

CHƯƠNG V: KHÍ LÝ TƯỞNG

1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM:

1.1. Khí lý tưởng: là chất khí thỏa mãn hai điều kiện sau

- * Lực tương tác giữa các phân tử tạo thành chất khí không đáng kể

- * Kích thước các phân tử không đáng kể và có thể bỏ qua

Trạng thái của một hệ nhiệt động được xác định bởi các thông số trạng thái

1.2. Thông số trạng thái là các tính chất đặc trưng của hệ

Thông số trạng thái: p , V , T , m .

1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM:

1.Áp suất:

Đặc trưng cho mức độ tác dụng của các phân tử khí lên thành bình

Đơn vị: N/m^2 ; Pascal (Pa)

$$\frac{N}{m^2} = Pa$$

$$at = 9,81.10^4 Pa = 736 mmHg$$

$$atm = 1,013.10^5 Pa \text{ tại } 0^\circ C, \text{ điều kiện tiêu chuẩn}$$

1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM:

2. Nhiệt độ:

Đặc trưng cho độ nóng lạnh của một vật

Thang đo nhiệt thường sử dụng là:

*** Nhiệt độ tuyệt đối (K-Kelvin): TK**

*** Nhiệt độ bách phân (°C - Celsius): t°C**

$$TK = t^{\circ}C + 273$$

CHƯƠNG IV: KHÍ LÝ TƯỞNG

3. Thể tích:

- *Miền không gian mà các phân tử khí chuyển động
- * Đối với khí lý tưởng thể tích của bình chứa là thể tích của khối khí
- *Đơn vị: m^3 , lít (l)

2. PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI KHÍ LÝ TƯỞNG:

$$p \cdot V = \frac{m}{\mu} RT$$

- m: khối lượng của chất khí (kg, g).
- μ : khối lượng của một kilomol chất khí.
(ví dụ O_2 có $=32 \text{ Kg/Kmol} = 32 \text{ g/mol}$)
- V : thể tích của khối khí (m^3).
- $R = 8,31 \cdot 10^3 \text{ (J/kmol.K)}$: hằng số khí lý tưởng.
- $R = 8,31 \text{ (J/mol.K)}$
- T: nhiệt độ của khối khí ($^{\circ}\text{K}$)

PTTT khí lý tưởng còn có thể biểu diễn dưới dạng:

$$p \cdot V = N k_B T$$

k_B : hằng số Boltzman

$$k_B = 1,37 \cdot 10^{-23} \text{ (J/K)}$$

2. PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI KHÍ LÝ TƯỞNG:

Một số trường hợp riêng:

Với một khối khí ($m = \text{const}$):

a) Quá trình đẳng nhiệt ($T = \text{const}$):

$$pV = \text{const}$$

(định luật Boyle-Mariotte)

b) Quá trình đẳng áp ($p = \text{const}$):

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

(định luật Gay-Lussac)

c) Quá trình đẳng tích ($V = \text{const}$):

$$\frac{p}{T} = \text{const}$$

(định luật Charles)

3. THUYẾT ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ CHẤT KHÍ

3.1. Phương trình cơ bản của thuyết động học phân tử về chất khí:

$$p = \frac{2}{3} n \overline{E_d}$$

Trong đó:

p : áp suất do lực va chạm của phân tử khí lên thành bình

$n = \frac{N}{V}$: số phân tử khí trong một đơn vị thể tích

$\overline{E_d} = \frac{1}{2} m \overline{v^2}$: động năng tịnh tiến trung bình của một phân tử khí

3. THUYẾT ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ CHẤT KHÍ

3.2. Hệ quả:

$$\overline{E_d} = \frac{3}{2} k_B T$$

- Động năng tịnh tiến trung bình của một phân tử tỉ lệ với nhiệt độ tuyệt đối
- Ý nghĩa vật lý của nhiệt độ: nhiệt độ là thông số vĩ mô phản ánh mức độ vận động của các phân tử cấu tạo nên các vật

3. THUYẾT ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ CHẤT KHÍ

3.3. Nội năng của khí lý tưởng:

Nội năng = **Động năng** + **thế năng tương tác** giữa các phân tử + **W dao động** của các nguyên tử.

