

2. BÀI TẬP LUYỆN TẬP TỔNG HỢP

Chuyên đề 11. SỰ CHUYỂN THỂ

32. Một chi tiết bằng nhôm được cân bằng cân phân tích với những quả cân bằng đồng thau. Lần đầu cân trong không khí khô, lần sau cân trong không khí ẩm với áp suất hơi nước $P_h = 15.2\text{mmHg}$. Áp suất chung $p = 760\text{mmHg}$ và nhiệt độ $t = 20^\circ\text{C}$ trong cả hai lần như nhau. Độ nhạy của cân là $m_0 = 0,1\text{ mg}$. Với khối lượng nào của chi tiết thì phân biệt được kết quả hai lần cân. Khối lượng riêng của nhôm là $\rho_1 = 2,7(\text{g} / \text{cm}^3)$, của đồng thau là $\rho_2 = 8,5(\text{g} / \text{cm}^3)$

(Trích đề thi học sinh giỏi Quốc tế, Liên Xô -1979)

Bài giải

- Chi tiết và quả cân đều chịu lực đẩy của không khí. Hiệu số các lực trong không khí khô là:

$$\Delta F_1 = \rho_k g \Delta V \quad (1)$$

- Tương tự, trong không khí ẩm có khối lượng riêng ρ_k :

$$\Delta F_2 = \rho_k g \Delta V \quad (2)$$

- Độ chênh lệch giữa hiệu các lực đó trong hai trường hợp sẽ thấy được nếu lớn hơn $m_0 g$:

$$\Delta F = \Delta F_1 - \Delta F_2 = \Delta \rho g \Delta V \geq m_0 g$$

$$\Leftrightarrow \Delta \rho g \Delta V \geq m_0 g \Rightarrow \Delta V \geq \frac{m_0}{\Delta \rho} \quad (3)$$

- Gọi M là khối lượng của chi tiết thì: $\Delta V = \frac{M}{\rho_1} - \frac{M}{\rho_2} = M \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1 \rho_2}$

$$\Rightarrow M = \frac{\rho_1 \rho_2 \Delta V}{\rho_2 - \rho_1} \quad (4)$$

- Nếu áp suất chung không đổi thì với không khí ẩm, một phần không khí đã thay bằng hơi nước, áp suất riêng phần của không khí khô là $(p - p_h)$, của hơi nước là p_h . Theo phương trình Clapêrôn-Mendêlêép, ta có:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow \rho_k = \frac{\mu p}{RT}$$

Với $\mu = 29.10^{-3}(\text{kg} / \text{mol})$: khối lượng mol của không khí khô.

$$\rho_k' = \rho_k'' + \rho_h : \text{khối lượng riêng của không khí khô trong hỗn hợp} \left(\rho_k'' = \frac{(p - p_h)\mu}{RT} \right)$$

$\rho_h = \frac{\mu_h p_h}{RT}$ khối lượng riêng của hơi nước $\mu_h = 18.10^{-3}(\text{kg} / \text{mol})$: khối lượng mol của hơi nước).

$$\text{Từ đó: } \rho_k' = (p - p_h)\mu + \frac{\mu_h p_h}{RT}$$

$$\Rightarrow \Delta\rho = \rho_k - \rho'_k = \frac{p_h(\mu - \mu_h)}{RT} = \frac{0,02 \cdot 10^5 (29 \cdot 10^{-3} - 18 \cdot 10^{-3})}{8,31 \cdot 293} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$\text{- Từ (3): } \Delta V \geq \frac{0,1 \cdot 10^{-6}}{9 \cdot 10^{-3}} = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$\text{- Từ (4): } M \geq \frac{2,7 \cdot 10^3 \cdot 8,5 \cdot 10^3 \cdot 1,1 \cdot 10^{-5}}{8,5 \cdot 10^3 - 2,7 \cdot 10^3} = 43 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 43 \text{ g}$$

Vậy: Để phân biệt được kết quả hai lần cân thì khối lượng chi tiết phải là $M \geq 43 \text{ g}$.

