

Chuyên đề SỰ CHUYỂN THỂ

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. SỰ NÓNG CHẢY VÀ SỰ ĐÔNG ĐẶC

1. Sự nóng chảy

- *Định nghĩa*: Sự nóng chảy là quá trình chuyển một chất từ thể rắn sang thể lỏng.

- *Đặc điểm*:

+ Mỗi chất rắn (kết tinh) có một nhiệt độ nóng chảy xác định t_h .

+ Mỗi vật rắn khi nóng chảy cần nhận một nhiệt lượng. Nhiệt lượng này phụ thuộc vào chất rắn cấu tạo nên vật và được gọi là nhiệt nóng chảy riêng.

+ Khi nóng chảy, hầu hết các chất tăng thể tích.

+ Nhiệt độ nóng chảy của một chất phụ thuộc vào áp suất.

- *Nhiệt nóng chảy riêng* (λ) là nhiệt lượng cần cung cấp để làm nóng chảy hoàn toàn một đơn vị khối lượng của một chất rắn kết tinh ở nhiệt độ nóng chảy.

- *Nhiệt lượng cung cấp* cho vật trong quá trình nóng chảy:

$$Q = \lambda m \quad (11.1)$$

(λ là nhiệt nóng chảy riêng; m là khối lượng của vật)

2. Sự đông đặc

- *Định nghĩa*: Sự đông đặc là quá trình chuyển một chất từ thể lỏng sang thể rắn.

- *Đặc điểm*:

+ Sự đông đặc là quá trình ngược lại của sự nóng chảy.

+ Khi đông đặc, nhiệt độ của khối chất không đổi và nhiệt độ này trùng với nhiệt độ nóng chảy.

+ Khi đông đặc, khối chất tỏa nhiệt.

+ Chất rắn vô định hình không có nhiệt độ nóng chảy xác định.

II. SỰ HÓA HƠI VÀ SỰ NGƯNG TỤ

1. Sự hóa hơi

- *Định nghĩa*: Sự hóa hơi là quá trình chuyển từ thể lỏng sang thể hơi (khí). Sự hóa hơi có thể xảy ra dưới hai hình thức: bay hơi và sôi.

- *Sự bay hơi*:

+ Xảy ra ở mặt thoáng chất lỏng và xảy ra ở mọi nhiệt độ.

+ Tốc độ bay hơi phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất chất lỏng.

+ Nhiệt hóa hơi riêng (L) là nhiệt lượng cần truyền cho một đơn vị khối lượng chất lỏng để nó chuyển thành hơi ở một nhiệt độ xác định.

+ Nhiệt lượng khối chất lỏng nhận được trong quá trình hóa hơi:

$$Q = Lm \quad (11.2)$$

(L là nhiệt hóa hơi riêng; in là khối lượng của chất lỏng)

- *Sự sôi:*

+ Xảy ra ở mặt thoáng và cả trong lòng chất lỏng.

+ Dưới áp suất ngoài xác định, mỗi chất lỏng có một nhiệt độ xác định, đó là nhiệt độ mà tại đó áp suất hơi bão hòa của chất lỏng bằng áp suất ngoài tác dụng lên mặt thoáng chất lỏng.

+ Trong quá trình sôi, nhiệt độ của khối chất lỏng không đổi.

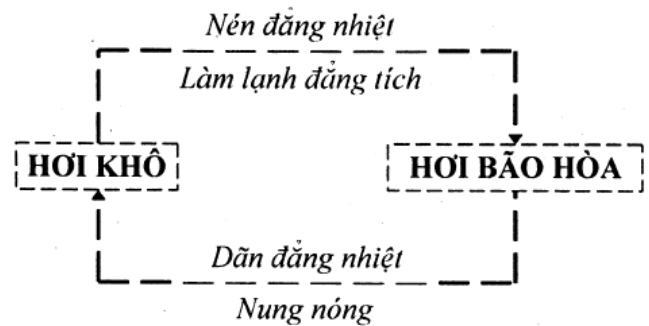
2. Sự ngưng tụ

- *Định nghĩa:* Sự ngưng tụ là quá trình chuyển từ thể hơi sang thể lỏng.

