

Phương trình trạng thái (47.4) cho biết sự phụ thuộc lẫn nhau của ba đại lượng đặc trưng cho trạng thái cân bằng của một lượng khí, đó là : áp suất p , thể tích V , nhiệt độ T (p, V, T còn gọi là ba *thông số trạng thái* của lượng khí).

Nếu muốn xét mối liên quan của ba đại lượng ấy với khối lượng (hoặc số mol) của lượng khí thì phải tính thêm hằng số ở vế phải của phương trình trạng thái (47.4).



1. Thiết lập phương trình

Xét một lượng khí có khối lượng là m , khối lượng mol của chất khí là μ . Số mol ν chứa trong lượng khí đó sẽ là $\nu = \frac{m}{\mu}$ (nếu m tính ra gam thì μ tính ra g/mol).

Đặt lượng khí đó trong điều kiện chuẩn, nghĩa là có :

- áp suất $p_0 = 1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$,
- nhiệt độ $T_0 = 273 \text{ K}$ (tức là 0°C).

Thể tích V_0 của lượng khí ấy sẽ là ν lần thể tích mol của khí trong điều kiện chuẩn, nghĩa là :

$$V_0 = \nu \cdot 22,4 \text{ l/mol} = \nu \cdot 0,0224 \text{ m}^3/\text{mol}$$

Từ ba giá trị trên, ta có thể tính được hằng số C ở vế phải của phương trình trạng thái đối với lượng khí mà ta xét

$$C = \frac{p_0 V_0}{T_0} = \nu \frac{1,013 \cdot 10^5 \cdot 0,0224}{273} \left(\frac{\text{Pa}}{\text{K}} \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{mol}} \right) = \nu R$$

trong đó

$$R = \frac{1,013 \cdot 10^5 \cdot 0,0224}{273} = 8,31 \left(\frac{\text{Pa}}{\text{K}} \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{mol}} \right)$$

$$\text{Chú ý rằng } \text{Pa} \cdot \text{m}^3 = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{m}^3 = \text{Nm} = \text{J}$$

$$\text{Vậy } R = 8,31 \text{ J/mol.K} \quad (48.1)$$

R là một hằng số. Giá trị của R là như nhau đối với mọi chất khí, vì vậy R gọi là *hằng số của các khí*. Thay giá trị của hằng số $C = \nu R$ vào vế phải của phương trình trạng thái (47.4), ta có

$$pV = \nu RT = \frac{m}{\mu} RT \quad (48.2)$$

đây là *phương trình Cla-pê-rôn – Men-dê-lê-ép*.

2. Bài tập vận dụng

Bài 1

Tính khối lượng khí trong bóng thám không có thể tích 200 l, nhiệt độ $t = 27^\circ\text{C}$ (đã nói ở bài tập vận dụng của bài trước). Biết rằng khí đó là hiđrô có khối lượng mol $\mu = 2 \text{ g/mol}$ và áp suất khí quyển là 100 kPa.

Bài giải

$$p = 10^5 \text{ Pa}; V = 0,200 \text{ m}^3/\text{mol}; T = (273 + 27) \text{ K}$$

Theo phương trình (48.2) :

$$m = \mu \frac{pV}{RT} = 2 \cdot \frac{10^5 \cdot 0,2}{8,31 \cdot (273 + 27)} = 16 \text{ g}$$

Khối lượng khí trong bóng là 16 g.

Bài 2

Tìm sự phụ thuộc của áp suất p của chất khí vào số phân tử khí n có trong đơn vị thể tích (còn gọi là mật độ phân tử khí)

Bài giải

Xét ν mol khí, lượng khí này chứa số phân tử N :

$$N = \nu N_A \quad (N_A \text{ là số A-vô-ga-đrô} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1})$$

Áp suất p có thể tính từ (48.2) :

$$p = \frac{\nu}{V} RT = \frac{\nu N_A}{V} \cdot \frac{R}{N_A} \cdot T = \frac{N}{V} \cdot \frac{R}{N_A} \cdot T$$

$\frac{N}{V}$ chính là số phân tử n trong đơn vị thể tích (mật độ phân tử).

Người ta đặt

$$k = \frac{R}{N_A} = \frac{8,31}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \quad (48.3)$$

k gọi là hằng số Bôn-xơ-man.

Ta có :

$$p = nkT \quad (48.4)$$

CÂU HỎI

1. So sánh phương trình trạng thái và phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép, phương trình sau có thêm nội dung gì so với phương trình trước ?
2. Từ phương trình Cla-pê-rôn – Men-đê-lê-ép suy ra rằng áp suất của một lượng khí tỉ lệ với khối lượng riêng của khí và tỉ lệ với nhiệt độ.

BÀI TẬP

1. Hãy chọn câu đúng.
Hằng số của các khí R có giá trị bằng
A. tích của áp suất và thể tích của một mol khí ở 0°C .
B. tích của áp suất và thể tích chia cho số mol ở 0°C .
C. tích của áp suất và thể tích của một mol khí ở nhiệt độ bất kì chia cho nhiệt độ đó.
D. tích của áp suất và thể tích của một mol khí ở nhiệt độ bất kì.
2. Một bình chứa khí ôxi có dung tích 10 l, áp suất 250 kPa và nhiệt độ 27°C . Tính khối lượng ôxi trong bình.
3. Khí chứa trong một bình dung tích 3 l, áp suất 200 kPa và nhiệt độ 16°C có khối lượng 11 g. Tính khối lượng mol của khí ấy.
4. Một bình dung tích 5 l chứa 7 g nitơ (N_2) ở nhiệt độ 2°C . Tính áp suất khí trong bình.