

1. Một số nét chung

Dạng tổng quát của bài tập về chất khí có thể viết như sau :
 Biết các thông số trạng thái p_1, V_1, T_1 ở trạng thái ban đầu của một lượng khí ; sau quá trình biến đổi, ở trạng thái cuối các thông số có giá trị p_2, V_2, T_2 mà một trong số đó là chưa biết, cần phải tính.

Sẽ có những tình huống như sau :

1. Trong quá trình biến đổi có một thông số không đổi

a) Nhiệt độ T không đổi (đẳng nhiệt) : $T =$ hằng số hoặc $T_1 = T_2$

Áp dụng định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt dưới dạng

$$pV = \text{hằng số} \quad \text{hoặc} \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

b) Thể tích V không đổi (đẳng tích) : $V_1 = V_2$

Áp dụng định luật Sác-lơ $p = BT$ hoặc $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$

c) Áp suất p không đổi (đẳng áp) : $p_1 = p_2$

Áp dụng định luật Gay Luy-xác $\frac{V}{T} =$ hằng số hoặc $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

2. Trong quá trình biến đổi cả ba thông số đều biến đổi và không cần biết đến khối lượng của chất khí thì dùng phương trình trạng thái

$$\frac{pV}{T} = \text{hằng số} \quad \text{hoặc} \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

3. Cần tính khối lượng của chất khí, hoặc cho khối lượng của chất khí làm một dữ kiện để tính đại lượng khác thì dùng phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép

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

2. Bài tập vận dụng

Một bình chứa ôxi (O_2) nén ở áp suất $p_1 = 15 \text{ MPa}$ và nhiệt độ $t_1 = 37^\circ\text{C}$ có khối lượng (bình và khí) $M_1 = 50 \text{ kg}$. Dùng khí một thời gian, áp suất khí là $p_2 = 5 \text{ MPa}$ ở nhiệt độ $t_2 = 7^\circ\text{C}$, khối lượng của bình và khí là $M_2 = 49 \text{ kg}$.

a) Hỏi khối lượng khí còn lại trong bình là bao nhiêu ?

b) Tính dung tích V của bình. Biết khối lượng mol của ôxi là 32 g/mol .

Bài giải

a) Gọi m_1 và m_2 là khối lượng ôxi trong bình trước và sau khi dùng, V là dung tích của bình. Áp dụng phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép cho lượng ôxi có khối lượng m_1 và m_2 , ta có hai phương trình

$$p_1 V = \frac{m_1}{\mu} RT_1 \quad \text{và} \quad p_2 V = \frac{m_2}{\mu} RT_2$$

chia từng vế của phương trình trước cho phương trình sau, ta được :

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{T_1}{T_2}$$

suy ra

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} = \frac{15}{5} \cdot \frac{273 + 7}{273 + 37} = 2,71 \quad (49.1)$$

Mặt khác :

$$m_1 - m_2 = M_1 - M_2 = 1 \text{ kg} \quad (49.2)$$

Từ (49.1) và (49.2) suy ra

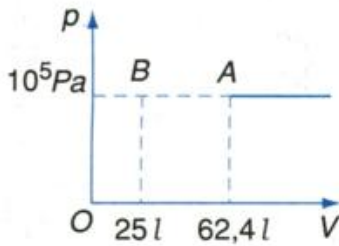
$$2,71m_2 - m_2 = 1 \text{ kg} \quad m_2 = \frac{1}{1,71} \approx 0,58 \text{ kg}$$

b) Dung tích V của bình

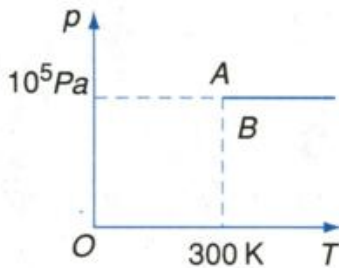
$$V = \frac{m_2 RT_2}{\mu p_2} = \frac{0,58 \cdot 8,31 \cdot 280}{32 \cdot 5 \cdot 10^6} \approx 0,0084 \text{ m}^3$$