- *Hơi khô và hơi bão hòa*

+ Hơi khô là hơi ở áp suất nhỏ hơn hơi bão hòa.

+ Hơi bão hòa là hơi ở trạng thái cân bằng động với chất lỏng của nó, tại đó hơi bắt đầu ngưng tụ (hóa lỏng). Áp suất hơi bão hòa không phụ thuộc vào thể tích hơi mà phụ thuộc vào nhiệt độ chất lỏng và loại chất lỏng.



III. ĐỘ ẨM CỦA KHÔNG KHÍ

1. Độ ẩm tuyệt đối: Độ ẩm tuyệt đối của không khí là đại lượng có giá trị bằng khối lượng hơi nước tính ra gam chứa trong 1 m³ không khí.

$$a = \frac{\mu p_{hn}}{RT} \quad (11.3)$$

(μ là khối lượng mol hơi nước; p_{hn} là áp suất hơi nước trong không khí)

2. Độ ẩm cực đại: Độ ẩm cực đại của không khí ở một nhiệt độ nào đó là đại lượng có giá trị bằng khối lượng hơi nước bão hòa tính ra gam chứa trong 1 m³ không khí ở nhiệt độ ấy.

$$A = \frac{\mu p_{bh}}{RT} \quad (11.4)$$

(p_{bh} là áp suất hơi nước bão hòa)

3. Độ ẩm tỉ đối: Độ ẩm tỉ đối của không khí là tỉ số giữa độ ẩm tuyệt đối và độ ẩm cực đại.

$$f = \frac{a}{A} = \frac{p_{hn}}{p_{bh}} \quad (11.5)$$

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

VỀ KIẾN THỨC VÀ KỸ NĂNG

- Các cặp quá trình chuyển thể nóng chảy - đông đặc; hóa hơi - ngưng tụ là những quá trình ngược nhau. Nhiệt lượng cần cung cấp cho khối chất để chuyển thể gọi là nhiệt chuyển thể. Đối với cặp quá trình nóng chảy - đông đặc, nhiệt chuyển thể cần cho 1 kg khối chất gọi là nhiệt nóng chảy; đối với cặp quá trình hóa hơi - ngưng tụ, nhiệt chuyển thể cần cho 1 kg khối chất gọi là nhiệt hóa hơi.

- Độ ẩm cực đại A có độ lớn bằng khối lượng riêng của hơi nước bão hòa tính theo đơn vị (g/m^3) và thường được xác định ở các bảng *Áp suất và khối lượng riêng hơi nước bão hòa*.
- Điểm sương là nhiệt độ mà tại đó hơi nước trong không khí trở thành bão hòa. Biết điểm sương và dựa vào bảng Áp suất và khối lượng riêng hơi nước bão hòa ta xác định được p_{hn} và p_{bh} , từ đó tính được độ ẩm tỉ đối f.

VỀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

1. Với dạng bài tập về **sự chuyển thể**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Nhiệt lượng cung cấp cho vật trong quá trình nóng chảy: $Q = \lambda m$.

(λ là nhiệt nóng chảy riêng; m là khối lượng của vật)

+ Nhiệt lượng khối chất lỏng nhận được trong quá trình hóa hơi: $Q = Lm$.

(L là nhiệt hóa hơi riêng; m là khối lượng của chất lỏng)

- Một số chú ý: Có thể áp dụng gần đúng các phương trình trạng thái cho hơi bão hòa.