33. Một xilanh hình trụ rất dài đặt thẳng đứng, có diện tích đáy $S = 20 \text{ cm}^2$. Dưới pittông nhẹ là một khối nước có khối lượng $m = 20 \text{ g}$, nhiệt độ $t_1 = 20^\circ \text{C}$. Nước được nung nóng bởi một nguồn có công suất $P = 100 \text{ W}$. Cho nhiệt dung riêng của nước là $c = 4200 \text{ (J/kg.K)}$; nhiệt hóa hơi của nước là $\lambda = 2,26 \cdot 10^6 \text{ (J/kg)}$; áp suất khí quyển $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$; pittông và xilanh làm bằng chất cách nhiệt; bỏ qua ma sát giữa pittông và xilanh. Khảo sát chuyển động của pittông? Hỏi pittông đạt vận tốc lớn nhất ở giai đoạn nào và bằng bao nhiêu?

Bài giải

Gọi τ_1 là thời gian nước tăng nhiệt độ từ $t_1 = 20^\circ \text{C}$ đến $t_2 = 100^\circ \text{C}$. Ta có:

$$Q_1 = mc(t_2 - t_1) = P\tau_1$$

$$\Rightarrow \tau_1 = \frac{mc(t_2 - t_1)}{P} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 4200 \cdot (100 - 20)}{100} = 67,2 \text{ s (thời gian } \tau_1 \text{ pittông đứng yên)}$$

* Giai đoạn nước hóa hơi:

- Khi nước bắt đầu hóa hơi thì pittông cũng bắt đầu chuyển động lên trên. Giả sử trong thời gian $\Delta\tau$ có một lượng hơi nước Δm bay hơi, chiếm thể tích ΔV , ta có:

$$\text{- Nhiệt lượng hóa hơi: } \Delta Q = \lambda \Delta m = P \Delta \tau \Rightarrow \Delta m = \frac{P \Delta \tau}{\lambda} \quad (1)$$

- Áp dụng phương trình Clapêrôn - Mendêlêép, ta được:

$$p_0 \Delta V = \frac{\Delta m}{\mu} RT \Rightarrow \Delta V = \frac{\Delta m}{\mu} \cdot \frac{RT}{p_0} \quad (2)$$

$$\text{- Mặt khác: } \Delta V = Sv \Delta \tau \Rightarrow v = \frac{\Delta V}{S \Delta \tau} \quad (3)$$

Với $\mu = 18 \text{ (g/mol)}$ và $T = 100 + 273 = 373 \text{ K}$, v là vận tốc pittông đạt được ở giai đoạn nước hóa hơi.

$$\text{- Từ (1), (2) và (3): } v = \frac{PRT}{\lambda S \mu p_0} = \frac{100 \cdot 8,31 \cdot 373}{2,26 \cdot 10^6 \cdot 20 \cdot 10^{-4} \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5} = 0,0381 \text{ (m/s)}$$

$$\text{- Thời gian nước hóa hơi hết: } \tau_2 = \frac{m\lambda}{P} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 2,26 \cdot 10^6}{100} = 452 \text{ s}$$

* Giai đoạn nước đã hóa hết thành hơi:

Khi nước đã hóa hết thành hơi thì xem nó như khí lí tưởng với $i = 6$, $C_v = 3R$, $C_p = 4R$. Ta có:

$$Q' = P\Delta\tau' = \frac{m}{\mu} C_p \Delta T = \frac{m}{\mu} \cdot 4R\Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{P\Delta\tau' \mu}{m \cdot 4R} \quad (4)$$