$$V \approx 8,4 \text{ l}$$

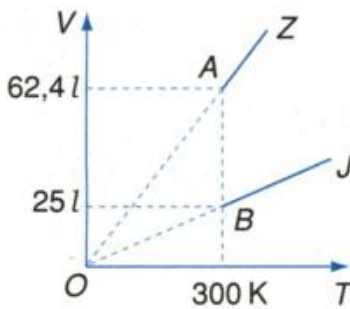
Ghi chú : Khi giải bài này, ta đã coi khí ôxi ở áp suất 150 atm như là khí lí tưởng, vì thế kết quả chỉ là gần đúng (sai lệch có thể đến cỡ 5%).



Hình 49.1



Hình 49.2



Hình 49.3

3. Vẽ đồ thị

Bài tập 1

Vẽ đường biểu diễn quá trình làm nóng đẳng áp 10 g khí heli có áp suất $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$ và nhiệt độ ban đầu $T_0 = 300 \text{ K}$ trên các đồ thị $p - V$, $p - T$, $V - T$.

Bài giải

Thể tích V của khí phụ thuộc vào nhiệt độ T như sau :

$$V = \frac{m}{\mu} \frac{R}{p_0} T = \frac{10}{4} \cdot \frac{8,31}{10^5} T \approx 2,08 \cdot 10^{-4} T$$

với $T_0 = 300 \text{ K}$ thì

$$V_0 = 0,0624 \text{ m}^3 = 62,4 \text{ l}$$

Trên đồ thị $p - V$ và $p - T$, đường biểu diễn là nửa đường thẳng song song với trục hoành, kéo dài cắt trục tung (áp suất) ở điểm có tung độ $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$ (Hình 49.1 và 49.2).

Trên đồ thị $V - T$ đường biểu diễn là nửa đường thẳng kéo dài qua gốc tọa độ O , độ dốc $2,08 \cdot 10^{-4}$ (đường AZ trên Hình 49.3).

Bài tập 2

Giống như bài tập 1 với 4 g heli.

Bài giải

Chỉ khác bài tập 1 ở chỗ

$$V = \frac{4}{4} \cdot \frac{8,31}{10^5} T = 8,31 \cdot 10^{-5} T, V_0 = 25 \text{ l}$$

Đường biểu diễn trên đồ thị $p - T$ giống như ở bài tập 1 (Hình 49.2), trên đồ thị $p - V$ vẫn là nửa đường thẳng song song với trục hoành nhưng bắt đầu từ điểm B (Hình 49.1), trên đồ thị $V - T$ là nửa đường thẳng BJ kéo dài qua gốc tọa độ O nhưng có độ dốc bằng $8,31 \cdot 10^{-5}$, nhỏ hơn độ dốc của AZ 2,5 lần.

Bài tập 3

Vẽ đường biểu diễn quá trình làm nóng đẳng tích 10 g heli từ trạng thái ban đầu như ở bài tập 1 trên đồ thị $p - T$.

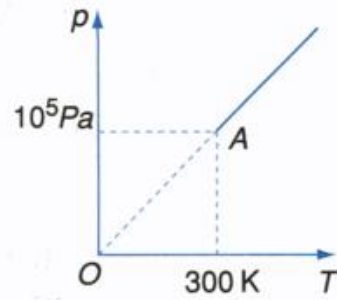
Bài giải

Áp suất p phụ thuộc vào nhiệt độ theo công thức

$$\frac{p}{p_0} = \frac{T}{T_0} \text{ hay là } p = \frac{p_0}{T_0} T = \frac{10^5}{300} T = \frac{1000}{3} T$$

Đường biểu diễn là nửa đường thẳng kéo dài qua gốc toạ độ, độ dốc là $\frac{1000}{3}$ (Hình 49.4).