2. Với dạng bài tập về **độ ẩm của không khí**. Phương pháp giải là:

- Sử dụng các công thức:

+ Độ ẩm tuyệt đối: $a = \rho (\text{g/m}^3) = \frac{\mu p_{hn}}{RT}$, (μ là khối lượng mol hơi nước; p_{hn} là áp suất hơi nước trong không khí)

+ Độ ẩm cực đại: $A = \frac{\mu p_{bh}}{RT}$, (p_{bh} là áp suất hơi nước bão hòa)

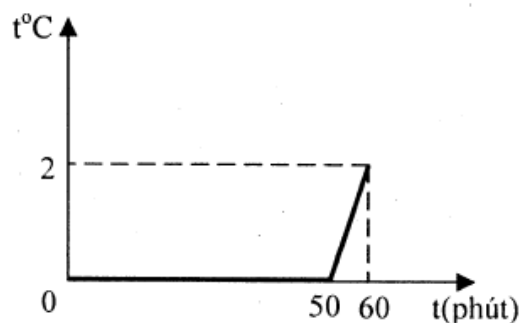
+ Độ ẩm tỉ đối: $f = \frac{a}{A} = \frac{p_{hn}}{p_{bh}}$

- Một số chú ý: Đơn vị: a, A (g/m^3); μ (g/mol); p (N/m^2) thì $R = 8,31 (\text{J/mol.K})$; p (at, atm) thì $R = 0,084 (\text{at.l/mol.K})$ hoặc $R = 0,082 (\text{atm.l/mol.K})$.

C. CÁC BÀI TẬP VẬN DỤNG

1.1. Một chậu đựng hỗn hợp nước và nước đá có khối lượng là 10kg. Chậu để trong phòng và người ta theo dõi nhiệt độ của hỗn hợp. Đồ thị biểu thị sự phụ thuộc nhiệt độ theo thời gian cho ở hình vẽ. Nhiệt dung riêng của nước là $c = 42 (\text{J/kg.K})$ và nhiệt nóng chảy của nước là $\lambda = 3,4.10^5 (\text{J/kg})$. Xác định khối lượng nước đá có trong hỗn hợp đầu.

Bỏ qua nhiệt dung của chậu.



Bài giải

Theo đồ thị, thời gian 50 phút đầu hỗn hợp ở 0°C . Quá trình này nhiệt thu được từ môi trường dùng để làm nóng chảy nước đá. Trong 10 phút tiếp theo, toàn bộ nước trong chậu nóng dần lên nhờ thu nhiệt của môi trường. Nhiệt lượng nhận được từ môi trường trong 10 phút này là:

$$Q_1 = mc\Delta t = 4200 \cdot 10 \cdot 2 = 8,4 \cdot 10^4 \text{ J}$$

- Như vậy, trong 50 phút trước đó, hỗn hợp đã nhận được của môi trường một nhiệt lượng:

$$Q_2 = 5Q_1 = 5 \cdot 8,4 \cdot 10^4 = 42 \cdot 10^4 \text{ J}$$

- Nhiệt lượng này làm nóng chảy một khối lượng nước đá bằng:

$$m = \frac{Q_2}{\lambda} = \frac{42 \cdot 10^4}{3,4 \cdot 10^5} = 1,23 \text{ kg}$$

Vậy: Khối lượng nước đá có trong hỗn hợp đầu là $m = 1,23 \text{ kg}$.

1.2. Trong một bình kín có khí nitơ ở nhiệt độ phòng ($t_0 = 20^{\circ}\text{C}$) và áp suất $p_0 = 10^5 \text{ (N/m}^2\text{)}$. Người ta rót vào bình một ít nitơ lỏng ở nhiệt độ $t_1 = -196^{\circ}\text{C}$ (nhiệt độ sôi của nitơ lỏng ở áp suất chuẩn). Nitơ lỏng bay hơi nhanh, nhiệt độ trong bình hạ xuống đến $t_2 = -140^{\circ}\text{C}$. Sau khi bình lại nóng đến nhiệt độ phòng thì áp suất trong bình là $p = 1,5 \cdot 10^5 \text{ (N/m}^2\text{)}$. Xác định nhiệt hóa hơi của nitơ lỏng. Cho nhiệt dung mol đẳng tích của nitơ là $C_v = 20,8 \text{ (J/mol.K)}$.

