

NHEAT HOIC

Chuyên đề 1:

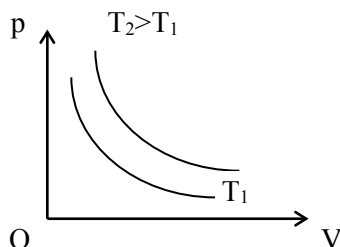
CÁC ĐỊNH LUẬT VỀ KHÍ LÝ TƯỞNG

I. TÓM TẮT KIẾN THỨC

- 1. Định luật Bôi–Mariôt:** Ở nhiệt độ không đổi (đẳng nhiệt), tích của áp suất và thể tích của một lượng khí xác định là một hằng số.

$$pV = \text{const hay } p_1V_1 = p_2V_2$$

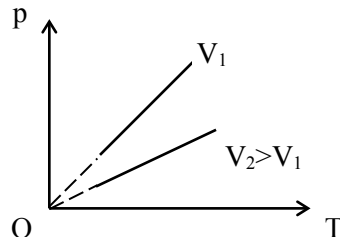
(p_1, V_1 là áp suất và thể tích khí ở trạng thái 1; p_2, V_2 là áp suất và thể tích khí ở trạng thái 2).



- 2. Định luật Saclo:** Khi thể tích không đổi (đẳng tích), áp suất của một lượng khí xác định tỉ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối của khí.

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

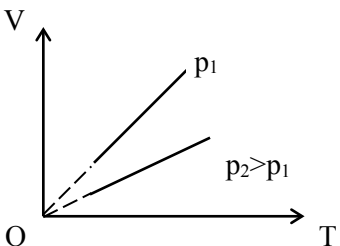
(p_1, T_1 là áp suất và nhiệt độ khí ở trạng thái 1; p_2, T_2 là áp suất và nhiệt độ khí ở trạng thái 2).



- 3. Định luật Gay–Luytxắc:** Khi áp suất không đổi (đẳng áp), thể tích của một lượng khí xác định tỉ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối của khí.

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

(V_1, T_1 là thể tích và nhiệt độ khí ở trạng thái 1; V_2, T_2 là thể tích và nhiệt độ khí ở trạng thái 2).



- 4. Định luật Đan–tôn:** Áp suất của hỗn hợp khí bằng tổng áp suất riêng phần của các khí trong hỗn hợp.

$$p = p_1 + p_2 + \dots$$

Hệ thức giữa độ C và độ tuyệt đối: $T(K) = t^\circ(C) + 273$

II. GIẢI TOÁN

A. Phương pháp giải

- Liệt kê các trạng thái khí.
- Khi áp dụng các định luật chất khí về các đẳng quá trình cần chú ý:
 - + Kiểm tra điều kiện của khối khí nếu:
 - $m = \text{const}, T = \text{const}$: dùng định luật Bôi–Mariôt.

- $m = \text{const}$, $V = \text{const}$: dùng định luật Sác-lơ.
 - $m = \text{const}$, $p = \text{const}$: dùng định luật Gay-Luytxắc.
- + Đổi đơn vị nhiệt độ: $T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273$.
- + Trong lòng chất lỏng: $p = p_0 + p_h$ (p là áp suất tại điểm M trong lòng chất lỏng, cách mặt thoáng chất lỏng đoạn h ; p_h là áp suất do trọng lực cột chất lỏng gây ra). Nếu tính bằng mmHg thì:
- $$p_h = \frac{\rho h}{\rho_{\text{Hg}}} \quad (\rho, h \text{ (mm) là khối lượng riêng và độ cao của cột chất lỏng; } \rho_{\text{Hg}} \text{ là khối lượng riêng của Hg}).$$
- + Biểu thức định luật Sác-lơ có thể viết dưới dạng: $p = p_0 \alpha T \left(\alpha = \frac{1}{273} \right)$.
- Khi áp dụng định luật Đan-tôn cần chú ý: Trong cùng điều kiện, tỉ lệ áp suất riêng phần của các khí bằng tỉ lệ số mol của các khí trong hỗn hợp.

B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1. Nếu áp suất của một lượng khí biến đổi 2.10^5 N/m^2 thì thể tích biến đổi 3 lít, nếu áp suất biến đổi 5.10^5 N/m^2 thì thể tích biến đổi 5 lít. Tính áp suất và thể tích ban đầu của khí biết nhiệt độ khí không đổi.

Hướng dẫn

Ta có: Trạng thái I (p_1 ; V_1 ; T_1); trạng thái II ($p_2 = p_1 + 2.10^5$; $V_2 = V_1 - 3$; $T_2 = T_1$); trạng thái III ($p_3 = p_1 + 5.10^5$; $V_3 = V_1 - 5$; $T_3 = T_1$).

Áp dụng định luật Bôi-Mariôt cho các quá trình đẳng nhiệt:

$$\text{Quá trình (I) đến (II): } \frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2} \Leftrightarrow \frac{p_1 + 2.10^5}{p_1} = \frac{V_1}{V_1 - 3}$$

$$\Rightarrow V_1 = \left(\frac{p_1}{2.10^5} + 1 \right) \cdot 3 \quad (1)$$

$$\text{Quá trình (I) đến (III): } \frac{p_3}{p_1} = \frac{V_1}{V_3} \Leftrightarrow \frac{p_1 + 5.10^5}{p_1} = \frac{V_1}{V_1 - 5}$$

$$\Rightarrow V_1 = \left(\frac{p_1}{5.10^5} + 1 \right) \cdot 5 \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) và (2) ta có: } \left(\frac{p_1}{2.10^5} + 1 \right) \cdot 3 = \left(\frac{p_1}{5.10^5} + 1 \right) \cdot 5 \Rightarrow p_1 = 4.10^5 \text{ N/m}^2.$$

$$\text{và } V_1 = \left(\frac{4.10^5}{2.10^5} + 1 \right) \cdot 3 = 9 \text{ lít.}$$

Vậy: Áp suất và thể tích ban đầu của khí là 4.10^5 N/m^2 và 9 lít.

Ví dụ 2. Một xilanh chứa khí được đẩy bằng pittông. Pittông có thể trượt không ma sát dọc theo thành xilanh. Pittông có khối lượng m , diện tích tiết diện S . Khí có thể tích ban đầu V . Áp suất khí quyển là p_0 .
 Tìm thể tích khí nếu xilanh chuyển động thẳng đứng với gia tốc a . Coi nhiệt độ khí không đổi.

Hướng dẫn

- Gọi V , p là thể tích và áp suất khí trong xilanh khi pittông đứng cân bằng: Ta có:
 - + Các lực tác dụng vào pittông: trọng lực $\vec{P}$ ($P = mg$), lực đẩy của khí trong xilanh $\vec{F}_1$ ($F_1 = pS$), ngoài xilanh $\vec{F}_2$ ($F_2 = p_0S$).
 - + Điều kiện cân bằng của pittông: $\vec{P} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$
 $\Rightarrow mg + p_0S = pS$ (1)
- Gọi V' , p' là thể tích và áp suất khí trong xilanh khi pittông chuyển động: Ta có:
 - + Các lực tác dụng vào pittông: trọng lực $\vec{P}$ ($P = mg$), lực đẩy của khí trong xilanh $\vec{F}_1'$ ($F_1' = p'S$), ngoài xilanh $\vec{F}_2'$ ($F_2' = p_0S$).
 - + Theo định luật II Niu-ton: $\vec{P} + \vec{F}_1' + \vec{F}_2' = m\vec{a}$
 $\Rightarrow mg + p_0S - p'S = \pm ma$ (đi lên hoặc đi xuống)
 với: $p' = p \cdot \frac{V}{V'}$ (đẳng nhiệt)
 $\Rightarrow mg + p_0S - \frac{V}{V'}(mg + p_0S) = \pm ma \Rightarrow V' = \frac{mg + p_0S}{m(g \pm a) + p_0S} \cdot V$

Vậy: Thể tích khí nếu xilanh chuyển động thẳng đứng với gia tốc a là

$$V' = \frac{mg + p_0S}{m(g \pm a) + p_0S} \cdot V.$$

Ví dụ 3. Ở độ sâu $h_1 = 1\text{m}$ dưới mặt nước có một bọt khí hình cầu. Hỏi ở độ sâu nào, bọt khí có bán kính nhỏ đi 2 lần. Cho khối lượng riêng của nước $D = 10^3 \text{ kg/m}^3$, áp suất khí quyển $p_0 = 10^5 \text{ N/m}^2$, $g = 10\text{m/s}^2$; nhiệt độ nước không đổi theo độ sâu.

Hướng dẫn

- Ở độ sâu h_1 , bọt khí có thể tích V_1 , áp suất p_1 : $p_1 = p_0 + \frac{h_1}{13,6}$.
- Ở độ sâu h_2 , bọt khí có thể tích V_2 , áp suất p_2 : $p_2 = p_0 + \frac{h_2}{13,6}$.

Vì nhiệt độ bọt khí không đổi nên:
$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\frac{4}{3}\pi R_1^3}{\frac{4}{3}\pi R_2^3} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3 = 2^3 = 8.$$

$$\Leftrightarrow \frac{p_0 + \frac{h_2}{13,6}}{p_0 + \frac{h_1}{13,6}} = 8 \Leftrightarrow p_0 + \frac{h_2}{13,6} = 8 \cdot \left(p_0 + \frac{h_1}{13,6}\right)$$

$$\Rightarrow h_2 = 95,2p_0 + 8h_1 = 95,2 \cdot 76 + 8 \cdot 100 = 8035,2 \text{ cm} = 80,352 \text{ m}.$$

Vậy: Ở độ sâu 80,352m bọt khí có bán kính nhỏ đi 2 lần.

Ví dụ 4. Một xilanh nằm ngang kín hai đầu, có thể tích $V = 1,2$ lít và chứa không khí ở áp suất $p_0 = 10^5 \text{ N/m}^2$. Xilanh được chia thành 2 phần bằng nhau bởi pittông mỏng khối lượng $m = 100\text{g}$ đặt thẳng đứng. Chiều dài xi lanh $2l = 0,4\text{m}$. Xilanh được quay với vận tốc góc ω quanh trục thẳng đứng ở giữa xilanh. Tính ω nếu pittông nằm cách trục quay đoạn $r = 0,1\text{m}$ khi có cân bằng tương đối.

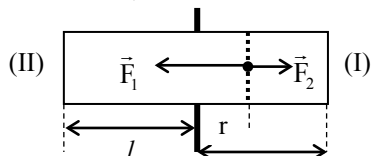
Hướng dẫn

- Khi xilanh đứng yên, khí trong mỗi nửa xilanh có thể tích $\frac{V}{2} = Sl$, áp suất p_0 .
- Khi xilanh quay, khí trong nửa xilanh I có thể tích $V_1 = S(l-r)$, áp suất p_1 ; khí trong nửa xilanh II có thể tích $V_2 = S(l+r)$, áp suất p_2 .
- + Áp dụng định luật Bôi–Mariôt cho hai nửa xilanh ta được:

$$p_0 Sl = p_1 S(l-r) \quad (1)$$

$$p_0 Sl = p_2 S(l+r) \quad (2)$$

$$\Rightarrow p_1 = p_0 \frac{l}{l-r} \text{ và } p_2 = p_0 \frac{l}{l+r}.$$



- + Các lực tác dụng lên pittông theo phương ngang: $F_1 = p_1 S$; $F_2 = p_2 S$. Hợp các lực này gây ra gia tốc hướng tâm làm xilanh quay đều:

$$F_1 - F_2 = mr\omega^2 \Leftrightarrow p_0 \frac{l}{l-r} S - p_0 \frac{l}{l+r} S = mr\omega^2$$

$$\Leftrightarrow p_0 \frac{V}{2} \left(\frac{1}{l-r} - \frac{1}{l+r} \right) = mr\omega^2 \quad (V = S \cdot 2l)$$

$$\Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{p_0 V}{m(l^2 - r^2)}} = \sqrt{\frac{10^5 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3}}{0,1 \cdot (0,2^2 - 0,1^2)}} = 200 \text{ rad/s}$$

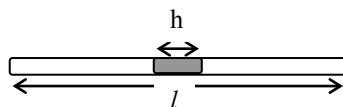
Vậy: Vận tốc góc của xilanh khi quay quanh trục thẳng đứng ở giữa xilanh là $\omega = 200 \text{ rad/s}$.

Ví dụ 5. Một ống hình trụ hẹp, kín hai đầu, dài $l = 105\text{cm}$, đặt nằm ngang. Giữa ống có một cột thủy ngân dài $h = 21\text{cm}$, phần còn lại của ống chứa không

khí ở áp suất $p_0 = 72 \text{ cmHg}$. Tìm độ di chuyển của cột thủy ngân khi ống thẳng đứng.

Hướng dẫn

- Ban đầu, khí ống nằm ngang, khí ở hai bên cột thủy ngân giống nhau, mỗi bên có thể tích $V_0 = Sl_1$, áp suất p_0 .



- Khi ống đặt thẳng đứng thì:

+ khí ở phần trên có thể tích $V_1 = S(l_1 + x)$, áp suất p_1 .

+ khí ở phần dưới có thể tích $V_2 = S(l_1 - x)$, áp suất $p_2 = p_1 + h$.

- Áp dụng định luật Bôi–Mariôt cho khí ở hai phần:

+ phần trên: $p_0 V_0 = p_1 V_1 \Leftrightarrow p_0 S l_1 = p_1 S (l_1 + x)$ (1)

+ phần dưới: $p_0 V_0 = p_2 V_2 \Leftrightarrow p_0 S l_1 = (p_1 + h) \cdot S (l_1 - x)$ (2)

- Từ (1) và (2) suy ra: $p_1 = \frac{p_0 l_1}{l_1 + x} = \frac{p_0 l_1}{l_1 - x} - h$

$$\Leftrightarrow p_0 l_1 (l_1 - x) = p_0 l_1 (l_1 + x) - h (l_1 + x) (l_1 - x)$$

Thay số: $p_0 = 72 \text{ cm}$; $h = 21 \text{ cm}$; $l_1 = \frac{1}{2} (105 - 21) = 42 \text{ cm}$.

$$\Leftrightarrow x^2 + 288x - 1764 = 0 \Rightarrow x_1 = -294 \text{ cm} < 0 \text{ (loại)}; x_2 = 6 \text{ cm}.$$

Vậy: Độ di chuyển của cột thủy ngân khi ống thẳng đứng là $x = 6 \text{ cm}$.

Ví dụ 6. Khi đun nóng đẳng tích một khối khí thêm 1°C thì áp suất khí tăng thêm $1/360$ áp suất ban đầu. Tính nhiệt độ đầu của khí.

Hướng dẫn

Khi chưa đun, khí trong bình có áp suất p_1 , nhiệt độ T_1 .

Khi đun nóng, khí trong bình có áp suất $p_2 = p_1 + \frac{p_1}{360}$, nhiệt độ $T_2 = T_1 + 1$.

$$\text{Áp dụng định luật Sac-lơ: } \frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} \Leftrightarrow \frac{p_1 + \frac{p_1}{360}}{p_1} = \frac{T_1 + 1}{T_1}.$$

$$\Leftrightarrow 1 + \frac{1}{360} = 1 + \frac{1}{T_1} \Rightarrow T_1 = 360 \text{ K hay } t_1 = 87^\circ\text{C}.$$

Vậy: Nhiệt độ đầu của khí là $t_1 = 87^\circ\text{C}$.

Ví dụ 7. Khối lượng riêng của không khí trong phòng (27°C) lớn hơn khối lượng riêng của không khí ngoài sân nắng (42°C) bao nhiêu lần? Biết áp suất không khí trong và ngoài phòng là như nhau.

Hướng dẫn

$$\text{Khi ở trong phòng, không khí có khối lượng riêng: } D_1 = \frac{m}{V_1} \quad (1)$$

Khi ở ngoài sân nắng, không khí có khối lượng riêng: $D_2 = \frac{m}{V_2}$ (2)

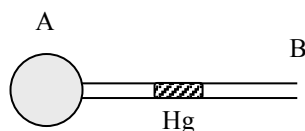
Từ (1) và (2) suy ra: $\frac{D_1}{D_2} = \frac{V_2}{V_1}$ (3)

Mặt khác, theo định luật Gay-Luytxac, ta có: $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$ (4)

Từ (3) và (4) suy ra: $\frac{D_1}{D_2} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{42 + 273}{27 + 273} = 1,05$.

Vậy: Khối lượng riêng của không khí trong phòng lớn hơn khối lượng riêng của không khí ngoài sân nắng là 1,05 lần.

Ví dụ 8. Một áp kế khí có hình dạng giống như bài trên, tiết diện ống 0,1cm². Biết ở 0°C, giọt thủy ngân cách A 30cm, ở 5°C cách A 50cm. Tính dung tích bình. Coi dung tích bình là không đổi.



Hướng dẫn

Ở $T_1 = 273K$, khí có thể tích là $V_1 = V + Sx_1$ (1)

Ở $T_2 = 5 + 273 = 278K$, khí có thể tích $V_2 = V + Sx_2$ (2)

Với: $V_2 = V_1 \alpha T_2 \Rightarrow V_2 - V_1 = V_1 (\alpha T_2 - 1) = S(x_2 - x_1)$

$\Leftrightarrow (V + Sx_1)(\alpha T_2 - 1) = S(x_2 - x_1)$

$$\Rightarrow V = \frac{S(x_2 - x_1)}{\alpha T_2 - 1} - Sx_1 = \frac{0,1 \cdot (50 - 30)}{\frac{1}{273} \cdot 278 - 1} - 0,1 \cdot 30 = 106,2 \text{ cm}^3$$

Vậy: Dung tích của bình là 106,2cm³.

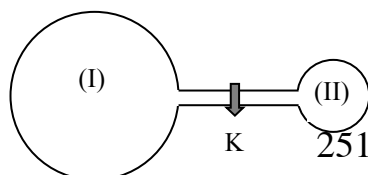
Ví dụ 9. Hai bình cầu, được nối với nhau bằng một ống có khóa, chứa hai chất khí không tác dụng hóa học với nhau, ở cùng nhiệt độ. Áp suất khí trong hai bình là $p_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ và $p_2 = 10^6 \text{ N/m}^2$. Mở khóa nhẹ nhàng để hai bình thông với nhau sao cho nhiệt độ không đổi. Khi cân bằng xảy ra, áp suất ở hai bình là $p = 4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$.

Tính tỉ số thể tích của hai bình cầu.

Hướng dẫn

- Khi chưa mở khóa: bình I (p_1, V_1, T); bình II (p_2, V_2, T).
- Khi mở khóa: bình I ($p'_1, (V_1 + V_2), T$); bình II ($p'_2, (V_1 + V_2), T$).
- Theo định luật Bôi-Mariôt, ta có:

$$p_1 V_1 = p'_1 (V_1 + V_2) \Rightarrow p'_1 = \frac{V_1}{V_1 + V_2} p_1 \quad (1)$$



$$p_2 V_2 = p'_2 (V_1 + V_2) \Rightarrow p'_2 = \frac{V_1}{V_1 + V_2} p_2 \quad (2)$$

– Theo định luật Đan-tôn, ta có: $p = p'_1 + p'_2 = \frac{V_1}{V_1 + V_2} (p_1 + p_2)$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2 - p}{p - p_1} = \frac{10 \cdot 10^5 - 4 \cdot 10^5}{4 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^5} = 3$$

Vậy: Tỉ số thể tích của hai bình cầu là $\frac{V_1}{V_2} = 3$.

Ví dụ 10. Một hỗn hợp không khí gồm 23,6g ôxi và 76,4g nitơ. Tính:

- Khối lượng của 1 mol hỗn hợp.
- Thể tích hỗn hợp ở áp suất 750 mmHg, nhiệt độ 27°C.
- Khối lượng riêng của hỗn hợp ở điều kiện trên.
- Áp suất riêng phần của ôxi và nitơ ở điều kiện trên.

Hướng dẫn

- a) Khối lượng của 1 mol hỗn hợp

Gọi μ , μ_1 , μ_2 là khối lượng mol của không khí, oxi và nitơ. Theo phương trình Clapây-rôn–Mendêlêép, ta có:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow p = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT}{V} \quad (1)$$

$$p_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} RT \Rightarrow p_1 = \frac{m_1}{\mu_1} \cdot \frac{RT}{V} \quad (2)$$

$$p_2 V = \frac{m_2}{\mu_2} RT \Rightarrow p_2 = \frac{m_2}{\mu_2} \cdot \frac{RT}{V} \quad (3)$$

Theo định luật Đan-tôn, ta có: $p = p_1 + p_2 \quad (4)$

$$\Leftrightarrow \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT}{V} = \frac{m_1}{\mu_1} \cdot \frac{RT}{V} + \frac{m_2}{\mu_2} \cdot \frac{RT}{V}$$

$$\Rightarrow \frac{m}{\mu} = \frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} \Rightarrow \mu = \frac{m}{\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2}} = \frac{100}{\frac{23,6}{32} + \frac{76,4}{28}} = 29 \text{ g/mol}$$

Vậy: Khối lượng của 1 mol không khí là 29g/mol.

- b) Thể tích của hỗn hợp khí

Thể tích của m gam không khí ở điều kiện chuẩn là: $V_0 = \frac{m}{\mu} \cdot 22,4 \text{ (lít)}$.

Thể tích của m gam không khí ở áp suất p, nhiệt độ T là:

$$V = \frac{p_0}{p} \cdot \frac{T}{T_0} \cdot V_0 = \frac{p_0}{p} \cdot \frac{T}{T_0} \cdot \frac{m}{\mu} \cdot 22,4 = \frac{760}{750} \cdot \frac{300}{273} \cdot \frac{100}{29} \cdot 22,4 = 86 \text{ lít}$$

c) Khối lượng riêng của hỗn hợp khí: $D = \frac{m}{V} = \frac{100}{86} = 1,16 \text{ g/l}$.

d) Áp suất riêng phần của ôxi và nitơ: Vì áp suất của khí tỉ lệ với số mol khí trong hỗn hợp nên:

$$\text{Với khí ôxi: } \frac{p_1}{p} = \frac{\frac{m_1}{\mu_1}}{\frac{m}{\mu}} \Rightarrow p_1 = p \cdot \frac{m_1}{m} \cdot \frac{\mu}{\mu_1} = 750 \cdot \frac{23,6}{32} \cdot \frac{29}{100} = 160 \text{ mmHg.}$$

$$\text{Với khí nitơ: } p_2 = p - p_1 = 750 - 160 = 590 \text{ mmHg.}$$

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Khí được nén đẳng nhiệt từ thể tích 6 lít đến 4 lít, áp suất khí tăng thêm 0,75at. Tìm áp suất ban đầu của khí.

Bài 2. Mỗi lần bơm đưa được $V_0 = 80\text{cm}^3$ không khí vào ruột xe. Sau khi bơm diện tích tiếp xúc của các vỏ xe với mặt đường là 30cm^2 . Thể tích của ruột xe sau khi bơm là 2000cm^3 . Áp suất khí quyển $p_0 = 1 \text{ atm}$. Trọng lượng xe là 600N. Coi nhiệt độ là không đổi. Tìm số lần bơm.

Bài 3. Một bơm hút khí dung tích ΔV . Phải bơm bao nhiêu lần hút khí trong bình có thể tích V từ áp suất p_0 đến áp suất p ? Coi nhiệt độ của khí là không đổi.

Bài 4. Một ống nhỏ tiết diện đều, một đầu kín. Một cột thủy ngân cao 75mm đứng cân bằng, cách đáy 180mm khi ống thẳng đứng miệng ống ở trên và cách đáy 220mm khi ống thẳng đứng miệng ống ở dưới. Tìm áp suất khí quyển và độ dài cột không khí trong ống khi ống nằm ngang.

Bài 5. Một ống thủy tinh một đầu kín, dài 57cm chứa không khí có áp suất bằng áp suất không khí (76 cmHg). Ấn ống vào chậu thủy ngân theo phương thẳng đứng, miệng ống ở dưới. Tìm độ cao cột thủy ngân đi vào ống khi đáy ống ngang mặt thoáng thủy ngân.

Bài 6. Ống thủy tinh một đầu kín dài 112,2cm, chứa không khí ở áp suất khí quyển $p_0 = 75\text{cmHg}$. Ấn ống xuống một chậu nước theo phương thẳng đứng, miệng ống ở dưới. Tìm độ cao cột nước đi vào ống khi đáy ống ngang với mặt nước.

Bài 7. Ống thủy tinh một đầu kín dài 80cm chứa không khí ở áp suất bằng áp suất khí quyển $p_0 = 75\text{cmHg}$. Ấn ống vào thủy ngân theo phương thẳng đứng, miệng ống ở dưới (thấp hơn) mặt thủy ngân 45cm. Tìm độ cao cột thủy ngân đi vào ống.

Bài 8. Ống thủy tinh dài 60cm, thẳng đứng, đầu kín ở dưới, đầu hở ở trên. Cột không khí cao 20cm trong ống bị giam bởi cột thủy ngân cao 40cm. Áp suất khí quyển $p_0 = 80\text{cmHg}$. Nhiệt độ không đổi. Khi ống bị lật ngược, hãy:

a) tìm độ cao cột thủy ngân còn lại trong ống.

b) tìm chiều dài ống để toàn bộ cột thủy ngân không chảy ra ngoài.

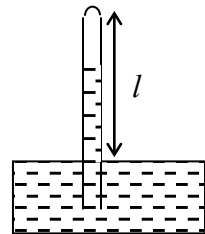
Bài 9. Trong khoảng chân không của một phong vũ biểu thủy ngân, có lọt vào một ít không khí nên phong vũ biểu có số chỉ nhỏ hơn áp suất thực của khí quyển. Khi áp suất khí quyển là 768 mmHg, phong vũ biểu chỉ 748 mmHg, chiều dài khoảng chân không là 56mm.

Tìm áp suất của khí quyển khi phong vũ biểu này chỉ 734 mmHg. Coi nhiệt độ không đổi.

Bài 10. Một phong vũ biểu chỉ sai vì có một ít không khí lọt vào ống. Ở áp suất khí quyển $p_0 = 755$ mmHg phong vũ biểu này chỉ $p_1 = 748$ mmHg.

Khi áp suất khí quyển là $p'_0 = 740$ mmHg, phong vũ biểu chỉ $p_2 = 736$ mmHg.

Coi diện tích mặt thủy ngân trong chậu là lớn, tiết diện ống nhỏ, nhiệt độ không đổi. Hãy tìm chiều dài l của ống phong vũ biểu.