- Áp dụng phương trình Clapêrôn - Mendêlêép, ta được:

$$p_0 \Delta V' = \frac{\Delta m}{\mu} R \Delta T \Rightarrow \Delta V' = \frac{\Delta m}{\mu} \cdot \frac{R \Delta T}{p_0} \quad (5)$$

$$\text{- Thay (4) vào (5), ta được: } \Delta V' = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{R}{p_0} \cdot \frac{P\Delta\tau' \mu}{m \cdot 4R} = \frac{P\Delta\tau'}{4p_0} \quad (6)$$

$$\text{- Mặt khác: } \Delta V' = Sv' \Delta\tau' \Rightarrow v' = \frac{\Delta V'}{S\Delta\tau'} \quad (7)$$

(v' là vận tốc pittông đạt được ở giai đoạn nước đã hóa hết thành hơi).

$$\text{- Từ (6) và (7): } v' = \frac{P}{4p_0 S} = \frac{100}{4 \cdot 10^5 \cdot 20 \cdot 10^{-4}} = 0,125(m/s)$$

Vậy: Vận tốc cực đại của pittông là $v_{max} = 0,125(m/s)$ và đạt được trong giai đoạn nước đã hóa hết thành hơi.

34. Trong một nhà tắm hơi có thể tích $V = 36m^3$, độ ẩm tương đối của không khí $f_1 = 50\%$ ở nhiệt độ $t_1 = 100^\circ C$. Sau đó do nhiệt độ giảm xuống đến $t_2 = 97^\circ C$ và hơi “lắng xuống” nên độ ẩm của không khí $f_2 = 45\%$. Một khối lượng nước bằng bao nhiêu đã được tách ra từ hơi ẩm không khí lúc đầu? Biết rằng ở nhiệt độ $97^\circ C$ áp suất hơi bão hòa nhỏ hơn $80mmHg$ so với ở nhiệt độ $100^\circ C$.

Bài giải

- Ở nhiệt độ $t_1 = 100^\circ C$:

+ Áp suất hơi bão hòa là: $p_{bh1} = 760mmHg$

+ Áp suất hơi là: $p_1 = \frac{f_1 p_{bh1}}{100\%} = \frac{50\% \cdot 760}{100\%} = 380mmHg \approx 50654Pa$

+ Khối lượng của hơi là: $m_1 = \frac{\mu_n p_1 V}{RT_1} = \frac{18 \cdot 50654 \cdot 36}{8,31 \cdot 373} \approx 10590g = 10,59kg$

- Ở nhiệt độ $t_2 = 97^\circ C$:

+ Áp suất hơi bão hòa là: $p_{bh2} = (760 - 80) = 680mmHg$

+ Áp suất hơi là: $p_2 = \frac{f_2 p_{bh2}}{100\%} = \frac{45\% \cdot 680}{100\%} = 306mmHg \approx 40790Pa$

+ Khối lượng của hơi là: $m_2 = \frac{\mu_n p_2 V}{RT_2} = \frac{18 \cdot 40790 \cdot 36}{8,31 \cdot 370} \approx 8600g = 8,60kg$

- Khối lượng nước tác ra từ hơi là: $\Delta m = m_1 - m_2 = 10,59 - 8,6 = 1,99kg$

Vậy: Khối lượng nước bằng bao nhiêu đã được tách ra từ hơi ẩm không khí lúc đầu là $\Delta m = 1,99kg$.

35. Trong một xi lanh, ở dưới pittông có một ít chất lỏng và hơi bão hòa của nó ở nhiệt độ nào đó. Khi nung đẳng áp chậm nhiệt độ của hệ tăng lên đến 100°C còn thể tích tăng thêm 54%. Nhiệt độ trong xi lanh đã tăng lên bao nhiêu độ nếu lúc đầu khối lượng của hơi bằng $\frac{2}{3}$ khối lượng toàn bộ của hỗn hợp? Bỏ qua thể tích ban đầu của chất lỏng so với thể tích của hệ.