Bỏ qua tương tác -> **Nội năng của khí lý tưởng bằng tổng động năng của các phân tử.**

Nội năng của khối khí:

$$U = N \cdot \frac{i}{2} k_B T$$

$$U = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} RT$$

3. THUYẾT ĐỘNG HỌC PHÂN TỬ CHẤT KHÍ

Độ biến thiên nội năng:

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R \Delta T$$

Trong đó:

i : số bậc tự do của phân tử

Phân tử đơn nguyên tử có $i=3$

→ Phân tử gồm hai nguyên tử: $i=5$

→ Phân tử gồm ba nguyên tử: $i=6$

$\Delta T = T_2 - T_1$: độ biến thiên nhiệt độ của khối khí

4. SỰ PHÂN BỐ VẬN TỐC CỦA CÁC PHÂN TỬ KHÍ

Phân bố Maxwell

Dạng của hàm phân bố Maxwell về vận tốc:

$$f(v) = f(v_x, v_y, v_z) = \left(\frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{\frac{3}{2}} \exp \left(-\frac{mv^2}{2k_B T} \right)$$

Hàm phân bố Maxwell theo độ lớn của vận tốc:

$$F(v) = 4\pi v^2 f(v) = \pi v^2 \left(\frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} \exp \left(-\frac{mv^2}{2k_B T} \right)$$

4. SỰ PHÂN BỐ VẬN TỐC CỦA CÁC PHÂN TỬ KHÍ

* *Vận tốc trung bình số học* của phân tử khí

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8k_B T}{\pi m}}$$

* *Vận tốc quân phương* của các phân tử

$$v_{qp} = \sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$$

4. SỰ PHÂN BỐ VẬN TỐC CỦA CÁC PHÂN TỬ KHÍ

Phân bố Boltzmann

* Sự phân bố các phân tử theo độ cao cũng là sự phân bố theo thế năng:

$$n = n_0 \exp\left(-\frac{u}{k_B T}\right)$$

Trong đó:

n_0 : mật độ phân tử ở độ cao $h = 0$

$u = mgh$: thế năng phân tử ở độ cao h

CHƯƠNG V: KHÍ LÝ TƯỞNG

Bài 1.(Cơ nhiệt đại cương - Thầy Nguyễn Thành Vần)

Trong bình thể tích 2 lít chứa 10 g khí Oxy ở áp suất 680 mmHg.
Tìm: số phân tử khí chứa trong bình, khối lượng riêng của khối khí và nhiệt độ của khối khí.

$$m_{Oxy} = 10g$$

$$V = 2 \text{ l}$$

$$p = 680 \text{ mmHg} = \frac{680}{760} \text{ atm} = \frac{680}{760} \cdot 1,01 \cdot 10^5 = 0,89 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\mu_{Oxy} = 32 \left(\frac{g}{mol} \right) = 32 \left(\frac{kg}{kmol} \right)$$

$$N = ?$$

$$D = ?$$

$$T = ?$$

CHƯƠNG IV: KHÍ LÝ TƯỞNG

Ta có:

$$\frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_A} \Rightarrow N = \frac{m \cdot N_A}{\mu} = \frac{10.6,023.10^{23}}{32} = 1,88.10^{23} \text{ phân tử}$$

$$D = \frac{m}{V} = \frac{0,01}{2.10^{-3}} = 5 \text{ kg/m}^3$$

Áp dụng PTTT KLT:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$\Rightarrow T = \frac{p \cdot V \cdot \mu}{m \cdot R} = \frac{0,89.10^5 \cdot 2.10^{-3} \cdot 32}{0,018,31.10^3} = 69 \text{ K}$$

CHƯƠNG V: KHÍ LÝ TƯỞNG

Bài 2.(Cơ nhiệt đại cương - Thầy Nguyễn Thành Vần)

Có 1 g khí Hydro đựng trong một bình có thể tích 4 lít. Tìm mật độ phân tử của chất khí đó.

$$\begin{aligned} m &= 1g \\ V &= 4 \text{ l} \\ n &= ? \end{aligned} \quad \mu_{Hydro} = 2 \left(\frac{g}{mol} \right) = 2 \left(\frac{kg}{kmol} \right)$$

