

Chương VI

CHẤT KHÍ

Mục tiêu

- Hiểu được sơ bộ cấu trúc phân tử của chất khí và của vật chất.
- Nắm được ba định luật Bôi-lơ – Ma-ri-ốt, Sác-lơ, Gay Luy-xác về chất khí và phương trình trạng thái là tổng hợp nội dung của ba định luật ấy.
- Biết cách suy ra phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép từ phương trình trạng thái và biết vận dụng các phương trình này.
- Có khái niệm về khí lí tưởng, về nhiệt độ tuyệt đối.

Chương này có thể xem như phần mở đầu của nhiệt học. Nội dung của chương đề cập đến cấu trúc phân tử cũng như tính chất nhiệt của chất ở trạng thái khí, đó là cấu trúc và tính chất tương đối đơn giản so với cấu trúc và tính chất của chất ở hai trạng thái kia.

Tương tác giữa các phân tử trong chất khí khác rất xa so với trong chất lỏng và rắn, khác ở chỗ phân tử khí hầu như không tương tác ngoài lúc va chạm, còn các phân tử ở trạng thái ngưng kết (rắn hoặc lỏng) có mối liên kết khá mạnh với nhau, giữa chúng có lực tương tác làm cho phân tử không chuyển động tự do mà được sắp xếp có trật tự (xa hoặc gần) trong một cấu trúc. Khó có thể bỏ qua sự khác nhau trong tương tác phân tử mà trình bày chung một thuyết động học cho mọi trạng thái. Chương này trình bày thuyết động học phân tử của chất khí trước, sau đó bổ sung một phần đối với chất lỏng và chất rắn, học tiếp chương sau thì HS mới có khái niệm đầy đủ, ở mức độ phổ thông, về thuyết động học phân tử của vật chất.

Đối với chất khí, có thể thiết lập được mối quan hệ định lượng giữa cấu trúc phân tử và tính chất nhiệt. Tuy nhiên, việc này vượt ra ngoài quy định của chương trình. HS nào ham thích có thể đọc trong mục "Em có biết" và trong bài đọc thêm. Chương này chỉ đưa ra câu hỏi, yêu cầu giải thích định tính những định luật về chất khí bằng thuyết động học phân tử.

Những tính chất của chất khí được khảo sát bằng thực nghiệm. Ba định luật về chất khí : Bôi-lơ – Ma-ri-ốt, Sác-lơ và Gay Luy-xác đều đã được phát hiện bằng thực nghiệm. Tuy vậy, ở giai đoạn hiện nay chỉ cần biết hai trong ba định luật là có thể suy ra định luật còn lại. Chúng ta không cần phải mất công sức làm thí nghiệm để tìm ra cả ba, mà chỉ cần tìm ra hai định luật : Bôi-lơ – Ma-ri-ốt và Sác-lơ. Ngược lại nên tận dụng trường hợp này cho HS làm quen với việc suy luận để tìm ra quy luật mới, từ phương trình trạng thái tìm ra định luật Gay Luy-xác.

Cần cho HS thấy rõ cơ sở thực nghiệm của phương trình trạng thái của chất khí cũng như của phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép (xem sơ đồ trong phần tóm tắt chương VI), có kĩ năng tính toán định lượng và vẽ đồ thị khi vận dụng hai phương trình này.

Sau đây là một bài toán nhằm cung cấp tư liệu cho GV để thấy rõ sự khác nhau về thế năng tương tác giữa những phân tử của chất khí và của chất lỏng.

Bài toán. Nhiệt hoá hơi riêng của nước ở 100°C là $L = 2\,250\text{ kJ/kg}$. Hãy tính :

- Số phần trăm của nhiệt hoá hơi dùng để sinh công thắng ngoại lực.
- Thế năng liên kết phân tử (tính trung bình) đối với một phân tử nước.

Bài giải

a) 1 kg hơi nước ở 100°C và áp suất p chiếm một thể tích V sao cho :

$$pV = \frac{m}{\mu}RT = \frac{1\,000}{18} \cdot 8,31 \cdot 373 = 172\,000\text{ J} = 172\text{ kJ}$$

Nếu bỏ qua thể tích của nước lỏng, thì đại lượng trên chính là công A mà 1 kg nước sinh ra khi hoá hơi để thắng ngoại lực.

Tỉ số $\frac{A}{L} = \frac{172}{2\,250} = 0,076 = 7,6\%$.

b) Độ tăng nội năng khi 1 kg nước lỏng chuyển thành hơi là :

$$\Delta U = 2\,250 - 172 = 2\,078\text{ kJ}$$

Số phân tử trong 1 kg nước là :

$$N = \frac{1\,000}{18} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,34 \cdot 10^{25}$$

Phân tử hơi nước chuyển động gần như tự do giữa hai va chạm, thế năng tương tác giữa chúng coi như bằng 0. Như vậy thì thế năng tương tác trung bình đối với một phân tử nước ở trạng thái lỏng là $W = -\frac{\Delta U}{N}$.

$$|W| = \frac{\Delta U}{N} = \frac{2,078 \cdot 10^6}{3,34 \cdot 10^{25}} = 0,622 \cdot 10^{-19}\text{ J} = 0,39\text{ eV}$$

$$W = -0,62 \cdot 10^{-19}\text{ J} = -0,39\text{ eV}$$

Chú ý rằng độ lớn của thế năng này là rất đáng kể, nó bằng với động năng trung bình của chuyển động nhiệt của phân tử ở nhiệt độ T có giá trị là :

$$T = \frac{2}{3} \frac{W}{k} = \frac{2 \cdot 0,62 \cdot 10^{-19}}{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23}} \approx 3\,000\text{ K}$$

Như vậy, thế năng này có giá trị tuyệt đối lớn gấp 8 lần so với động năng trung bình của chuyển động nhiệt của phân tử nước ở 373 K .