Bài giải

Gọi m_h và m_l là khối lượng của hơi và của chất lỏng lúc đầu, M_h khối lượng mol của hơi nước; T_d là nhiệt độ trong bình lúc đầu. Khi nung nóng đẳng áp nhiệt độ của hỗn hợp không thay đổi chừng nào mà chất lỏng còn bay hơi. Theo giả thiết nhiệt độ được tăng đến $T_c = 373\text{K}$ thì có nghĩa là toàn bộ chất lỏng đã bay hơi và hơi bây giờ có khối lượng ($m_h + m_l$) đã được nung nóng thêm $\Delta T = T_c - T_d$

- Áp dụng phương trình trạng thái khí lí tưởng cho trạng thái đầu và cuối của hệ, ta được:

$$pV_d = \frac{m_h}{M_h} RT_d \quad (1)$$

$$pV_c = \frac{m_h + m_l}{M_h} RT_c \quad (2)$$

- Theo đề: $V_c = \beta V_d = 1,54V_d$ (3) và $v \frac{m_h}{m_h + m_l} = \alpha = \frac{2}{3}$ (4)

- Từ (1), (2), (3) và (4): $\frac{V_d}{V_c} = \frac{m_h}{m_h + m_l} \cdot \frac{T_d}{T_c} \Leftrightarrow \frac{1}{\beta} = \alpha \frac{T_d}{T_c} \Rightarrow \frac{T_c}{T_d} = \beta \alpha$

- Từ đó: $\Delta T = T_c - T_d = T_c \left(1 - \frac{1}{\beta \alpha}\right) = T_c \frac{\beta \alpha - 1}{\beta \alpha} = 373 \cdot \frac{1,45 \cdot \frac{2}{3} - 1}{1,45 \cdot \frac{2}{3}} \approx 10\text{K}$

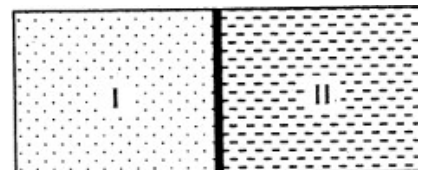
Vậy: Nhiệt độ trong xi lanh đã tăng lên 10K.

36. Một xi lanh kín hai đầu được ngăn bằng một pittông. Xi lanh được đặt nằm ngang. Ban đầu hai phần của xi lanh có cùng thể tích, một phần chứa không khí, phần còn lại chứa nước và hơi nước. Nung nóng từ từ toàn bộ xi lanh, pittông bắt đầu chuyển động và sau cùng thì dừng lại khi tỉ số thể tích của hai phần là $\frac{1}{4}$. Nhiệt độ

trong cả hai phần xi lanh bằng nhau và thể tích của nước không đáng kể so với thể tích của hơi nước.

a) Pittông chuyển động về hướng nào? Tại sao?

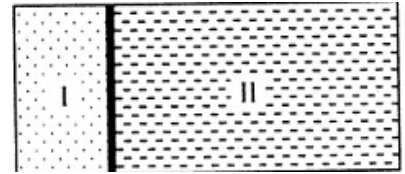
b) Xác định tỉ số khối lượng của nước và hơi nước trước khi nung nóng xi lanh.



Bài giải

a) Hướng chuyển động của pittông

Trong phần xilanh có hơi nước bão hòa (phần II), khi nhiệt độ tăng thì áp suất hơi bão hòa tăng nhanh hơn hơi khô nên pittông dịch chuyển về phía phần xi lanh chứa không khí (phần I).



b) Tỉ số khối lượng của nước và hơi nước trước khi nung nóng xilanh

Gọi V là thể tích cả xilanh; m_n là khối lượng nước, m_h là khối lượng hơi nước (trong phần xilanh chứa hơi nước); T_1 và T_2 là nhiệt độ ban đầu và cuối quá trình; p_1 và p_2 là áp suất ban đầu và cuối quá trình (khi pittông dừng); M là khối lượng mol của nước.

- Ban đầu: $V_I = V_{II} = \frac{V}{2}$; cuối quá trình: $V_I = \frac{V}{5}, V_{II} = \frac{4V}{5}$.