Bài 11. Một ống thủy tinh có chiều dài $l = 50$ cm, tiết diện $S = 0,5$ cm², được hàn kín một đầu và chứa đầy không khí. Ấn ống chìm vào trong nước theo phương thẳng đứng, đầu kín ở trên. Tính lực F cần đặt lên ống để giữ ống trong nước sao cho đầu trên của ống trong nước sao cho đầu trên của ống thấp hơn mặt nước đoạn $h = 10$ cm. Biết khối lượng ống $m = 15$ g áp suất khí quyển $p_0 = 760$ mmHg.

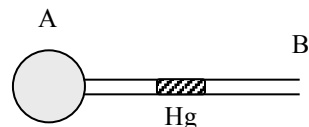
Bài 12. Áp suất khí trơ trong bóng đèn tăng bao nhiêu lần khi đèn sáng nếu nhiệt độ đèn khi tắt là 25°C, khi sáng là 323°C?

Bài 13. Một bình đầy không khí ở điều kiện chuẩn, được đẩy bằng một vật có khối lượng $m = 2$ kg. Tiết diện của miệng bình là 10cm². Tìm nhiệt độ cực đại của không khí trong bình để không khí không đẩy nắp bình lên và thoát ra ngoài. Biết áp suất khí quyển là $p_0 = 1$ atm.

Bài 14. Ở nhiệt độ 273°C thể tích của một lượng khí là 10 lít. Tính thể tích lượng khí đó ở 546°C khi áp suất khí không đổi.

Bài 15. 12g khí chiếm thể tích 4 lít ở 7°. Sau khi nung nóng đẳng áp khối lượng riêng của khí là 1,2g/lít. Tìm nhiệt độ của khí sau khi nung.

Bài 16. Một áp kế khí gồm một bình cầu thủy tinh có thể tích 270cm³ gắn với một ống nhỏ AB nằm ngang có tiết diện 0,1cm². Trong ống có một giọt thủy ngân. Ở 0°C giọt thủy ngân cách A 30cm. Tìm khoảng di chuyển của giọt thủy ngân khi nung bình cầu đến 10°C. Coi dung tích bình là không đổi.



Bài 17. Khí ở lò thoát ra theo ống khói hình trụ. Ở đầu dưới, khí có nhiệt độ 727°C và chuyển động với vận tốc 5m/s . Hỏi vận tốc của khí ở đầu trên của ống (có nhiệt độ 227°C). Áp suất khí coi như không đổi.

Bài 18. Trong một bình kín có 1 hỗn hợp metan và ôxi ở nhiệt độ phòng và áp suất $p_0 = 760\text{ mmHg}$. Áp suất riêng phần của metan và ôxi bằng nhau. Sau khi xảy ra sự nổ trong bình kín, người ta làm lạnh để hơi nước ngưng tụ và được dẫn ra ngoài. Sau đó người ta lại đưa bình về nhiệt độ ban đầu. Tính áp suất khí trong bình sau đó.

Bài 19. Một hỗn hợp khí hêli và argon ở áp suất $p = 152.10^3\text{ N/m}^2$ và nhiệt độ $T = 300\text{K}$, khối lượng riêng $\rho = 2\text{kg/m}^3$. Tính mật độ phân tử hêli và argon trong hỗn hợp. Biết $\text{He} = 4$, $\text{Ar} = 40$.

D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

Ta có:

Trạng thái 1 (p_1 ; $V_1 = 6\text{ lít}$; T_1); trạng thái 2 ($p_2 = p_1 + 0,75$; $V_2 = 4\text{ lít}$; $T_2 = T_1$).

Áp dụng định luật Bôi–Mariôt cho quá trình đẳng nhiệt: $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2}$.

$$\Leftrightarrow \frac{p_1 + 0,75}{p_1} = \frac{6}{4} = 1,5 \Rightarrow p_1 = 1,5\text{at.}$$

Vậy: Áp suất ban đầu của khí là $p_1 = 1,5\text{at}$.

Bài 2.

– Sau n lần bơm, lượng khí vào trong bánh xe:

+ ở trạng thái I ($p_1 = 1\text{ atm}$; $V_1 = 2000 + nV_0 = 2000 + 80n$).

+ ở trạng thái II ($p_2 = p_0 + p' = 1 + \frac{600}{3.10^{-3}} = 3\text{ atm}$; $V_2 = 2000\text{ cm}^3$).

– Áp dụng định luật Bôi–Mariôt cho quá trình đẳng nhiệt:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_1}{V_2} \Leftrightarrow \frac{3}{1} = \frac{2000 + 80n}{2000} \Rightarrow n = 50.$$

Vậy: Số lần bơm xe là $n = 50$.

Bài 3.

Ban đầu, khí trong bình có: thể tích V , áp suất p_0 .

Sau khi bơm lần thứ nhất, khí trong bình có: thể tích $(V + \Delta V)$, áp suất p_1 :

$$\frac{p_1}{p_0} = \frac{V}{V + \Delta V}$$

Sau khi bơm lần thứ hai, khí trong bình có: thể tích $(V + \Delta V)$, áp suất p_2 :

$$\frac{p_2}{p_0} = \frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{p_1}{p_0} = \left(\frac{V}{V + \Delta V}\right) \left(\frac{V}{V + \Delta V}\right) = \left(\frac{V}{V + \Delta V}\right)^2$$

Tương tự, sau lần bơm thứ n khí trong bình có áp suất p :

$$\frac{p}{p_0} = \left(\frac{V}{V + \Delta V}\right)^n \Rightarrow \lg \frac{p}{p_0} = n \lg \frac{V}{V + \Delta V} \Rightarrow n = \frac{\lg \frac{p}{p_0}}{\lg \frac{V}{V + \Delta V}}$$

Vậy: Phải bơm $n = \frac{\lg \frac{p}{p_0}}{\lg \frac{V}{V + \Delta V}}$ lần để đưa khí trong bình từ áp suất p_0 lên đến

áp suất p .

Bài 4.

Khi miệng ống ở trên, khí trong ống có thể tích $V_1 = Sx_1$, áp suất $p_1 = p_0 + h$.

Khi miệng ống ở dưới, khí trong ống có thể tích $V_2 = Sx_2$, áp suất $p_2 = p_0 - h$.

Theo định luật Bôi–Mariôt, ta có: $p_1 V_1 = p_2 V_2$.

$$\Leftrightarrow (p_0 + h).Sx_1 = (p_0 - h).Sx_2$$

$$\Rightarrow p_0 = \frac{h(x_2 + x_1)}{x_2 - x_1} = \frac{75.(220 + 180)}{220 - 180} = 750 \text{ mmHg}$$

Khi đặt ống nằm ngang, khí trong ống có thể tích $V_0 = Sx_0$, áp suất p_0 . Do đó:

$$p_0 V_0 = p_1 V_1 \Leftrightarrow p_0 Sx_0 = (p_0 + h).Sx_1$$

$$\Rightarrow x_0 = \frac{(p_0 + h)x_1}{p_0} = \frac{(750 + 75).180}{750} = 198 \text{ mm}.$$

Vậy: Áp suất khí quyển và độ dài cột không khí trong ống khi ống nằm ngang là $p_0 = 750 \text{ mmHg}$ và $x_0 = 198 \text{ mm}$.

Bài 5.

Gọi l là chiều dài của ống, x là độ cao cột thủy ngân đi vào ống ($0 < x < 57 \text{ cm}$). Ta có:

– Ban đầu, khí trong ống có thể tích $V_1 = Sl$, áp suất $p_1 = p_0 = 76 \text{ cmHg}$.

– Sau khi ấn ống vào thủy ngân, khí trong ống có thể tích $V_2 = S(l - x)$, áp suất $p_2 = [p_0 + (l - x)]$.

– Áp dụng định luật Bôi–Mariôt cho khí trong ống:

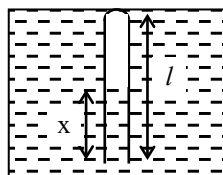
$$p_1 V_1 = p_2 V_2.$$

$$\Leftrightarrow p_0 Sl = [p_0 + (l - x)]. S(l - x)$$

$$\Leftrightarrow x^2 - (p_0 + 2l)x + l^2 = 0 \Leftrightarrow x^2 - (76 + 2.57)x + 57^2 = 0$$

$$\Leftrightarrow x^2 - 190x + 3249 = 0 \Rightarrow x_1 = 171 \text{ cm} > 57 \text{ cm (loại)}; x_2 = 19 \text{ cm}.$$

Vậy: Độ cao cột thủy ngân đi vào ống khi đáy ống ngang mặt thoáng thủy ngân là $x = 19 \text{ cm}$.



Bài 6.

Gọi l là chiều dài của ống, x là độ cao cột nước đi vào ống ($0 < x < 112,2 \text{ cm}$).

Ta có:

- Ban đầu, khí trong ống có thể tích $V_1 = Sl$, áp suất $p_1 = p_0 = 75 \text{ cmHg}$.
- Sau khi ấn ống vào nước, khí trong ống có thể tích V_2

$$= S(l - x), \text{ áp suất } p_2 = [p_0 + (\frac{1-x}{13,6})].$$

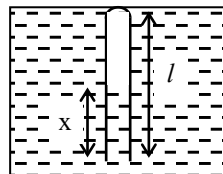
- Áp dụng định luật Bôi–Mariôt cho khí trong ống:
 $p_1 V_1 = p_2 V_2$.

$$\Leftrightarrow p_0 Sl = [p_0 + (\frac{1-x}{13,6})] \cdot S(l - x)$$

$$\Leftrightarrow x^2 - (13,6p_0 + 2l)x + l^2 = 0 \Leftrightarrow x^2 - (13,6 \cdot 75 + 2 \cdot 112,2)x + 112,2^2 = 0$$

$$\Leftrightarrow x^2 - 1242,4x + 12688,84 = 0 \Rightarrow x_1 = 10,2 \text{ cm (loại nghiệm } > 112,2 \text{ cm)}.$$

Vậy: Độ cao cột nước đi vào ống khi đáy ống ngang mặt thoáng là $x = 10,2 \text{ cm}$.



Bài 7.

Gọi l là chiều dài của ống, x là độ cao cột thủy ngân đi vào ống ($0 < x < 80 \text{ cm}$).
Ta có:

- Ban đầu, khí trong ống có thể tích $V_1 = Sl$, áp suất $p_1 = p_0 = 75 \text{ cmHg}$.
- Sau khi ấn ống vào thủy ngân, khí trong ống có thể tích $V_2 = S(l - x)$, áp suất $p_2 = [p_0 + h - x]$.
- Áp dụng định luật Bôi–Mariôt cho khí trong ống:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2.$$

$$\Leftrightarrow p_0 Sl = [p_0 + h - x] \cdot S(l - x)$$

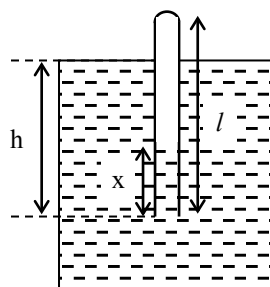
$$\Leftrightarrow x^2 - (p_0 + h + l)x + hl = 0$$

$$\Leftrightarrow x^2 - (75 + 45 + 80)x + 45 \cdot 80 = 0$$

$$\Leftrightarrow x^2 - 200x + 3600 = 0$$

$$\Rightarrow x_1 = 180 \text{ cm} > 80 \text{ cm (loại)}; x_2 = 20 \text{ cm}.$$

Vậy: Độ cao cột thủy ngân đi vào ống là $x = 20 \text{ cm}$.



Bài 8.

a) Độ cao cột thủy ngân còn lại trong ống

- Ban đầu, khí trong ống có thể tích $V_1 = Sx$, áp suất $p_1 = p_0 + h$.
- Khi ống bị lật ngược, một phần thủy ngân chảy ra ngoài, phần còn lại có độ cao $h' < h$. Khí trong ống lúc này có thể tích $V_2 = S(l - h')$, áp suất $p_2 = p_0 - h'$.
- Áp dụng định luật Bôi–Mariôt: $p_1 V_1 = p_2 V_2$.

$$\Leftrightarrow (p_0 + h) \cdot Sx = (p_0 - h') \cdot S(l - h')$$

$$\Leftrightarrow h'^2 - (p_0 + l)h' + p_0 l - p_0 x - hx = 0$$

Với $x = 20 \text{ cm}$; $h = 40 \text{ cm}$; $l = 60 \text{ cm}$ suy ra:

$$h'^2 - (80 + 60)h' + 80 \cdot 60 - 80 \cdot 20 - 40 \cdot 20 = 0$$

$$\Leftrightarrow h'^2 - 140h' + 2400 = 0 \Rightarrow h'_1 = 120 \text{ cm} > 40 \text{ cm (loại)}; h'_2 = 20 \text{ cm}.$$

Vậy: Độ cao cột thủy ngân còn lại trong ống là $h' = 20 \text{ cm}$.

b) Chiều dài ống để toàn bộ cột thủy ngân không chảy ra ngoài

Gọi l' là chiều dài tối thiểu của ống để toàn bộ cột thủy ngân không chảy ra ngoài. Lúc đó khí trong ống có thể tích $V_3 = (l' - h)S$, áp suất $p_3 = p_0 - h$.

Theo định luật Bôi–Mariôt, ta có: $p_1 V_1 = p_3 V_3$.

$$\Leftrightarrow (p_0 + h).Sx = (p_0 - h).S(l' - h)$$

$$\Rightarrow l' = \frac{p_0 + h}{p_0 - h} \cdot x + h = \frac{80 + 40}{80 - 40} \cdot 20 + 40 = 100\text{cm}.$$

Vậy: Để toàn bộ cột thủy ngân không chảy ra ngoài thì ống phải có chiều dài tối thiểu là 100cm.

Bài 9.

- Ban đầu, không khí trong phong vũ biểu có thể tích $V_1 = Sx_1$; áp suất $p_1 = p_{01} - p'_1$.
- Lúc sau, không khí trong phong vũ biểu có thể tích $V_2 = Sx_2 = S(x_1 + h'_1 - h'_2)$; áp suất $p_2 = p_{02} - p'_2$.
- Áp dụng định luật Bôi–Mariôt: $p_1 V_1 = p_2 V_2$.
 $\Leftrightarrow (p_{01} - p'_1).Sx_1 = (p_{02} - p'_2).S(x_1 + h'_1 - h'_2)$
 $\Rightarrow p_{02} = \frac{(p_{01} - p'_1)x_1}{x_1 + h'_1 - h'_2} + p'_2$

Thay số: $p_{01} = 768\text{mmHg}$; $p'_1 = 748\text{mmHg}$; $p'_2 = 734\text{mmHg}$; $h'_1 = 748\text{mm}$; $h'_2 = 734\text{mm}$; $x_1 = 56\text{mm}$ ta được:

$$p_{02} = \frac{(768 - 748).56}{56 + 748 - 734} + 734 = 750\text{mmHg}$$

Vậy: Khi phong vũ biểu chỉ 734 mmHg thì áp suất khí quyển là 750mmHg.

Bài 10.

- Ở áp suất p_0 , lượng khí phía trên cột thủy ngân có thể tích $V_1 = Sx$, áp suất $p_1 = p_0 - p_1$.
- Ở áp suất p'_0 , lượng khí phía trên cột thủy ngân có thể tích $V_2 = Sx'$, áp suất $p_2 = p'_0 - p_2$.
- Theo định luật Bôi–Mariôt, ta có: $p_1 V_1 = p_2 V_2$.
 $\Leftrightarrow (p_0 - p_1).Sx = (p'_0 - p_2).Sx'$
 $\Leftrightarrow (755 - 748)x = (740 - 736)x' \Leftrightarrow 7x = 4x' \quad (1)$
- Mặt khác: $(x + 748) = (x' + 736) = l \Rightarrow x' - x = 12 \quad (2)$
 $\Rightarrow x = 16\text{mm}$, $x' = 28\text{mm}$ và $l = 16 + 748 = 764\text{mm}$.
 Vậy: Chiều dài l của ống phong vũ biểu là 764mm.

Bài 11.

- Khi chưa đặt ống nghiệm trong nước, không khí trong ống nghiệm có thể tích $V_1 = Sl$, áp suất $p_1 = p_0$.
- Khi đặt ống nghiệm trong nước, đầu trên của ống thấp hơn mặt nước đoạn h , lúc đó không khí trong ống có thể tích $V_2 = Sx$, áp suất $p_2 = p_0 + \frac{h + x}{13,6}$.
- Áp dụng định luật Bôi–Mariôt ta được: $p_1 V_1 = p_2 V_2$.

$$\Leftrightarrow p_0 S l = (p_0 + \frac{h+x}{13,6}) S x$$

$$\Leftrightarrow x^2 + (13,6p_0 + h)x - 13,6p_0 l = 0$$

$$\Leftrightarrow x^2 + (13,6 \cdot 76 + 10)x - 13,6 \cdot 76 \cdot 50 = 0$$

$$\Leftrightarrow x^2 + 1043,6x - 51680 = 0$$

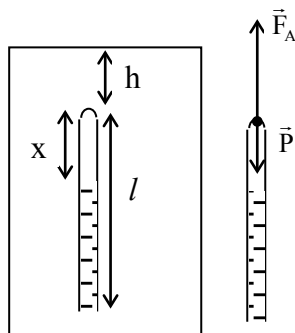
$$\Rightarrow x_1 = -1090 \text{ cm} < 0 \text{ (loại)}; x_2 = 47,4 \text{ cm.}$$

- Lực tác dụng vào ống nghiệm là:

$$F = F_A - P = D_0 S x g - mg.$$

$$\Rightarrow F = 1000 \cdot 0,5 \cdot 10^{-4} \cdot 47,4 \cdot 10^{-2} \cdot 10 - 15 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 87 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

Vậy: Lực cần tác dụng vào ống nghiệm là $F = 0,087 \text{ N}$.



Bài 12.

Khi đèn tắt, khí trong đèn có áp suất p_1 , nhiệt độ $T_1 = 25 + 273 = 298 \text{ K}$.

Khi đèn sáng, khí trong đèn có áp suất p_2 , nhiệt độ $T_2 = 323 + 273 = 596 \text{ K}$.

Áp dụng định luật Sac-lơ: $\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{596}{298} = 2.$

Vậy: Áp suất khí trơ trong bóng đèn tăng 2 lần khi đèn sáng.

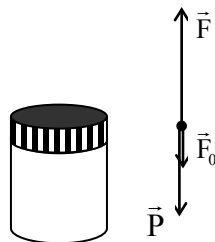
Bài 13.

- Các lực tác dụng vào nút bình: trọng lực $\vec{P}$ ($P = mg$, hướng xuống), áp lực của khí quyển $\vec{F}_0$ ($F_0 = p_0 S$, hướng xuống), áp lực của khí trong bình $\vec{F}$ ($F = p S$, hướng lên).
- Để nắp không bị đẩy lên trên thì: $F \leq P + F_0$.

$$\Leftrightarrow p S \leq mg + p_0 S \Rightarrow p \leq p_0 + \frac{mg}{S}$$

$$\Leftrightarrow p_0 \alpha T \leq p_0 + \frac{mg}{S}$$

$$\Rightarrow T \leq \frac{1}{\alpha} + \frac{mg}{p_0 \alpha S} = 273 + \frac{2 \cdot 10 \cdot 273}{10^5 \cdot 10^{-3}} = 328 \text{ K.}$$



Vậy: Nhiệt độ cực đại của không khí trong bình để không khí không đẩy nắp bình lên và thoát ra ngoài là $T_{\max} = 328 \text{ K}$ hay $t_{\max} = 55^\circ \text{ C}$.

Bài 14.

Ta có: Trạng thái I ($T_1 = 273 + 273 = 546 \text{ K}$, $V_1 = 10$ lít);

Trạng thái II ($T_2 = 546 + 273 = 819 \text{ K}$, V_2).

Vì $p = \text{const}$, theo định luật Gay-Luytxac, ta có: $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$.

$$\Rightarrow V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 10 \cdot \frac{819}{546} = 15 \text{ lít.}$$

Vậy: Thể tích lượng khí đó ở 546°C là 15 lít.

Bài 15.

Trước khi nung, khí có khối lượng riêng: $D_1 = \frac{m}{V_1} = \frac{12}{4} = 3\text{g/lít.}$

Sau khi nung đẳng áp, khí có nhiệt độ: $T_2 = T_1 \cdot \frac{V_2}{V_1}$, với $V_2 = \frac{m}{D_2} = \frac{12}{1,2} = 10\text{ lít.}$

$$\Rightarrow T_2 = (7 + 273) \cdot \frac{10}{4} = 700\text{K hay } t_2 = 427^{\circ}\text{C.}$$

Vậy: Nhiệt độ của khí sau khi nung là 427°C.

Bài 16.

Ở $T_1 = 273\text{K}$, khí có thể tích là $V_1 = V + Sx_1$ (1)

Ở $T_2 = 10 + 273 = 283\text{K}$, khí có thể tích $V_2 = V + Sx_2$ (2)

Với: $V_2 = V_1 \alpha T_2 \Rightarrow V_2 - V_1 = V_1(\alpha T_2 - 1) = S(x_2 - x_1)$

$$\begin{aligned} \Rightarrow (x_2 - x_1) &= \frac{V_1(\alpha T_2 - 1)}{S} = \frac{(V + Sx_1)(\alpha T_2 - 1)}{S} = \frac{(270 + 0,1 \cdot 30) \left(\frac{1}{273} \cdot 283 - 1 \right)}{0,1} \\ &= 100\text{cm} \end{aligned}$$

Vậy: Khoảng di chuyển của giọt thủy ngân khi nung nóng bình là 100cm.

Bài 17.

Gọi u_1, u_2 là vận tốc của khí ở đầu dưới và đầu trên của ống khối.

Xét trong 1 giây:

Thể tích khí vào đầu dưới của ống khối là: $V_1 = V_0 \alpha T_1 = u_1 S$.

Thể tích khí ra đầu trên của ống khối là: $V_2 = V_0 \alpha T_2 = u_2 S$.

$$\Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{u_2}{u_1} \quad (S \text{ là tiết diện ống khối})$$

Theo định luật Gay-Luytxac, ta có: $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$.

$$\Rightarrow \frac{u_2}{u_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow u_2 = u_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 5 \cdot \frac{227 + 273}{727 + 273} = 2,5\text{m/s.}$$

Vậy: Vận tốc của khí ở đầu trên của ống là 2,5m/s.

Bài 18.

Phản ứng giữa metan và oxi: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Ban đầu, metan và oxi có áp suất riêng phần bằng nhau nên có số mol bằng nhau:

$n_{\text{metan}} = n_{\text{oxi}} = n \Rightarrow$ số mol hỗn hợp khí ban đầu là $n_{\text{hh}} = 2n$

Sau khi cháy, số mol metan còn thừa là: $n'_{\text{metan}} = \frac{n}{2}$; số mol dioxit cacbon tạo ra

là $n_{\text{dioxit}} = \frac{n}{2}$ nên số mol hỗn hợp khí sau phản ứng là: $n'_{\text{hh}} = n$.

Áp suất khí trong bình sau khi nổ là: $p = \frac{p_0}{2} = \frac{760}{2} = 380\text{mmHg}$.

Bài 19.

Xét 1m^3 hỗn hợp khí, khối lượng của 1m^3 hỗn hợp khí là $m = \rho V = 2.1 = 2\text{kg}$.

Gọi m_1, m_2 là khối lượng khí He và Ar trong hỗn hợp, ta có: $m_1 + m_2 = m$.

- Áp suất riêng phần của khí He: $p_1 = \frac{m_1}{\mu_1} \cdot \frac{RT}{V}$ (1)
- Áp suất riêng phần của khí Ar: $p_2 = \frac{m_2}{\mu_2} \cdot \frac{RT}{V}$ (2)
- Theo định luật Đan-tôn, ta có: $p = p_1 + p_2 = \left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2}\right) \cdot \frac{RT}{V}$.

$$\Leftrightarrow \left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2}\right) = \frac{pV}{RT} \quad (3)$$

- Kết hợp (1) với (3) suy ra:

$$m_2 = \frac{\mu_1 \mu_2 \frac{pV}{RT} - \mu_2 m}{\mu_1 - \mu_2} = \frac{4.40 \cdot \frac{152.10^3 \cdot 1}{8,31.10^3 \cdot 300} - 40.2}{4 - 40} = 1,9512\text{kg}.$$

- Số phân tử Ar trong 1m^3 hỗn hợp khí:

$$N_2 = \frac{m_2}{40} \cdot N_A = \frac{1,9512}{40} \cdot 6,023.10^{26} = 0,294.10^{26}/\text{m}^3.$$

- Khối lượng He trong 1m^3 hỗn hợp khí: $m_1 = m - m_2 = 2 - 1,9512 = 0,0488\text{kg}$.

- Số phân tử He trong 1m^3 hỗn hợp khí:

$$N_1 = \frac{m_1}{4} \cdot N_A = \frac{0,0488}{4} \cdot 6,023.10^{26} = 0,0734.10^{26}/\text{m}^3.$$

Chuyên đề 2. CÁC PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI - ĐỒ THỊ

Dạng 1.

Phương trình trạng thái – Phương trình Clapây-rôn – Mendêlêép

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

– Phương trình trạng thái: $\frac{pV}{T} = \text{const}$ hay $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$

Trong đó:

- + p_1, V_1, T_1 là áp suất, thể tích và nhiệt độ khí ở trạng thái 1.
- + p_2, V_2, T_2 là áp suất, thể tích và nhiệt độ khí ở trạng thái 2.

– Phương trình Clapây-rôn – Mendêlêép: $pV = \frac{m}{\mu} RT$

(m, μ là khối lượng và khối lượng mol của khí; R là hằng số khí, có giá trị phụ thuộc vào hệ đơn vị:

+ Hệ SI: $R = 8,31 \text{ J/mol.độ}$.

+ Hệ hỗn hợp: $R = 0,082 \text{ atm.l/mol.độ}$; $R = 0,084 \text{ at.l/mol.độ}$.

II. GIẢI TOÁN

A. Phương pháp giải

- Nếu bài toán có liên quan đến sự biến đổi bất kỳ của một khối lượng khí xác định thì sử dụng phương trình trạng thái khí lý tưởng :

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

- Nếu bài toán có liên quan đến khối lượng của khối khí thì sử dụng phương trình Claypeyron – Mendeleev.

$$pV = \frac{m}{\mu} RT = nRT$$

- Ngoài ra còn các dạng bài tập khác về phương trình trạng thái của khí lý tưởng như : phương trình trạng thái áp dụng cho hỗn hợp khí hay phương trình trạng thái kết hợp với định luật Acsimet, ... Tùy vào từng điều kiện của đề bài mà vận dụng kết hợp các công thức, biến đổi hợp lý.

