thuyết động học phân tử chất khí



1. Các chất khí có cấu tạo gián đoạn và gồm một số rất lớn các phân tử.
2. Các phân tử chuyển động hỗn loạn không ngừng, chúng va chạm với nhau và va chạm với thành bình.
3. Cường độ chuyển động của các phân tử biểu hiện ở nhiệt độ của khối khí. Chuyển động của phân tử càng mạnh thì nhiệt độ càng cao. Nhiệt độ tuyệt đối tỷ lệ với động năng tịnh tiến trung bình của các phân tử. $T \sim \overline{W_d}$
4. Kích thước của các phân tử rất nhỏ so với khoảng cách giữa chúng. Khi tính toán, ta có thể bỏ qua kích thước phân tử, nghĩa là phân tử được xem như chất điểm.
5. Các phân tử không tương tác với nhau trừ khi va chạm. Va chạm giữa các phân tử và giữa phân tử với thành bình là va chạm đàn hồi.

❖ <https://www.youtube.com/watch?v=UMXSNjjUVt4>



§4. Thuyết động học phân tử chất khí



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

$$P = \frac{2}{3} \cdot n_0 \cdot \overline{W_{đtt}} \quad (4-5)$$

- P – áp suất chất khí [Pa]
- n_0 – mật độ phân tử chất khí [$\frac{\text{phân tử}}{m^3}$]
- $\overline{W_{đtt}}$ – động năng chuyển động tịnh tiến trung bình của 1 phân tử khí [J]

➤ **Lưu ý:** - P được đo bằng lực va chạm vuông góc của các phân tử khí lên 1 đơn vị diện tích thành bình.

- Mật độ phân tử chất khí n_0 chính là số phân tử khí trên 1 đơn vị thể tích bình, do đó:

$$n_0 = \frac{N_A}{V_0} = \frac{N}{V} \quad \text{với} \quad \frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_A} = \frac{V}{V_0}$$

trong đó: $N_A = 6,023 \cdot 10^{26}$, V_0 – số phân tử, thể tích của 1 (kmol) khí bất kỳ

N , V – số phân tử, thể tích của m (kg) khí bất kỳ

- $\overline{W_{đtt}} = \frac{m \cdot \overline{v^2}}{2}$ - động năng chuyển động tịnh tiến trung bình của 1 phân tử khí (hay của 1 chất điểm)

§4. Thuyết động học phân tử chất khí



❖ Các hệ quả của thuyết động học phân tử chất khí

a) Hệ quả 1: Động năng tịnh tiến trung bình của mỗi phân tử khí $\overline{W_{đtt}}$ [J]

- Xét 1 (kmol) khí lý tưởng: (có $m = \mu$ (kg) và chứa $N_A = 6,023 \cdot 10^{26}$ (phân tử))
- Phương trình trạng thái khí lý tưởng là: $P \cdot V_0 = R \cdot T$ (*)
- Mặt khác, theo thuyết động học phân tử chất khí: $P = \frac{2}{3} \cdot n_0 \cdot \overline{W_{đtt}}$ (**)

\Rightarrow kết hợp (*) và (**), ta được: $\frac{2}{3} \cdot n_0 \cdot \overline{W_{đtt}} \cdot V_0 = R \cdot T$

$$\Leftrightarrow \overline{W_{đtt}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{R}{n_0 \cdot V_0} \cdot T \quad \text{mà } \frac{R}{n_0 \cdot V_0} = \frac{R}{N_A} = k = \frac{8,31 \cdot 10^3}{6,023 \cdot 10^{26}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \left(\frac{J}{K}\right) - \text{hằng số Boltzmann}$$

$$\Leftrightarrow \overline{W_{đtt}} = \frac{3}{2} k \cdot T \quad (4-6)$$

➤ **Nhận xét:** « Không tồn tại nhiệt độ $0^\circ K$ » hay « Vật chất luôn luôn vận động và biến đổi không ngừng »

§4. Thuyết động học phân tử chất khí



b) **Hệ quả 2:** vận tốc căn quân phương $\sqrt{\overline{v^2}}$ [$\frac{m}{s}$]

- Vì kích thước của các phân tử khí rất nhỏ so với khoảng cách giữa chúng. Cho nên ta có thể bỏ qua kích thước phân tử, nghĩa là mỗi phân tử khí được xem như một chất điểm.