- Trong phần xilanh I: Phương trình trạng thái: $\frac{p_1 V}{2T_1} = \frac{p_2 V}{5T_2}$ (1)

- Trong phần xi lanh II: Phương trình Clapêrôn-Mendêlêep:

• Ban đầu: $\frac{p_1 V}{2T_1} = \frac{m_h R}{M}$ (2)

• Khi pittông dừng, toàn bộ nước đã bay hơi hết:

$$\frac{4p_2 V}{5T_2} = \frac{(m_h + m_n)R}{M}$$

- Từ (1), (2) và (3): $\frac{m_h R}{M} = \frac{(m_h + m_n)R}{M} \Leftrightarrow 4m_h = m_h + m_n$

$$\Rightarrow \frac{m_n}{m_h} = 3$$

Vậy: Tỉ số khối lượng của nước và hơi nước trước khi nung nóng xilanh là $\frac{m_n}{m_h} = 3$

37. Một người đeo kính từ ngoài đường có nhiệt độ $t_1 = 10^\circ\text{C}$ bước vào phòng có nhiệt độ $t_2 = 20^\circ\text{C}$. Độ ẩm không khí trong phòng có giá trị cực đại bằng bao nhiêu thì kính của người ấy không bị mờ do hơi nước ngưng tụ. Cho áp suất hơi nước bão hòa ở nhiệt độ t_1 là $p_1 = 1200\text{Pa}$ và ở nhiệt độ t_2 là $p_2 = 2300\text{Pa}$.

Bài giải

Gọi D là khối lượng riêng hơi nước có sẵn trong phòng; D_1 là khối lượng riêng hơi nước bão hòa ở nhiệt độ t_1 ; D_2 là khối lượng riêng hơi nước bão hòa ở nhiệt độ t_2 .

- Khi người ấy bước vào phòng thì kính và lớp không khí tiếp xúc với kính vẫn còn giữ nhiệt độ t_1 . Hiện tượng ngưng tụ sẽ không xảy ra nếu độ ẩm của lớp không khí ấy nhỏ hơn 100%, nghĩa là $D < D_1$.

Ta có: $D_1 = \frac{\mu p_1}{RT_1}; D_2 = \frac{\mu p_2}{RT_2};$

(Suy từ phương trình C-M: $pV = \frac{m}{\mu} RT = \frac{DV}{\mu} RT$)

- Khối lượng riêng hơi nước có sẵn: $D = AD_2 = \frac{A\mu p_2}{RT_2}$

- Từ các hệ thức trên: $\frac{A\mu p_2}{RT_2} < \frac{\mu p_1}{RT_1} \Rightarrow A < \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1} = \frac{1200.293}{2300.283} = 54\%$

Vậy: Để kính người ấy không bị mờ do nước ngưng tụ thì $A < 54\%$.

38. Một phòng kín có thể tích $V = 60\text{m}^3$ và nhiệt độ $t = 20^\circ\text{C}$; độ ẩm của không khí là 50%. Áp suất khí trong phòng là $p_0 = 105\text{Pa}$.

a) Tính khối lượng nước cần đun cho bay hơi để hơi nước trong phòng thành bão hòa.

b) Tính khối lượng không khí ẩm trong phòng khi độ ẩm là:

- 50%.

- 100%.

Tính áp suất mới trong phòng.

c) Nếu khi độ ẩm tăng lên 100% người ta cho thoát một ít không khí để giữ áp suất vẫn bằng p_0 thì không khí ẩm trong phòng có khối lượng bằng bao nhiêu? So sánh với khi độ ẩm là 50% và giải thích. Cho áp suất hơi nước bão hòa ở 20°C là $p_{bh} = 2300\text{Pa}$

(Trích đề thi Olympic Rumani - 2000)

Bài giải

a) Khối lượng nước cần đun cho bay hơi để hơi nước trong phòng thành bão hòa

- Khối lượng riêng hơi nước bão hòa ở nhiệt độ $t = 20^\circ\text{C}$ là:

$$D_{bh} = \frac{\mu p_{bh}}{RT} = \frac{0,018.2300}{8,31.293} = 0,017(\text{kg} / \text{m}^3)$$

- Khối lượng riêng của hơi nước là: $D_n = fD_{bh} = 50\%.0,017 = 0,0085(\text{kg} / \text{m}^3)$

Đó cũng là khối lượng hơi nước cần tạo thêm trong 1m^3 để có độ ẩm 100%.

