

A. KIẾN THỨC TRỌNG TÂM

I. Cấu tạo chất và Thuyết động học phân tử chất khí

1. Nội dung cơ bản về cấu tạo chất

- Các chất được cấu tạo từ các hạt riêng biệt là phân tử, nguyên tử.
- Các hạt này chuyển động hỗn loạn không ngừng. Nhiệt độ càng cao, các hạt chuyển động càng nhanh.
- Giữa các hạt có lực hút và lực đẩy phân tử. Lực này tương tác mạnh khi các hạt ở gần nhau và yếu đi khi khoảng cách tăng.

2. Thuyết động học phân tử chất khí

Thuyết này giúp giải thích các tính chất của chất khí dựa trên cấu tạo chất.

- Chất khí được cấu tạo từ các phân tử có kích thước rất nhỏ so với khoảng cách giữa chúng.
- Các phân tử khí chuyển động hỗn loạn, không ngừng.
- Khi chuyển động, các phân tử khí va chạm vào nhau và va chạm vào thành bình, gây ra áp suất lên thành bình. Các va chạm này là hoàn toàn đàn hồi.
- Khi không va chạm, các phân tử khí chuyển động thẳng đều. Lực tương tác giữa các phân tử khí là không đáng kể.

II. Khí lí tưởng và Phương trình trạng thái

1. Khí lí tưởng

Khí lí tưởng là chất khí mà trong đó các phân tử được coi là chất điểm và chỉ tương tác với nhau khi va chạm. Khí thực ở điều kiện áp suất thấp và nhiệt độ không quá thấp có thể được xem gần đúng là khí lí tưởng.

2. Các thông số trạng thái của một lượng khí

Trạng thái của một lượng khí xác định được mô tả bởi 3 thông số:

- **Thể tích (V):** Đơn vị thường dùng là mét khối (m^3), lít (l). $1 m^3 = 1000 l$.
- **Áp suất (p):** Lực do khí tác dụng lên một đơn vị diện tích thành bình. Đơn vị: Pascal (Pa), atm, mmHg. $1 atm \approx 1,013 \cdot 10^5 Pa$.
- **Nhiệt độ tuyệt đối (T):** Đo bằng thang đo Kelvin (K). $T(K) = t(^{\circ}C) + 273$.

3. Phương trình trạng thái của khí lí tưởng (Phương trình Clapeyron)

- **Công thức:** $(p_1 V_1) / T_1 = (p_2 V_2) / T_2$
- **Giải thích:** Đối với một lượng khí xác định, tích của áp suất và thể tích chia cho nhiệt độ tuyệt đối là một hằng số. Phương trình này mô tả mối liên hệ giữa 3 thông số trạng thái khi khí chuyển từ trạng thái 1 (p_1, V_1, T_1) sang trạng thái 2 (p_2, V_2, T_2).
- **Ví dụ:** Một lượng khí ở $27^{\circ}C$ có thể tích 6 lít và áp suất 1 atm. Nếu nén khí đến thể tích còn 2 lít và nhiệt độ là $127^{\circ}C$ thì áp suất của khí lúc này là bao nhiêu?
- **Hướng dẫn giải:**

Trạng thái 1: $p_1 = 1 atm, V_1 = 6 \text{ lít}, T_1 = 27 + 273 = 300 K$.

Trạng thái 2: $V_2 = 2$ lít, $T_2 = 127 + 273 = 400$ K, $p_2 = ?$

Áp dụng phương trình trạng thái: $(p_1 V_1)/T_1 = (p_2 V_2)/T_2$

$$\Rightarrow p_2 = (p_1 V_1 T_2)/(T_1 V_2) = (1 * 6 * 400) / (300 * 2) = 4 \text{ atm.}$$

III. Các đẳng quá trình

Đẳng quá trình là quá trình biến đổi trạng thái trong đó có một thông số được giữ không đổi.

1. Quá trình đẳng nhiệt - Định luật Bôi-lơ-Ma-ri-ốt (Boyle-Mariotte)

- **Định nghĩa:** Quá trình đẳng nhiệt là quá trình biến đổi trạng thái trong đó nhiệt độ được giữ không đổi ($T = \text{hằng số}$).
- **Phát biểu định luật:** Trong quá trình đẳng nhiệt của một lượng khí xác định, áp suất tỉ lệ nghịch với thể tích.
- **Công thức:** $p_1 V_1 = p_2 V_2$ hay $pV = \text{hằng số}$
- **Đường đẳng nhiệt:** Trong hệ tọa độ (p, V) , đường đẳng nhiệt là một đường hypebol.
- **Ví dụ 1:** Nén một khối khí từ 10 lít xuống còn 4 lít trong điều kiện nhiệt độ không đổi. Áp suất ban đầu là 1 atm. Tính áp suất sau khi nén.