Khi giải cần:

- + Liệt kê các trạng thái của khối khí.
- + Đổi $t^{\circ}\text{C} \rightarrow T^{\circ}\text{K}$ với $T^{\circ}\text{K} = 273 + t^{\circ}\text{C}$

Khi áp dụng phương trình Clapây-rôn – Mendêlêép $pV = \frac{m}{\mu} RT$ cần chú ý đến giá

trị của R trong các hệ đơn vị khác nhau (hệ SI: $R = 8,31 \text{ J/mol.độ}$; hệ hỗn hợp: $R = 0,082 \text{ atm.l/mol.độ}$, $R = 0,084 \text{ at.l/mol.độ}$).

B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1. Trong xilanh của một động cơ đốt trong, hỗn hợp khí ở áp suất 1atm, nhiệt độ 47°C , có thể tích 40dm^3 . Nén hỗn hợp khí đến thể tích 5dm^3 , áp suất 15atm. Tính nhiệt độ của khí sau khi nén.

Hướng dẫn

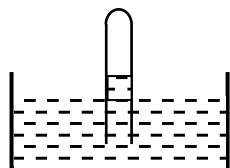
Ta có: + Trạng thái đầu: $p_1 = 1 \text{ atm}$, $V_1 = 40 \text{ dm}^3$, $T_1 = 47 + 273 = 320 \text{ K}$.
+ Trạng thái cuối: $p_2 = 15 \text{ atm}$, $V_2 = 5 \text{ dm}^3$, $T_2 = ?$.

Áp dụng phương trình trạng thái của khí lí tưởng, ta có: $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$.

$$\Rightarrow T_2 = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} T_1 = \frac{15 \cdot 5}{1 \cdot 40} \cdot 320 = 600 \text{ K} \text{ hay } t_2 = 327^\circ \text{C}.$$

Vậy: Nhiệt độ của khí sau khi nén là 327°C .

Ví dụ 2. Một ống thủy tinh một đầu kín, chứa một lượng khí. Ấn miệng ống thẳng đứng vào chậu thủy ngân, chiều cao ống còn lại là 10cm. Ở 0°C mực thủy ngân trong ống cao hơn trong chậu 5cm. Hỏi phải tăng nhiệt độ lên bao nhiêu để mực Hg trong ống bằng trong chậu? Biết áp suất khí quyển $p_0 = 750 \text{ mmHg}$. Mực thủy ngân trong chậu dâng lên không đáng kể.



Hướng dẫn

- Ban đầu, khí trong ống có thể tích $V_1 = S(l - h)$, áp suất $p_1 = p_0 - h$, nhiệt độ $T_1 = 273 \text{ K}$.
- Khi nhiệt độ tăng lên, khí trong ống có thể tích $V_2 = Sl$, áp suất $p_1 = p_0$, nhiệt độ T_2 .
- Theo phương trình trạng thái của khí lí tưởng, ta có: $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$.

$$\Rightarrow T_2 = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} T_1 = \frac{p_0 \cdot Sl}{(p_0 - h) \cdot S(l - h)} \cdot T_1 = \frac{p_0 \cdot l}{(p_0 - h) \cdot (l - h)} \cdot T_1$$

$$\Rightarrow T_2 = \frac{750 \cdot 10}{(750 - 5) \cdot (10 - 5)} \cdot 273 = 550 \text{ K} \text{ hay } t_2 = 277^\circ \text{C}.$$

Vậy: Phải tăng nhiệt độ lên 277°C .

Ví dụ 3. Một chất khí có khối lượng 1,0g ở 27°C dưới áp suất 0,5 atm và có thể tích 1,8 lít. Hỏi khí đó là khí gì? Biết rằng đó là một đơn chất.

Hướng dẫn

Theo phương trình Clapây-rôn–Mendêlêép, ta có: $pV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow \mu = \frac{mRT}{pV}$.

với: $m = 1,0 \text{ g}$, $R = 0,084 \text{ atm} \cdot \text{l/mol} \cdot \text{K}$, $T = 300 \text{ K}$, $p = 0,5 \text{ atm}$, $V = 1,8 \text{ lít}$:

$$\Rightarrow \mu = \frac{1,0 \cdot 0,084 \cdot 300}{0,5 \cdot 1,8} = 28$$

Đơn chất có $\mu = 28$ chính là ni-tơ (N_2).

Ví dụ 4. Bình chứa được 4,0g hiđrô ở 53°C dưới áp suất $44,4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Thay hiđrô bởi khí khác thì bình chứa được 8,0g khí mới ở 27°C dưới áp suất $5,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$.

Khí thay hiđrô là khí gì? Biết khí này là đơn chất.

Hướng dẫn

Với khí hiđrô: $p_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} RT_1$; với khí X: $p_2 V = \frac{m_2}{\mu_2} RT_2$.

$$\Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{\mu_2}{\mu_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \mu_2 = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} \cdot \mu_1$$

Với: $m_1 = 4,0\text{g}$, $T_1 = 53 + 273 = 326\text{K}$, $p_1 = 44,4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, $\mu_1 = 2$; $m_2 = 8,0\text{g}$, $T_2 = 27 + 273 = 300\text{K}$, $p_2 = 5,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$:

$$\mu_2 = \frac{8}{4} \cdot \frac{44,4 \cdot 10^5}{5,0 \cdot 10^5} \cdot \frac{300}{326} \cdot 2 = 32$$

Đơn chất có $\mu = 32$ chính là oxi (O_2).

Ví dụ 5. Khí cầu có dung tích 328m^3 được bơm khí hiđrô. Khi bơm xong, hiđrô trong khí cầu có nhiệt độ 27°C, áp suất 0,9atm. Hỏi phải bơm bao nhiêu lần nếu mỗi giây bơm được 2,5g H_2 vào khí cầu?

Hướng dẫn

Gọi m là khối lượng khí đã bơm vào khí cầu.

Từ phương trình Clapây-rôn–Mendêlêép $pV = \frac{m}{\mu} RT$ suy ra: $m = \frac{\mu p V}{RT}$.

với: $V = 328\text{m}^3 = 328 \cdot 10^3 \text{ lít}$, $T = 27 + 273 = 300\text{K}$, $p = 0,9\text{atm}$,
 $R = 0,082 \text{ atm.l/mol.K}$; $\mu = 2\text{g/mol}$:

$$\Rightarrow m = \frac{2 \cdot 0,9 \cdot 328 \cdot 10^3}{0,082 \cdot 300} = 24000\text{g}$$

Thời gian bơm: $t = \frac{m}{2,5} = \frac{24000}{2,5} = 9600\text{s} = 2\text{h}40\text{ph}$.

Vậy: Thời gian bơm khí cầu là 2h40ph.

Ví dụ 6. Có 10g khí ôxi ở 47°C, áp suất 2,1 atm. Sau khi đun nóng đẳng áp thể tích khí là 10 lít. Tìm:

- Thể tích khí trước khi đun.
- Nhiệt độ sau khi đun.
- Khối lượng riêng của khí trước và sau khi đun.

Hướng dẫn

- Thể tích khí trước khi đun

Từ phương trình Clapây-rôn–Mendê-lêép: $pV = \frac{m}{\mu}RT \Rightarrow V_1 = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT_1}{p_1}$.

với: $m = 10\text{g}$, $\mu = 2\text{g/mol}$, $T_1 = 47 + 273 = 320\text{K}$, $p_1 = 2,1\text{atm}$;

$$R = 0,084 \text{ atm.l/mol.K} \Rightarrow V_1 = \frac{10}{2} \cdot \frac{0,084 \cdot 320}{2,1} = 4 \text{ lít}$$

Vậy: Thể tích khí trước khi đun là $V_1 = 4 \text{ lít}$.

b) Nhiệt độ sau khi đun: Vì đun nóng đẳng áp nên: $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$.

$$\Rightarrow T_2 = \frac{V_2}{V_1} \cdot T_1 = \frac{10}{4} \cdot 320 = 800\text{K} \text{ hay } t_2 = 527^\circ\text{C}$$

Vậy: Nhiệt độ khí sau khi đun là 527°C .

c) Khối lượng riêng của khí trước và sau khi đun

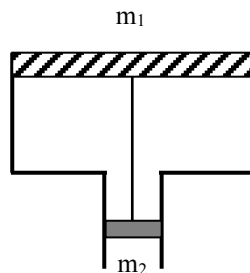
Trước khi đun: $\rho_1 = \frac{m}{V_1} = \frac{10}{4} = 2,5 \text{ g/l}$.

Sau khi đun: $\rho_2 = \frac{m}{V_2} = \frac{10}{10} = 1 \text{ g/l}$.

Vậy: Khối lượng riêng của khí trước và sau khi đun là $2,5 \text{ g/l}$ và 1 g/l .

Ví dụ 7. Một xilanh đặt thẳng đứng có tiết diện thay đổi như hình vẽ. Giữa hai pittông có n mol không khí. Khối lượng và diện tích tiết diện các pittông lần lượt là m_1 , m_2 , S_1 , S_2 . Các pittông được nối với nhau bằng một thanh nhẹ có chiều dài l và cách đều chỗ nối của hai đầu xilanh.

Hỏi khi tăng nhiệt độ khí trong xilanh thêm ΔT thì các pittông dịch chuyển bao nhiêu? Cho biết áp suất khí quyển là p_0 .



Hướng dẫn

Gọi p là áp suất ban đầu của khí trong xilanh.

- Các lực tác dụng lên m_1 : trọng lực $\vec{P}_1$, lực nén của khí quyển $\vec{F}_{01}$, lực đẩy của khí bên trong xilanh $\vec{F}_1$:

$$\vec{P}_1 + \vec{F}_{01} + \vec{F}_1 = \vec{0} \Rightarrow P_1 + F_{01} - F_1 = 0 \quad (1)$$

- Các lực tác dụng lên m_2 : trọng lực $\vec{P}_2$, lực nén của khí quyển $\vec{F}_{02}$, lực đẩy của khí bên trong xilanh $\vec{F}_2$:

$$\vec{P}_2 + \vec{F}_{02} + \vec{F}_2 = \vec{0} \Rightarrow P_2 - F_{02} + F_2 = 0 \quad (2)$$

- Từ (1) và (2) suy ra: $(P_1 + P_2) + (F_{01} - F_{02}) - (F_1 - F_2) = 0$

$$\Leftrightarrow F_1 - F_2 = (P_1 + P_2) + (F_{01} - F_{02})$$

$$\Leftrightarrow p(S_1 - S_2) = P_1 + P_2 + p_0(S_1 - S_2) \quad (3)$$

- Ban đầu, khí trong xilanh có thể tích V , áp suất p , nhiệt độ T :

$$pV = \frac{m}{\mu}RT \quad (4)$$

- Khi nhiệt độ khí tăng lên ΔT trong thời gian rất ngắn nên có thể coi như áp suất không đổi:

$$p\Delta V = \frac{m}{\mu}R\Delta T \Rightarrow p(S_1 - S_2)x = \frac{m}{\mu}R\Delta T \quad (5)$$

- Từ (3) và (5) suy ra: $P_1 + P_2 + p_0(S_1 - S_2) = \frac{m}{x\mu}R\Delta T$

$$\Rightarrow x = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{R\Delta T}{p_0(S_1 - S_2) + P_1 + P_2} = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{R\Delta T}{[p_0(S_1 - S_2) + (m_1 + m_2)g]}$$

Vậy: Khi tăng nhiệt độ khí trong xilanh thêm ΔT thì các pittông dịch chuyển

$$\text{một đoạn: } x = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{R\Delta T}{[p_0(S_1 - S_2) + (m_1 + m_2)g]}.$$

Ví dụ 8. Xilanh hai đầu chia làm hai phần, mỗi phần dài 42cm và ngăn cách nhau bởi một pittông cách nhiệt. Mỗi phần xilanh chứa cùng một khối lượng khí, giống nhau, ở 27°C dưới áp suất 1,0at. Cần phải nung nóng khí ở một phần của xilanh lên bao nhiêu độ để pittông dịch chuyển 2cm? Tính áp suất của khí sau khi nung.

Hướng dẫn

- Ban đầu, khí trong mỗi phần xilanh có thể tích $V = Sl$, áp suất p , nhiệt độ T .
- Sau khi nung:
 - + phần khí bị nung nóng có thể tích $V_1 = S(l + x)$, áp suất p_1 , nhiệt độ $T_1 = T + 50$.
 - + phần khí không bị nung có thể tích $V_2 = S(l - x)$, áp suất $p_2 = p_1$, nhiệt độ $T_2 = T$.
- Vì khí trong mỗi phần xilanh giống nhau, $p_1 = p_2$ nên:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Leftrightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{l + x}{l - x}.$$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{T_2(l + x)}{l - x} \quad (l = 42\text{cm}; x = 2\text{cm}; T_2 = T = 27 + 273 = 300\text{K})$$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{300.(42 + 2)}{42 - 2} = 330\text{K hay } t_1 = 57^\circ\text{C}.$$

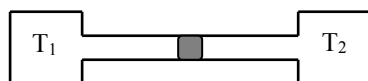
- Vì nhiệt độ của lượng khí trong phần xilanh không bị nung nóng không đổi ($T_2 = T$) nên áp dụng định luật Bôil–Mariôt cho lượng khí này ta được:

$$pV = p_2V_2 \Leftrightarrow pSl = p_2S(l - x) \Rightarrow p_2 = p \cdot \frac{l}{l - x} = 1 \cdot \frac{42}{42 - 2} = 1,05\text{at}.$$

Vậy: Để pittông dịch chuyển 2cm thì cần phải nung nóng khí ở một phần của xilanh lên đến 57°C , lúc đó áp suất khí là 1,05at.

Ví dụ 9. Hai bình giống nhau chứa một chất khí nào đó, nối với nhau bằng ống ngang, chính giữa ống có một giọt thủy ngân. Bình I có nhiệt độ T_1 , bình II có nhiệt độ T_2 ($T_2 > T_1$). Giọt thủy ngân sẽ di chuyển thế nào nếu:

- nhiệt độ tuyệt mỗi bình tăng gấp đôi?
- nhiệt mỗi bình tăng một lượng ΔT như nhau?



Hướng dẫn

- Ban đầu, giọt thủy ngân ở giữa ống nằm ngang nên:
- + khí trong bình I có thể tích V_1 , áp suất p_1 , nhiệt độ T_1 .
 - + khí trong bình II có thể tích $V_2 = V_1$, áp suất $p_2 = p_1$, nhiệt độ $T_2 > T_1$.

- Ta có: Bình I: $p_1V_1 = \frac{m_1}{\mu}RT_1$; bình II: $p_2V_2 = \frac{m_2}{\mu}RT_2$.

$$\text{Vì } p_2 = p_1, V_2 = V_1 \text{ nên: } \frac{m_1}{\mu}RT_1 = \frac{m_2}{\mu}RT_2 \Leftrightarrow \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{T_1}{T_2} = 1 \quad (1)$$

- a) Khi nhiệt độ tuyệt mỗi bình tăng gấp đôi: $T_1' = 2T_1$; $T_2' = 2T_2$; $p_1' = p_2'$ nên:

$$\frac{V_2'}{V_1'} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{T_1'}{T_2'} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{T_1}{T_2} = 1: \text{giọt thủy ngân vẫn đứng yên.}$$

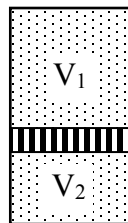
- b) Khi nhiệt mỗi bình tăng một lượng ΔT như nhau: $T_1'' = T_1 + \Delta T$;

$$T_2'' = T_2 + \Delta T; p_1'' = p_2'' \text{ nên:}$$

$$\frac{V_2''}{V_1''} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{T_1''}{T_2''} = \frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{T_1 + \Delta T}{T_2 + \Delta T} > 1: \text{giọt thủy ngân dịch sang phải.}$$

Ví dụ 10. Một pittông chuyển động không ma sát trong một xilanh kín thẳng đứng. Phía trên và dưới pittông có hai khối lượng bằng nhau của cùng một khí lí tưởng. Toàn thể xilanh có nhiệt độ T . Khi đó,

tỉ số các thể tích của hai khối khí là $\frac{V_1}{V_2} = n > 1$.



Tính tỉ số này khi nhiệt độ xilanh có giá trị $T' > T$.

Bỏ qua sự giãn nở vì nhiệt của pittông và xilanh.

Hướng dẫn

Gọi x là tỉ số thể tích của hai khối khí ở nhiệt độ T' .

– Ở nhiệt độ T :

+ khí phía trên pittông có thể tích V_1 , áp suất p_1 .

+ khí phía dưới pittông có thể tích V_2 , áp suất p_2 .

Vì $m_1 = m_2$, $\mu_1 = \mu_2$ (cùng loại khí), $T_1 = T_2 = T$ nên:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = \frac{m}{\mu} RT \quad (1)$$

$$\Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{n} \text{ và } V_1 + V_2 = V$$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{n}{n+1} V \quad (2); \quad p_2 - p_1 = (n-1)p_1$$

Gọi S , M là tiết diện và khối lượng của pittông, ta có: $F_1 + P = F_2$

$$\Leftrightarrow p_1 S + Mg = p_2 S \Rightarrow \frac{Mg}{S} = p_2 - p_1 = (n-1)p_1 \quad (3)$$

– Ở nhiệt độ T' : Tương tự như ở nhiệt độ T , ta có:

$$p'_1 V'_1 = p'_2 V'_2 = \frac{m}{\mu} RT' \quad (4)$$

$$V'_1 = \frac{x}{x+1} V \quad (5)$$

$$\frac{Mg}{S} = (x-1)p'_1 \quad (6)$$

– Từ (2) và (5) suy ra: $\frac{V'_1}{V_1} = \frac{x}{x+1} \cdot \frac{n+1}{n}$.

– Từ (3) và (6) suy ra: $\frac{p'_1}{p_1} = \frac{n-1}{x-1}$.

– Từ (4) và (5) suy ra: $\frac{T'}{T} = \frac{p'_1 V'_1}{p_1 V_1} = \frac{n-1}{x-1} \cdot \frac{n+1}{n} \cdot \frac{x}{x+1} = \frac{(n^2-1)x}{n(x^2-1)} = k$

$$\Leftrightarrow nkx^2 - (n^2-1)x - nk = 0 \quad (7)$$

Giải (7) ta được:

$$x = \frac{n^2 - 1 + \sqrt{(n^2 + 1)^2 + 4n^2 k^2}}{2nk} = \frac{T}{2nT'} \left[n^2 - 1 + \sqrt{(n^2 - 1)^2 + 4n^2 \cdot \frac{T'^2}{T^2}} \right]$$

Vậy: Tỉ số các thể tích của hai khối khí ở nhiệt độ T' là

$$x = \frac{T}{2nT'} \left[n^2 - 1 + \sqrt{(n^2 - 1)^2 + 4n^2 \cdot \frac{T'^2}{T^2}} \right].$$

Ví dụ 11. Một bình chứa $m = 0,3\text{kg}$ hêli. Sau một thời gian, do bị hở, khí hêli thoát ra một phần. Nhiệt độ tuyệt đối của khí giảm 10%, áp suất giảm 20%. Tính số nguyên tử hêli đã thoát khỏi bình.

Hướng dẫn

- Ban đầu, khí hêli có khối lượng m , thể tích V , áp suất p_1 , nhiệt độ T_1 :

$$p_1 V = \frac{m}{\mu} R T_1 \quad (1)$$

- Sau một thời gian, khí hêli có khối lượng m' , thể tích V , áp suất p_2 , nhiệt độ T_2 :

$$p_2 V = \frac{m'}{\mu} R T_2 \quad (2)$$

$$\Rightarrow \frac{p_2}{p_1} = \frac{m'}{m} \cdot \frac{T_2}{T_1} \Leftrightarrow \frac{p_2 - p_1}{p_1} = \frac{m' T_2 - m T_1}{m T_1} = \frac{m'(T_1 + \Delta T) - m T_1}{m T_1}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta p}{p_1} = \frac{m' - m}{m} + \frac{m'}{m} \cdot \frac{\Delta T}{T_1} \quad (3)$$

$$\text{với: } \frac{\Delta p}{p_1} = -0,2; \quad \frac{\Delta T}{T_1} = -0,1$$

$$\Rightarrow -0,2 = \frac{m'}{m} - 1 + \frac{m'}{m}(-0,1) = \frac{0,9m'}{m} - 1 \Rightarrow m' = \frac{8}{9}m$$

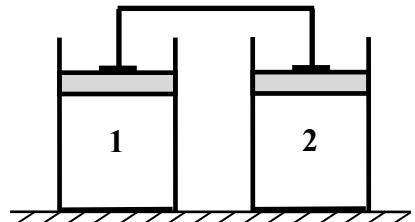
$$\Rightarrow \Delta m = m - m' = \frac{m}{9} = \frac{0,3}{9} = \frac{1}{30} \text{kg} = 33,333\text{g}$$

$$\text{Số nguyên tử hêli đã thoát khỏi bình là: } \Delta N = \frac{\Delta m}{\mu} \cdot N_A.$$

$$\Rightarrow \Delta N = \frac{33,333}{4} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} = 50,2 \cdot 10^{23}$$

Vậy: Số nguyên tử hêli đã thoát khỏi bình là $50,2 \cdot 10^{23}$ nguyên tử.

Ví dụ 12. Người ta nối hai pit tông của hai xi lanh giống nhau bằng một thanh cứng để giữ cho thể tích dưới hai pit tông luôn bằng nhau như hình vẽ. Dưới hai pit tông có hai lượng khí lí tưởng như nhau ở nhiệt độ $t_0 = 27^\circ\text{C}$, áp suất p_0 . Đun nóng xi lanh (1) lên tới nhiệt độ $t_1 =$



127°C đồng thời làm lạnh xi lanh (2) xuống nhiệt độ $t_2 = 0^\circ\text{C}$. Bỏ qua trọng lượng

của pit tông và thanh nối, coi ma sát không đáng kể, áp suất khí quyển $p_a = 10^5 \text{ Pa}$, xi lanh đủ dài.

a. Tính áp suất trong mỗi xi lanh.

b. Xác định độ biến thiên tương đối của thể tích và áp suất trong mỗi xi lanh.

Hướng dẫn

a. Áp suất của khí trong hai xi lanh

$$+ \text{Xét xi lanh 1: } \frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_1 V_1}{T_1} \quad (1)$$

$$+ \text{Xét xi lanh 2: } \frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad (2)$$

+ Pit tông cân bằng ở cả hai trạng thái, ta có:

$$p_0 = p_a; 2p_0 = p_1 + p_2; V_1 = V_2 \quad (3)$$

Từ (1) (2) và (3) ta được:

$$p_1 = \frac{2T_1}{T_1 + T_2} p_a \approx 1,19 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_2 = \frac{2T_2}{T_1 + T_2} p_a \approx 0,81 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\mathbf{b.} \text{ Ta có: } \left| \frac{\Delta V}{V_0} \right| = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \quad (4)$$

$$\text{Từ (1), (2), (3) và (4) ta được: } \left| \frac{\Delta V}{V_0} \right| = \frac{T_1 - T_2 - 2T_0}{2T_0} \approx 12\%$$

$$\left| \frac{\Delta p_2}{p_0} \right| = \left| \frac{\Delta p_1}{p_0} \right| = \frac{p_1 - p_0}{p_0} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 + T_2} \approx 18,87\%$$

Ví dụ 13. Một xi lanh nằm ngang dài $2l$ hai đầu kín, không khí trong xi lanh được chia thành hai phần bằng nhau bởi một pit-tông mỏng có khối lượng m . Mỗi phần có thể tích V_0 , áp suất p_0 . Cho xi lanh quay quanh trục thẳng đứng ở giữa xi lanh với vận tốc góc ω . Tìm ω nếu pit-tông cách trục quay đoạn r khi có cân bằng tương đối. Xem nhiệt độ trong xi lanh không đổi.

Hướng dẫn

Khi xi lanh đứng yên, khí trong mỗi phần có áp suất p_0 và thể tích $V_0 = l.S$ (S : là tiết diện)

Quay xi lanh với vận tốc góc ω :

$$\text{Phần A: } \begin{cases} p_2 \\ V_2 = (l+r)S \end{cases}$$

$$\text{Phần B: } \begin{cases} p_1 \\ V_1 = (l-r)S \end{cases}$$

Theo định lí Bôi-lơ_ Ma-ri-ốt:

$$p_1 V_1 = p_0 V_0 \Rightarrow p_1 = \frac{p_0 l}{l-r}$$

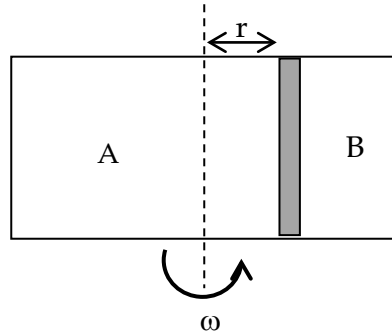
$$p_2 V_2 = p_0 V_0 \Rightarrow p_2 = \frac{p_0 l}{l+r}$$

Lực tác dụng lên pit-tông theo phương ngang: $F_2 = p_2 S; F_1 = p_1 S$

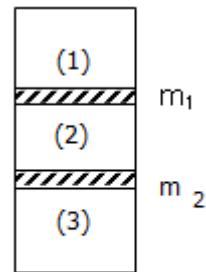
Khi xi lanh quay đều: $F_1 - F_2 = m a_{ht}$

$$p_0 \frac{l}{l-r} S - p_0 \frac{l}{l+r} S = m \omega^2 r \Rightarrow p_0 V_0 \left(\frac{1}{l-r} - \frac{1}{l+r} \right) = m \omega^2 r$$

$$\Rightarrow p_0 V_0 \left(\frac{2r}{l^2 - r^2} \right) = m \omega^2 r \Rightarrow \omega^2 = \frac{2 p_0 V_0}{m(l^2 - r^2)} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{2 p_0 V_0}{m(l^2 - r^2)}}$$



Ví dụ 14. Trong một xi lanh kín đặt thẳng đứng có hai pit tông nặng chia xi lanh thành 3 ngăn (hình vẽ), mỗi ngăn chứa 1 lượng khí lí tưởng có khối lượng bằng nhau và cùng loại. Khi nhiệt độ trong các ngăn là T_1 thì tỉ số thể tích các phần là $V_1 : V_2 : V_3 = 4 : 3 : 1$. Khi nhiệt độ trong các ngăn là T_2 thì tỉ số thể tích các phần là $V'_1 : V'_2 : V'_3 = x : 2 : 1$. Bỏ qua ma sát giữa các pit tông và xi lanh.



Hình vẽ

a. Tìm x.

b. Tìm tỉ số $\frac{T_2}{T_1}$.