Bài giải

- Vì nitơ lỏng bay hơi nhanh nên coi như không có trao đổi nhiệt với bên ngoài. Phương trình cân bằng nhiệt cho nitơ khí và nitơ lỏng: $Q_1 = Q_2 + Lm$

$$\Leftrightarrow \frac{m_1}{\mu} C_v (t_0 - t_2) = \frac{m_2}{\mu} [L + C_v (t_2 - t_1)]$$

$$\Rightarrow L = \left[\frac{(t_0 - t_2)m_1}{m_2} - (t_2 - t_1) \right] C_v \quad (1)$$

- Mặt khác, áp dụng phương trình trạng thái cho khí nitơ trong bình ở trạng thái đầu và sau, ta được:

$$p_0 V = \frac{m_1}{\mu} RT \quad (2)$$

$$\text{và } pV = \frac{(m_1 + m_2)}{\mu} RT \quad (3)$$

- Từ (2) và (3): $\frac{p}{p_0} = \frac{m_1 + m_2}{m_1} = 1 + \frac{m_2}{m_1}$

$$\Rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{p}{p_0} - 1 = \frac{1,5 \cdot 10^5}{10^5} - 1 = 0,5 \text{ hay } \frac{m_1}{m_2} = 2$$

- Thay vào (1), ta được: $L = [(20 + 140) \cdot 2 - (-140 + 196)] \cdot 20,8 = 5500 (J / mol)$

Vậy: Nhiệt hóa hơi của nitơ lỏng là $L = 5500 (J / mol)$.

1.3. Nhiệt hóa hơi của nước là $L = 2250 (kJ / kg)$. Tính phần trăm nhiệt lượng để làm tăng nội năng và phần trăm nhiệt lượng để sinh công thắng ngoại lực trong quá trình hóa hơi của nước. Coi gần đúng hơi nước là khí lí tưởng.

Bài giải

Xét 1 kg nước.

- Công để hóa hơi 1 kg nước trên thành hơi ở nhiệt độ $100^\circ C$:

$$A = p\Delta V = \frac{m}{\mu} RT = \frac{1000}{18} \cdot 8,31 \cdot 373 = 172000 J = 172 kJ$$

- Độ tăng nội năng của 1 kg nước ở $100^\circ C$ khi hóa hơi ở cùng nhiệt độ:

$$\Delta U = Q - A = 2250 - 172 = 2078 kJ$$

- Phần trăm nhiệt lượng dùng để sinh công: $\frac{A}{Q} = \frac{172}{2250} = 7,6\%$

- Phần trăm nhiệt lượng dùng để làm tăng nội năng: $\frac{\Delta U}{Q} = \frac{2078}{2250} = 92,4\%$

Vậy: Phần trăm nhiệt lượng cung cấp cho nước để hóa hơi dùng để sinh công và dùng để làm tăng nội năng là 7,6% và 92,4%.

1.4. Một bình kín dung tích 50l chứa 5g nước ở $50^\circ C$. Người ta làm lạnh nó đến $30^\circ C$ trong điều kiện đẳng tích.

Tính khối lượng hơi nước ở hai trạng thái trên và nhiệt lượng hơi đã tỏa ra. Coi hơi nước như là khí lí tưởng và bỏ qua thể tích nước lỏng. Biết áp suất hơi nước bão hòa ở $50^\circ C$ là 12,33kPa và ở $30^\circ C$ là 4,242kPa; nhiệt hóa hơi riêng của nước ở $50^\circ C$ là 2,38(MJ/kg) và ở $30^\circ C$ là 2,4(MJ/kg). Giả sử sự biến thiên của nhiệt hóa hơi riêng của nước trong khoảng từ $30^\circ C$ đến $50^\circ C$ là tuyến tính.

