

Chương 7:

Thuyết động học phân tử các chất khí & Định luật phân bố

Bài tập định hướng (tài liệu phát thêm):

5; 7; 8; 9; 12; 15; 18 và 20

I. Đơn vị áp suất:

$$+ \frac{N}{m^2} = Pa(pascal)$$

+ Milimet thủy ngân ($mmHg$)

+ Atmosphere kỹ thuật (at), $1 at = 9,81.10^4 Pa = 736 mmHg$

+ Atmosphere vật lý (atm) $1 atm = 1,013.10^5 Pa$

II. Điều kiện tiêu chuẩn:

$$T_0 = 273,16 K (0^{\circ}C), p_0 = 1,033 at = 1,013.10^5 Pa,$$

1 kmol khí chiếm thể tích là $V_0 = 22,4 m^3$.

III. Giá trị R-Hằng số khí lý tưởng

$$R = 8,31.10^3 \frac{J}{kmol.K} = 8,31 \frac{J}{mol.K}$$

III. Các vận tốc

$$v_{xs} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$$

$$v_c = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$$

Chú ý: Để vận tốc có đơn vị m/s thì trong các công thức trên:

$$R = 8,31.10^3 \frac{J}{kmol.K}; \quad [\mu]: kg / kmol; \quad [T]: K$$

IV. Định luật phân bố đều năng lượng theo các bậc tự do:

Phân tử có i bậc tự do, động năng trung bình của phân tử là:

$$\bar{W} = \frac{i}{2} kT$$

V. Phương trình trạng thái của khí lý tưởng

$$PV = \frac{M}{\mu} RT$$

VI. Nội năng của khí lý tưởng (Tổng động năng chuyển động nhiệt)

$$U = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2} RT = \frac{iPV}{2}$$

VII. Định luật phân bố Macxwell

$$\frac{dn}{n} = \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} e^{-\frac{mv^2}{2kT}} 4\pi v^2 dv$$

$$\frac{dn}{n} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} u^2 du$$

$$u = \frac{v}{v_{xs}}$$

$$du = \frac{dv}{v_{xs}}$$

VIII. Công thức khí áp

$$P(z) = P(0)e^{-\frac{\mu gz}{RT}} \quad (1)$$

IX. Định luật phân bố Boltzmann

$$n_0(z) = n_0(0)e^{-\frac{\mu gz}{RT}} \quad (2)$$

Chú ý: trong các công thức (1) và (2) lấy

$$R = 8,31.10^3 \frac{J}{kmol.K}; \quad [\mu]: kg / kmol; \quad [T]: K; \quad [z]: m$$

Bài tập 5 (tài liệu phát thêm)

Đề bài

- Có 1 kg khí lưỡng nguyên tử, chiếm thể tích $V = 10 \text{ cm}^3$ ở áp suất $p = 40 \text{ mmHg}$ và nhiệt độ $t = 27^\circ\text{C}$. Hãy tìm:
 - a) năng lượng chuyển động nhiệt
 - b) số phân tử của khối khí này.

Bài tập 5: Có 1 kg khí lưỡng nguyên tử, chiếm thể tích $V = 10 \text{ cm}^3$ ở áp suất $p = 40 \text{ mmHg}$ và nhiệt độ $t = 27^\circ\text{C}$. Hãy tìm:

- a) năng lượng chuyển động nhiệt
- b) số phân tử của khối khí này.

$$i = 5; \quad M = 1\text{kg}; \quad V = 10^{-5} \text{ m}^3;$$

$$P = \frac{40}{760} \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ N / m}^2 = 5,33 \cdot 10^3 \text{ N / m}^2$$

a) Năng lượng chuyển động nhiệt

$$U = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2} RT = \frac{iPV}{2} \Rightarrow \mathbf{U \approx 0,133 \text{ J}}$$

b) số phân tử của khối khí

$$n = n_0 V = \frac{P}{kT} \cdot V = \frac{5,33 \cdot 10^3}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300} \cdot 10^{-5} = 1,29 \cdot 10^{19}$$

Bài tập 7 (tài liệu phát thêm)

Đề bài

- Có 20 g khí ô-xy ở nhiệt độ 20 °C. Hãy tính:
- a) Năng lượng chuyển động của khối khí
- b) Phần năng lượng ứng với chuyển động tịnh tiến của các phân tử trong khối khí
- c) Phần năng lượng ứng với chuyển động quay của các phân tử trong khối khí.