Hướng dẫn

a) Gọi p_1, p_2, p_3 lần lượt là áp suất trong ngăn 1, 2 và 3; S là tiết diện của các pit tông

Ở nhiệt độ T_1 khi các pit tông cân bằng ta có:

$$m_1 g = (p_2 - p_1)S \text{ và } m_2 g = (p_3 - p_2)S \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{p_2 - p_1}{p_3 - p_2} = \frac{1 - \frac{p_1}{p_2}}{\frac{p_3}{p_2} - 1}$$

Định luật Bôi lơ-Mariôt: $\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}; \frac{p_3}{p_2} = \frac{V_2}{V_3} \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{1 - \frac{V_2}{V_1}}{\frac{V_2}{V_3} - 1} = \frac{1}{8} \quad (1)$

Tương tự khi nhiệt độ là T_2 : $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1 - \frac{p'_1}{p'_2}}{\frac{p'_3}{p'_2} - 1} = \frac{1 - \frac{V'_2}{V'_1}}{\frac{V'_2}{V'_3} - 1} = \frac{1 - \frac{2}{x}}{2 - 1} = \frac{x - 2}{x} \quad (2)$

Từ (1) và (2) $\Rightarrow \frac{x - 2}{x} = \frac{1}{8} \Rightarrow x = \frac{16}{7}$

b) Gọi V là thể tích tổng cộng của cả 3 ngăn

$$\Rightarrow V = V_1 + V_2 + V_3 = (4 + 3 + 1)V_3 \Rightarrow V_3 = \frac{V}{8}$$

Tương tự $V = (\frac{17}{6} + 2 + 1)V'_3 = \frac{37}{7}V'_3 \Rightarrow V'_3 = \frac{7}{37}V \quad (3)$

Mà $m_2 g = (p_3 - p_2)S = (p'_3 - p'_2)S \Rightarrow p_3 - \frac{p_3}{3} = p'_3 - \frac{p'_3}{2}$ hay $\frac{p'_3}{p_3} = \frac{4}{3} \quad (4)$

Lượng khí ở ngăn 3 ứng với nhiệt độ T_1 và T_2 : $\frac{T_2}{T_1} = \frac{p'_3 V'_3}{p_3 V_3} \quad (5)$

Từ (3), (4) và (5) ta có: $\frac{T_2}{T_1} = \frac{p'_3 V'_3}{p_3 V_3} = \frac{224}{111}$

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

- Bài 1.** Trước khi nén, hỗn hợp khí trong xilanh của một động cơ có áp suất 0,8atm, nhiệt độ 50°C. Sau khi nén, thể tích giảm 5 lần, áp suất là 8atm. Tìm nhiệt độ khí sau khi nén.
- Bài 2.** Một lượng khí có áp suất 750 mmHg, nhiệt độ 27°C và thể tích 76cm³. Tìm thể tích khí ở điều kiện chuẩn (0°C, 760 mmHg).
- Bài 3.** Một bình dung tích 10 lít chứa 2g hiđrô ở 27°C. Tính áp suất khí trong bình.
- Bài 4.** Tính thể tích của 10g khí ôxi ở áp suất 738 mmHg và nhiệt độ 15°C.
- Bài 5.** Bình dung tích 22 lít chứa 0,5g khí O₂. Bình chỉ chịu được áp suất không quá 21atm. Hỏi có thể đưa khí trong bình tối đa tới nhiệt độ nào để bình không vỡ?
- Bài 6.** Một lượng khí hiđrô ở 27°C dưới áp suất 99720 N/m². Tìm khối lượng riêng của khí.
- Bài 7.** Ở độ cao h không khí có áp suất 230 mmHg nhiệt độ -43°C. Tìm khối lượng riêng của không khí ở độ cao nói trên. Biết rằng ở mặt đất không khí có áp suất 760 mmHg, 15°C, khối lượng riêng là 1,22 kg/m³.
- Bài 8.** Trong một ống dẫn khí tiết diện đều $S = 5\text{cm}^2$ có khí CO₂ chảy qua ở nhiệt độ 35°C và áp suất $3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Tính vận tốc của dòng khí biết trong thời gian 10 phút có $m = 3\text{kg}$ khí CO₂ qua tiết diện ống.
- Bài 9.** Một bình cầu thủy tinh được cân 3 lần trong các điều kiện:
- đã hút chân không.
 - chứa đầy không khí ở điều kiện tiêu chuẩn.
 - chứa đầy một lượng khí nào đó ở áp suất $p = 1,5 \text{ atm}$.
- Khối lượng tương ứng trong từng lần cân là $m_1 = 200\text{g}$, $m_2 = 204\text{g}$, $m_3 = 210\text{g}$. Nhiệt độ coi như không đổi. Tính khối lượng mol của khí trong lần cân thứ ba.
- Bài 10.** Xilanh kín chia làm hai phần, mỗi phần dài 52cm và ngăn cách nhau bằng pittông cách nhiệt. Mỗi phần chứa một lượng khí giống nhau ở 27°C, 750 mmHg. Khi nung nóng một phần lên thêm 50°C thì pittông di chuyển một đoạn bao nhiêu? Tìm áp suất sau khi nung.
- Bài 11.** Hai bình chứa cùng một lượng khí nối với nhau bằng một ống nằm ngang tiết diện 0,4cm², ngăn cách nhau bằng một giọt thủy ngân trong ống. Ban đầu mỗi phần có nhiệt độ 27°C, thể tích 0,3 lít. Tính khoảng di chuyển của một giọt thủy ngân khi nhiệt bình I tăng thêm 2°C, bình II giảm 2°C. Coi bình dẫn nơ không đáng kể.
- Bài 12.** Một căn phòng dung tích 30m³ có nhiệt độ tăng từ 17°C đến 27°C. Tính độ biến thiên khối lượng của không khí trong phòng.
Cho biết áp suất khí quyển là 1,0 atm và khối lượng mol của không khí có thể lấy là 29g/mol.
- Bài 13.** Bình chứa khí nén ở 27°C, 40atm. Một nửa lượng khí trong bình thoát ra và nhiệt độ hạ xuống đến 12°C. Tìm áp suất của khí còn lại trong bình.

Bài 14. Một bình kín, thể tích $0,4\text{m}^3$, chứa khí ở 27°C và $1,5\text{atm}$. Khi mở nắp, áp suất khí còn 1atm , nhiệt độ 0°C .

- Tìm thể tích khí thoát ra khỏi bình (ở 0°C , 1atm).
- Tìm khối lượng khí còn lại trong bình và khối lượng khí thoát ra khỏi bình, biết khối lượng riêng của khí ở điều kiện chuẩn là $D_0 = 1,2\text{kg/m}^3$.

Bài 15. Bình dung tích $V = 4$ lít chứa khí có áp suất $p_1 = 840\text{mmHg}$. Khối lượng tổng cộng của bình và khí là $m_1 = 546\text{g}$. Cho một phần khí thoát ra ngoài, áp suất giảm đến $p_2 = 735\text{mmHg}$, nhiệt độ như cũ, khối lượng của bình và khí còn lại là $m_2 = 543\text{g}$. Tìm khối lượng riêng của khí trước và sau thí nghiệm.

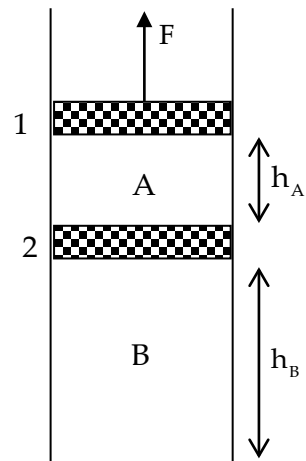
Bài 16. Hai bình giống nhau được nối với nhau bởi một ống nhỏ. Trong ống có một cái van. Van chỉ mở khi độ chênh lệch áp suất hai bên là $\Delta p = 1,1\text{atm}$.

Ban đầu, một bình chứa khí lí tưởng ở nhiệt độ $t_1 = 27^\circ\text{C}$, áp suất $p_1 = 1\text{atm}$, còn trong bình kia là chân không. Sau đó, người ta nung nóng hai bình lên tới nhiệt độ $t_2 = 107^\circ\text{C}$. Hãy tính áp suất của khí trong mỗi bình lúc này.

Bài 17. Ba bình giống nhau được nối bằng các ống dẫn mỏng cách nhiệt. Mỗi bình chứa một lượng khí hêli nào đó ở cùng nhiệt độ $T = 10\text{K}$. Sau đó bình I được làm nóng đến nhiệt độ $T_1 = 40\text{K}$, bình II đến $T_2 = 100\text{K}$, bình III có nhiệt độ không đổi. Hỏi áp suất trong các bình thay đổi bao nhiêu lần?

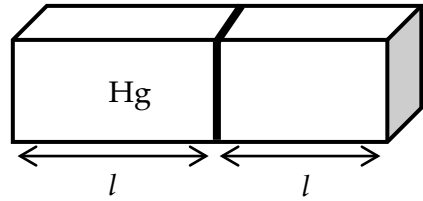
Bài 18. Hai bình cầu có thể tích $V_1 = 100\text{cm}^3$, $V_2 = 200\text{cm}^3$ được nối bằng một ống nhỏ cách nhiệt. Ban đầu hệ có nhiệt độ $t = 27^\circ\text{C}$ và chứa ôxi ở áp suất $p = 760\text{mmHg}$. Sau đó bình V_1 giảm nhiệt độ xuống đến 0°C còn bình V_2 tăng nhiệt độ lên đến 100°C . Tính áp suất khí trong các bình.

Bài 19. Một bình bằng kim loại hình trụ tròn đặt cố định trên mặt sàn nằm ngang, bên trong có hai pit-tông (1) và (2) nhẹ, có thể chuyển động tự do. Các pit-tông chia bình chứa thành hai ngăn A và B. Các ngăn cùng chứa một loại khí lí tưởng ở cùng nhiệt độ. Khi cân bằng, độ cao của cột khí ở ngăn A và ngăn B lần lượt là $h_A = 10\text{cm}$ và $h_B = 20\text{cm}$. Diện tích tiết diện ngang của mỗi pit-tông là $S = 10\text{cm}^2$. Dưới tác dụng của lực kéo F không đổi, pit-tông (1) di chuyển lên trên theo phương thẳng đứng một đoạn $\Delta H = 3\text{cm}$. Cho biết lúc pit-tông (1) di chuyển, nhiệt độ của các khối khí luôn không đổi và áp suất khí quyển là $p_0 = 10^5\text{Pa}$.

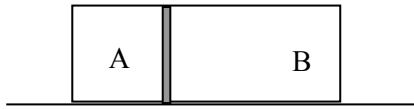


- Xác định độ lớn lực kéo F .
- Trong quá trình pit-tông (1) di chuyển lên thì pit-tông (2) dịch chuyển một đoạn bằng bao nhiêu?

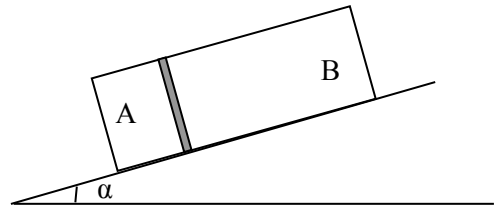
Bài 20. Một bình hình hộp chữ nhật có các thành bên không cho khí thấm qua. Một pit-tông nhẹ dễ chuyển động chia làm hai phần: bên trái là thủy ngân, bên phải là không khí. Lúc đầu pit-tông nằm ở vị trí cân bằng chia bình làm 2 phần bằng nhau, mỗi phần dài l . Giảm nhiệt độ của bình xuống 3 lần (theo nhiệt độ Kelvin) thì pit-tông dịch chuyển sang phải một đoạn là bao nhiêu? Bỏ qua ma sát và sự nở vì nhiệt của bình và thủy ngân.



Bài 21. Một xi lanh hình trụ, kín, tiết diện S , thể tích $3V_0$, có chứa một lượng khí lí tưởng, áp suất của khí là p_0 , xi lanh luôn được giữ ở nhiệt độ không đổi. Trong xi lanh có một pit tông mỏng, khối lượng M , có thể trượt không ma sát với thành xi lanh, chia xi lanh thành hai ngăn A và B. Ban đầu xi lanh đặt nằm ngang, ngăn A có thể tích là V_0 , ngăn B có thể tích là $2V_0$ (Hình



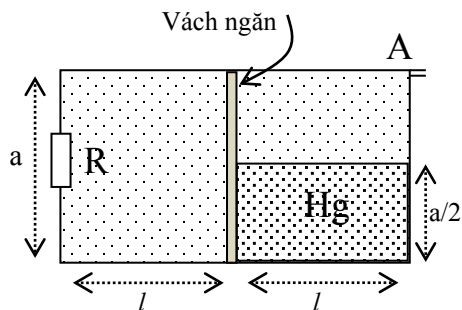
Hình a



Hình b

a). Sau đó, người ta cho xi lanh trượt xuống trên mặt phẳng nghiêng góc α so với phương ngang, ngăn A xuống trước (Hình b). Biết hệ số ma sát giữa xi lanh và mặt phẳng nghiêng là k , gia tốc rơi tự do là g và coi rằng khi xi lanh trượt xuống, hỗn hợp khí trong mỗi ngăn vẫn có chung một giá trị áp suất tại mọi điểm. Tìm tỉ số thể tích ngăn B và thể tích ngăn A của xi lanh khi đó.

Bài 22. Một vách ngăn mỏng khối lượng không đáng kể có thể trượt bên trong lòng xi lanh có tiết diện ngang là hình vuông cạnh $a = 4\text{cm}$. Vách ngăn và thành xi lanh làm bằng vật liệu cách nhiệt. Ngăn bên trái có chứa khí lí tưởng đơn nguyên tử có nhiệt độ 27°C . Một nửa ngăn bên phải chứa thủy ngân,



phần còn lại chứa không khí ở áp suất thường thông qua lỗ A. Biết áp suất khí

quyển là $p_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ (Pa)}$; $l = 5 \text{ cm}$; khối lượng riêng của thủy ngân $\rho = 13,6 \cdot 10^3 \text{ (kg.m}^{-3}\text{)}$

a) Khi vách ngăn nằm ngay chính giữa xi lanh, hệ ở trạng thái cân bằng. Tính áp suất khối khí khi đó.

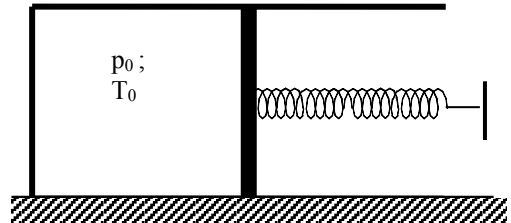
b) Dùng điện trở R nung nóng khối khí, khi đó vách ngăn di chuyển. Xác định mối liên hệ giữa áp suất và thể tích khi vách ngăn di chuyển từ chính giữa đến khi chạm thành bên phải của xi lanh.

c) Tính công khối khí thực hiện và nhiệt độ của khối khí khi thủy ngân tràn hết ra ngoài.

Bài 23. Trong bình có hỗn hợp khí gồm m_1 gam nitơ (N_2) và m_2 gam hidro (H_2). ở nhiệt độ T thì nitơ phân li hoàn toàn thành khí đơn nguyên tử, độ phân li của hidro không đáng kể, lúc này áp suất trong bình là p. Ở nhiệt độ 2T thì cả nitơ và hidro đều phân li hoàn toàn thành khí đơn nguyên tử, áp suất trong bình là 3p.

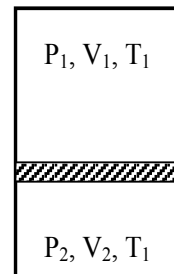
Tính tỉ số $\frac{m_1}{m_2}$. Biết N=14, H=1.

Bài 24. Hệ xi lanh và pít tông có khối lượng M, xi lanh dài 2L, đặt nằm ngang trên sàn. Pít tông tiết diện S được nối với tường bằng một lò xo có độ cứng k. Ban đầu pít tông nằm giữa xi lanh, khí lí tưởng ở áp suất p_0 , nhiệt độ T_0 như hình vẽ. Hỏi phải tăng nhiệt độ lên bao nhiêu để thể tích khí tăng lên gấp đôi. Hệ số ma sát giữa xi lanh và sàn là μ . Ban đầu lò xo bị nén. Cho áp suất khí quyển là p_A .

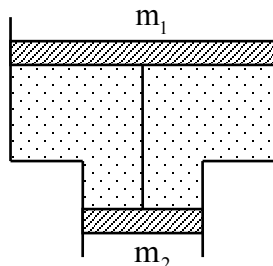


Bài 25. Một xi lanh thẳng đứng kín hai đầu, trong xi lanh có một pittông khối lượng m (có thể trượt không ma sát). Ở trên và dưới pittông có hai lượng khí như nhau. Ban đầu ở nhiệt độ 27°C thì tỉ số thể tích phần trên và phần dưới $\frac{V_1}{V_2} = n = 4$. Hỏi nếu nhiệt độ tăng lên đến 327°C thì tỉ số

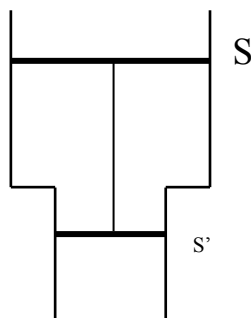
thể tích phần trên và phần dưới $\frac{V'_1}{V'_2}$ là bao nhiêu ?



Bài 26. Một xilanh đặt thẳng đứng có tiết diện thay đổi như hình vẽ. Giữa hai pittong có n mol không khí. Khối lượng và diện tích tiết diện các pittong lần lượt là m_1 , m_2 , S_1 , S_2 . Các pittong được nối với nhau bằng một thanh nhẹ có chiều dài không đổi và trùng với trục của xilanh. Khi tăng nhiệt độ khí trong xilanh thêm ΔT thì các pittong dịch chuyển bao nhiêu. Cho áp suất khí quyển là p_0 và bỏ qua khối lượng khí trong xilanh so với khối lượng pittong. Bỏ qua ma sát giữa xilanh và pittong.



Bài 27. Trong một ống hình trụ thẳng đứng với hai tiết diện khác nhau có hai pít tông nối với nhau bằng một sợi dây nhẹ không dẫn. Giữa hai pít tông có 1 mol khí lí tưởng. Pít tông trên có diện tích tiết diện lớn hơn pít tông dưới là $\Delta S = 10\text{cm}^2$. Áp suất khí quyển bên ngoài là $p_0 = 1\text{atm}$. Biết khối lượng tổng cộng của hai pít tông là 5 kg, khí không bị lọt ra ngoài. (Bỏ qua ma sát giữa các pít tông và thành ống).

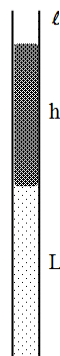


- Tính áp suất p của khí giữa hai pít tông
- Phải làm nóng khí đó lên bao nhiêu độ để pít tông dịch chuyển lên trên một đoạn $l = 5\text{cm}$?

Bài 28.

Một ống thủy tinh hình trụ thẳng đứng tiết diện ngang S nhỏ, đầu trên hở, đầu dưới kín. Ống chứa một khối khí (coi là khí lí tưởng) ở trạng thái (1) có chiều cao $L=90\text{cm}$ được ngăn cách với bên ngoài bởi một cột thủy ngân có độ cao $h=75\text{cm}$, mép trên cột thủy ngân cách miệng trên của ống một đoạn $l=10\text{cm}$. Nhiệt độ của khí trong ống là $t_0=-30^\circ\text{C}$, áp suất khí quyển là $p_0=75\text{cmHg}$. (Hình)

1, Cần phải đưa nhiệt độ của khí trong ống đến trạng thái 2 với nhiệt độ t_2 bằng bao nhiêu để mực trên của thủy ngân vừa chạm miệng ống phía trên?



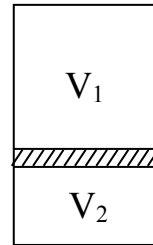
2, Tính nhiệt độ cần thiết cấp cho khối khí để đưa khối khí trong ống từ trạng thái 2 đến trạng thái 3 mà thủy ngân trong ống tràn hết ra ngoài

3, Tính công khí đã thực hiện từ trạng thái 1 đến trạng thái 3. Các quá trình được xem là diễn biến chậm. Biết khối thủy ngân có khối lượng $m=100g$. Lấy $g=10m/s^2$

Bài 29. Một bình kín hình trụ đặt thẳng đứng chia thành hai phần bằng một pittông nặng, cách nhiệt di động được, mỗi phần chứa một lượng khí như nhau (hình vẽ). Lúc đầu nhiệt độ của hệ

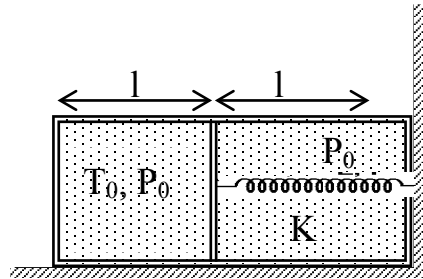
là $t = 27^\circ C$ thì tỉ số thể tích là $\frac{V_1}{V_2} = 2,5$. Hỏi khi tăng nhiệt độ

của hệ lên đến $t' = 87^\circ C$ thì tỉ số thể tích bằng bao nhiêu ?



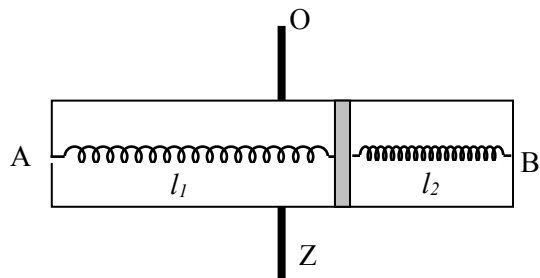
Bài 30. Một xilanh chiều dài $2l$, bên trong có một pittông có tiết diện S . Xilanh có thể trượt có ma sát trên mặt phẳng ngang với hệ số ma sát μ (hình vẽ). Bên trong xilanh, phía bên trái có một khối khí ở nhiệt độ T_0 và áp suất bằng áp suất khí quyển bên ngoài P_0 , pittông cách đáy khoảng l .

Giữa bức tường thẳng đứng và pittông có một lò xo nhẹ độ cứng K . Cần phải tăng nhiệt độ của khối khí trong xi lanh lên một lượng ΔT bằng bao nhiêu để thể tích của nó tăng lên gấp đôi, nếu ma sát giữa xi lanh và pittông có thể bỏ qua. Khối lượng tổng cộng của xilanh và pittông bằng m .



Bài 31. Một xilanh cách nhiệt nằm ngang kín hai đầu, được chia làm hai ngăn nhờ một pittông mỏng có khối lượng $m=400g$, diện tích tiết diện $S=100cm^2$. Pittông cách nhiệt và có thể dịch chuyển không ma sát bên trong xilanh. Hai ngăn của xilanh có hai lò xo nhẹ có

độ cứng bằng nhau và bằng $k=10N/m$. Lò xo thứ nhất có chiều dài tự nhiên $l_1=50cm$ được gắn một đầu với đầu A của xi lanh và một đầu gắn với pittông, lò xo thứ hai có chiều dài tự nhiên $l_2=30cm$ được gắn một đầu với đầu B của xilanh và một đầu gắn với pittông như hình vẽ. Lúc đầu ngăn bên trái của xi lanh chứa $2g$ khí He và ngăn bên phải của xi lanh chứa $3g$ khí O_2 , áp suất khí hai bên xi lanh bằng



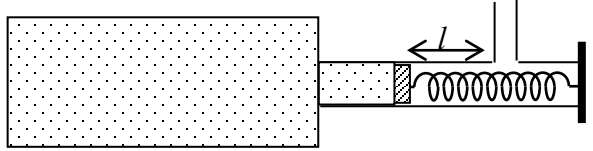
nhau là $1,2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, pitông cân bằng và các lò xo dài tự nhiên. Cho biết $\mu_{\text{He}} = 4 \text{ g/mol}$; $\mu_{\text{O}_2} = 32 \text{ g/mol}$, lấy $R \approx 8,31 \text{ J/mol.K}$.

a. Tính chênh lệch nhiệt độ ở hai ngăn của xilanh?

b. Nếu cho xilanh quay với vận tốc góc ω xung quanh trục thẳng đứng OZ đi qua trọng tâm của xi lanh thì khi có cân bằng tương đối, pitông đã dịch chuyển một đoạn $x=10 \text{ cm}$. Coi rằng quá trình dịch chuyển pittông nhiệt độ khí trong xilanh không thay đổi. Tính ω ?

Bài 32. Một bình kín hình trụ đặt thẳng đứng, được chia thành hai phần bằng một pit tông nặng cách nhiệt, ngăn trên chứa 1 mol, ngăn dưới chứa 3 mol của cùng một chất khí. Nếu nhiệt độ hai ngăn đều bằng $T_1 = 400 \text{ K}$ thì áp suất ở ngăn dưới p_2 gấp đôi áp suất ngăn trên p_1 . Nhiệt độ ở ngăn trên không đổi. Hỏi ngăn dưới có nhiệt độ T_2 là bao nhiêu thì thể tích hai ngăn bằng nhau?

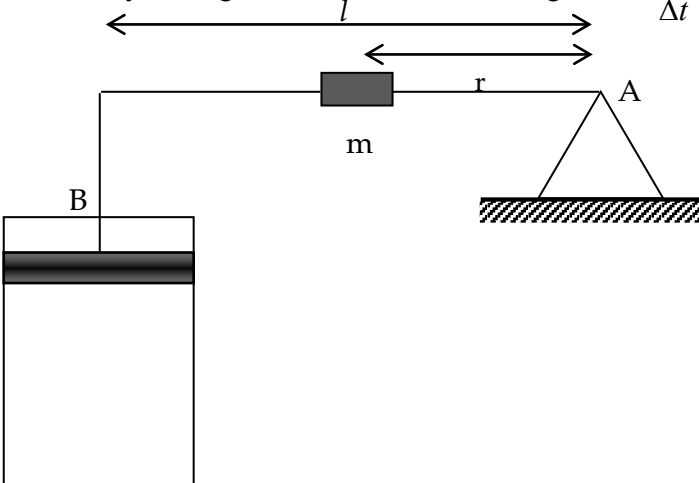
Bài 33. Một bình có thể tích V chứa một mol khí lí tưởng và có một cái van bảo hiểm là một xi lanh rất nhỏ so với bình. Trong xi lanh có một pit-tông diện tích S , giữ bằng lò xo có độ cứng k . Khi nhiệt độ của khí là T_1 thì pit-tông cách lỗ thoát khí một khoảng l . Bỏ qua mọi ma sát. Nhiệt độ của khí tăng tới giá trị T_2 nào thì khí thoát ra ngoài?