Bài giải

Từ phương trình Clapêrôn-Mendêlêép, ta có:

$$+ \text{Khối lượng hơi nước ở } 50^\circ C: m_1 = \mu \frac{p_1 V}{RT_1} = 18 \cdot \frac{12330 \cdot 0,05}{8,31 \cdot 323} \approx 4,13 g$$

$$+ \text{Khối lượng hơi nước ở } 30^\circ C: m_2 = \mu \frac{p_2 V}{RT_2} = 18 \cdot \frac{4242 \cdot 0,05}{8,31 \cdot 303} \approx 1,52 g$$

- Khối lượng hơi nước đã hóa lỏng: $\Delta m = m_1 - m_2 = 4,13 - 1,52 = 2,61 g$

- Vì nhiệt hóa hơi riêng của nước trong khoảng từ $30^\circ C$ đến $50^\circ C$ là tuyến tính nên nhiệt hóa hơi riêng trung bình của nước trong khoảng từ $30^\circ C$ đến $50^\circ C$ là:

$$L = \frac{L_1 + L_2}{2} = \frac{2,38 + 2,40}{2} = 2,39 (MJ / kg) = 2390 (kJ / kg)$$

- Nhiệt lượng hơi đã tỏa ra: $Q = Lm = 2390.0,00261 = 6,238 kJ$

Vậy: Khối lượng hơi nước ở hai trạng thái trên là $m_1 = 4,13 g$, $m_2 = 1,52 g$ và nhiệt lượng hơi đã tỏa ra là $Q = 6,238 kJ$.

1.5. Bình kín, thể tích 10 lít, ban đầu không có nước và hơi nước. Cho vào bình 10 g nước rồi đưa nhiệt độ tới $100^\circ C$. Hơi nước bão hòa ở $100^\circ C$ có khối lượng riêng $\rho = 0,6 (kg / m^3)$

Tính áp suất hơi nước trong bình sau khi đun.

Bài giải

Gọi m là khối lượng của nước đưa vào bình.

- Khối lượng hơi nước bão hòa chứa trong thể tích 10 lít của bình ở $100^\circ C$ là:

$$m_h = \rho V = 0,6.10.10^{-3} = 6.10^{-3} kg = 6g$$

Vì $m_h < m$ nên nước hóa hơi không hoàn toàn.

Gọi m_1 ; p_1 ; V_1 lần lượt là khối lượng, áp suất và thể tích của hơi nước bão hòa chứa trong bình. Theo phương trình trạng thái:

$$p_1 V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT_1 \Rightarrow p_1 = \frac{m_1}{\mu V_1} RT_1 = \frac{\rho}{\mu} RT_1$$

$$\Rightarrow p_1 = \frac{0,6}{18.10^{-3}}.8,31.373 = 1,03.10^5 Pa$$

Vậy: Áp suất hơi nước trong bình sau khi đun là $p_1 = 1,03.10^5 Pa$.

1.6. Bình có thể tích 10l, chứa đầy không khí khô ở áp suất $10^5 Pa$ và 273K. Cho vào bình 3g nước và đun tới 373K.

Áp suất không khí ẩm trong bình là bao nhiêu?

Bài giải

Gọi m là khối lượng của nước đưa vào bình.

- Khối lượng hơi nước bão hòa chứa trong thể tích 10l của bình ở $100^\circ C$ (373K) là:

$$m_h = \rho V = 0,6.10.10^{-3} = 6.10^{-3} kg = 6g$$

Vì $m_h > m$ nên nước hóa hơi hoàn toàn. Suy ra khối lượng của hơi nước trong bình là $m_1 = 3g$.

- Áp suất riêng phần của hơi nước trong bình:

$$p_1 = \frac{m_1}{\mu V_1} RT_1 = \frac{3}{18.10.10^{-3}}.8,31.373 = 0,52.10^5 Pa$$

Gọi p_2 là áp suất riêng phần của không khí có sẵn trong bình ở nhiệt độ $T = 373K$. Theo định luật Sac-lơ

(đẳng tích): $\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_2}{T}$

$$\Rightarrow p_2 = p_0 \frac{T}{T_0} = 10^5 \cdot \frac{373}{273} = 137.10^5 \text{ Pa}$$

- Áp suất toàn phần của không khí ẩm trong bình: $p = p_1 + p_2 = 0,52.10^5 + 1,37.10^5 = 1,9.10^5 \text{ Pa}$

Vậy: Áp suất không khí ẩm trong bình là $1,9.10^5 \text{ Pa}$.