Mật độ phân tử chất khí

$$n = \frac{N}{V}$$

Ta có: $\frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_A}$

$$\Rightarrow N = \frac{m \cdot N_A}{\mu} = \frac{10^{-3} \cdot 6,023 \cdot 10^{26}}{2} = 3,0115 \cdot 10^{23} \text{ phân tử}$$

$$\Rightarrow n = \frac{N}{V} = \frac{3,0115 \cdot 10^{23}}{4 \cdot 10^{-3}} = 0,753 \cdot 10^{26} \text{ phân tử/m}^3$$

CHƯƠNG V: KHÍ LÝ TƯỞNG

Bài 3.(Cơ nhiệt đại cương - Thầy Nguyễn Thành Vấn)

Có 10 kg khí đựng trong một bình có áp suất 10^7 N/m^2 . Người ta lấy ở bình ra một lượng khí cho tới khi áp suất của khí còn lại trong bình bằng $2,5 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$. Coi nhiệt độ của khối khí là không thay đổi. Tìm lượng khí đã lấy ra.

Áp dụng PTTT KLT:

$$\left. \begin{array}{l} p_1 V = \frac{m_1}{\mu} RT \quad (1) \\ p_2 V = \frac{m_2}{\mu} RT \quad (2) \end{array} \right\} \frac{(1)}{(2)} : \frac{p_1}{p_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

$$\Rightarrow m_2 = \frac{m_1 \cdot p_2}{p_1} = \frac{10 \cdot 2,5 \cdot 10^6}{10^7} = 2,5 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \Delta m = m_1 - m_2 = 10 - 2,5 = 7,5 \text{ kg}$$

CHƯƠNG V: KHÍ LÝ TƯỞNG

Bài 4.(Cơ nhiệt đại cương - Thầy Nguyễn Thành Vần)

Một bình chứa khí nén ở nhiệt độ 27°C và áp suất 40 atm. Tìm nhiệt độ của khối khí sau khi đã có một nửa lượng khí thoát ra khỏi bình và áp suất hạ xuống 19 atm.

Trạng thái 1:

$$\begin{cases} m_1 \\ T_1 = 27^{\circ}\text{C} + 273 = 300\text{K} \\ p_1 = 40 \text{ atm} \end{cases}$$



Trạng thái 2:

$$\begin{cases} m_2 = \frac{m_1}{2} \\ T_2 = ? \\ p_2 = 19 \text{ atm} \end{cases}$$

CHƯƠNG V: KHÍ LÝ TƯỞNG

Bài 4.

Áp dụng PTTT KLT:

$$\left. \begin{aligned} p_1 V &= \frac{m_1}{\mu} RT_1 & (1) \\ p_2 V &= \frac{m_2}{\mu} RT_2 & (2) \end{aligned} \right\} \quad \frac{(1)}{(2)} : \frac{p_1}{p_2} = \frac{m_1 \cdot T_1}{m_2 \cdot T_2}$$

$$\Rightarrow T_2 = \frac{m_1 \cdot T_1 \cdot p_2}{m_2 \cdot p_1} = 2 \cdot \frac{T_1 \cdot p_2}{p_1} = 285 \text{ K}$$

CHƯƠNG V: KHÍ LÝ TƯỞNG

Bài 5.(Cơ nhiệt đại cương - Thầy Nguyễn Thành Vần)

Có 40 g khí Oxy chiếm thể tích 3 lít ở nhiệt độ $T = 292,5 \text{ K}$.

- Tính áp suất của khối khí
- Cho khối khí nở đẳng áp đến thể tích 4 lít. Hỏi nhiệt độ của khối khí sau khi dẫn nở là bao nhiêu?

$$\mu_{Oxy} = 32 \left(\frac{g}{mol} \right) = 32 \left(\frac{kg}{kmol} \right)$$

Trạng thái 1:

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 40g \\ T_1 = 292,5 \text{ K} \\ p = ? \\ V_1 = 3 \text{ l} \end{array} \right.$$

$$\xrightarrow{p = const}$$

Trạng thái 2:

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 40g \\ T_2 = ? \\ V_2 = 4 \text{ l} \end{array} \right.$$

CHƯƠNG IV: KHÍ LÝ TƯỞNG

Bài 5.

a) Áp dụng PTTT KLT:

$$pV_1 = \frac{m}{\mu} RT_1 \quad \Rightarrow \quad p = \frac{m \cdot R \cdot T_1}{\mu \cdot V_1} = \frac{40.8,31.292,5}{32.3 \cdot 10^{-3}}$$

$$p = 10^6 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

b) Áp dụng định luật Gay – Lussac (quá trình đẳng áp):

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \Rightarrow \quad T_2 = \frac{V_2 \cdot T_1}{V_1} = \frac{4.292,5}{3} = 390 \text{ K}$$

CHƯƠNG V: KHÍ LÝ TƯỞNG

Bài 6.(Cơ nhiệt đại cương - Thầy Nguyễn Thành Vần)

Có 10 g khí hydro ở áp suất 8,2 atm đựng trong một bình kín (dẫn nở kém) ở nhiệt độ $T = 390 \text{ K}$.

