

45

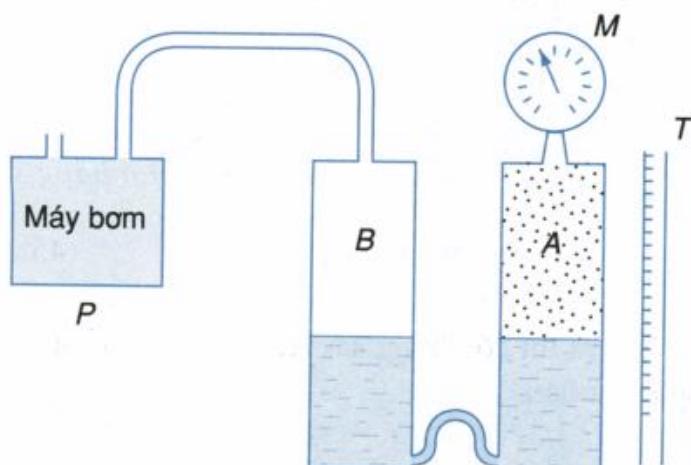
ĐỊNH LUẬT BÔI-LƠ – MA-RI-ỐT

Chất khí có tính chất dễ nén. Bài này khảo sát định lượng tính dễ nén: Nếu giữ nguyên nhiệt độ mà thay đổi áp suất tác dụng lên một lượng khí, thì thể tích của lượng khí ấy biến đổi thế nào?

1. Thí nghiệm

a) Bố trí thí nghiệm

Lượng khí mà ta khảo sát được chứa trong bình A, dưới khí là nước. Nước trong hai bình A và B thông nhau (Hình 45.1).



Hình 45.1 Thí nghiệm đưa đến định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt

Áp kế M đo áp suất p của khí, thước T dùng để xác định thể tích V của khí.

Máy bơm P nối với bình B để thay đổi áp suất của khí trong B và qua đó thay đổi áp suất của khí trong A .

b) Thao tác thí nghiệm

Làm chậm để nhiệt độ của khí không đổi (khí biến đổi đẳng nhiệt).

– Ban đầu B thông với khí quyển. Ghi được áp suất và thể tích của khí là $p_1 = 1 \text{ atm}$, $V_1 = 20S \text{ cm}^3$, S là tiết diện của bình A tính bằng cm^2 .



Bôi-lơ (Robert Boyle, 1627 – 1691, nhà vật lí người Anh)

Bôi-lơ tìm ra định luật $pV = \text{hằng số}$ năm 1662. Năm 1676 Ma-ri-ốt (Edme Mariotte, 1620 – 1684, nhà vật lí người Pháp), cũng tìm ra định luật này một cách độc lập.

C1 Hãy so sánh các tích p_1V_1 , p_2V_2 và p_3V_3 nhận được từ thí nghiệm.

C2 Nếu coi các tích p_1V_1 , p_2V_2 và p_3V_3 bằng nhau thì sai số là bao nhiêu?

Ghi chú : Quá trình biến đổi trong đó nhiệt độ của những vật mà ta xét không đổi gọi là *quá trình đẳng nhiệt*. Định luật Bô-i-lơ – Ma-ri-ốt còn có thể phát biểu : Trong quá trình đẳng nhiệt, tích của áp suất p và thể tích V của một lượng khí xác định là một hằng số.

Các phép đo chính xác cho biết : khi tăng áp suất từ 100 Pa tới 10^5 Pa thì tích pV có thay đổi chút ít :

tăng $0,1\%$ đối với H_2 ,
tăng $0,1\%$ đối với N_2 ,
giảm $0,6\%$ đối với CO_2 .

Ở những áp suất thấp thì sự sai lệch là rất nhỏ có thể bỏ qua.

C3 Hằng số trong công thức (45.2) có phụ thuộc nhiệt độ không ?

– Nối B với vòi hút của bơm P , hút nhẹ để giảm áp suất trong B và do đó giảm áp suất trong A . Ghi được $p_2 = 0,6\text{ atm}$, $V_2 = 30,5\text{ cm}^3$.

– Nối B với vòi đẩy của bơm P , bơm nhẹ để tăng áp suất trong B và trong A . Ghi được $p_3 = 1,9\text{ atm}$, $V_3 = 10,5\text{ cm}^3$.

c) Kết luận

Có thể coi gần đúng (với sai số tỉ đối là 5%)

$$p_1V_1 = p_2V_2 = p_3V_3 \quad (45.1)$$

Các thí nghiệm tinh vi khẳng định kết quả như trên với độ chính xác cao hơn.

2. Định luật Bô-i-lơ – Ma-ri-ốt

Ở nhiệt độ không đổi, tích của áp suất p và thể tích V của một lượng khí xác định là một hằng số.

$$pV = \text{hằng số} \quad (45.2)$$

Thực ra thì có những sai lệch nhỏ so với (45.2), như ở cột bên.