1.7. Ban ngày nhiệt độ là 28°C và độ ẩm tương đối đo được 80%. Hỏi về đêm, ở nhiệt độ nào sẽ có sương mù? Coi độ ẩm cực đại là không đổi.

Bài giải

- Trong không khí có sương mù khi hơi nước trong không khí trở nên bão hòa, tức là khối lượng riêng ρ của hơi nước trong không khí bằng độ ẩm tuyệt đối A của không khí.

Ta có: $f = \frac{a}{A} = 0,8 \Rightarrow a = 0,8A$

- Theo bảng *Áp suất hơi bão hòa của nước ở nhiệt độ khác nhau* thì 28°C nằm trong khoảng nhiệt độ từ 25°C (ứng với $\rho_1 = A_1 = 23,0(g/m^3)$) đến 30°C (ứng với $\rho_2 = A_2 = 30,3(g/m^3)$). Bằng cách nội suy ta có:

$$\frac{28 - 25}{30 - 25} = \frac{A - 23}{30,3 - 23} \Rightarrow A = 27,38(g/m^3)$$

Suy ra: $a = 0,8.27,38 = 21,9(g/m^3)$

Cũng theo bảng *Áp suất hơi bão hòa của nước ở nhiệt độ khác nhau* thì giá trị $21,9(g/m^3)$ nằm trong khoảng nhiệt độ từ 20°C (ứng với $\rho_3 = A_3 = 17,3(g/m^3)$) đến 25°C (ứng với $\rho_4 = A_4 = 23,0(g/m^3)$). Bằng cách nội suy ta có:

$$\frac{x - 20}{25 - 20} = \frac{21,9 - 17,3}{23 - 17,3} \Rightarrow x = 24^\circ\text{C}$$

Vậy: về đêm, ở 24°C sẽ có sương mù.

1.8. Lò sưởi không khí ở 18°C , độ ẩm tương đối $f_1 = 60\%$ vào phòng có thể tích $V = 500m^3$. Không khí ngoài trời ở 10°C , độ ẩm tương đối $f_2 = 80\%$. Hỏi lò sưởi đã đưa thêm vào không khí một lượng nước hóa hơi là bao nhiêu?

Biết rằng ở 18°C : $\rho_{01} = 15(g/m^3)$; ở 10°C : $\rho_{02} = 9,4(g/m^3)$

Bài giải

Khối lượng riêng của hơi nước (bằng độ ẩm tuyệt đối) trong không khí khô ở nhiệt độ $t_1 = 18^\circ\text{C}$ có độ ẩm tương đối f_1 là:

$$\rho_1 = a_1 = f_1 \rho_{01}$$

- Khối lượng riêng của hơi nước (bằng độ ẩm tuyệt đối) trong không khí khô ở nhiệt độ $t_2 = 10^\circ C$ có độ ẩm tương đối f_2 là:

$$\rho_2 = a_2 = f_2 \rho_{02}$$

Gọi m_1 và m_2 lần lượt là khối lượng hơi nước chứa trong thể tích $V = 500 m^3$ không khí ở điều kiện (t_1, f_1) và (t_2, f_2) . Ta có:

$$m_1 = \rho_1 V = f_1 \rho_{01} V; \quad m_2 = \rho_2 V = f_2 \rho_{02} V$$

- Khối lượng nước hóa hơi do lò sưởi đã đưa vào không khí là:

$$m = m_1 - m_2 = f_1 \rho_{01} V - f_2 \rho_{02} V = (f_1 \rho_{01} - f_2 \rho_{02}) V$$

$$\Rightarrow m = (0,615 \cdot 10^{-3} - 0,89 \cdot 4 \cdot 10^{-3}) \cdot 500 = 0,74 kg$$

Vậy: Lò sưởi đã đưa thêm vào không khí một lượng nước hóa hơi là 0,74kg.