Bài tập 7

Ô xy: $i=5$, $\mu= 32 \text{ kg/kmol}$

$M= 20 \text{ g}=0,02 \text{ kg}$

$T=293\text{K}$

$R = 8,31. 10^3 \text{ J/kmolK}$

Có 20 g khí ô-xy ở nhiệt độ 20 °C. Hãy tính:

a) Năng lượng chuyển động của khối khí

b) Phần năng lượng ứng với chuyển động tịnh tiến của các phân tử trong khối khí

c) Phần năng lượng ứng với chuyển động quay của các phân tử trong khối khí.

a) Năng lượng chuyển động của khối khí

$$U = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2} RT$$

$$\Rightarrow U \approx 3,8. 10^3 \text{ J}$$

b) Phần năng lượng ứng với chuyển động tịnh tiến

$$W_{tt} = \frac{M}{\mu} \frac{3}{2} RT$$

$$W_{tt} \approx 2,3.10^3 \text{ J}$$

c) Phần năng lượng ứng với chuyển động quay

$$W_{tq} = \frac{M}{\mu} \frac{2}{2} RT$$

$$W_{tq} \approx 1,5.10^3 \text{ J}$$

Bài tập 8 (tài liệu phát thêm)

Đề bài

- Tổng động năng tịnh tiến trung bình của các phân tử khí ni-tơ chứa trong một khí cầu thể tích $0,02 \text{ m}^3$ bằng $5 \cdot 10^3 \text{ J}$ và vận tốc căn quân phương của một phân tử khí đó là $2 \cdot 10^3 \text{ m/s}$.
- a) Tìm khối lượng khí ni-tơ chứa trong khí cầu
- b) Áp suất khí tác dụng lên thành khí cầu

Bài tập 8

$$\left. \begin{array}{l} N_2(i=5); \quad V = 0,02m^3 \\ \left(\overline{W_d}\right)_{tt} = 5.10^3 J; \quad v_c = 2.10^3 m / s \end{array} \right\} \begin{array}{l} a) M = ? \\ b) P = ? \end{array}$$

- a) Tìm khối lượng khí ni-tơ chứa trong khí cầu $i=5$

$$\left(\overline{W_d}\right)_{tt} = \frac{M}{\mu} \frac{3}{2} RT \quad (1) \quad v_c = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \quad (2) \quad \Rightarrow \quad M = \frac{2\overline{W}_{tt}}{v_c^2} \approx 2,5.10^{-3} kg$$

- b) Áp suất khí tác dụng lên thành khí cầu

$$PV = \frac{M}{\mu} RT \quad (3) \quad \text{Từ (1) và (3):} \quad P = \frac{\overline{W}_{tt}}{3V} \approx 1,67.10^5 N / m^2$$

Bài tập 9

Đề bài

- Có 12 g khí ô-xy đựng trong một bình kín. Khi hơi nóng đến nhiệt độ 700°C thì có 40% phân tử phân ly thành các nguyên tử. Tính động năng trung bình của chuyển động nhiệt của các hạt đó.

Bài tập 9:

- Có 12 g khí ô-xy đựng trong một bình kín. Khi hơi nóng đến nhiệt độ 700°C thì có 40% phân tử phân ly thành các nguyên tử. Tính động năng trung bình của chuyển động nhiệt của các hạt đó.

O_2

$M = 12\text{g}$

$T = 973\text{K}$

$R = 8,31\text{J} / \text{molK}$

phân ly

$O : i_1 = 3; \quad M_1 = 40\% M = 4,8\text{g}; \quad \mu_1 = 16\text{g} / \text{mol}$

$O_2 : i_2 = 5; \therefore M_2 = 60\% M = 7,2\text{g}; \quad \mu_2 = 32\text{g} / \text{mol}$

$$\left(\overline{W}_d \right) = \frac{M_1}{\mu_1} \frac{i_1}{2} RT + \frac{M_2}{\mu_2} \frac{i_2}{2} RT \approx 8186,7 \text{ J}$$

Bài tập 12 (tài liệu phát thêm)

Đề bài

- Có 20 g chất khí đa nguyên tử chứa trong một bình kín. Tổng động năng trung bình của các phân tử khí đó là 3,2 kJ. Tìm vận tốc căn quân phương của các phân tử khí đó.