Bài 34. Trong một xi lanh hình trụ như hình vẽ, được bịt kín bởi một pit-tông có trọng lượng P chứa một lượng khí có khối lượng mol là μ và khối lượng là M . Tại tâm của pit-tông người ta có gắn một thanh B nối với đòn bẩy L và đòn bẩy này có khớp nối tại A . Đốt nóng khối khí sao cho nhiệt độ của nó tăng đều theo thời gian, tức là nhiệt độ của nó thay đổi tuyến tính theo thời gian và có hệ thức: $T = T_0 + \text{const}(t - t_0)$, để pit-tông vẫn đứng yên vật m cần phải dịch chuyển sang bên trái. Biết độ cao của pit-tông so với đáy bình là h . Bỏ qua áp suất khí quyển và mọi ma sát.

a. Hãy tìm vị trí của m như một hàm số theo thời gian.

b. Tìm vận tốc chuyển động của m , biết tốc độ đốt nóng $\alpha = \frac{\Delta T}{\Delta t}$



Bài 35. Một bình đủ lớn chứa không khí thông với một áp kế chất lỏng dạng hình chữ U thể tích không đáng kể, và thông với môi trường ngoài nhờ khóa K. Thoạt đầu khóa K đóng áp suất trong bình cao hơn áp suất khí quyển chút ít và chênh lệch các mức chất lỏng trong áp kế là h . Người ta mở khóa K và đóng lại ngay, một lát sau thấy độ chênh lệch của các mức chất lỏng đạt giá trị là ổn định là h' .

Xác định tỉ số $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ của không khí theo h và h' .

Bài 36. Một bình chứa không khí nén ở áp suất $p_1 = 1,5 \text{ atm}$, có dung tích không đổi $V_1 = 30$ lít. Nhờ một ống ngắn có khóa, bình được nối với một quả bóng hình cầu, vỏ mỏng và đàn hồi, lúc đầu chứa không khí ở áp suất $1,2 \text{ atm}$ và có thể tích là 10 lít. Áp suất khí quyển bên ngoài là 1 atm . Nhiệt độ của toàn bộ hệ cân bằng với nhiệt độ của bên ngoài và không đổi. Thể tích của quả bóng phụ thuộc vào áp suất

theo hệ thức: $V = V_0 \left(1 + 0,1 \cdot \frac{p - p_0}{p_0} \right)$, trong đó p là áp suất cuối của khí trong

quả bóng, p_0 là áp suất lúc đầu của khí trong quả bóng. Các áp suất của khí trong hệ này thức này đo bằng atm, còn V_0 là thể tích của quả bóng ứng với áp suất p_0 . Người ta mở khóa của ống nối để không khí nén từ bình tràn sang quả bóng cho đến khi cân bằng. Tính áp suất cuối cùng của hệ và thể tích của bóng khi đó.

Bài 37. Một bình kín được chia làm hai phần có thể tích bằng nhau bằng vách xóp. Ban đầu ở phần bên trái có hỗn hợp hai chất khí argon (Ar) và hidro (H) ở áp suất toàn phần p ; ở phần bên phải là chân không. Chỉ có hidro mới khuếch tán được qua vách xóp. Sau khi quá trình khuếch tán kết thúc, áp suất phần bên trái là $p' = \frac{2}{3} p$

- Tìm tỉ lệ các khối lượng m_A và m_H của argon và hidro trong bình.
- Tìm áp suất riêng phần ban đầu p_A và p_H của argon và hidro. Cho biết các khí argon và hidro không tương tác hóa học với nhau; khối lượng mol của argon và hidro là $\mu_A = 40 \text{ g/mol}$; $\mu_H = 2 \text{ g/mol}$. Coi quá trình là đẳng nhiệt.

D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

Ta có: + Trạng thái đầu: $p_1 = 0,8 \text{ atm}$, V_1 , $T_1 = 50 + 273 = 323 \text{ K}$.

+ Trạng thái cuối: $p_2 = 8 \text{ atm}$, $V_2 = \frac{V_1}{5}$, $T_2 = ?$.

Áp dụng phương trình trạng thái của khí lí tưởng, ta có: $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$.

$$\Rightarrow T_2 = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} T_1 = \frac{8}{0,8} \cdot \frac{1}{5} \cdot 323 = 646 \text{ K hay } t_2 = 373^\circ \text{C}.$$

Vậy: Nhiệt độ của khí sau khi nén là 373°C .

Bài 2.

Ta có: + Trạng thái 1: $p_1 = 750 \text{ mmHg}$, $V_1 = 76 \text{ cm}^3$, $T_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$.

+ Trạng thái 2 (chuẩn): $p_2 = 760 \text{ mmHg}$, V_2 , $T_2 = 273 \text{ K}$.

Áp dụng phương trình trạng thái của khí lí tưởng, ta có: $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$.

$$\Rightarrow V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{p_2 T_1} = \frac{750 \cdot 76 \cdot 273}{760 \cdot 300} = 68,25 \text{ cm}^3.$$

Vậy: Thể tích khí trên ở điều kiện chuẩn là $V_2 = 68,25 \text{ cm}^3$.

Bài 3.

Theo phương trình Clapây-rôn–Mendêlêép, ta có: $pV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow p = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT}{V}$.

với: $m = 2 \text{ g}$, $\mu = 2 \text{ g}$, $R = 0,082 \text{ atm.l/mol.K}$, $T = 300 \text{ K}$, $V = 10 \text{ lít}$:

$$\Rightarrow p = \frac{2}{2} \cdot \frac{0,082 \cdot 300}{10} = 2,46 \text{ atm}.$$

Vậy: Áp suất khí trong bình là $2,46 \text{ atm}$.

Bài 4.

Theo phương trình Clapây-rôn–Mendêlêép, ta có: $pV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow V = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT}{p}$.

Với: $m = 10 \text{ g}$, $\mu = 32 \text{ g}$, $R = 0,082 \text{ atm.l/mol.K}$, $T = 288 \text{ K}$,

$p = 738 \text{ mmHg} = 0,98 \text{ atm}$:

$$\Rightarrow V = \frac{10}{32} \cdot \frac{0,082 \cdot 288}{0,98} = 7,53 \text{ lít}.$$

Bài 5.

Theo phương trình Clapây-rôn–Mendêlêép, ta có: $pV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow p = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT}{V}$.

$$\text{Đề bình không vỡ: } p \leq 21 \Rightarrow \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT}{V} \leq 21 \Rightarrow T \leq \frac{21\mu V}{mR}.$$

$$\Rightarrow T \leq \frac{21 \cdot 32 \cdot 22}{0,5 \cdot 0,084} = 352\text{K hay } 79^\circ\text{C}.$$

Vậy: Có thể đưa khí trong bình tối đa tới nhiệt độ là 79°C để bình không vỡ.

Bài 6.

Theo phương trình Clapây-rôn–Mendêlêép, ta có: $pV = \frac{m}{\mu}RT \Rightarrow \frac{m}{V} = \frac{\mu p}{RT}.$

Khối lượng riêng của khí: $D = \frac{m}{V} = \frac{\mu p}{RT}.$

Với: $\mu = 2\text{kg/kmol}$; $p = 99720\text{ N/m}^2$; $R = 8,31 \cdot 10^3\text{ kJ/kmol.K}$;

$$T = 27 + 273 = 300\text{K};$$

$$\Rightarrow D = \frac{\mu p}{RT} = \frac{2 \cdot 99720}{8,31 \cdot 10^3 \cdot 300} = 0,08\text{ kg/m}^3.$$

Vậy: Khối lượng riêng của khí là $D = 0,08\text{ kg/m}^3$.

Bài 7.

Trên mặt đất, khối lượng riêng của không khí là: $D_1 = \frac{m}{V_1} = \frac{\mu p_1}{RT_1}.$

Ở độ cao h , khối lượng riêng của không khí là:

$$D_2 = \frac{m}{V_2} = \frac{\mu p_2}{RT_2} \Rightarrow D_2 = \frac{p_2}{p_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot D_1$$

Với: $p_2 = 230\text{ mmHg}$, $T_2 = -43 + 273 = 230\text{K}$; $p_1 = 760\text{ mmHg}$,

$$T_1 = 15 + 273 = 288\text{K}, D_1 = 1,22\text{ kg/m}^3;$$

$$\Rightarrow D_2 = \frac{230}{760} \cdot \frac{288}{230} \cdot 1,22 = 0,46\text{ kg/m}^3$$

Vậy: Khối lượng riêng của không khí ở độ cao nói trên là $0,46\text{ kg/m}^3$.

Bài 8.

- Thể tích khí chảy qua ống trong thời gian 10 phút là: $V = vSt$.
- Mặt khác, theo phương trình Clapây-rôn–Mendêlêép, ta có:

$$pV = \frac{m}{\mu}RT \Leftrightarrow pvSt = \frac{m}{\mu}RT \Rightarrow v = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT}{pSt}$$

với: $m = 3\text{kg}$, $\mu = 44\text{ kg/kmol}$, $R = 8,31 \cdot 10^3\text{ kJ/kmol.K}$, $T = 35 + 273 = 308\text{K}$,

$$p = 3 \cdot 10^5\text{ N/m}^2, t = 10\text{ phút} = 600\text{s}, S = 5 \cdot 10^{-4}\text{m}^2;$$

$$\Rightarrow v = \frac{3}{44} \cdot \frac{8,31 \cdot 10^3 \cdot 308}{3 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot 600} = 1,939\text{ m/s}$$

Vậy: Vận tốc của dòng khí là $v = 1,939\text{ m/s}$.

Bài 9.

- Khối lượng khí trong bình ở điều kiện chuẩn: $m = m_2 - m_1 = 204 - 200 = 4\text{g}$.

$$\text{và: } p_0 V = \frac{m}{\mu} RT \quad (1)$$

- Khối lượng khí X trong bình ở áp suất $p = 1,5\text{atm}$: $m' = m_3 - m_1 = 210 - 200 = 10\text{g}$.

$$\text{và: } pV = \frac{m'}{\mu'} RT \quad (2)$$

- Từ (1) và (2) ta có: $\frac{p_0}{p} = \frac{m}{m'} \cdot \frac{\mu'}{\mu} \Rightarrow \mu' = \mu \cdot \frac{p_0}{p} \cdot \frac{m'}{m}$

$$\Rightarrow \mu' = 29 \cdot \frac{1}{1,5} \cdot \frac{10}{4} = 48,33 \text{ g/mol}.$$

Vậy: Khối lượng mol của khí trong lần cân thứ ba là 48,33 g/mol.

Bài 10.

- Ban đầu, khí trong mỗi phần xilanh có thể tích $V = Sl$, áp suất p , nhiệt độ T .
- Sau khi nung:
 - + phần khí bị nung nóng có thể tích $V_1 = S(l + x)$, áp suất p_1 , nhiệt độ $T_1 = T + 50$.
 - + phần khí không bị nung có thể tích $V_2 = S(l - x)$, áp suất $p_2 = p_1$, nhiệt độ $T_2 = T$.
- Vì lượng khí trong mỗi phần xilanh giống nhau, $p_1 = p_2$ nên:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \Leftrightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{l + x}{l - x}.$$

$$\Rightarrow x = \frac{l(T_1 - T_2)}{T_1 + T_2} \quad (l = 52\text{cm}; T_2 = T = 27 + 273 = 300\text{K}; T_1 = 300 + 50 = 350\text{K})$$

$$\Rightarrow x = \frac{52 \cdot (350 - 300)}{350 + 300} = 4\text{cm}.$$

- Vì nhiệt độ của lượng khí trong phần xilanh không bị nung nóng không đổi ($T_2 = T$) nên áp dụng định luật Bôi–Mariôt cho lượng khí này ta được:

$$pV = p_2 V_2 \Leftrightarrow pSl = p_2 S(l - x) \Rightarrow p_2 = p \cdot \frac{l}{l - x} = 750 \cdot \frac{52}{52 - 4} = 812,5\text{mmHg}.$$

Vậy: Khi nung nóng một phần lên thêm 50°C thì pittông di chuyển một đoạn 4cm và áp suất sau khi nung là 812,5mmHg.

Bài 11.

- Ban đầu, khí trong mỗi bình có thể tích V , áp suất p , nhiệt độ T .
- Khi nhiệt độ các bình thay đổi thì:
 - + khí trong bình I có thể tích $V_1 = V + Sx$, áp suất p_1 , nhiệt độ $T_1 = T + 2$.
 - + khí trong bình II có thể tích $V_2 = V - Sx$, áp suất $p_1 = p_2$, nhiệt độ $T_2 = T - 2$.

- Vì khí trong hai bình giống nhau, áp suất khí trong hai bình khi cân bằng như nhau nên:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{302}{298} \quad (1)$$

$$\text{và } V_1 + V_2 = 2V = 2.0,3 = 0,6 \quad (2)$$

$$\Rightarrow V_1 = 0,298 \text{ lít} = 0,298.10^{-3} \text{ m}^3, V_2 = 0,302 \text{ lít} = 0,302.10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow x = \frac{V_1 - V}{S} = \frac{0,302.10^{-3} - 0,3.10^{-3}}{0,4.10^{-4}} = 0,05\text{m} = 5\text{cm}$$

Vậy: Khoảng di chuyển của giọt thủy ngân là $x = 5\text{cm}$.

Bài 12.

$$\text{Ở nhiệt độ } T_1 = 17 + 273 = 290\text{K}, \text{ khối lượng khí trong phòng là: } m_1 = \frac{\mu p V}{RT_1}.$$

$$\text{Ở nhiệt độ } T_2 = 27 + 273 = 300\text{K}, \text{ khối lượng khí trong phòng là: } m_2 = \frac{\mu p V}{RT_2}.$$

$$\text{Độ biến thiên khối lượng khí là: } \Delta m = m_2 - m_1 = \left(\frac{\mu p V}{RT_2} - \frac{\mu p V}{RT_1} \right)$$

$$\Rightarrow \Delta m = \frac{\mu p V}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) = \frac{29.1.30.10^3}{0,084} \left(\frac{1}{300} - \frac{1}{290} \right) = -1200\text{g} = -1,2\text{kg}.$$

Vậy: Độ biến thiên khối lượng không khí trong phòng là $-1,2\text{kg}$.

Bài 13.

Trạng thái I: $m_1, V_1, T_1 = 27 + 273 = 300\text{K}, p = 40\text{atm}$:

$$p_1 V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT_1 \quad (1)$$

Trạng thái II: $m_2 = \frac{m_1}{2}, V_2 = V_1, T_2 = 12 + 273 = 285\text{K}, p_2$.

$$p_2 V_2 = \frac{m_2}{\mu} RT_2 \quad (2)$$

$$\Rightarrow \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow p_2 = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{V_1}{V_2} p_1$$

$$\Rightarrow p_2 = 0,5 \cdot \frac{285}{300} \cdot 1.40 = 19\text{atm}$$

Vậy: Áp suất của khí còn lại trong bình là $p_2 = 19\text{at}$.

Bài 14.

a) Thể tích khí thoát ra khỏi bình (ở $0^\circ\text{C}, 1\text{atm}$)

- Lượng khí ban đầu trong bình kín ở điều kiện chuẩn ($1\text{atm}, 0^\circ\text{C}$) sẽ có thể tích:

$$V_0 = \frac{p_1}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T_1} \cdot V_1 \text{ (suy ra từ phương trình trạng thái)}$$

với: $V_1 = 0,4\text{m}^3$, $T_1 = 27 + 273 = 300\text{K}$, $p_1 = 1,5\text{atm}$; $T_0 = 273\text{K}$, $p_0 = 1\text{atm}$:

$$\Rightarrow V_0 = \frac{1,5}{1} \cdot \frac{273}{300} \cdot 0,4 = 0,546\text{m}^3$$

– Thể tích khí thoát ra khỏi bình là: $\Delta V = V_0 - V_1 = 0,546 - 0,4 = 0,146\text{m}^3$.

b) Khối lượng khí còn lại trong bình và khối lượng khí thoát ra khỏi bình

Khí còn lại trong bình (ở 0°C , 1atm) có khối lượng:

$$m_1 = D_0 V_1 = 1,2 \cdot 0,4 = 0,48\text{kg}.$$

Khí thoát ra khỏi bình (ở 0°C , 1atm) có khối lượng:

$$\Delta m = D_0 \Delta V = 1,2 \cdot 0,146 = 0,1752\text{kg}.$$

Bài 15.

Ban đầu, khí trong bình có khối lượng m , thể tích V , áp suất p_1 , nhiệt độ T_1 :

$$p_1 V = \frac{m}{\mu} R T_1 \quad (1)$$

Khi có một phần khí thoát ra, khí trong bình có khối lượng m' , thể tích V , áp suất p_2 , nhiệt độ $T_2 = T_1$:

$$p_2 V = \frac{m'}{\mu} R T_1 \quad (2)$$

$$\Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{m}{m'} \Rightarrow \frac{m}{m - m'} = \frac{p_1}{p_1 - p_2} = \frac{840}{840 - 735} = 8$$

$$\Rightarrow m = 8(m - m') = 8(m_1 - m_2) = 8 \cdot (546 - 543) = 24\text{g}; m' = 21\text{g}.$$

$$\text{Khối lượng riêng của khí trong bình lúc đầu là: } D_1 = \frac{m}{V} = \frac{24}{4} = 6\text{g/l}.$$

$$\text{Khối lượng riêng của khí trong bình lúc sau là: } D_2 = \frac{m'}{V} = \frac{21}{4} = 5,25\text{g/l}.$$

Bài 16.

– Ban đầu, khí lí tưởng trong bình I có thể tích V , áp suất p_1 , nhiệt độ T_1 . Khi nung nóng khí lí tưởng trong bình I, thể tích khí là V , áp suất p'_1 , nhiệt độ T_2 :

$$\frac{p'_1}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow p'_1 = p_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 1 \cdot \frac{107 + 273}{27 + 273} = 1,27\text{atm}$$

$$\text{và: } n = \frac{p_1 V}{R T_1} \quad (1)$$

Vì $\Delta p > 1,1\text{atm}$ nên van sẽ mở, khí từ bình I qua bình II. Lúc này:

+ Bình I có thể tích V , áp suất p_2 , nhiệt độ T_2 , số mol n_1 : $p_2 V = n_1 R T_2$.

$$\Rightarrow n_1 = \frac{p_2 V}{RT_2} \quad (2)$$

+ Bình II có thể tích V , áp suất $p_3 = p_2 - \Delta p$, nhiệt độ T_2 , số mol n_2 : $p_3 V = n_2 RT_2$.

$$\Rightarrow n_2 = \frac{p_3 V}{RT_2} = \frac{(p_2 - \Delta p) V}{RT_2} \quad (3)$$

$$\text{Vì } n = n_1 + n_2 \text{ nên } \frac{p_1 V}{RT_1} = \frac{p_2 V}{RT_2} + \frac{(p_2 - \Delta p) V}{RT_2} \Leftrightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} + \frac{(p_2 - \Delta p)}{T_2}$$

$$\Leftrightarrow p_1 T_2 = p_2 T_1 + (p_2 - \Delta p) T_1 \Rightarrow p_2 = \frac{p_1 T_2 + \Delta p T_1}{2 T_1}$$

$$\Rightarrow p_2 = \frac{p_1 T_2 + \Delta p T_1}{2 T_1} = \frac{1 \cdot (107 + 273) + 1 \cdot (27 + 273)}{2 \cdot (27 + 273)} = 1,18 \text{ atm}$$

và: $p_3 = 1,18 - 1,1 = 0,08 \text{ atm}$.

Vậy: Áp suất của khí trong mỗi bình sau khi nung nóng là 1,18 atm và 0,08 atm.

Bài 17.

– Ban đầu, khí trong mỗi bình có thể tích V_0 , áp suất p_0 , nhiệt độ T , số mol n :

$$p_0 V_0 = nRT \Rightarrow n = \frac{p_0 V_0}{RT} \quad (1)$$

– Sau khi nhiệt độ trong bình I và II thay đổi thì áp suất khí trong mỗi bình là p và:

$$+ \text{ Số mol khí trong bình I là: } n_1 = \frac{p V_0}{RT_1} \quad (2)$$

$$+ \text{ Số mol khí trong bình II là: } n_2 = \frac{p V_0}{RT_2} \quad (3)$$

$$+ \text{ Số mol khí trong bình III là: } n_3 = \frac{p V_0}{RT} \quad (4)$$

$$\Rightarrow 3n = n_1 + n_2 + n_3 \Leftrightarrow 3 \frac{p_0 V_0}{RT} = \frac{p V_0}{RT_1} + \frac{p V_0}{RT_2} + \frac{p V_0}{RT}$$

$$\Leftrightarrow \frac{p_0}{p} = \frac{T}{3} \left(\frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} + \frac{1}{T} \right) = \frac{10}{3} \left(\frac{1}{40} + \frac{1}{100} + \frac{1}{10} \right) = 0,45$$

Vậy: Áp suất khí trong các bình tăng lên $\frac{1}{0,45} = 2,22$ lần.

Bài 18.

– Ban đầu, bình I có thể tích $V_1 = V$, áp suất p , nhiệt độ T ; bình II có thể tích $V_2 = 2V$, áp suất p , nhiệt độ T . Tổng số mol khí trong hai bình là:

$$n = \frac{p \cdot 3V}{RT} \quad (1)$$

– Sau đó, bình I có thể tích V_1 , áp suất p' , nhiệt độ T_1 nên số mol khí của bình I là:

$$n_1 = \frac{p'V}{RT_1} \quad (2)$$

Bình II có thể tích V_2 , áp suất p' , nhiệt độ T_2 nên số mol khí của bình II là:

$$n_2 = \frac{p' \cdot 2V}{RT_2} \quad (3)$$

$$- \text{ Mặt khác, } n = n_1 + n_2 \Leftrightarrow \frac{p \cdot 3V}{RT} = \frac{p'V}{RT_1} + \frac{p'V}{RT_1}$$

$$\Leftrightarrow \frac{3p}{T} = p' \left(\frac{1}{T_1} + \frac{2}{T_2} \right) \Rightarrow p' = \frac{3p}{T \left(\frac{1}{T_1} + \frac{2}{T_2} \right)}$$

với: $T = 27 + 273 = 300\text{K}$; $T_1 = 273\text{K}$; $T_2 = 100 + 273 = 373\text{K}$ nên:

$$p' = \frac{3 \cdot 760}{300 \cdot \left(\frac{1}{273} + \frac{2}{373} \right)} = 842\text{mmHg}$$

Vậy: Áp suất khí trong các bình khi nhiệt độ các bình thay đổi là 842mmHg.

Bài 19.

a) Ta có: $p_A = p_B = p$ ($m_b = 0$).

$$\left. \begin{array}{l} p_A V_A = RT n_A \\ p_B V_B = RT n_B \end{array} \right\} \Rightarrow pV = (n_A + n_B)RT \quad (1) \quad (V = V_A + V_B)$$

Sau khi pit-tông (1) dịch chuyển đoạn Δh :

$$p'V' = (n_A + n_B)RT \quad (2) \quad (V' = V'_A + V'_B)$$

Từ (1) và (2) suy ra:

$$pV = p'V' \Leftrightarrow p(h_a + h_b)S = p'(h_a + h_b + \Delta h)S \Rightarrow p' = \frac{10}{11}p$$

Khi chưa tác dụng lực F thì:

$$p_0 = p_A; (m_a = 0) \Rightarrow p' = \frac{10}{11}p_0$$

Trạng thái cân bằng sau khi pit-tông (1) dịch chuyển đoạn Δh :

$$F = (p_0 - p')S = \left(1 - \frac{10}{11}\right)S = \frac{1}{11}p_0S$$

$$b) \frac{V_A}{V_B} = \frac{V'_A}{V'_B} = \frac{n_A}{n_B} \Rightarrow \frac{h_A}{h_B} = \frac{h'_A}{h'_B} = \frac{\Delta h_A}{\Delta h_B} = \frac{1}{2} \rightarrow \Delta h_B = 6 \text{ cm.}$$

Bài 20.

Gọi h_1, h_2 lần lượt là độ cao lúc đầu và lúc sau của cột thủy ngân; x là độ dịch chuyển của pit-tông.

Vì thể tích khối thủy ngân không đổi

$$\text{nên } ah_1l = ah_2(l+x) \Rightarrow \frac{h_1}{h_2} = \frac{l+x}{l}$$

Điều kiện cân bằng của pit-tông lúc đầu:

$$p_1 h_1 a = p_{tb} h_1 a \Rightarrow p_1 = p_{tb}$$

Với p_{tb} là áp suất trung bình của thủy ngân tác dụng vào pit-tông

$$p_{tb} = \frac{0 + \rho g h_1}{2} = \frac{\rho g h_1}{2} = p_1 \quad (1)$$

Sau khi giảm nhiệt độ, tương tự như trên ta có: $p'_{tb} = \frac{\rho g h_2}{2}$

Điều kiện cân bằng của pit-tông lúc sau:

$$p_2 h_1 a = p'_{tb} h_2 a \Rightarrow p_2 = \frac{\rho g h_2^2}{2 h_1} \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) và (2) suy ra: } \frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^2 = \left(\frac{l+x}{l} \right)^2$$

Phương trình trạng thái đối với khối khí

$$\Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2 T_1}{V_1 T_2} \Rightarrow \left(\frac{l+x}{l} \right)^2 = \frac{ah_1(l-x)}{ah_1 l} \quad (3)$$

$$\text{Suy ra: } x^2 + 5lx - 2l^2 = 0$$

$$\text{Giải phương trình ta được: } x = \frac{\sqrt{35} - 5}{2} l.$$

Bài 21.

+ Khi xi lanh trượt xuống mặt phẳng nghiêng thì gia tốc của xi lanh là:

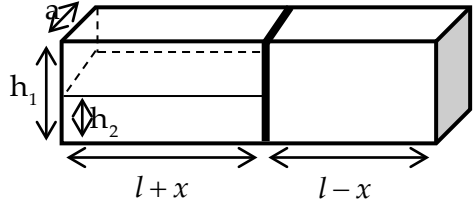
$$a = g \sin \alpha - k g \cos \alpha \quad (1).$$

+ Phương trình động lực học cho pittong là:

$$(p_B - p_A)S + Mg \sin \alpha = Ma \quad (2)$$

+ Thay (1) vào (2) ta được: $(p_B - p_A)S = -kMg \cos \alpha \quad (3)$

+ Phương trình trạng thái cho ngăn A và B.



$$p_0 V_0 = p_A V_A \quad (4)$$

$$2p_0 V_0 = p_B V_B \quad (5)$$

+ Mặt khác: $V_A + V_B = 3V_0$

$$\text{Đặt } x = V_B/V_A \Rightarrow V_A = \frac{3V_0}{1+x} \text{ và } V_B = \frac{3V_0 x}{1+x}.$$

+ Kết hợp với phương trình (3), (4), (5) ta được:

$$x^2 - \left(\frac{3kMg \cos \alpha}{p_0 S} + 1 \right) x - 2 = 0 \quad (6)$$

+ Giải phương trình (6) ta được:

$$\frac{V_B}{V_A} = x = \frac{\left(\frac{3kMg \cos \alpha}{p_0 S} + 1 \right) + \sqrt{\left(\frac{3kMg \cos \alpha}{p_0 S} + 1 \right)^2 + 8}}{2}$$

Bài 22.

a) Áp suất trung bình của khối thủy ngân tác dụng lên vách ngăn.

$$\bar{p} = p_0 + \frac{1}{4} \rho g a$$

Áp lực của khí quyển tác dụng lên một nửa còn lại của vách ngăn: $F_a = \frac{1}{2} p_0 \cdot a^2$

Khi vách ngăn cân bằng thì áp lực bên trái và bên phải bằng nhau:

$$p \cdot a^2 = p_0 \cdot \frac{a^2}{2} + \left(p_0 + \frac{1}{4} \rho g a \right) \frac{a^2}{2} \Rightarrow p = p_0 + \frac{1}{8} \rho g a = 102 \text{ (kPa)}$$

b) Gọi x là độ dời của vách ngăn (khi thủy ngân chưa tràn ra ngoài). Khi đó, cột thủy ngân có chiều cao h.