1.9. Một vùng không khí có thể tích $V = 1,4 \cdot 10^{10} m^3$ chứa hơi nước bão hòa ở $20^\circ C$.

Hỏi có bao nhiêu mưa rơi xuống qua quá trình tạo thành mây nếu nhiệt độ hạ xuống còn $1^\circ C$?

Bài giải

- Theo bảng Áp suất hơi bão hòa của nước ở nhiệt độ khác nhau thì:

+ Hơi nước bão hòa ở $20^\circ C$ có khối lượng riêng là $\rho_1 = 17,3 \cdot 10^{-3} (kg / m^3)$

+ Hơi nước bão hòa ở $11^\circ C$ có khối lượng riêng là ρ_2 . Ta tính ρ_2 theo phương pháp nội suy. Vì $11^\circ C$ nằm trong khoảng từ $10^\circ C$ đến $15^\circ C$ nên ta có:

$$\frac{11 - 10}{15 - 10} = \frac{\rho_2 - 9,4}{12,8 - 9,4} \Rightarrow \rho_2 = 10,08 (g / m^3) = 10,08 \cdot 10^{-3} (kg / m^3)$$

- Khối lượng hơi nước bão hòa chứa trong không khí có thể tích $V = 1,4 \cdot 10^{10} m^3$ ở $20^\circ C$ là: $m_1 = \rho_1 V$

- Khối lượng hơi nước bão hòa chứa trong không khí có thể tích $V = 1,4 \cdot 10^{10} m^3$ ở $11^\circ C$ là: $m_2 = \rho_2 V$

- Khối lượng nước mưa đã rơi xuống là: $m = m_1 - m_2 = (\rho_1 - \rho_2) V$

$$\Rightarrow m = (17,3 \cdot 10^{-3} - 10,08 \cdot 10^{-3}) \cdot 1,4 \cdot 10^{10} = 101 \cdot 10^6 kg$$

Vậy: Lượng mưa rơi xuống qua quá trình tạo thành mây là $m = 101 \cdot 10^6 kg$.

1.10. Một xilanh đóng kín bần pittông và đặt trong buồng điều nhiệt có nhiệt độ $27^\circ C$ chứa hỗn hợp hai chất khí không tương tác hóa học với nhau. Lượng chất 1 là $n_1 = 0,5 mol$, lượng chất 2 là $n_2 = 0,4 mol$. Người ta nén từ thể tích ban đầu $V_0 = 200 dm^3$ xuống thể tích cuối $V_c = 30 dm^3$.

a) Tính áp suất ban đầu của hỗn hợp.

b) Trạng thái hai chất biến đổi như thế nào trong quá trình nén? Tính thể tích và áp suất của từng chất và của cả hỗn hợp ứng với các điểm đặc biệt của đồ thị p - V và vẽ đồ thị này.

c) Tính khối lượng các chất lỏng có trong xilanh ở cuối quá trình.

Cho chất 1 có khối lượng mol $\mu_1 = 0,02 \text{ (kg/mol)}$ và áp suất hơi bão hòa ở 27°C bằng $P_{b1} = 0,83 \cdot 10^4 \text{ Pa}$; chất 2 có khối lượng mol $\mu_2 = 0,04 \text{ (kg/mol)}$ và áp suất hơi bão hòa ở 27°C bằng $P_{b2} = 1,66 \cdot 10^4 \text{ Pa}$, $R = 8,3 \text{ (J/mol.K)}$ 1 (J/mol.K) . Giả thiết hơi bão hòa cũng tuân theo phương trình của các khí lí tưởng.