⇒ Xét **1 phân tử khí** (hay 1 chất điểm), ta có:

- Động năng tịnh tiến trung bình của mỗi phân tử khí: $\overline{W_{đtt}} = \frac{3}{2} k \cdot T$
- Động năng của chất điểm: $\overline{W_{đtt}} = \frac{m \cdot \overline{v^2}}{2}$

$$\Rightarrow \frac{3}{2} k \cdot T = \frac{m \cdot \overline{v^2}}{2} \quad \Rightarrow \overline{v^2} = \frac{3k \cdot T}{m} \quad \Rightarrow \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3k \cdot T}{m}} \quad (4-7)$$

➤ **Nhận xét:** vận tốc căn quân phương đặc trưng cho **mức độ chuyển động hỗn loạn** của các phân tử.

- **Khi $N = 1$** , thay $k = \frac{R}{N_A}$ vào, ta được: $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3k \cdot T}{m}} = \sqrt{\frac{3R \cdot T}{\mu}}$

§4. Thuyết động học phân tử chất khí



c) Hệ quả 3: mật độ phân tử khí n_0 [$\frac{\text{phân tử}}{m^3}$]

- Theo thuyết động học phân tử chất khí: $P = \frac{2}{3} \cdot n_0 \cdot \overline{W_{đtt}}$ (*)
- Mặt khác: động năng tịnh tiến trung bình của mỗi phân tử khí: $\overline{W_{đtt}} = \frac{3}{2} k \cdot T$ (**)

\Rightarrow Thay (**) vào (*), ta được: $P = \frac{2}{3} \cdot n_0 \cdot \frac{3}{2} k \cdot T$

$$\Leftrightarrow P = n_0 \cdot k \cdot T$$

$$\Leftrightarrow n_0 = \frac{P}{k \cdot T} \quad (4-8)$$

➤ **Nhận xét:** nếu các chất khí khác nhau ở **cùng một điều kiện áp suất và nhiệt độ** thì sẽ có mật độ phân tử khí **bằng nhau**

§4. Thuyết động học phân tử chất khí



d) Hệ quả 4: định luật Dalton (tính áp suất hỗn hợp khí)

➤ **Phát biểu:** Áp suất của một hỗn hợp khí đựng trong cùng một bình V, ở cùng một nhiệt độ T thì bằng tổng áp suất riêng phần của từng chất khí trong hỗn hợp.

➤ **Công thức:**
$$\left\{ \begin{array}{l} V = \text{const} \\ T = \text{const} \end{array} \right. \quad P_{hh} = \sum_i P_i = P_1 + P_2 + P_3 + \dots \quad (4-9)$$

§4. Thuyết động học phân tử chất khí

a) Hệ quả 1: Động năng tịnh tiến trung bình của mỗi phân tử khí $\overline{W_{đtt}}$ [J]

$$\overline{W_{đtt}} = \frac{3}{2} k \cdot T$$

trong đó: $\overline{W_{đtt}}$ - động năng chuyển động tịnh tiến trung bình của **1 phân tử khí** [J]

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \left(\frac{J}{K}\right)$ – hằng số Boltzmann

T – nhiệt độ của chất khí [°K]

b) Hệ quả 2: vận tốc căn quân phương $\sqrt{\overline{v^2}}$ $\left[\frac{m}{s}\right]$

$$\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3k \cdot T}{m}}$$

trong đó: m – khối lượng của phân tử khí [kg]

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \left(\frac{J}{K}\right)$ – hằng số Boltzmann

T – nhiệt độ của chất khí [°K]

c) Hệ quả 3: mật độ phân tử khí n_0 $\left[\frac{\text{phân tử}}{m^3}\right]$

$$n_0 = \frac{P}{k \cdot T}$$

trong đó: P – áp suất chất khí [Pa]

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \left(\frac{J}{K}\right)$ – hằng số Boltzmann

T – nhiệt độ của chất khí [°K]

d) Hệ quả 4: định luật Dalton (tính áp suất hỗn hợp khí)

➤ **Phát biểu**: Áp suất của một hỗn hợp khí đựng trong **cùng một bình V**, ở **cùng một nhiệt độ T** thì bằng tổng áp suất riêng phần của từng chất khí trong hỗn hợp.