Thể tích khối khí lúc này là:

$$V = a^2 \cdot (l + x) \Rightarrow x = \frac{V}{a^2} - l$$

Đặt: $V_0 = a^2.l$ Khi vách ngăn dịch chuyển một đoạn x thì cột thủy ngân có chiều

cao là b . Vì thể tích cột thủy ngân không đổi nên ta có:

$$\frac{a^2.l}{2} = (l-x).a.b \Rightarrow b = \frac{a.l}{2(l-x)} = \frac{a.l}{2\left(2l - \frac{V}{a^2}\right)} = \frac{a}{2\left(2 - \frac{V}{V_0}\right)} \quad (1)$$

Khi vách ngăn cân bằng thì ta có:

$$\begin{aligned} p.a^2 &= \bar{p}'.a.b + p_0(a-b)a \\ \Leftrightarrow p.a &= \bar{p}'.b + p_0(a-b) = \left(p_0 + \frac{1}{2}\rho g b\right).b + p_0(a-b) \\ \Leftrightarrow p &= p_0 + \frac{1}{2}\rho g \frac{b^2}{a} \quad (2) \end{aligned}$$

Thay (1) vào (2) ta được:

$$p = p_0 + \frac{1}{8}\rho g a \frac{1}{\left(2 - \frac{V}{V_0}\right)^2}$$

*Biện luận:

$$+\text{Nếu } x < \frac{l}{2} \Rightarrow V_0 \leq V < \frac{3}{2}V_0 \text{ thì } p = p_0 + \frac{1}{8}\rho g a \frac{1}{\left(2 - \frac{V}{V_0}\right)^2}$$

$$+\text{Nếu } x > \frac{l}{2} \Rightarrow \frac{3}{2}V \leq V < 2V_0 \text{ thì } p = p_0 + \frac{1}{2}\rho g a$$

c) Nhiệt độ của khối khí khi thủy ngân tràn hết ra ngoài.

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_1 V_1}{T_1} \Rightarrow T_1 = T_0 \cdot \frac{p_1 V_1}{p_0 V_0} = T_0 \cdot \frac{\left(p_0 + \frac{1}{2}\rho g a\right) 2V_0}{\left(p_0 + \frac{1}{8}\rho g a\right) V_0} = 612K$$

Công của chất khí dùng để:

- Đây lượng không khí bên vách ngăn ra ngoài: $A_1 = p_0 \cdot \Delta V = p_0 \cdot \frac{V_0}{2}$
- Cung cấp thế năng cho khối thủy ngân để đưa toàn bộ khối thủy ngân đi qua lỗ A.

$$A_2 = m \cdot g \cdot \Delta h = \rho \cdot \frac{a^2 l}{2} g \left(a - \frac{a}{4} \right) = \frac{3}{8} \rho g a V_0$$

Vậy: công khối khí thực hiện:

$$A = A_1 + A_2 = p_0 \cdot \frac{V_0}{2} + \frac{3}{8} \rho g a V_0 = 4,2(J)$$

Bài 23.

Ở nhiệt độ T: Nitơ (N_2) phân li hoàn toàn thành khí đơn nguyên tử, độ phân li

của hidro (H_2) không đáng kể nên trong bình có $\frac{m_1}{14} mol N_2$ và $\frac{m_2}{2} mol H_2$; áp suất trong bình là p.

Áp dụng phương trình Clapeyron-Mendeleev cho hỗn hợp khí ta có:

$$pV = \left(\frac{m_1}{14} + \frac{m_2}{2} \right) RT \quad (1)$$

ở nhiệt độ 2T: cả N_2 và H_2 đều phân li hoàn toàn thành khí đơn nguyên tử nên

trong bình có $\frac{m_1}{14} mol N_2$ và $\frac{m_2}{1} mol H_2$; áp suất trong bình là 3p.

Áp dụng phương trình Clapeyron-Mendeleev cho hỗn hợp khí ta có:

$$3pV = \left(\frac{m_1}{14} + \frac{m_2}{1} \right) RT \quad (2)$$

$$\text{Lấy (2) chia (1) ta được: } 3 = \frac{\frac{m_1}{7} + 2m_2}{\frac{m_1}{14} + \frac{m_2}{2}} = \frac{2m_1 + 28m_2}{m_1 + 7m_2} = \frac{2\frac{m_1}{m_2} + 28}{\frac{m_1}{m_2} + 7} \quad (3)$$

Đặt $x = \frac{m_1}{m_2}$. Khi đó, phương trình (3) trở thành $3(x + 7) = 2x + 28 \rightarrow x = 7$.

Bài 24.

Ban đầu lò xo nén được Δl_0 ,

$$\text{Pít tông cân bằng} \Leftrightarrow p_0 S = p_A \cdot S + k \Delta l_0 \Rightarrow \Delta l_0 = \frac{(p_0 - p_A) S}{k}$$

Trường hợp 1: khi lực ma sát lớn thì Xi lanh đứng yên .

Áp dụng phương trình trạng thái cho lượng khí ở hai trạng thái trên ta có:

$$\frac{p_o V_o}{T_o} = \frac{p_1 2V_o}{T_1} \Rightarrow T_1 = \frac{2p_1 T_o}{p_o} \quad (1)$$

Phương trình cân bằng lực cho pít tông ở vị trí sau

$$p_1 S = p_A \cdot S + k(\Delta l_o + L) \Rightarrow p_1 = p_A + \frac{k}{S}(\Delta l_o + L) \quad (2)$$

Thay (2) vào (1) ta có $T_1 = \frac{2T_o}{p_o} \left[p_A + \frac{k}{S}(\Delta l_o + L) \right] = 2T_o \left(\frac{kL}{Sp_o} + 1 \right)$

Trường hợp 2: Khi pít tông nén đoạn $(\Delta l_o + x)$ thì đứng yên còn xi lanh bắt đầu trượt trên sàn cho đến khi thể tích là $2V_o$.

Ta có $k(\Delta l_o + x) = \mu Mg$ (3)

Áp dụng phương trình trạng thái cho lượng khí trong xilanh ở hai trạng thái trên là

$$\frac{p_o V_o}{T_o} = \frac{p_2 2V_o}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{2p_2 T_o}{p_o} \quad (4)$$

Phương trình cân bằng lực cho pít tông ở vị trí sau

$$p_2 S = p_A \cdot S + k(\Delta l_o + x) \Rightarrow p_2 = p_A + \frac{k}{S}(\Delta l_o + x) \quad (5)$$

thay (3) vào $p_2 = p_A + \frac{\mu Mg}{S}$ thay p_2 vào (4) ta có

$$T_2 = \frac{2T_o}{p_o} \left(p_A + \frac{\mu Mg}{S} \right)$$

Bài 25.

Vì pítông nằm cân bằng nên :

$$p_1 S + mg = p_2 S$$

$$p'_1 S + mg = p'_2 S \Rightarrow p_1 - p'_1 = p_2 - p'_2 \Rightarrow p_2 - p_1 = p'_2 - p'_1 \Rightarrow (n-1)p_1 = (m-1)p'_1$$

$$\frac{p'_1}{p_1} = \frac{n-1}{m-1} \quad (1)$$

$$\text{mặt khác } V_1 + V_2 = V'_1 + V'_2 \Rightarrow \frac{n+1}{n} V_1 = \frac{m+1}{m} V'_1$$

$$\Rightarrow \frac{V'_1}{V_1} = \frac{m}{n} \cdot \frac{n+1}{m+1} \quad (2)$$

Áp dụng phương trình trạng thái cho lượng khí ở trên ta có:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P'_1 V'_1}{T_2} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{P'_1}{P_1} \cdot \frac{V'_1}{V_1} \quad (3)$$

thay (1), (2) vào (3) và thay số ta có

$$2 = \frac{3}{m-1} \cdot \frac{5m}{4(m+1)} \Rightarrow 8m^2 - 15m - 8 = 0 \Rightarrow m = 2,3 (\text{nhận}); \quad m < 0 (\text{loại})$$

$$\text{Vậy } \frac{V'_1}{V'_2} = 2,3$$

Bài 26.

Các lực tác dụng lên hệ (khí + hai pittong) gồm:

+ Trọng lực: $F_g = (m_1 + m_2)g$

+ Áp lực của không khí lên hai pittong: $F_1 = p_0 S_1$;

$$F_2 = p_0 S_2$$

+ Phản lực của phần thành pittong nằm ngang:

$$F = p(S_1 - S_2)$$

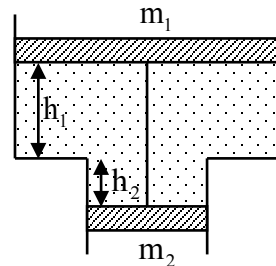
+ Khi trạng thái cân bằng của hệ được thiết lập:

$$F_g + F_1 = F + F_2$$

$$\Rightarrow (m_1 + m_2)g + p_0 S_1 = p_0 S_2 + p(S_1 - S_2)$$

$$\Rightarrow p = p_0 + \frac{m_1 + m_2}{S_1 - S_2} g = \text{const} \quad (1)$$

- Nhận xét: Áp suất khí trong xilanh không đổi vì trạng thái cân bằng được duy trì.



Vì áp suất khí trong xilanh không đổi nên khi tăng nhiệt độ, thể tích khí tăng, do đó hệ đi lên một đoạn x . Ta có:

$$\frac{h_1 S_1 + h_2 S_2}{T} = \frac{(h_1 + x)S_1 + (h_2 - x)S_2}{T + \Delta T}$$

$$\Rightarrow (h_1 S_1 + h_2 S_2) \Delta T = T(S_1 - S_2)x \quad (2)$$

$$\text{Mặt khác: } \frac{(h_1 S_1 + h_2 S_2)p}{T} = nR \quad \Rightarrow T = \frac{(h_1 S_1 + h_2 S_2)p}{nR} \quad (3)$$

$$\text{Giải hệ (1), (2) và (3) ta được: } x = \frac{nR \Delta T}{p_0(S_1 - S_2) + (m_1 + m_2)g}$$

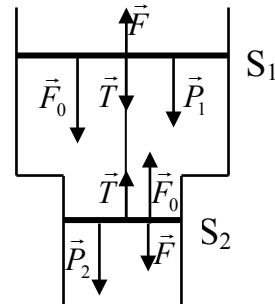
Bài 27.

a) Tính áp suất p của khí giữa hai pít tông

Ta có: $S_1 - S_2 = \Delta S$ và $m = m_1 + m_2$

Điều kiện cân bằng của hai pít tông là:

$$\begin{cases} \vec{F} = \vec{F}_0 + \vec{P}_1 + \vec{T} \\ \vec{F} + \vec{P}_2 = \vec{F}_0 + \vec{T} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} p = p_0 + \frac{m_1 g}{S_1} + \frac{T}{S_1} \\ p + \frac{m_2 g}{S_2} = p_0 + \frac{T}{S_2} \end{cases} \quad (1) \quad (2)$$



$$\text{Từ (1) và (2)} \Rightarrow \begin{cases} T = S_1(p - p_0) - m_1 g & (3) \\ T = S_2(p - p_0) + m_2 g & (4) \end{cases}$$

$$\Rightarrow (S_1 - S_2)(p - p_0) = (m_1 + m_2)g = mg$$

$$\Rightarrow p = \frac{mg}{\Delta S} + p_0 \approx 1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

b) Nhiệt độ cần làm nóng ΔT

- Khi làm nóng khí thì pít tông dịch chuyển lên trên một đoạn l . Muốn pít tông cân bằng ở vị trí này thì $p' = p$ (p' : áp suất chất khí sau khi dịch chuyển pít tông)

Theo phương trình Mendêlêep - Clapayron

$$pV = nRT \quad (n = 1)$$

$$p'(V + \Delta V) = R(T + \Delta T)$$

$$\Rightarrow \Delta T = T \frac{\Delta V}{V} = \frac{p}{R} \Delta V \quad \text{mà } \Delta V = l \Delta S$$

$$\Rightarrow \Delta T = p \frac{\Delta S l}{R} \approx 0,9 K$$

Bài 28.

1, Nhiệt độ để cột thủy ngân chạm miệng ống thủy tinh:

+ Do cột thủy ngân có chiều cao không đổi, áp suất khí quyển không đổi nên quá trình biến đổi của khí trong ống là quá trình đẳng áp:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{SL}{T_1} = \frac{S(L+\ell)}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{(L+\ell)}{L} T_1 \Rightarrow T_2 = \frac{(90+10)}{90} 270 = 300K \Rightarrow$$

$$t_2 = 27^\circ C$$

2. Xác định nhiệt độ t cần thiết để làm thủy ngân tràn hết ra ngoài:

+ Áp dụng phương trình trạng thái cho khối khí ở trạng thái 2 và trạng thái mà cột thủy ngân được còn lại trong ống một đoạn x:

$$\frac{(p_0 + x).S.(L + \ell + h - x)}{T} = \frac{(p_0 + h)S.(L + h + \ell)}{T_2}$$

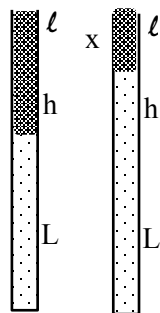
$$\Rightarrow \frac{(75 + x).(175 - x)}{T} = \frac{(75 + 75).100}{300} = 50$$

$$\Rightarrow 50T = -x^2 + 100x + 75.175 \Rightarrow 50.T_{\max} = 15625 \Rightarrow T_{\max} = 312,5K$$

$$\Rightarrow t = 39,5^\circ C.$$

3. Do quá trình diễn biến chậm nên theo Bảo toàn công thì công khối khí đã thực hiện đúng bằng công của trọng lực đưa toàn bộ trọng tâm của khối thủy ngân từ độ cao $L+0,5h$ lên đến độ cao $L+l+h$.

$$A_k = A_p = mg[(L + l + h) - (L + 0,5h)] = mg(1 + 0,5h) \\ = 0,1.10.(0,1 + 0,5.0,75) = 0,475J$$



Bài 29.

Ban đầu ở nhiệt độ $t = 27^\circ C$

Vì khối lượng khí 2 bên như nhau nên : $p_1 V_1 = p_2 V_2$

$$\Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1} = 2,5 \Rightarrow p_2 = 2,5p_1$$

Mà $p_2 = p_1 + \frac{P}{S} = 2,5p_1$ với P là trọng lượng pittông nặng $\Rightarrow \frac{P}{S} = 1,5p_1$.

Ở nhiệt độ $t = 87^\circ C$:

Tương tự ta có : $p_1' V_1' = p_2' V_2'$

$$\Rightarrow \frac{V_1'}{V_2'} = \frac{p_2'}{p_1'} = x \quad (1)$$

Từ phương trình trạng thái có :

$$\frac{p_1' V_1'}{T'} = \frac{p_1 V_1}{T} \Rightarrow \frac{p_1'}{p_1} = \frac{T}{T'} \frac{V_1'}{V} = \frac{5}{6} \frac{V_1'}{V}$$

$$\frac{V_1'}{V_2'} = \frac{p_2'}{p_1'} = x ; \text{ trong đó } p_2' = p_1' + \frac{P}{S} = p_1' + 1,5p_1$$

$$\begin{aligned} \text{Từ (1)} \Rightarrow \frac{V_1'}{V_2'} &= \frac{p_1' + 1,5p_1}{p_1'} = 1 + 1,5 \frac{p_1}{p_1'} \\ \frac{V_1'}{V_2'} &= 1 + 1,5 \cdot \frac{5}{6} \frac{V_1'}{V_1} = 1 + \frac{2,5}{2} \frac{V_1'}{V_1} \quad (2) \end{aligned}$$

Mặt khác có :

$$V_1' + V_2' = V_1 + V_2 = V_1 + \frac{1}{2,5} V_1 = 1,4 V_1$$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{V_1' + V_2'}{1,4}$$

Thay vào (2) ta có :

$$\begin{aligned} \frac{V_1'}{V_2'} &= 1 + 1,25 \cdot \frac{1,4V_1'}{V_1' + V_2'} = 1 + 1,25 \cdot \frac{1,4 \cdot x}{x + 1} \\ \Rightarrow x^2 - 1,75x - 1 &= 0 \\ \Rightarrow x = 2,2 \Rightarrow \frac{V_1'}{V_2'} &= 2,2 \end{aligned}$$

Bài 30.

1- Trường hợp 1: $F_{ms} \geq kl \Leftrightarrow \mu mg \geq kl$. Khi đó xi lanh sẽ đứng yên

Gọi T là nhiệt độ cuối cùng của khối khí thì:

$$\frac{P_0 S l}{T_0} = \frac{\left(P_0 + \frac{kl}{S}\right) \times 2Sl}{T} \Rightarrow T = 2T_0 \left(1 + \frac{kl}{SP_0}\right).$$

$$\text{Từ đó: } \Delta T = T - T_0 = T_0 \left(1 + \frac{2kl}{SP_0}\right)$$

2- Trường hợp 2: $\mu mg < kl$.

a- Gọi x là độ nén cực đại của lò xo. Pittông còn đứng yên cho đến khi

$$kx = \mu mg \Rightarrow x = \frac{\mu mg}{k}$$

Gọi T_1 là nhiệt độ của khối khí tại thời điểm lò xo nén cực đại. P_1 là áp suất chất khí trong xi lanh ở thời điểm này thì: $P_1 S = P_0 S + kx = P_0 S + \mu mg$.

$$\Rightarrow P_1 = P_0 + \frac{\mu mg}{S}$$

- Áp dụng phương trình trạng thái có:

$$\frac{P_0 S l}{T_0} = \frac{\left(P_0 + \frac{\mu m g}{S}\right)(l+x)S}{T_1}$$

$$\Rightarrow T_1 = \left(1 + \frac{\mu m g}{S P_0}\right) \left(1 + \frac{\mu m g}{k l}\right) T_0$$

+) Khi $T > T_1$ thì pittông bắt đầu dịch chuyển, bắt đầu từ thời điểm này áp suất chất khí trong xi lanh là không đổi. Ta có:

$$\frac{T_1}{T} = \frac{S(l+x)}{S \times 2l} \Leftrightarrow \frac{T_1}{T} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{x}{l}\right)$$

$$\Rightarrow T = \frac{2T_1}{1 + \frac{\mu m g}{k l}} = 2T_0 \left(1 + \frac{\mu m g}{P_0 S}\right) T_0$$

Từ đó tìm được:

$$\Delta T = T - T_0 = T_0 \left(1 + \frac{2\mu m g}{S P_0}\right)$$

Bài 31.

a.

* Gọi nhiệt độ khí ở ngăn có chứa lò xo L_1 & L_2 của xilanh lần lượt là T_1 & T_2 .

Ta có:

$$T_1 = \frac{p \cdot l_1 \cdot S}{\frac{m_1}{\mu_{He}} R} = 144,4^\circ \text{K}$$

$$T_2 = \frac{p \cdot l_2 \cdot S}{\frac{m_2}{\mu_{O_2}} R} = 462,1^\circ \text{K}$$

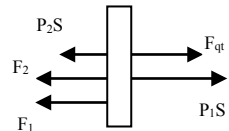
Vậy độ chênh lệch nhiệt độ ở hai ngăn là: $\Delta T = T_2 - T_1 = 317,7^\circ \text{K}$

b.

* Giả sử khí xilanh quay, pittông dịch chuyển đoạn x , khi đó:
+ lò xo 1 giãn đoạn x , lò xo 2 nén đoạn x .

+ Pittông cách trục một đoạn: $R = \frac{l_1 - l_2}{2} + x = 20 \text{cm}$ (1)

+ Gọi áp suất của lượng khí Heli là p_1 , áp suất của lượng khí O_2 là p_2 . Vì nhiệt độ khí trong mỗi ngăn của xilanh không đổi nên ta có:



$$p_1 = \frac{p.l_1 S}{(l_1 + x).S} = \frac{p.l_1}{(l_1 + x)} = 10^5 \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (2)$$

$$p_2 = \frac{p.l_2 S}{(l_2 - x).S} = \frac{p.l_2}{(l_2 - x)} = 1,8.10^5 \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (3)$$

+ Khi xilanh quay: theo phương ngang, pitông chịu tác dụng của các lực đàn hồi của các lò xo: F_1, F_2 ; lực quán tính li tâm: F_{qt} ; áp lực do khí hai bên tạo nên: $p_1 S$ và $p_2 S$. Phương trình cân bằng tương đối của xi lanh là: $F_2 + F_1 + p_2 S = F_{qt} + p_1 S$
 $\Leftrightarrow m.\omega^2 R - 2k.x = (p_2 - p_1)S \quad (4)$

+ Thay (1), (2) và (3) vào (4) và thay số giải được: $\omega = 5\sqrt{401} \text{ rad/s}$

Bài 32.

* Ở nhiệt độ T_1

Gọi p_0 là áp suất do pittông nặng gây ra cho khí ở ngăn dưới

Ta có $p_0 + p_1 = p_2$ mà $p_2 = 2 p_1 \rightarrow p_0 = p_1$

$$\text{Mặt khác } \frac{p_1 V_1}{n_1} = \frac{p_2 V_2}{n_2} = RT_1 \Rightarrow \frac{p_1 V_1}{1} = \frac{p_2 V_2}{3} = RT_1 \Rightarrow V_2 = \frac{3V_1}{2}$$

Nếu coi thể tích hai ngăn là 5V thì ta có $V_1 = 2V, V_2 = 3V$.

Khi thể tích khí hai ngăn bằng nhau thì $V' = 2,5V$

$$* \text{ Ở ngăn trên khi ở nhiệt độ } T_1 \text{ ta có } p_1 V_1 = p_1' V' \Rightarrow p_1' = \frac{p_1 V_1}{V'} = \frac{4p_1}{5} \quad (1)$$

* Ở ngăn dưới khi ở nhiệt độ T_2 ta có

$$\frac{p_2 V_2}{T_1} = \frac{p_2' V'}{T_2} \Rightarrow \frac{2p_1 3V}{T_1} = \frac{p_2' 2,5V}{T_2} \Rightarrow p_2' = \frac{12T_2 p_1}{5T_1} \quad (2)$$

Áp dụng điều kiện cân bằng cho pittông ta có $p_2' = p_0 + p_1' = p_1 + p_1' \quad (3)$

$$\text{Thay (1) và (2) vào (3) ta được } T_2 = \frac{3T_1}{4} = 300K$$

Bài 33.

Gọi p_1 và p_2 là áp suất của khí ở nhiệt độ T_1 và T_2 và p_0 là áp suất khí quyển.

Ở nhiệt độ T_1 độ biến dạng của lò xo là x thì ở nhiệt độ T_2 độ biến dạng của lò xo là $(l+x)$

Do pit-tông nằm cân bằng nên:

$$p_1 S = kx + p_0 S \quad (1)$$

$$p_2 S = k(l+x) + p_0 S \quad (2)$$

$$\text{Lấy (2) trừ (1) thu được: } p_2 - p_1 = \frac{kl}{RS} \quad (3)$$

Áp dụng phương trình Clapeyron – Men-đê-lê-ep ta có:

$$p_1 = \frac{RT_1}{V} \text{ và } p_2 = \frac{RT_2}{V} \quad (4)$$

Thay (4) vào (3) ta được: $T_2 = T_1 + \frac{Vkl}{RS}$

Bài 34.

a) Khi đốt nóng khí, lực do khí tác dụng lên pit-tông sẽ tăng.

Nếu vật m không dịch chuyển sang trái thì hệ sẽ mất cân bằng.

Điều kiện để hệ cân bằng, xem trục quay đi qua điểm A:

$$M_F = M_p + M_m \Leftrightarrow pSl = Pl + mgr \quad (1)$$

Theo phương trình trạng thái khí lí tưởng:

$$pV = \frac{M}{\mu} RT \Rightarrow p = \frac{MRT}{\mu V} = \frac{MRT}{\mu Sh} \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) và (2) ta được: } r = \left(\frac{MRT}{\mu h} - P \right) \frac{l}{mg}$$

Theo đề: $T = T_0 + \text{const}(t - t_0)$.

$$\text{Thay vào trên ta được: } r = \left(\frac{MR}{\mu h} (T_0 + \text{const}\Delta t) - P \right) \frac{l}{mg}$$

$$\text{b) Ta có: } v = \frac{\Delta r}{\Delta t} \text{ và } T = T_0 + \text{const}\Delta t$$

$$\Rightarrow \Delta T = T - T_0 = \text{const}\Delta t \Rightarrow \frac{\Delta T}{\Delta t} = \text{const} = \alpha$$

$$\Delta r = r - r_0 = \left[\frac{MR}{\mu h} (T_0 + \alpha\Delta t) - P \right] \frac{l}{mg} - \left[\frac{MR}{\mu h} T_0 - P \right] \frac{l}{mg}$$

$$\text{Mà } \Delta r = \frac{MR}{\mu h} \alpha \Delta t \frac{l}{mg}. \text{ Vậy: } v = \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{MRl\alpha}{\mu hmg}$$

Bài 35.

+ Sau khi khóa K mở, khí ở trong bình có áp suất lớn hơn bên ngoài nên nó giãn nở đoạn nhiệt và có một lượng khí thoát ra ngoài.

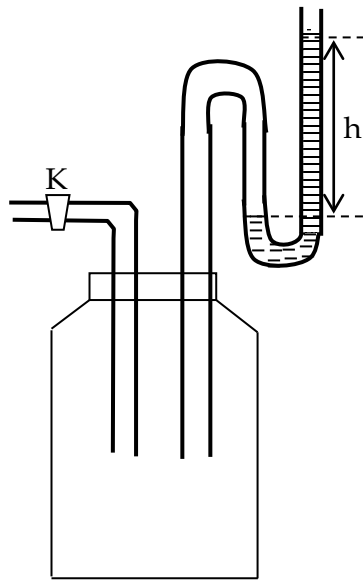
Giả sử lượng khí còn lại trong bình lúc mở khóa có khối lượng là m_2 chiếm thể tích

V_2 thì trước lúc mở khóa K nó có thể tích là

V_1

Gọi D là trọng lượng riêng của chất lỏng trong áp kế.