(Trích Đề thi chọn đội tuyển đi thi Quốc tế - 1988)

Bài giải

a) Áp suất ban đầu của hỗn hợp

- Áp suất ban đầu của chất 1: $p_1 = \frac{n_1 RT}{V_0} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot (27 + 273)}{0,2} = 6225 \text{ Pa}$

- Áp suất ban đầu của chất 2: $p_2 = \frac{n_2 RT}{V_0} = \frac{0,4 \cdot 8,31 \cdot (27 + 273)}{0,2} = 4980 \text{ Pa}$

- Theo định luật Đan-tôn, áp suất của hỗn hợp khí là:

$$p = p_1 + p_2 = 6225 + 4980 = 11205 \text{ Pa}$$

Vậy: Áp suất ban đầu của hỗn hợp là $p = 11205 \text{ Pa}$.

b) Thể tích và áp suất của từng chất và của cả hỗn hợp

- Khi nén tới thể tích V_A thì chất 1 bắt đầu ngưng tụ còn chất 2 vẫn là hơi, với:

$$V_A = \frac{n_1 RT}{P_{b1}} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot (27 + 273)}{0,83 \cdot 10^4} = 0,15 \text{ m}^3$$

Và $p_{2A} = \frac{n_2 RT}{V_A} = \frac{0,4 \cdot 8,31 \cdot (27 + 273)}{0,15} = 6640 \text{ Pa}$

- Hỗn hợp khí và hơi có áp suất:

$$p_A = p_{b1} + p_{2A}$$

$$\Leftrightarrow p_A = 8300 + 6640 = 14940 \text{ Pa}$$

Nén đến thể tích V_B thì đến lượt chất 2 ngưng tụ, với:

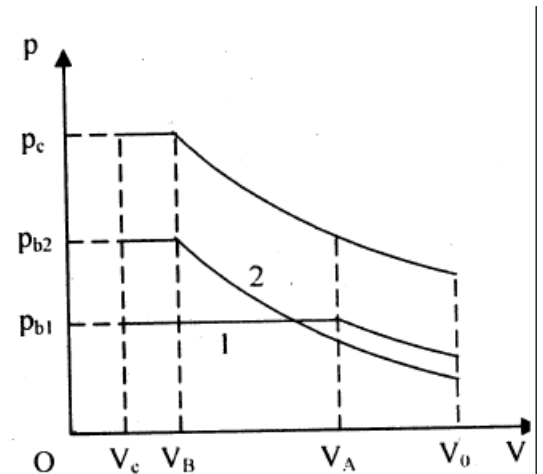
$$V_B = \frac{n_2 RT}{P_{b2}} = \frac{0,4 \cdot 8,31 \cdot (27 + 273)}{1,66 \cdot 10^4} = 0,06 \text{ m}^3$$

Áp suất hỗn hợp từ lúc đó đến lúc cuối không đổi và bằng tổng hai áp suất hơi bão hòa:

$$p_c = p_{b1} + p_{b2} = 8300 + 16600 = 24900 \text{ Pa}$$

- Đồ thị p - V của các quá trình biến đổi như hình bên.

c) Khối lượng các chất lỏng có trong xilanh ở cuối quá trình



- Khi xilanh có thể tích V_c , số mol hơi bão hòa của chất 1 là:

$$n_1' = \frac{p_{b1} V_c}{RT} = \frac{8300 \cdot 0,03}{8,31 \cdot (27 + 273)} = 0,1 \text{ mol}$$

- Số mol và khối lượng chất lỏng 1 là:

$$n_1 - n_1' = 0,5 - 0,1 = 0,4 \text{ mol}; \quad m_1 = 0,02 \cdot 0,4 = 0,008 \text{ kg}$$

- Tương tự, số mol hơi bão hòa của chất 2 là:

$$n_2' = \frac{p_{b2} V_c}{RT} = \frac{16600 \cdot 0,03}{8,31 \cdot (27 + 273)} = 0,2 \text{ mol}$$

- Số mol và khối lượng chất lỏng 2 là:

$$n_2 - n_2' = 0,4 - 0,2 = 0,2 \text{ mol}; \quad m_2 = 0,04 \cdot 0,2 = 0,008 \text{ kg}$$

- Khối lượng chất lỏng 1 và 2: $m = m_1 + m_2 = 0,008 + 0,008 = 0,016 \text{ kg}$

Vậy: Khối lượng các chất lỏng có trong xilanh ở cuối quá trình là:

$$m_1 = m_2 = 0,008 \text{ kg}.$$