- Tính thể tích của bình.
- Hơ nóng khối khí trong bình đến khi nhiệt độ của nó đạt 425 K. Tính áp suất của khối khí ở nhiệt độ này.

$$\mu_{Hydro} = 2 \left(\frac{g}{mol} \right) = 2 \left(\frac{kg}{kmol} \right)$$

Trạng thái 1:

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 10g \\ T_1 = 390 \text{ K} \\ p_1 = 8,2 \text{ atm} = 8,2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \\ V = ? \end{array} \right.$$

$V = const$

Trạng thái 2:

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 10g \\ T_2 = 425 \text{ K} \\ p_2 = ? \end{array} \right.$$

CHƯƠNG IV: KHÍ LÝ TƯỞNG

Bài 6.

a) Áp dụng PTTT KLT:

$$p_1 V = \frac{m}{\mu} R T_1 \Rightarrow V = \frac{m \cdot R \cdot T_1}{\mu \cdot p_1} = \frac{10.8,31.390}{2.8,2 \cdot 10^5}$$

$$V = 0,0197 \text{ m}^3$$

b) Áp dụng định luật Charles (quá trình đẳng tích):

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow p_2 = \frac{p_1 \cdot T_2}{T_1} = \frac{8,2.425}{390} \approx 9 \text{ atm}$$

CHƯƠNG V: KHÍ LÝ TƯỞNG

Bài 7.(BT Cơ nhiệt đại cương - Thầy Nguyễn Thành Ván)

Có 12 g khí chiếm thể tích 4 lít ở nhiệt độ 7°C . Sau khi hơi nóng đẳng áp, khối lượng riêng của nó bằng 6.10^{-4} g/cm^3 . Tính nhiệt độ của khối khí sau khi hơi nóng.

Trạng thái 1:

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 12 \text{ g} \\ T_1 = 280 \text{ K} \\ p = ? \\ V_1 = 4 \text{ l} \end{array} \right.$$

$$\xrightarrow{p = \text{const}}$$

Trạng thái 2:

$$\left\{ \begin{array}{l} D_2 = 6.10^{-4} \text{ g/cm}^3 \\ T_2 = ? \\ V_2 \end{array} \right.$$

CHƯƠNG IV: KHÍ LÝ TƯỞNG

Bài 7. Trạng thái 1:

Trạng thái 2:

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 12g \\ T_1 = 280 \text{ K} \\ p = ? \\ V_1 = 4 \text{ l} \end{array} \right.$$

$$\xrightarrow{p = \text{const}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} D_2 = 6.10^{-4} \text{ g/cm}^3 \\ T_2 = ? \\ V_2 \end{array} \right.$$

$$D_2 = \frac{m}{V_2} \Rightarrow V_2 = \frac{m}{D_2} = \frac{12}{6.10^{-4}} = 2.10^4 \text{ cm}^3 = 20 \text{ l}$$

Áp dụng định luật Gay – Lussac (quá trình đẳng áp):

$$\boxed{\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}} \Rightarrow T_2 = \frac{V_2 \cdot T_1}{V_1} = \frac{20.280}{4} = 1400 \text{ K}$$

CHƯƠNG V: KHÍ LÝ TƯỞNG

Bài 8.(Cơ nhiệt đại cương - Thầy Nguyễn Thành Vần)

Một bình chứa 14g khí Ni tơ ở áp suất 1 atm và nhiệt độ 27⁰C. Sau khi hơi nóng, nhiệt độ khí lên đến 1500K. Hỏi:

- Thể tích của bình
- Độ tăng nội năng của khí

$$\mu_{Ni\text{ tơ}} = 28 \left(\frac{g}{mol} \right) = 28 \left(\frac{kg}{kmol} \right); i = 5$$