Ta có: $(p_0 + D.h)V_1^\gamma = p_0.V_2^\gamma$



$$\begin{aligned}
&\Leftrightarrow \frac{(p_0 + D.h)^\gamma V_1^\gamma}{(p_0 + D.h)V_1^\gamma} = \frac{p_0^\gamma V_2^\gamma}{p_0^{\gamma-1}} \\
&\Leftrightarrow \frac{(p_0 + D.h)^\gamma V_1^\gamma}{p_0^\gamma V_2^\gamma} = \frac{(p_0 + D.h)V_1^{\gamma-1}}{p_0^{\gamma-1}} = \frac{(RT_1)^\gamma}{(RT_2)^\gamma} \\
\text{Hay } &\frac{(p_0 + D.h)^{\gamma-1}}{T_1^\gamma} = \frac{p_0^{\gamma-1}}{T_2^\gamma} \Leftrightarrow \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_0 + D.h}{p_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \left(\frac{p_0 + D.h}{p_0} \right)^{1-\frac{1}{\gamma}} \quad (1)
\end{aligned}$$

+ sau khi đóng khóa K, nhiệt độ của lượng khí trong bình là T_2 tăng dần tới nhiệt độ ban đầu T_1 .

Quá trình này là quá trình đẳng tích.

$$\text{Ta có: } \frac{T_1}{T_2} = \frac{p_0 + D.h'}{p_0} \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) và (2)} \Rightarrow \left(\frac{p_0 + D.h}{p_0} \right)^{1-\frac{1}{\gamma}} = \frac{p_0 + D.h'}{p_0} \Leftrightarrow \left(1 + \frac{D.h}{p_0} \right)^{1-\frac{1}{\gamma}} = 1 + \frac{D.h'}{p_0}$$

$$\text{Mà } \frac{h}{p_0} \ll 1 \text{ nên ta có: } \left(\frac{p_0 + D.h}{p_0} \right)^{1-\frac{1}{\gamma}} \approx 1 + \frac{\gamma-1}{\gamma} \cdot \frac{D.h}{p_0}$$

$$\text{Vậy ta được } \frac{\gamma-1}{\gamma} \cdot h = h' \Rightarrow \gamma = \frac{h}{h-h'}$$

Bài 36.

Quy ước dùng chỉ số 1 để chỉ bình khí nén, chỉ số 2 cho quả bóng đàn hồi.

$$\text{Trước khi mở khóa, trong bình khí nén } p_1 V_1 = \frac{m_1}{\mu} RT \text{ và } p_2 V_2 = \frac{m_2}{\mu} RT$$

$$\text{Từ đó suy ra: } m = m_1 + m_2 = \frac{\mu}{RT} (p_1 V_1 + p_2 V_2) \quad (1)$$

$$\text{Sau khi cân bằng được thiết lập: } pV = \frac{m}{\mu} RT \quad (2)$$

p là áp suất cuối cùng của hệ, V là thể tích của cả bình khí và quả bóng.

$$\text{Ta có: } V = V_1 + V'_2 \quad (3)$$

$$\text{Trong đó: } V'_2 = V_2 \left(1 + 0,1 \frac{p - p_2}{p_2} \right) \quad (4)$$

Thay (1) (3) (4) vào (2) ta được

$$p \left[V_1 + V_2 \left(1 + 0,1 \frac{p - p_2}{p_2} \right) \right] = \frac{\mu}{RT} (p_1 V_1 + p_2 V_2) \frac{RT}{\mu} \quad (5)$$

Giải phương trình bậc 2 theo p ta được: $p = 141854 Pa$ hay $p = 1,4 \text{ atm}$.

Thay giá trị của p vào 4 ta tìm được: $V'_2 = 10,2 \text{ lít}$.

Bài 37.

a. Gọi V là thể tích của nửa bình, phương trình cho các áp suất riêng phần p_A, p_B khi hỗn hợp 2 chất khí chưa khuếch tán là:

$$p_A V = \frac{m_A}{m_A} RT \quad (1) \quad p_H V = \frac{m_H}{m_H} RT \quad (2)$$

Phương trình cho áp suất toàn phần: $p = p_A + p_H$

$$pV = \left(\frac{m_A}{\mu_A} + \frac{m_H}{\mu_H} \right) RT = \left(\frac{m_A}{m_H} + \frac{\mu_A}{\mu_H} \right) \frac{m_H}{\mu_A} RT \quad (3)$$

Đặt $x = \frac{m_A}{m_H}; \mu = \frac{\mu_A}{\mu_H} = 20$; (3) trở thành:

$$pV = (x + \mu) \frac{m_H}{\mu_A} RT \quad (4)$$

Sau khi khuếch tán, trong nửa bên trái vẫn còn m_A nhưng chỉ còn lại $\frac{m_H}{2}$, do đó

$$\text{ta có phương trình: } p'V = \left(\frac{m_A}{m_H} + \frac{\mu_A}{2\mu_H} \right) \frac{m_H}{\mu_A} RT = \left(x + \frac{\mu}{2} \right) \frac{m_H}{\mu_A} RT \quad (5)$$

Từ (4) và (5) ta được: $\frac{p}{p'} = \frac{3}{2} = \frac{2(x + \mu)}{2x + \mu} \Rightarrow x = 10$

b. Từ (1) và (2) ta có: $\frac{p_A}{p_H} = \frac{x}{\mu} = \frac{1}{2} \Rightarrow p_A = \frac{p}{3}; p_H = \frac{2p}{3}$

Dạng 2. CÁC BÀI TOÁN LIÊN QUAN ĐẾN ĐỒ THỊ

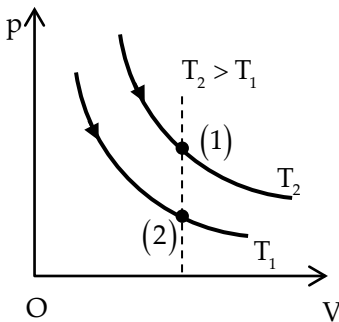
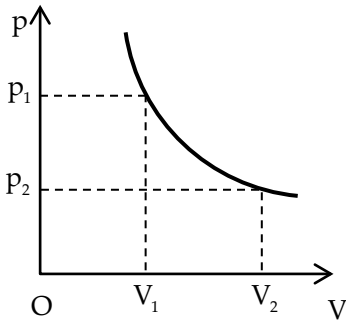
A. PHƯƠNG PHÁP

1. Đồ thị của các quá trình biến đổi đẳng nhiệt

Theo định luật Bôi-lơ - Ma-ri-ốt: Ở nhiệt độ không đổi, tích của áp suất p và thể tích V của một lượng khí xác định là một hằng số.

Biểu thức : $pV = \text{const} \Rightarrow p = \frac{\text{const}}{V}$ (có dạng $y = \frac{1}{x}$ trong toán học)

Trong hệ toạ độ pOV . Đường đẳng nhiệt là một đường cong.

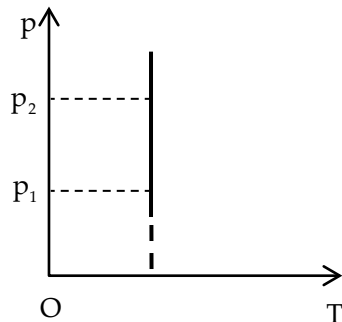
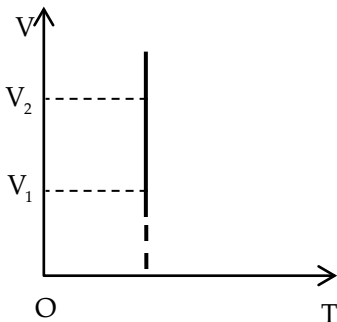


- Đồ thị của đường đẳng nhiệt trong hệ toạ độ pOV là một đường cong do đó áp suất biến đổi tỉ lệ nghịch với thể tích. Tức là nếu áp suất tăng thì thể tích giảm và ngược lại.

Trong họ đường đẳng nhiệt, những đường nằm trên có nhiệt độ cao hơn những đường nằm dưới.

Trong hệ toạ độ VOT và pOT . Đường đẳng nhiệt có dạng là một đường thẳng vuông góc với trục OT .

Đồ thị:



2. Đồ thị của các quá trình biến đổi đẳng tích.

Theo định luật Charles: Trong quá trình đẳng tích của một lượng khí nhất định, áp suất tỉ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối.

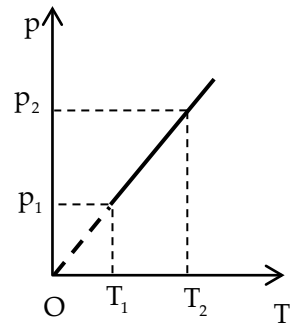
$$\frac{P}{T} = \text{const} \Rightarrow p = \text{const} \cdot T$$

(có dạng $y = ax$ trong toán học)

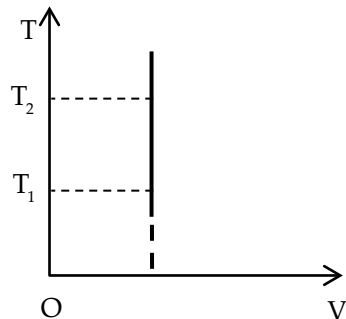
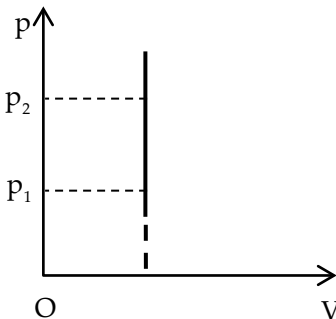
$\Rightarrow$ dạng đồ thị hệ toạ độ pOT có dạng là một đường thẳng xiên góc và đi qua gốc tọa độ O .

- Đồ thị của đường đẳng tích trong hệ toạ độ pOT có dạng là một đường thẳng do đó áp suất biến đổi tỉ lệ thuận với thể tích V. Tức là nếu áp suất tăng thì thể tích V cũng tăng và ngược lại.

Trong hệ toạ độ pOV và VOT. Đường đẳng nhiệt có dạng là một đường thẳng vuông góc với trục OV.



Đồ thị:



3. Đồ thị của các quá trình biến đổi đẳng áp.

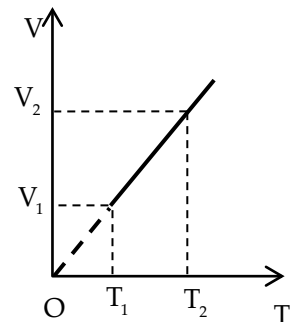
Theo định luật Gay – Lussac: Trong quá trình đẳng áp của một lượng khí nhất định, thể tích tỉ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối.

$$\frac{V}{T} = \text{const} \Rightarrow V = \text{const} \cdot T$$

(có dạng $y = ax$ trong toán học)

$\Rightarrow$ dạng đồ thị hệ toạ độ VOT có dạng là một đường thẳng xiên góc và đi qua gốc tọa độ O .

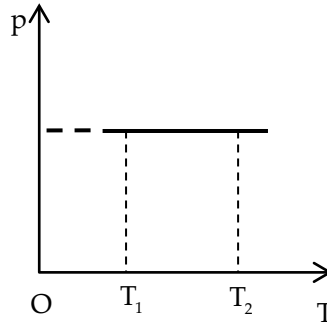
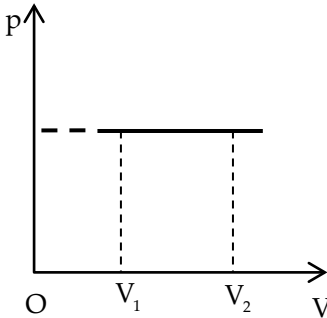
- Đồ thị của đường đẳng áp trong hệ toạ độ VOT có dạng là một đường thẳng do đó thể tích V biến đổi tỉ lệ thuận với nhiệt độ T. Tức là



nếu thể tích V tăng thì nhiệt độ cũng tăng và ngược lại.

Trong hệ tọa độ pOV và pOT . Đường đẳng nhiệt có dạng là một đường thẳng vuông góc với trục Op .

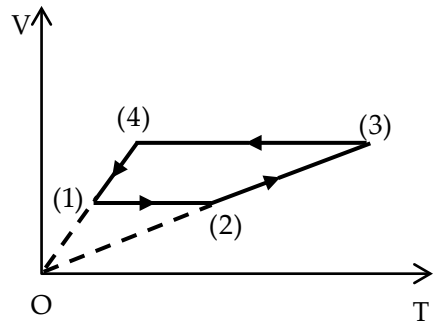
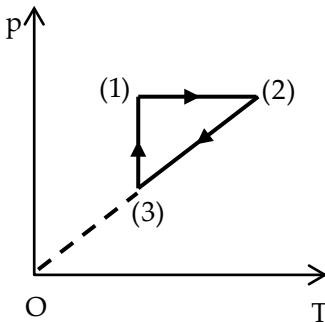
Đồ thị:



B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1. Hai hình sau đây là các đồ thị của hai chu trình biến đổi trong hệ tọa độ (p, T) và (V, T) .

Hãy vẽ các đồ thị biểu diễn mỗi chu trình trong các hệ tọa độ còn lại.

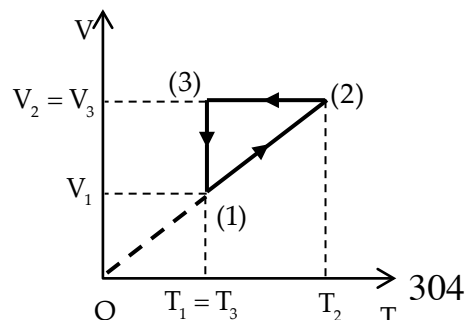
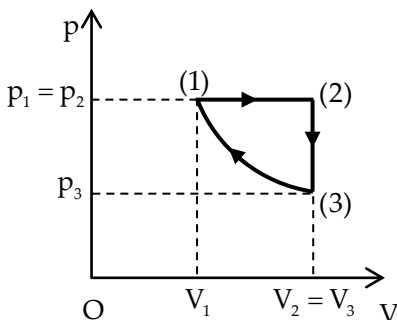


Hướng dẫn

– Hình 1:

- + Quá trình (1) – (2): $p_2 = p_1$ (đẳng áp), $T_2 > T_1 \Rightarrow V_2 > V_1$.
- + Quá trình (2) – (3): $V_3 = V_2$ (đẳng tích), $T_2 > T_3 \Rightarrow p_2 > p_3$.
- + Quá trình (3) – (1): $T_3 = T_1$ (đẳng nhiệt), $p_3 > p_1 \Rightarrow V_3 > V_1$.

Đồ thị trong các hệ tọa độ còn lại là:



– Hình 2:

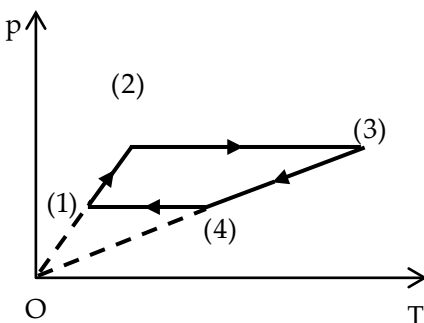
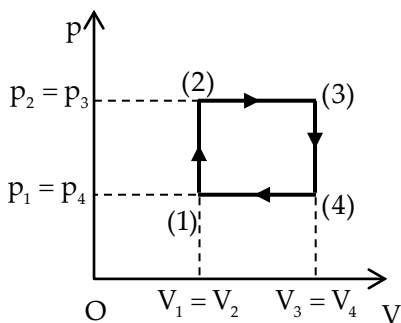
+ Quá trình (1) – (2): $V_2 = V_1$ (đẳng tích), $T_2 > T_1 \Rightarrow p_2 > p_1$.

+ Quá trình (2) – (3): $p_3 = p_2$ (đẳng áp), $T_3 > T_2 \Rightarrow V_3 > V_2$.

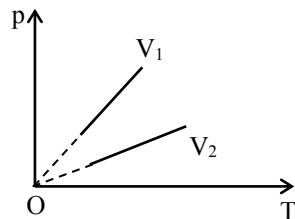
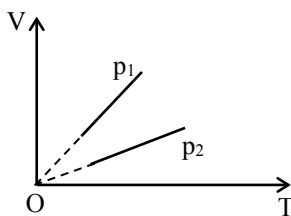
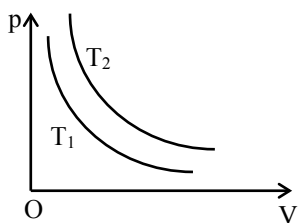
+ Quá trình (3) – (4): $V_4 = V_3$ (đẳng tích), $T_4 < T_3 \Rightarrow p_4 > p_3$.

+ Quá trình (4) – (1): $p_4 = p_1$ (đẳng áp), $T_4 > T_1 \Rightarrow V_4 > V_1$.

Đồ thị trong các hệ tọa độ còn lại là:



Ví dụ 2. Cho các đồ thị sau đây:



Hãy chứng tỏ rằng:

– Ở đồ thị (I): $T_2 > T_1$.

– Ở đồ thị (II): $p_2 > p_1$.

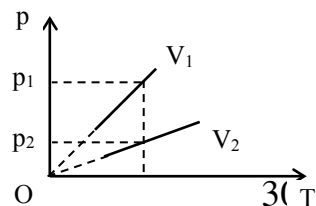
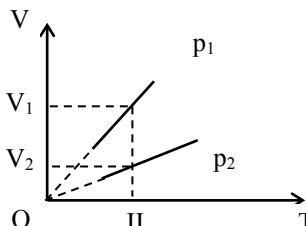
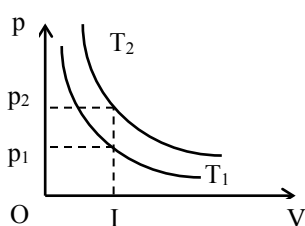
– Ở đồ thị (III): $V_2 > V_1$.

Hướng dẫn

– Hình 1: Xét đường đẳng tích I, ta thấy: Quá trình (1) – (2) có: $p_2 > p_1 \Rightarrow T_2 > T_1$.

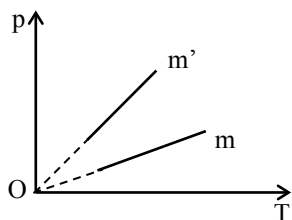
– Hình 2: Xét đường đẳng nhiệt I, ta thấy: Quá trình (1) – (2) có: $V_1 > V_2 \Rightarrow p_2 > p_1$.

– Hình 3: Xét đường đẳng nhiệt I, ta thấy: Quá trình (1) – (2) có: $p_1 > p_2 \Rightarrow V_2 > V_1$.



Ví dụ 3. Hai bình có dung tích bằng nhau chứa cùng một loại khí. Khối lượng của khí lần lượt là m và m' .

Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của p theo T của hai khối khí như hình vẽ. Hãy so sánh m và m' .



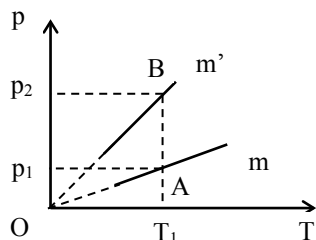
Hướng dẫn

Vẽ đường thẳng qua T_1 , song song với trục OV , cắt đồ thị (p , T) của hai khí tại $A(p_1, V_1, T_1)$ và $B(p_2, V_1, T_1)$:

$$p_1 V_1 = \frac{m}{\mu} RT_1 \quad (1)$$

$$p_2 V_1 = \frac{m'}{\mu} RT_1 \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra: $\frac{m'}{m} = \frac{p_2}{p_1}$.



Vì $p_2 > p_1$ nên $m' > m$.

Ví dụ 4. Một lượng khí hêli ($\mu = 4$) có khối lượng $m = 1,0g$, nhiệt độ $t_1 = 127^\circ C$ và thể tích $V_1 = 4,0$ lít biến đổi qua hai giai đoạn:

- Đẳng nhiệt, thể tích tăng gấp hai lần.
- Đẳng áp, thể tích trở về giá trị ban đầu.

- a) Vẽ đồ thị biểu diễn các quá trình biến đổi trong hệ tọa độ (p , T).
- b) Tìm nhiệt độ và áp suất thấp nhất trong quá trình biến đổi.

Hướng dẫn

a) Vẽ đồ thị

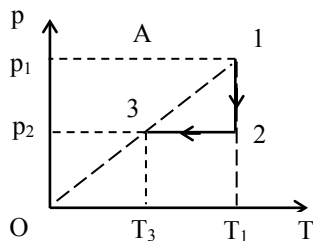
- Trạng thái I: ($p_1, V_1 = 4l, T_1 = 400K$).
- Trạng thái II: ($p_2, V_2 = 2V_1 = 8l, T_2 = T_1 = 400K$).
- Trạng thái III: ($p_3 = p_2, V_3 = V_1 = 4l, T_3$).

Đồ thị như hình vẽ.

b) Tìm nhiệt độ và áp suất thấp nhất trong quá trình biến đổi

Trên đồ thị, ta thấy $p_{\min} = p_2$: Xét quá trình đẳng nhiệt (1) – (2), ta có:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \Rightarrow p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2}$$



$$\text{với: } p_1 = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT_1}{V_1} = \frac{1}{4} \cdot \frac{0,084 \cdot 400}{4} = 2,1 \text{ atm}$$

$$\Rightarrow p_{\min} = p_2 = \frac{2,1 \cdot 4}{8} = 1,05 \text{ atm}$$

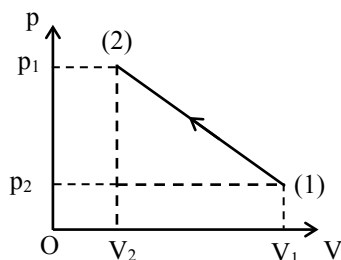
Trên đồ thị, ta thấy: $T_{\min} = T_3$: Xét quá trình đẳng áp (2) – (3), ta có:

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2} \Rightarrow T_3 = \frac{V_3}{V_2} \cdot T_2 = \frac{4}{8} \cdot 400 = 200 \text{ K hay } t_3 = -73^\circ \text{C}$$

Vậy: Nhiệt độ và áp suất thấp nhất trong quá trình biến đổi là 1,05atm và 73°C .

Ví dụ 5. Có 20g khí hêli chứa trong xilanh đậy kín bởi pittông biến đổi chậm từ (1) → (2) theo đồ thị mô tả bởi hình bên.

Cho: $V_1 = 30$ lít; $p_1 = 5$ atm; $V_2 = 10$ lít; $p_2 = 15$ atm. Hãy tìm nhiệt độ cao nhất mà khí đạt được trong quá trình biến đổi.



Hướng dẫn

Quá trình (1) – (2): $p = aV + b$:

Thay các giá trị (p_1, V_1) và (p_2, V_2) vào (1) ta được:

$$5 = 30a + b \quad (1)$$

$$10 = 10a + b \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) và (2) suy ra: } a = -\frac{1}{2}; b = 20 \Rightarrow p = -\frac{V}{2} + 20$$

$$\Rightarrow pV = -\frac{V^2}{2} + 20V \quad (3)$$

$$\text{Mặt khác: } pV = \frac{m}{\mu} RT = \frac{20}{4} RT = 5RT \quad (4)$$

$$\text{Từ (4) suy ra: } T = -\frac{V^2}{10R} + \frac{4V}{R} \quad (5)$$

Xét hàm $T = f(V)$. Ta có: $T = T_{\max}$ khi $V = -\frac{\frac{R}{4}}{2\left(-\frac{1}{10R}\right)} = 20$ lít, lúc đó:

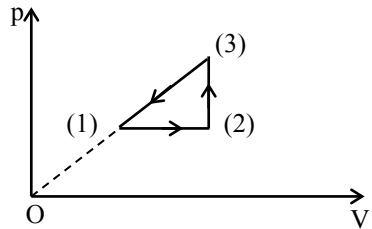
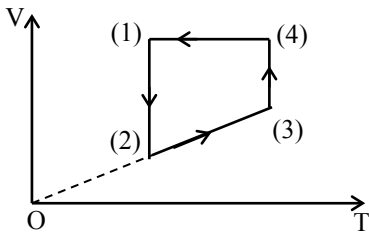
$$T_{\max} = -\frac{20^2}{10 \cdot 0,082} + \frac{4 \cdot 20}{0,082} = 487,8 \text{ K}$$

Vậy: Nhiệt độ cao nhất mà khí đạt được trong quá trình biến đổi là 487,8K.

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

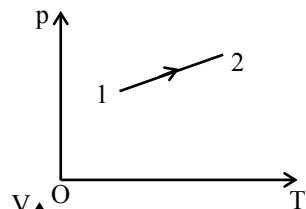
Bài 1. Hai hình sau đây là các đồ thị của hai chu trình biến đổi trong hệ tọa độ (p, T) và (V, T) .

Hãy vẽ các đồ thị biểu diễn mỗi chu trình trong các hệ tọa độ còn lại.



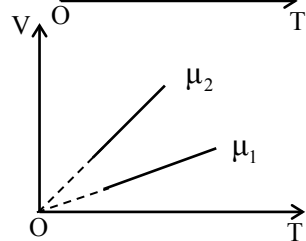
Bài 2. Khi nung nóng một khối khí, sự thay đổi của áp suất p theo nhiệt độ tuyệt đối T được cho bởi đồ thị hình vẽ.

Hãy xác định là trong quá trình này khí bị nén hay giãn.

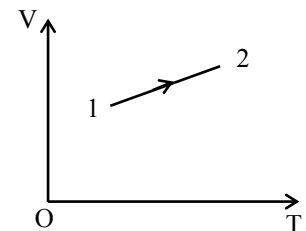


Bài 3. Hai xilanh chứa hai loại khí có khối lượng mol là μ_1 và μ_2 khác nhau nhưng có cùng khối lượng m . Áp suất của hai khí cũng bằng nhau. Quá trình biến đổi đẳng áp được biểu diễn bởi các đồ thị như trong hình bên.

Hãy so sánh các khối lượng mol.



Bài 4. Một xilanh chứa khí bị hở nên khí có thể ra hoặc vào chậm. Khi áp suất p không đổi, thể tích V biến thiên theo nhiệt độ tuyệt đối T như đồ thị ở hình bên. Hỏi lượng khí trong xilanh tăng hay giảm?