Vậy lượng nước cần đun thành hơi là:

$$m = D_n.V = 0,0085.60 = 0,51\text{kg}$$

Vậy: Khối lượng nước cần đun cho bay hơi để hơi nước trong phòng thành bão hòa là $m = 0,51 \text{kg}$.

b) Khối lượng không khí ẩm trong phòng

Khối lượng không khí ẩm bằng khối lượng không khí khô và khối lượng hơi nước.

- Trường hợp độ ẩm không khí bằng 50%:

$$+ \text{Áp suất của hơi nước: } p_n = f.p_{bh} = 50\%.2300 = 1150\text{Pa}$$

+ Theo định luật Đantôn, áp suất khí trong phòng là: $p_0 = p_k + p_n$

$$\Leftrightarrow p_k = p_0 - p_n = 10^5 - 1150 = 98850 Pa$$

+ Khối lượng riêng của không khí khô là:

$$D_k = \frac{\mu_{kk} p_k}{RT} = \frac{0,029 \cdot 98850}{8,31 \cdot 293} = 1,177 (kg / m^3)$$

+ Khối lượng riêng của không khí ẩm là:

$$D = D_k + D_n = 1,177 + 0,0085 = 1,186 (kg / m^3)$$

+ Khối lượng không khí ẩm trong phòng là: $m = D \cdot V = 1,186 \cdot 60 = 71,16 kg$

- Trường hợp độ ẩm không khí bằng 100%:

+ Khối lượng riêng không khí ẩm bão hòa là:

$$D = D_{bh} + D_k = 0,017 + 1,177 = 1,194 (kg / m^3)$$

+ Khối lượng không khí ẩm bão hòa là: $m = D \cdot V = 1,194 \cdot 60 = 71,64 kg$

+ Từ phương trình Clapêrôn - Mendêlêép, ta được: $\frac{p}{p_0} = \frac{m}{m_0}$

$$\Rightarrow p = p_0 \frac{m}{m_0} = 10^5 \cdot \frac{71,64}{71,16} = 1,0067 \cdot 10^5 Pa$$

Vậy: Khối lượng không khí ẩm trong phòng khi độ ẩm 50% là 71,16 kg và khi độ ẩm 100% là 71,64kg. Lúc đó áp suất mới trong phòng là $p = 1,0067 \cdot 10^5 Pa$

c) Khối lượng không khí ẩm trong phòng khi có một ít khí thoát ra

- Áp suất không khí khô là: $p'_k = p_0 - p_{bh} = 10^5 - 2300 = 97700 Pa$

- Khối lượng riêng của không khí khô là:

$$D'_k = \frac{\mu_{kk} p'_k}{RT} = \frac{0,029 \cdot 97700}{8,31 \cdot 293} = 1,164 (kg / m^3)$$

- Khối lượng riêng của không khí ẩm là: $D' = D'_k + D_{bh} = 1,164 + 0,017 = 1,181 (kg / m^3)$

- Khối lượng không khí ẩm là: $m' = D' \cdot V = 1,181 \cdot 60 = 70,86 kg < m_0$

- Độ ẩm cao hơn nhưng khối lượng không khí ẩm lại nhỏ hơn là do từ $n = \frac{p_0}{kT}$ ta thấy: mật độ phân tử không

đổi, một số phân tử không khí được thay bằng các phân tử hơi nước nhẹ hơn.

Vậy: Khối lượng không khí ẩm trong phòng khi có một ít khí thoát ra là $m' = 70,86 kg$.