➤ **Công thức**:

$$\left\{ \begin{array}{l} V = \text{const} \\ T = \text{const} \end{array} \right.$$

$$P_{hh} = \sum_i P_i = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

§5. Nội năng khí lý tưởng

1. Định luật phân bố đều năng lượng theo bậc tự do

a) Số bậc tự do của phân tử (i)

- **Định nghĩa:** Số bậc tự do của phân tử chính là **số tọa độ** độc lập cần thiết để xác định **vị trí** của phân tử đó trong **không gian**.
- **Nhận xét:**
 - Phân tử **đơn** nguyên tử (He, Ar, Ne...): $i = 3$
 - Phân tử **lưỡng** nguyên tử (H_2 , O_2 , N_2 ...): $i = 5$
 - Phân tử **đa** nguyên tử - từ 3 nguyên tử trở lên (CO_2 , NH_3 , H_2O ...): $i = 6$

b) Định luật phân bố đều năng lượng theo bậc tự do

- **Phát biểu:** Động năng trung bình của phân tử được phân bố đều cho các bậc tự do và năng lượng ứng với mỗi bậc tự do là $\frac{k.T}{2}$
 - **Nhận xét:** ta có $\overline{W_{đtt}} = \frac{m.v^2}{2} = \frac{3}{2}k.T$ – đây chính là năng lượng tương ứng với 3 bậc tự do của chuyển động tịnh tiến
 - Ta biết: $\overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2}$
 - Do tính chất chuyển động hỗn loạn của các phân tử khí, nên: $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$
- } năng lượng ứng với **1 bậc tự do** của c/đ tịnh tiến là $\frac{1}{2}k.T$
- * Maxwell cũng tính ra năng lượng ứng với **1 bậc tự do** của c/đ quay cũng là $\frac{1}{2}k.T$

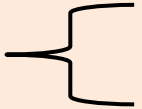
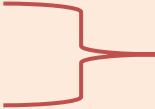
§5. Nội năng khí lý tưởng

2. Nội năng khí lý tưởng U [J]

a) Nội năng

➤ **Định nghĩa:** Nội năng của một vật là phần năng lượng tương ứng với những chuyển động bên trong vật

➤ **Đối với khí lý tưởng:** Do xem mỗi phân tử khí là 1 chất điểm, không tương tác với nhau nên nội năng của khí lý tưởng (hay *năng lượng ứng với chuyển động nhiệt* của các phân tử khí) có giá trị bằng *tổng năng lượng ứng với chuyển động tịnh tiến và năng lượng ứng với chuyển động quay của các phân tử khí*.

Chuyển động nhiệt		Chuyển động tịnh tiến		$U = U_{tt} + U_q$	(4-10)
		Chuyển động quay			

➤ Lưu ý

- Khí lý tưởng là khí tuân theo hoàn toàn chính xác các định luật thực nghiệm
- Các chất khí ở điều kiện áp suất và nhiệt độ phòng được coi là khí lý tưởng
- Nếu $T \leq T_{hóa lỏng}$, hoặc $P \geq 500$ (at), các chất khí là các khí thực ($U_{thực} = U + W_{tương tác}$)

§5. Nội năng khí lý tưởng

b) Biểu thức nội năng khí lý tưởng U[J]

➤ Theo định luật phân bố đều năng lượng theo bậc tự do:

- Năng lượng ứng với 1 bậc tự do là $\frac{1}{2}k.T$ \Rightarrow Năng lượng của **1 phân tử** khí (ứng với **i bậc** tự do) là $\frac{i}{2}k.T$

➤ **Đối với 1 (kmol) khí lý tưởng:** (có $m = \mu$ (kg) và chứa $N_A = 6,023.10^{26}$ (phân tử))

Ta có:
$$U_0 = \frac{i}{2}kT \cdot N_A = \frac{i}{2} \cdot k \cdot N_A \cdot T = \frac{i}{2}RT \quad (4-11)$$

do $k = \frac{R}{N_A}$ và $\frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_A}$

➤ **Đối với m (kg) khí bất kỳ**

Ta có:
$$U = \frac{i}{2}kT \cdot N = \frac{i}{2}kT \cdot \frac{m}{\mu} N_A = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{i}{2} \cdot k N_A \cdot T \Rightarrow U = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{i}{2} \cdot R \cdot T \quad (4-12)$$

trong đó: m – khối lượng chất khí [kg]

μ – khối lượng phân tử chất khí ($\frac{kg}{kmol}$)

i – số bậc tự do của phân tử khí

$R = 8,31 \cdot 10^3 (\frac{J}{kmol \cdot K})$ – hằng số khí lý tưởng

T – nhiệt độ của chất khí [K]

➤ **Lưu ý:**

- Ta biết Động năng tịnh tiến trung bình của mỗi phân tử khí: $\overline{W_{đtt}} = \frac{3}{2}k.T \Rightarrow U_{tt} = \frac{3}{2}kT \cdot N = \frac{3}{2}kT \cdot \frac{m}{\mu} N_A = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{3}{2} \cdot R \cdot T \quad (4-13)$

- Mà: theo (4-10) $U = U_{tt} + U_q \Rightarrow U_q = U - U_{tt} = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{i}{2} \cdot R \cdot T - \frac{m}{\mu} \cdot \frac{3}{2} \cdot R \cdot T \Rightarrow U_q = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{(i-3)}{2} \cdot R \cdot T \quad (4-14)$

§5. Nội năng khí lý tưởng

➤ *Nhận xét:*

$$\begin{array}{ccc} (1) & \longrightarrow & (2) \\ (P_1, V_1, T_1) & & (P_2, V_2, T_2) \\ P_1 V_1 = \frac{m}{\mu} R T_1 & & P_2 V_2 = \frac{m}{\mu} R T_2 \\ U_1 = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{i}{2} \cdot R \cdot T_1 & & U_2 = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{i}{2} \cdot R \cdot T_2 \\ \Rightarrow \Delta U = U_2 - U_1 = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{i}{2} \cdot R \cdot (T_2 - T_1) & (4-15) \end{array}$$

✓ Nội năng U là hàm trạng thái, luôn dương, phụ thuộc thông số trạng thái nhiệt độ T , hay $U = f(T)$

- Nếu hơi nóng ($T_2 > T_1$) thì ($U_2 > U_1$) $\Rightarrow \Delta U > 0$
- Nếu làm lạnh ($T_2 < T_1$) thì ($U_2 < U_1$) $\Rightarrow \Delta U < 0$

Câu 3 (3,5đ). Một vật được thả rơi từ một khí cầu ở độ cao $h=800\text{m}$. Hỏi sau bao lâu vật rơi tới đất nếu khi thả:

a) Khí cầu đang bay lên thẳng đứng với vận tốc $v_1=6\text{m/s}$

b) Khí cầu đang hạ xuống thẳng đứng với vận tốc $v_2=4\text{m/s}$

Bỏ qua sức cản của không khí. Lấy $g = 9,8 \text{ (m/s}^2 \text{)}$.

Câu 4 (3,5đ). Có 3 (kg) khí đựng trong một bình áp suất $15 \cdot 10^6$ (Pa). Lấy ra khỏi bình một lượng khí cho tới khi áp suất còn là 10^7 (Pa). Cho biết nhiệt độ khí không thay đổi. Hỏi lượng khí lấy ra là bao nhiêu.