Bài tập 12

- Có 20 g chất khí đa nguyên tử chứa trong một bình kín. Tổng động năng trung bình của các phân tử khí đó là 3,2 kJ. Tìm vận tốc căn quân phương của các phân tử khí đó.

$$i = 6$$

$$M = 20\text{ g} = 20 \cdot 10^{-3}\text{ kg}$$

$$U = 3,2 \cdot 10^3\text{ J}$$

$$v_c = ?$$

$$U = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2} RT \quad \Rightarrow \quad \frac{RT}{\mu} = \frac{2U}{iM}$$

$$v_c = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{6U}{iM}} = 400\text{ m/s}$$

Bài tập 15

Đề bài

- Có bao nhiêu phần trăm phân tử khí Ni-tơ ở $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ có vận tốc nằm trong khoảng từ 500 m/s đến 510 m/s .

Bài tập 15

- Có bao nhiêu phần trăm phân tử khí ni-tơ ở 7 °C có vận tốc nằm trong khoảng từ 500 m/s đến 510 m/s.

$$N_2$$

$$T = 280K$$

$$v = 500m / s$$

$$dv = 10m / s$$

$$R = 8,31.10^3 J / kmol.K$$

$$\frac{dn}{n} = ?$$

$$v_{xs} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{2.8,31.10^3.280}{28}} = 407,6m / s$$

$$u = \frac{v}{v_{xs}} = \frac{500}{407,6} = 1,23$$

$$du = \frac{dv}{v_{xs}} = \frac{10}{407,6} = 0,0245$$

$$\frac{dn}{n} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} u^2 du = 1,85\%$$

Bài tập 18

Đề bài

- Tìm độ cao h so với mặt biển để mật độ không khí giảm đi
- a) 2 lần
- b) e lần
- Cho biết nhiệt độ của khối không khí không phụ thuộc vào độ cao và bằng $0\text{ }^{\circ}\text{C}$; khối lượng trung bình của 1 kmol không khí là 29 kg/kmol .

Bài tập 18

- Tìm độ cao h so với mặt biển để mật độ không khí giảm đi
- a) 2 lần
- b) e lần
- Cho biết nhiệt độ của khối không khí không phụ thuộc vào độ cao và bằng $0\text{ }^{\circ}\text{C}$; khối lượng trung bình của 1 kmol không khí là 29 kg/kmol .

$$\mu = 29\text{ kg / kmol}$$

$$R = 8,31 \cdot 10^3\text{ J / kmol.K}$$

$$T = 273\text{ K}$$

$$a) \quad \frac{n_o(h)}{n_o(0)} = \frac{1}{2}$$

$$b) \quad \frac{n_o(h)}{n_o(0)} = \frac{1}{e}$$

$$h = ?$$

$$n_0(h) = n_0(0)e^{-\frac{\mu gh}{RT}} \Rightarrow$$

$$h = \frac{RT}{\mu g} \ln \frac{n_0(0)}{n_0(h)}$$

$$a) \text{ Mật độ khí giảm đi 2 lần } \quad h = \frac{RT}{\mu g} \ln 2 \quad \Rightarrow h \approx 5,53 \text{ km}$$

$$b) \text{ Mật độ khí giảm đi } e \text{ lần } \quad h = \frac{RT}{\mu g} \quad h \approx 7,98 \text{ km}$$

Bài tập 20

- Áp suất của không khí trên một đỉnh núi cao 1000 m giảm đi bao nhiêu lần so với áp suất của không khí ở trên mặt biển? Nhiệt độ của không khí xem như không đổi theo chiều cao và bằng 27 °C.

Bài tập 20

- Áp suất của không khí trên một đỉnh núi cao 1000 m giảm đi bao nhiêu lần so với áp suất của không khí ở trên mặt biển? Nhiệt độ của không khí xem như không đổi theo chiều cao và bằng 27 °C.

$$\mu = 29 \text{ kg} / \text{ kmol}$$

$$R = 8,31 \cdot 10^3 \text{ J} / \text{ kmol} \cdot \text{K}$$

$$g = 9,8 \text{ m} / \text{ s}^2$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$h = 1000 \text{ m}$$

$$\frac{P(0)}{P(h)} = ?$$

\Rightarrow

$$P(h) = P(0) e^{-\frac{\mu g h}{RT}}$$

$$\frac{P(0)}{P(h)} = e^{\frac{\mu g h}{RT}} \approx 1,12$$

Bài tập về nhà

Nguyên lý thứ nhất của nhiệt động lực học, bài 8.4, 8.12, 8.14, 8.17, 8.18, 8.22, 8.27, 8.30, 8.31;

Bài tập thêm: bài 23, 24, 25, 26, 27, 28.