Hướng dẫn giải:

$$V_1 = 10 \text{ l}, p_1 = 1 \text{ atm}, V_2 = 4 \text{ l.}$$

$$\text{Vì } T = \text{hằng số, ta có: } p_1 V_1 = p_2 V_2 \Rightarrow p_2 = (p_1 V_1) / V_2 = (1 * 10) / 4 = 2,5 \text{ atm.}$$

- **Ví dụ 2:** Một bọt khí nổi từ đáy hồ sâu 5m lên mặt nước. Hỏi thể tích của bọt khí tăng lên bao nhiêu lần? Biết áp suất khí quyển là 1 atm ($\approx 10^5$ Pa) và khối lượng riêng của nước là 1000 kg/m^3 . Coi nhiệt độ nước hồ không đổi.

Hướng dẫn giải:

Áp suất ở đáy hồ: $p_1 = p_a + \rho gh = 10^5 + 1000 \cdot 9.8 \cdot 5 = 1,49 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

Áp suất ở mặt nước: $p_2 = p_a = 10^5 \text{ Pa}$.

Áp dụng định luật Bôi-lơ-Ma-ri-ốt: $p_1 V_1 = p_2 V_2 \Rightarrow V_2 / V_1 = p_1 / p_2 = (1,49 \cdot 10^5) / (10^5) = 1,49$ lần.

2. Quá trình đẳng tích - Định luật Sác-lơ (Charles)

- **Định nghĩa:** Quá trình đẳng tích là quá trình biến đổi trạng thái trong đó thể tích được giữ không đổi ($V = \text{hằng số}$).
- **Phát biểu định luật:** Trong quá trình đẳng tích của một lượng khí xác định, áp suất tỉ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối.
- **Công thức:** $p_1 / T_1 = p_2 / T_2$ hay $p / T = \text{hằng số}$ (Lưu ý: T phải là nhiệt độ Kelvin)
- **Đường đẳng tích:** Trong hệ tọa độ (p, T) , đường đẳng tích là một đường thẳng kéo dài đi qua gốc tọa độ.
- **Ví dụ 1:** Một bình thép chứa khí ở 27°C dưới áp suất 10 atm. Nung nóng bình đến 177°C . Coi thể tích bình không đổi, tính áp suất của khí trong bình.

Hướng dẫn giải:

$$T_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K}, p_1 = 10 \text{ atm}.$$

$$T_2 = 177 + 273 = 450 \text{ K}.$$

Vì $V = \text{hằng số}$, ta có: $p_1 / T_1 = p_2 / T_2 \Rightarrow p_2 = p_1 \cdot (T_2 / T_1) = 10 \cdot (450 / 300) = 15 \text{ atm}$.

- **Ví dụ 2:** Áp suất trong lốp xe ô tô là 2 atm ở nhiệt độ 20°C . Sau khi xe chạy một thời gian dài, nhiệt độ trong lốp xe tăng lên đến 50°C . Tính áp suất trong

lốp xe lúc này.

Hướng dẫn giải:

$$T_1 = 20 + 273 = 293 \text{ K}, p_1 = 2 \text{ atm.}$$

$$T_2 = 50 + 273 = 323 \text{ K.}$$

$$\text{Áp dụng định luật Sác-lơ: } p_2 = p_1 * (T_2/T_1) = 2 * (323/293) \approx 2,2 \text{ atm.}$$

3. Quá trình đẳng áp - Định luật Gay-Luy-xác (Gay-Lussac)

- **Định nghĩa:** Quá trình đẳng áp là quá trình biến đổi trạng thái trong đó áp suất được giữ không đổi ($p = \text{hằng số}$).
- **Phát biểu định luật:** Trong quá trình đẳng áp của một lượng khí xác định, thể tích tỉ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối.
- **Công thức:** $V_1/T_1 = V_2/T_2$ hay $V/T = \text{hằng số}$ (Lưu ý: T phải là nhiệt độ Kelvin)
- **Đường đẳng áp:** Trong hệ tọa độ (V, T), đường đẳng áp là một đường thẳng kéo dài đi qua gốc tọa độ.
- **Ví dụ 1:** Một quả bóng bay được bơm với thể tích 2 lít ở nhiệt độ 25°C. Đem quả bóng ra ngoài trời nắng có nhiệt độ 35°C, hỏi thể tích của nó là bao nhiêu? Coi áp suất không đổi.

Hướng dẫn giải:

$$V_1 = 2 \text{ l}, T_1 = 25 + 273 = 298 \text{ K.}$$

$$T_2 = 35 + 273 = 308 \text{ K.}$$

Vì $p = \text{hằng số}$, ta có: $V_1/T_1 = V_2/T_2 \Rightarrow V_2 = V_1 * (T_2/T_1) = 2 * (308/298) \approx 2,07$ lít.

- Ví dụ 2:** Một xi-lanh chứa 150 cm^3 khí ở nhiệt độ 27°C . Pittông trong xi-lanh có thể di chuyển tự do. Nung nóng khí trong xi-lanh đến 100°C . Tính thể tích khí lúc sau.