Chú ý rằng đường biểu diễn này không phụ thuộc vào khối lượng của khí.



Hình 49.4

4. Bài tập trắc nghiệm

1. Khi ta làm nóng đẳng tích một lượng khí lí tưởng, đại lượng nào sau đây không đổi ?

- A. $\frac{n}{p}$. B. $\frac{n}{T}$.
C. $\frac{p}{T}$. D. nT .

(n là số phân tử trong đơn vị thể tích).

2. Hai bình chứa khí lí tưởng ở cùng nhiệt độ. Bình B có dung tích gấp đôi bình A, có số phân tử bằng nửa số phân tử trong bình A. Mỗi phân tử khí trong bình B có khối lượng gấp đôi khối lượng mỗi phân tử trong bình A. Áp suất khí trong bình B so với áp suất khí trong bình A thì

- A. bằng nhau. B. bằng một nửa.
C. bằng $\frac{1}{4}$. D. gấp đôi.

Hãy chọn câu đúng.

3. Hai phòng kín có thể tích bằng nhau, thông với nhau bằng một cửa mở. Nhiệt độ không khí trong hai phòng khác nhau, thì số phân tử trong mỗi phòng so với nhau sẽ là

- A. bằng nhau.
B. nhiều hơn ở phòng nóng.
C. nhiều hơn ở phòng lạnh.
D. tùy theo kích thước của cửa.

Hãy chọn câu đúng.

4. So sánh phương trình trạng thái $\frac{pV}{T} = \text{const}$ (47.4) và

phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép $pV = \frac{m}{\mu}RT$ (48.2) thì

- A. (47.4) và (48.2) hoàn toàn khác nhau.
 - B. (47.4) và (48.2) hoàn toàn tương đương.
 - C. (47.4) chứa nhiều thông tin hơn (48.2).
 - D. (48.2) chứa nhiều thông tin hơn (47.4).
- Hãy chọn câu đúng.



BÀI ĐỌC THÊM

ĐỘNG NĂNG TRUNG BÌNH CỦA CHUYỂN ĐỘNG NHIỆT CỦA PHÂN TỬ

Trong mục "Em có biết" của bài 44, ta đã dẫn ra công thức cho áp suất p của chất khí, tính được theo thuyết động học phân tử

$$p = \frac{2}{3}n\bar{E} \quad (1)$$

trong đó n là số phân tử trong đơn vị thể tích, \bar{E} là động năng trung bình chuyển động nhiệt tịnh tiến của phân tử.

Mặt khác, từ phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép, tức là từ các định luật về chất khí, suy ra công thức (48.4) cho áp suất

$$p = nkT \quad (2)$$

Đối chiếu hai phương trình trên, ta tìm được giá trị trung bình của động năng chuyển động nhiệt tịnh tiến của phân tử

$$\bar{E} = \frac{3}{2}kT \quad (3)$$

k là hằng số Bôn-xơ-man cho bởi (48.3), còn T là nhiệt độ tuyệt đối.

Công thức này cho biết rằng động năng trung bình của chuyển động nhiệt tịnh tiến của một phân tử, hay một hạt nhỏ tham gia chuyển động nhiệt, không phụ thuộc khối lượng của phân tử (hay của hạt) mà chỉ phụ thuộc nhiệt độ. Động năng trung bình của chuyển động nhiệt tỉ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối T .

Có thể cho rằng nhiệt độ tuyệt đối T là thước đo chuyển động nhiệt. Người ta có thể định nghĩa, theo công thức (3), nhiệt độ T là đại lượng bằng $\frac{2}{3k}\bar{E}$. Với định nghĩa nhiệt độ như vậy thì từ phương trình (1) suy ra được phương trình (2), nghĩa là có thể dùng lí thuyết chứng minh được phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép, tức là chứng minh được ba định luật về chất khí.