Trạng thái 1:

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 14g \\ T_1 = 300\text{ K} \\ p_1 = 1\text{ atm} = 10^5\text{ Pa} \\ V = ? \end{array} \right.$$

$$\xrightarrow{\Delta U = ?}$$

Trạng thái 2:

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 14g \\ T_2 = 1500\text{ K} \end{array} \right.$$

CHƯƠNG IV: KHÍ LÝ TƯỞNG

Bài 8. $\mu_{Ni\text{ to}} = 28 \left(\frac{g}{mol} \right) = 28 \left(\frac{kg}{kmol} \right); i = 5$

Trạng thái 1:

Trạng thái 2:

$$\left\{ \begin{array}{l} m = 14g \\ T_1 = 300 K \\ p_1 = 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa} \\ V = ? \end{array} \right. \xrightarrow{\Delta U = ?} \left\{ \begin{array}{l} m = 14g \\ T_2 = 1500 K \end{array} \right.$$

a) Áp dụng PTTT KLT:

$$\boxed{p_1 V = \frac{m}{\mu} R T_1} \Rightarrow V = \frac{m \cdot R \cdot T_1}{\mu \cdot p_1} = \frac{14 \cdot 8,31 \cdot 300}{28 \cdot 10^5} = 0.0124 m^3$$

b) Độ tăng nội năng của khí:

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R \Delta T = \frac{14}{28} \frac{5}{2} 8,31 (1500 - 300) = 12465 J$$

CHƯƠNG V: KHÍ LÝ TƯỞNG

Bài 9.(Cơ nhiệt đại cương - Thầy Nguyễn Thành Vấn)

Trong một bình kín có 20 g khí Ni tơ và 32 g khí Oxy. Tìm độ biến thiên nội năng của hỗn hợp khí đó khi làm lạnh nó xuống 28^0 .

$$m_{Ni\text{ tơ}} = 20g$$

$$m_{Oxy} = 32g$$

$$\Delta T = -28^0$$

$$\mu_{Oxy} = 32 \left(\frac{g}{mol} \right) = 32 \left(\frac{kg}{kmol} \right)$$

$$\mu_{Ni\text{ tơ}} = 28 \left(\frac{g}{mol} \right) = 28 \left(\frac{kg}{kmol} \right)$$

$$\Delta U = ?$$

CHƯƠNG V: KHÍ LÝ TƯỞNG

Bài 9.(Cơ nhiệt đại cương - Thầy Nguyễn Thành Vấn)

Độ biến thiên nội năng của hỗn hợp khí:

$$\Delta U = \left(\frac{m_{Ni\ t\sigma}}{\mu_{Ni\ t\sigma}} + \frac{m_{Oxy}}{\mu_{Oxy}} \right) \frac{i}{2} R \Delta T$$

$$\Delta U = \left(\frac{20}{28} + \frac{32}{32} \right) \frac{5}{2} 8.31. (-28) = -997,2\ J$$

CHƯƠNG V: KHÍ LÝ TƯỞNG

Bài 10. (BT Cơ nhiệt đại cương - Thầy Nguyễn Thành Vần)

Một hỗn hợp khí có 2,8 kg khí Ni tơ và 3,2 kg khí Oxy ở nhiệt độ 17°C và áp suất $4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Tìm thể tích của hỗn hợp.

$$m_{\text{Ni tơ}} = 2,8 \text{ kg}$$

$$m_{\text{Oxy}} = 3,2 \text{ kg}$$

$$T = 290 \text{ K}$$

$$p = 4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\mu_{\text{Oxy}} = 32 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) = 32 \left(\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right)$$

$$\mu_{\text{Ni tơ}} = 28 \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) = 28 \left(\frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \right)$$

$$V = ?$$

CHƯƠNG IV: KHÍ LÝ TƯỞNG

Bài 10.

Áp dụng PTTT KLT:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

$$pV = \left(\frac{m_{Ni\ t\sigma}}{\mu_{Ni\ t\sigma}} \right) RT + \left(\frac{m_{oxy}}{\mu_{oxy}} \right) RT$$

$$V = \frac{\left(\frac{m_{Ni\ t\sigma}}{\mu_{Ni\ t\sigma}} \right) RT + \left(\frac{m_{oxy}}{\mu_{oxy}} \right) RT}{p} = 1,2\ m^3$$