Hướng dẫn giải:

$V_1 = 150\text{ cm}^3, T_1 = 27 + 273 = 300\text{ K}.$

$T_2 = 100 + 273 = 373\text{ K}.$

Áp dụng định luật Gay-Luy-xác: $V_2 = V_1 * (T_2/T_1) = 150 * (373/300) \approx 186,5\text{ cm}^3.$

IV. Bảng so sánh các đẳng quá trình

Tiêu chí	Quá trình Đẳng nhiệt	Quá trình Đẳng tích	Quá trình Đẳng áp
Thông số không đổi	Nhiệt độ ($T = \text{const}$)	Thể tích ($V = \text{const}$)	Áp suất ($p = \text{const}$)
Mối liên hệ	Áp suất tỉ lệ nghịch với thể tích ($p \sim 1/V$)	Áp suất tỉ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối ($p \sim T$)	Thể tích tỉ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối ($V \sim T$)
Công thức	$p_1V_1 = p_2V_2$	$p_1/T_1 = p_2/T_2$	$V_1/T_1 = V_2/T_2$
Tên định luật	Bôi-lơ – Ma-ri-ốt	Sác-lơ	Gay-Luy-xác
Đồ thị đặc trưng	(p,V): Đường hypebol	(p,T): Đường thẳng qua gốc tọa độ	(V,T): Đường thẳng qua gốc tọa độ

B. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1:

Một lượng khí lí tưởng thực hiện một chu trình biến đổi như sau: Từ trạng thái 1 (1 atm, 4 lít, 300K) nén đẳng nhiệt đến trạng thái 2 có thể tích 1 lít. Sau đó, làm lạnh đẳng tích đến trạng thái 3 có áp suất bằng áp suất ở trạng thái 1. Cuối cùng, dẫn nở đẳng áp trở về trạng thái 1. Hãy xác định các thông số (p , V , T) ở mỗi trạng thái.

- **Trạng thái 1:** $p_1 = 1 \text{ atm}$, $V_1 = 4 \text{ lít}$, $T_1 = 300 \text{ K}$.
- **Quá trình 1 $\rightarrow$ 2 (Đẳng nhiệt):** $T_2 = T_1 = 300 \text{ K}$, $V_2 = 1 \text{ lít}$.
$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \Rightarrow p_2 = (1 \cdot 4) / 1 = 4 \text{ atm}.$$

 $\rightarrow \text{Trạng thái 2: } p_2 = 4 \text{ atm}, V_2 = 1 \text{ lít}, T_2 = 300 \text{ K}.$
- **Quá trình 2 $\rightarrow$ 3 (Đẳng tích):** $V_3 = V_2 = 1 \text{ lít}$, $p_3 = p_1 = 1 \text{ atm}$.
$$p_2 / T_2 = p_3 / T_3 \Rightarrow T_3 = T_2 \cdot (p_3 / p_2) = 300 \cdot (1/4) = 75 \text{ K}.$$

 $\rightarrow \text{Trạng thái 3: } p_3 = 1 \text{ atm}, V_3 = 1 \text{ lít}, T_3 = 75 \text{ K}.$
- **Quá trình 3 $\rightarrow$ 1 (Đẳng áp):** $p_1 = p_3 = 1 \text{ atm}$. Các thông số V_1 , T_1 đã biết.
Quá trình này quay về trạng thái ban đầu, hoàn thành chu trình.

Bài 2:

Một pittông-xylanh chứa một lượng khí. Ban đầu khí có thể tích 10 lít, nhiệt độ 27°C và áp suất 2 atm. Người ta thực hiện hai quá trình liên tiếp:

- Nung nóng đẳng áp đến nhiệt độ 77°C .
 - Giữ nguyên nhiệt độ ở 77°C và nén khí sao cho thể tích giảm đi một nửa.
- Tìm thể tích và áp suất cuối cùng của khí.

- **Trạng thái 1:** $V_1 = 10$ lít, $T_1 = 27 + 273 = 300$ K, $p_1 = 2$ atm.

- **Quá trình a (Đẳng áp):** $p_2 = p_1 = 2$ atm, $T_2 = 77 + 273 = 350$ K.

$$V_1/T_1 = V_2/T_2 \Rightarrow V_2 = V_1 * (T_2/T_1) = 10 * (350/300) \approx 11,67 \text{ lít.}$$

→ Trạng thái 2: $p_2 = 2$ atm, $V_2 = 11,67$ lít, $T_2 = 350$ K.

- **Quá trình b (Đẳng nhiệt):** $T_3 = T_2 = 350$ K, $V_3 = V_2/2 = 11,67 / 2 = 5,835$ lít.

$$p_2V_2 = p_3V_3 \Rightarrow p_3 = (p_2V_2) / V_3 = (2 * 11,67) / 5,835 = 4 \text{ atm.}$$

→ Trạng thái cuối cùng: $V_3 = 5,835$ lít, $p_3 = 4$ atm.