3. Bài tập vận dụng

Xét $0,1\text{ mol}$ khí trong điều kiện chuẩn : áp suất $p_0 = 1\text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5\text{ Pa}$, nhiệt độ $t_0 = 0^\circ\text{C}$.

- Tính thể tích V_0 của khí. Vẽ trên đồ thị $p - V$ điểm A biểu diễn trạng thái nói trên.
- Nén khí và giữ nhiệt độ không đổi (nén đẳng nhiệt). Khi thể tích của khí là $V_1 = 0,5V_0$ thì áp suất p_1 của khí bằng bao nhiêu ? Vẽ trên cùng đồ thị điểm B biểu diễn trạng thái này.
- Viết biểu thức của áp suất p theo thể tích V trong quá trình nén đẳng nhiệt ở câu b). Vẽ đường biểu diễn. Đường biểu diễn có dạng gì ?

Bài giải

a) $V_0 = 0,1$ thể tích mol = 2,24 l.

Điểm A có toạ độ : $V_0 = 2,24$ l ; $p_0 = 1$ atm.

b) Theo định luật Bô-i-lơ – Ma-ri-ốt

$$p_1 V_1 = p_0 V_0; \text{ từ đó suy ra } p_1 = p_0 \frac{V_0}{V_1} = 2 \text{ atm.}$$

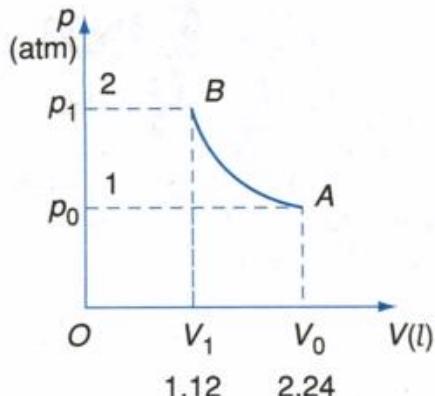
Điểm B có toạ độ : $V_1 = 1,12$ l ; $p_1 = 2$ atm.

c) Theo định luật Bô-i-lơ – Ma-ri-ốt

$$pV = \text{hằng số} = p_0 V_0 = 2,24 \text{ l.atm}, \text{ từ đó suy ra}$$

$$p = \frac{2,24}{V} \quad (p \text{ tính ra atm, } V \text{ tính ra lít}).$$

Đường biểu diễn quá trình nén đẳng nhiệt ở câu b) là một cung hyperbol AB (Hình 45.2).



Hình 45.2 Đường biểu diễn quá trình đẳng nhiệt

CÂU HỎI

- Có thể nói rằng : "Trong quá trình đẳng nhiệt thì thể tích V của một lượng khí biến đổi tỉ lệ nghịch với áp suất p tác dụng lên khí đó" được không ? Hãy lý giải điều này.
- Dùng định luật Bô-i-lơ – Ma-ri-ốt, hãy giải thích tại sao khi bơm xe đạp, trong một lần ta đẩy tay bơm để thể tích thân bơm giảm thì lại làm tăng áp suất khí trong săm (ruột) của bánh xe.
- Tìm sự phụ thuộc của áp suất vào thể tích riêng của khí.
- Tìm sự phụ thuộc của áp suất vào mật độ phân tử của khí. Mật độ phân tử là số phân tử trong đơn vị thể tích.
- Thừa nhận rằng số phân tử va chạm lên thành bình trong đơn vị thời gian tỉ lệ với mật độ phân tử. Hãy thử giải thích định luật Bô-i-lơ – Ma-ri-ốt theo thuyết động học phân tử.

BÀI TẬP

- Hãy chọn câu đúng.

Khi nén khí đẳng nhiệt thì số phân tử trong đơn vị thể tích

- | | |
|------------------------------------|---|
| A. tăng, tỉ lệ thuận với áp suất. | B. không đổi. |
| C. giảm, tỉ lệ nghịch với áp suất. | D. tăng, tỉ lệ với bình phương áp suất. |

- Một bình có dung tích 5 l chứa 0,5 mol khí ở nhiệt độ 0°C. Tính áp suất trong bình.
- Nén khí đẳng nhiệt từ thể tích 10 l đến thể tích 4 l thì áp suất của khí tăng lên bao nhiêu lần ?
- Một bọt khí ở đáy hồ sâu 5 m nổi lên đến mặt nước. Hỏi thể tích của bọt tăng lên bao nhiêu lần ?
- Nén khí đẳng nhiệt từ thể tích 9 l đến thể tích 6 l thì thấy áp suất khí tăng lên một lượng $\Delta p = 50$ kPa. Hỏi áp suất ban đầu của khí là bao nhiêu ?