Bài 5. Một lượng khí oxi ở 130°C dưới áp suất 10^5N/m^2 được nén đẳng nhiệt đến áp suất $1,3 \cdot 10^5\text{N/m}^2$. Cần làm lạnh đẳng tích khí đến nhiệt độ nào để áp suất giảm bằng lúc đầu?

Biểu diễn quá trình biến đổi trên trong các hệ tọa độ (p, V) , (p, T) , (V, T) .

Bài 6. Một khối khí có áp suất p_0 thể tích V_0 , được đun nóng đẳng áp, nhiệt độ tuyệt đối tăng gấp hai. Sau đó, khí được làm lạnh đẳng tích về nhiệt độ cũ. Vẽ đồ thị biểu diễn quá trình trong hệ tọa độ (p, V) , (p, T) , (V, T) .

Bài 7. Một khối lượng $m = 1\text{g}$ heli trong xilanh, ban đầu có thể tích $V_1 = 4,2$ lít, nhiệt độ $t_1 = 27^\circ\text{C}$. Khí được biến đổi theo một chu trình kín gồm 3 giai đoạn:

- Giai đoạn 1: Giãn nở đẳng áp, thể tích tăng lên đến 6,3 lít.
- Giai đoạn 2: Nén đẳng nhiệt.

– Giai đoạn 3: Làm lạnh đẳng tích.

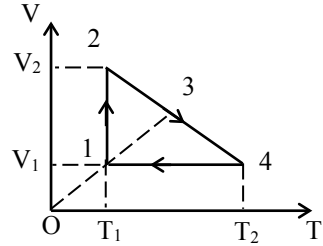
a) Vẽ đồ thị biểu diễn chu trình trong các hệ tọa độ (V, T) , (p, T) , (p, V) .

b) Tìm nhiệt độ và áp suất (tính theo đơn vị at) lớn nhất đạt được trong chu trình biến đổi.

Bài 8. Một lượng khí biến đổi theo chu trình biểu diễn bởi đồ thị.

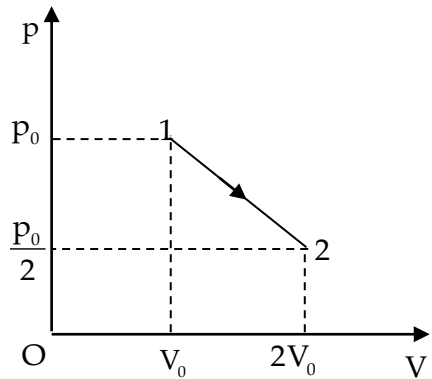
Cho biết: $p_1 = p_3$; $V_1 = 1\text{m}^3$; $V_2 = 4\text{m}^3$; $T_1 = 100\text{K}$; $T_4 = 300\text{K}$.

Hãy tìm V_3 .



Bài 9.

Một mol khí lí tưởng thực hiện quá trình giãn nở từ trạng thái 1 (P_0, V_0) đến trạng thái 2 ($P_0/2, 2V_0$) có đồ thị trên hệ tọa độ P-V như hình vẽ. biểu diễn quá trình ấy trên hệ tọa độ OTP và xác định nhiệt độ cực đại của khối khí trong quá trình đó.



D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

– Hình 1:

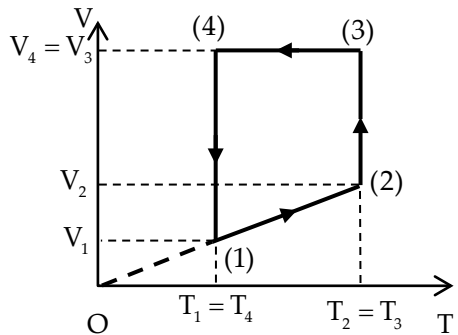
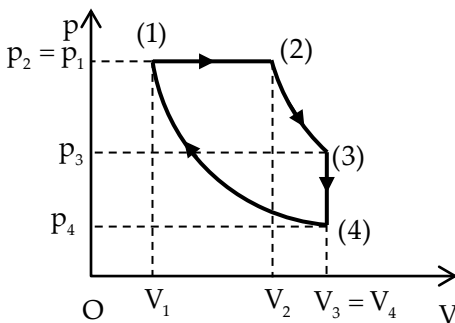
+ Quá trình (1) – (2): $T_2 = T_1$ (đẳng nhiệt), $V_2 < V_1 \Rightarrow p_2 > p_1$.

+ Quá trình (2) – (3): $p_3 = p_2$ (đẳng áp), $T_3 > T_2 \Rightarrow V_3 > V_2$.

+ Quá trình (3) – (4): $T_4 = T_3$ (đẳng nhiệt), $V_4 > V_3 \Rightarrow p_4 < p_3$.

+ Quá trình (4) – (1): $V_4 = V_1$ (đẳng tích), $T_4 > T_1 \Rightarrow p_4 > p_1$.

Đồ thị trong các hệ tọa độ còn lại là:



– Hình 2:

+ Quá trình (1) – (2): $p_2 = p_1$ (đẳng áp), $V_2 > V_1 \Rightarrow T_2 > T_1$.

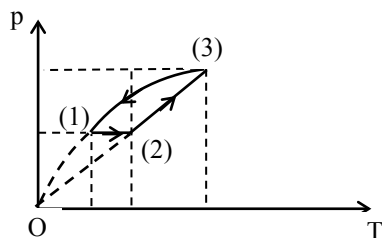
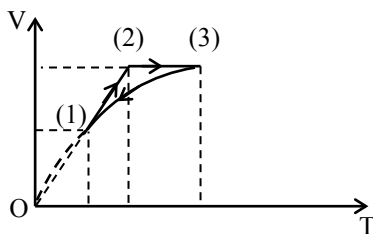
+ Quá trình (2) – (3): $V_3 = V_2$ (đẳng tích), $p_3 > p_2 \Rightarrow T_3 > T_2$.

+ Quá trình (3) – (1):

Đặt $p = aV$ và $pV = nRT \Rightarrow aV^2 = nRT \Rightarrow V^2 = bT$ (hình 4a).

hoặc: $p^2 = cT$ (hình 4b), a, b, c là các hằng số.

Đồ thị trong các hệ tọa độ còn lại là:

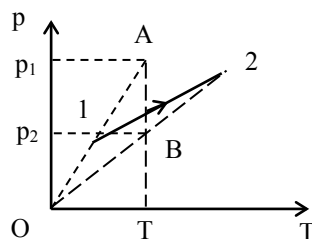


Bài 2.

Vẽ hai đường đẳng tích (I) và (II) (hình vẽ). Xét quá trình đẳng nhiệt từ A (p_1, V_1) đến B (p_2, V_2). Theo định luật Bôi–Mariôt, ta có:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1}{p_2}$$

Vì $p_1 > p_2 \Rightarrow V_2 > V_1$: chất khí giãn nở.



Bài 3.

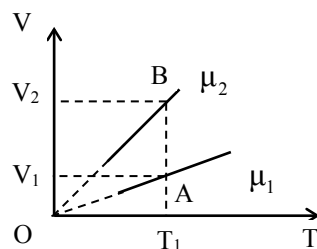
Vẽ đường thẳng qua T_1 , song song với trục OV, cắt đồ thị (V, T) của hai khí tại A (p_1, V_1, T_1) và B (p_1, V_2, T_1):

$$p_1 V_1 = \frac{m}{\mu_1} RT_1 \quad (1)$$

$$p_1 V_2 = \frac{m}{\mu_2} RT_1 \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra: $\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{V_2}{V_1}$.

Vì $V_2 > V_1$ nên $\mu_1 > \mu_2$.



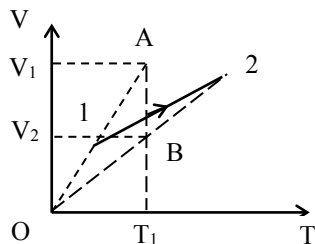
Bài 4.

Vẽ đường thẳng qua T_1 , song song với trục OV , cắt đồ thị (V, T) của hai khí tại $A(p_1, V_1, T_1)$ và $B(p_1, V_2, T_1)$:

$$p_1 V_1 = \frac{m_1}{\mu} R T_1 \quad (1)$$

$$p_1 V_2 = \frac{m_2}{\mu} R T_1 \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra: $\frac{m_2}{m_1} = \frac{V_2}{V_1}$.



Vì $V_2 < V_1$ nên $m_2 < m_1$: khối lượng khí trong bình giảm

Bài 5.

– Ta có: Các trạng thái khí:

+ Lúc đầu: $p_1 = 10^5 \text{ N/m}^2$; V_1 ; $T_1 = 130 + 273 = 403 \text{ K}$.

+ Sau khi nén đẳng nhiệt: $p_2 = 1,3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$; $V_2 = 2V_1$; $T_2 = T_1 = 403 \text{ K}$.

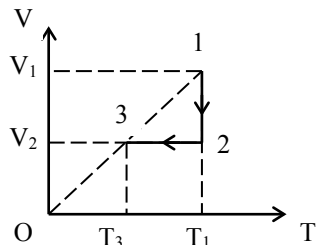
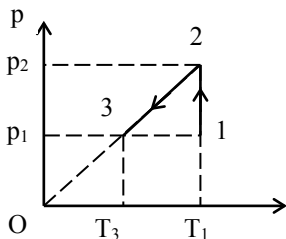
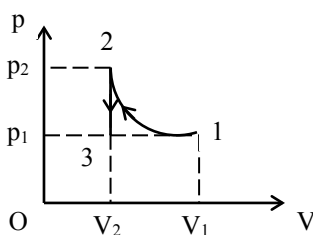
+ Sau khi làm lạnh đẳng tích: $p_3 = p_1 = 10^5 \text{ N/m}^2$; $V_3 = V_2 = 2V_1$; T_3 .

– Quá trình (2) đến (3) (đẳng tích): $\frac{p_3}{p_2} = \frac{T_3}{T_2} \Rightarrow T_3 = \frac{p_3}{p_2} T_2$.

$$\Rightarrow T_3 = \frac{10^5}{1,3 \cdot 10^5} \cdot 403 = 310 \text{ K hay } t_3 = 37^\circ \text{ C}.$$

Vậy: Để áp suất giảm bằng lúc đầu thì phải làm lạnh đến nhiệt độ 37° C .

– Đồ thị các quá trình biến đổi trong các hệ tọa độ:

**Bài 6.**

– Các trạng thái khí:

+ Trạng thái 1: $p_1 = p_0$; $V_1 = V_0$; T_1 .

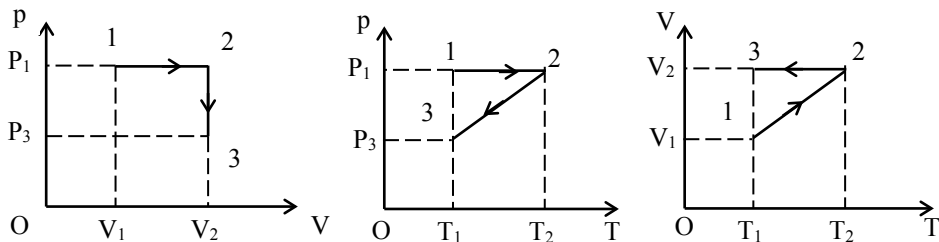
+ Trạng thái 2: $p_2 = p_1$; V_2 ; $T_2 = 2T_1$.

+ Trạng thái 3: p_3 ; $V_3 = V_2$; $T_3 = T_1$.

– Quá trình từ (1) đến (2) (đẳng áp): $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow V_2 = \frac{T_2}{T_1} \cdot V_1 = 2V_1 = 2V_0$.

– Quá trình từ (2) đến (3) (đẳng tích): $\frac{p_3}{p_2} = \frac{T_3}{T_2} \Rightarrow p_3 = \frac{T_3}{T_2} \cdot p_2 = \frac{1}{2} p_1 = \frac{p_0}{2}$.

– Đồ thị:



Bài 7.

a) Vẽ đồ thị:

– Các trạng thái khí:

+ Trạng thái 1: p_1 , $V_1 = 4,2$ lít, $T_1 = 27 + 273 = 300\text{K}$.

+ Trạng thái 2: $p_2 = p_1$, $V_2 = 6,3$ lít, T_2 .

+ Trạng thái 3: p_3 , V_3 , $T_3 = T_2$.

+ Trạng thái 4: $p_4 = p_1$; $V_4 = V_3 = V_1$; $T_4 = T_1$.

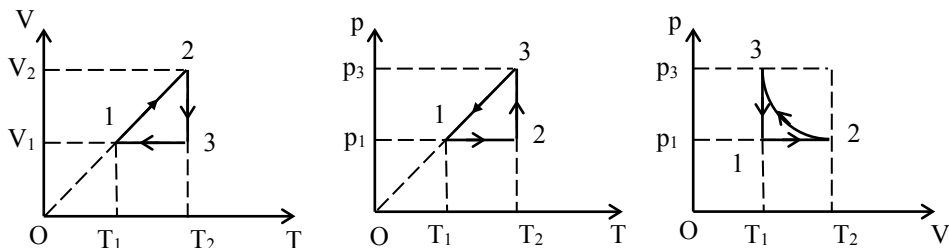
– Trạng thái (1): $p_1 = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{RT_1}{V_1} = \frac{1}{4} \cdot \frac{0,084 \cdot 300}{4,2} = 1,5\text{atm}$.

– Quá trình (1) – (2): (Đẳng áp): $T_2 = \frac{V_2}{V_1} \cdot T_1 = \frac{6,3}{4,2} \cdot 300 = 450\text{K}$.

– Quá trình (2) – (3): (Đẳng nhiệt): $p_3 = \frac{V_2}{V_3} \cdot p_2 = \frac{6,3}{4,2} \cdot 1,5 = 2,25\text{atm}$.

– Quá trình (3) – (4): (Đẳng tích): $V_4 = V_3 = V_1 = 4,2$ lít ((4) $\equiv$ (1))

– Đồ thị như sau:



b) Nhiệt độ và áp suất lớn nhất

– Trên đồ thị V, T: $T_{\max} = T_3 = T_2 = 450\text{K}$.

– Trên đồ thị p, T: $p_{\max} = p_3 = 2,25\text{atm}$.

Bài 8.

– Quá trình từ (1) – (2): đẳng nhiệt: $T_2 = T_1 = 100\text{K}$; $V_2 = 4\text{m}^3$.

– Quá trình từ (4) – (1): đẳng tích: $V_4 = V_1 = 1\text{dm}^3$; $T_4 = 300\text{K}$.

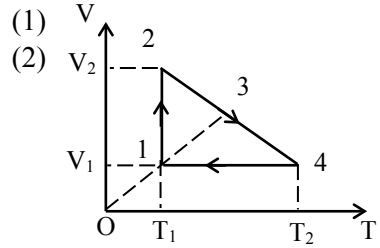
– Quá trình từ (2) – (4): $V = aT + b$:

+ Trạng thái (2): $4 = 100a + b$

+ Trạng thái (4): $1 = 300a + b$

Từ (1) và (2) suy ra: $a = -\frac{3}{200}$; $b = 5,5$.

$$\Rightarrow V = -\frac{3}{200}T + 5,5 \quad (3)$$



– Quá trình từ (1) – (3): đẳng áp: $V = \frac{V_1}{T_1}T = \frac{1}{100}T$ (4)

Vì (3) là giao điểm của hai đường (2)–(4) và (1)–(3) nên:

$$-\frac{3}{200}T_3 + 5,5 = \frac{1}{100}T_3 \Rightarrow T_3 = 220\text{K}; V_3 = \frac{1}{100} \cdot 220 = 2,2\text{m}^3$$

Vậy: $V_3 = 2,2\text{m}^3$.

Bài 9.

- Vì đồ thị trên P-V là đoạn thẳng nên ta có: $P = \alpha V + \beta$ (*) trong đó α và β là các hệ số phải tìm.

- Khi $V = V_0$ thì $P = P_0$ nên $P_0 = \alpha V_0 + \beta$ (1)

- Khi $V = 2V_0$ thì $P = \frac{P_0}{2}$ nên $\frac{P_0}{2} = 2\alpha V_0 + \beta$ (2)

- Từ (1) và (2) ta có: $\alpha = -\frac{P_0}{2V_0}$; $\beta = \frac{3P_0}{2}$

- Thay vào (*) ta có phương trình đoạn thẳng đó: $P = \frac{3P_0}{2} - \frac{P_0}{2V_0}V$ (**)

- Mặt khác, phương trình trạng thái của 1 mol khí: $PV = RT$ (***)

- Từ (**) và (***) ta có: $T = \frac{3V_0}{R}P - \frac{2V_0}{RP_0}P^2$

- T là hàm bậc 2 của P nên đồ thị trên T-P là một phần parabol

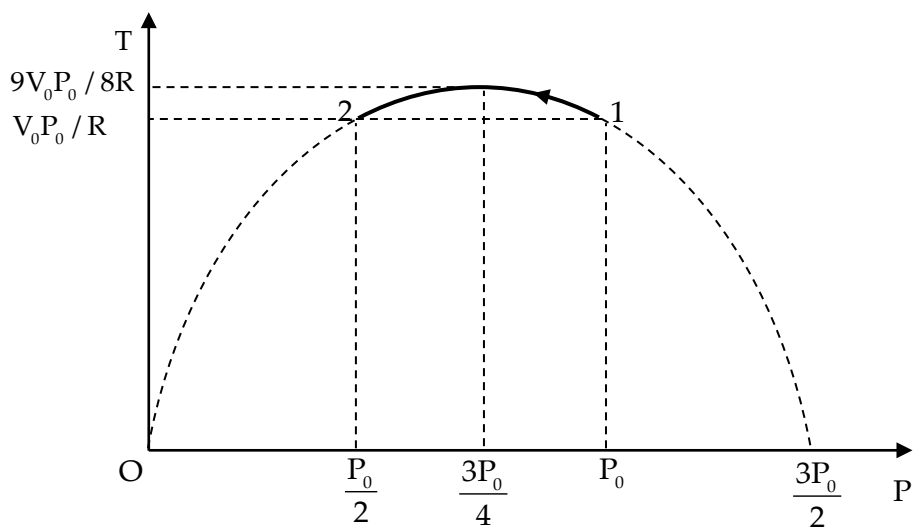
+ khi $P = P_0$ và $P = \frac{P_0}{2}$ thì $T = T_1 = T_2 = \frac{P_0 V_0}{R}$

+ khi $T=0$ thì $P=0$ và $P = \frac{3P_0}{2}$

- Ta có: $T'_{(P)} = \frac{3V_0}{R} - \frac{4V_0}{RP_0}P \Rightarrow T'_{(P)} = 0 \Leftrightarrow P = \frac{3P_0}{4}$ cho nên khi

$$P = \frac{3P_0}{4} \text{ thì nhiệt độ chất khí là } T = T_{\max} = \frac{9V_0 P_0}{8R}$$

- Vẽ đồ thị biểu diễn quá trình đó trên hệ tọa độ T-P có dạng như đồ thị dưới đây:



Chuyên đề 3. Phương trình cơ bản của khí lý tưởng

I. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

– Phương trình cơ bản của khí lý tưởng: $p = \frac{1}{3}n_0 m \overline{v^2} = \frac{2}{3}n_0 \overline{W_d}$.

(n_0 là mật độ phân tử khí, m là khối lượng phân tử khí, p là áp suất khí, $\overline{v^2}$ là trung bình của bình phương vận tốc các phân tử khí, $\overline{W_d} = \frac{1}{2}m\overline{v^2}$ là động năng trung bình của các phân tử khí).

– Hệ thức giữa nhiệt độ và động năng trung bình của phân tử khí: $\overline{W_d} = \frac{3}{2}kT$.

($k = \frac{R}{N_A} = 1,38 \cdot 10^{-34} \text{J/độ}$ là hằng số Bôn-zơ-man).

Suy ra: $\overline{v} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$; $p = n_0 kT$.

II. GIẢI TOÁN

A. Phương pháp giải

- Áp dụng phương trình cơ bản của khí lý tưởng.
- Áp dụng hệ thức liên hệ giữa nhiệt độ và động năng trung bình của phân tử khí.
- * Khi áp dụng phương trình cơ bản của khí lý tưởng cần kết hợp với các công thức khác như:

+ số phân tử khí trong bình: $N = n_0 V = n N_A$.

+ khối lượng một phân tử khí: $m_0 = \frac{m}{N} = \frac{\mu}{N_A} = \frac{\rho}{n_0}$.

với n là số mol khí, N_A là số Avôgađrô, ρ là khối lượng riêng của khí).

Chú ý: Các đơn vị áp suất:

- + Trong hệ SI: N/m^2 hay Pa.
- + Trong hệ hỗn hợp: at (atmophe kỹ thuật); atm (atmophe vật lý).
- + Ngoài ra: cmHg, mmHg, torr.
 $1 \text{Pa} = 1 \text{N/m}^2$; $1 \text{atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{Pa}$; $1 \text{at} = 9,81 \cdot 10^4 \text{Pa}$;
 $1 \text{mmHg} = 133,3 \text{Pa} = 1 \text{torr}$; $1 \text{atm} = 760 \text{mmHg}$; $1 \text{at} = 736 \text{mmHg}$.

B. VÍ DỤ MẪU

Ví dụ 1. Một bình dung tích 7,5 lít chứa 24g khí ôxi ở áp suất $2,5 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$.
Tính động năng trung bình của các phân tử khí ôxi.

Hướng dẫn

$$\text{Ta có: } p = \frac{2}{3} n_0 \bar{W}_d \Rightarrow \bar{W}_d = \frac{3p}{2n_0} \quad (1)$$

$$\text{với: } n_0 = \frac{N}{V} = \frac{\frac{m}{\mu} N_A}{V} = \frac{m N_A}{\mu V} \quad (2)$$

(n_0 là mật độ phân tử khí, N là số phân tử khí trong bình)

$$\text{Thay (2) vào (1) ta được: } \bar{W}_d = \frac{3p\mu V}{2mN_A}$$

$$\Rightarrow \bar{W}_d = \frac{3.2.5.10^5.32.7.5.10^{-3}}{2.24.6.023.10^{23}} = 6,23.10^{-21} \text{ J}$$

Vậy: Động năng trung bình của các phân tử khí ôxi là $\bar{W}_d = 6,23.10^{-21} \text{ J}$.

Ví dụ 2. Bình có dung tích 2 lít chứa 10g khí ở áp suất 680mmHg. Tính vận tốc trung bình của khí.

Hướng dẫn

$$\text{Ta có: } p = \frac{1}{3} n_0 m_0 \overline{v^2} \Rightarrow \overline{v^2} = \frac{3p}{n_0 m_0} \quad (1)$$

$$\text{với: } n_0 = \frac{N}{V} \quad (2); \quad m_0 = \frac{m}{N} \quad (3)$$

(n_0 là mật độ phân tử khí, m_0 là khối lượng của một phân tử khí, N là số phân tử khí trong bình)

$$\text{Thay (2) và (3) vào (1) ta được: } \overline{v^2} = \frac{3p}{\frac{N}{V} \cdot \frac{m}{N}} = \frac{3pV}{m}$$

$$\text{Vận tốc trung bình của khí là: } \bar{v} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3pV}{m}}$$

$$\Rightarrow \bar{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot \frac{680}{760} \cdot 1,013.10^5 \cdot 2.10^{-3}}{10.10^{-3}}} = 233 \text{ m/s}$$

Vậy: Vận tốc trung bình của khí là $\bar{v} = 233 \text{ m/s}$.

Ví dụ 3. Bình có dung tích 2 lít chứa một loại khí ở nhiệt độ 27°C và áp suất 10^{-6} mmHg . Tính mật độ phân tử và tổng số phân tử khí trong bình.

Hướng dẫn

$$\text{Ta có: } p = n_0 kT \Rightarrow n_0 = \frac{p}{kT}$$

$$\Rightarrow n_0 = \frac{\frac{10^{-6}}{760} \cdot 1,013 \cdot 10^5}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300} = 3,2 \cdot 10^{16} \text{ m}^{-3}$$

Số phân tử khí trong bình: $N = n_0 V = 3,2 \cdot 10^{16} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 6,4 \cdot 10^{13}$.

Vậy: Mật độ phân tử và tổng số phân tử khí trong bình là $n_0 = 3,2 \cdot 10^{16} \text{ m}^{-3}$ và $N = 6,4 \cdot 10^{13}$.

Ví dụ 4. Khối lượng phân tử H_2 là $3,3 \cdot 10^{-24} \text{ g}$. Biết rằng trong 1 giây, có 10^{23} phân tử H_2 với vận tốc 1000 m/s đập vào 1 cm^2 thành bình theo phương nghiêng 30° với thành bình. Tìm áp suất khí lên thành bình.

Hướng dẫn

– Với 1 phân tử khí H_2 , ta có:

+ Hệ thức giữa độ biến thiên động lượng và xung của lực:

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}' - \vec{p} = \vec{f}_1 \cdot \Delta t$$

$$\Rightarrow 2mv \cdot \sin 30^\circ = f_1 \cdot \Delta t \Leftrightarrow mv = f_1 \cdot \Delta t \Rightarrow f_1 = \frac{mv}{\Delta t}$$

+ Áp suất tác dụng lên thành bình: $p_1 = \frac{f_1}{S} = \frac{mv}{S \cdot \Delta t}$.

– Áp suất do khí H_2 tác dụng lên thành bình là: $p = np_1$.

$$\Rightarrow p = \frac{nmv}{S \cdot \Delta t} = \frac{10^{23} \cdot 3,3 \cdot 10^{-27} \cdot 10^3}{10^{-4} \cdot 1} = 3,3 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$$

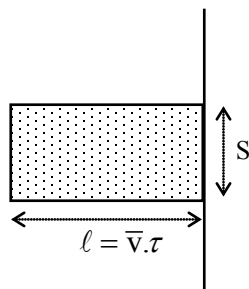
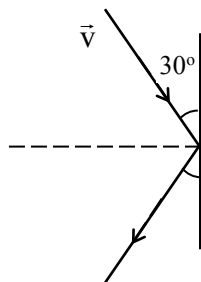
Vậy: Áp suất khí lên thành bình là $3,3 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$.

Ví dụ 5. Một vệ tinh có thể tích $V = 100 \text{ m}^3$, chứa không khí ở điều kiện thường. Thiên thạch đã làm thủng một lỗ nhỏ có diện tích $S = 1 \text{ cm}^2$ trên vỏ vệ tinh. Tính khoảng thời gian để áp suất bên trong vệ tinh giảm đi 1%. Nhiệt độ khí không đổi và phân tử gam của không khí là 29 g/mol .

Hướng dẫn

– Các phân tử khí chuyển động hỗn loạn với những vận tốc có hướng và độ lớn rất khác nhau nhưng trong nhiều tính toán (ví dụ như khi tính áp suất của khí tác dụng lên thành bình), ta có thể coi trong bình có ba nhóm phân tử bằng nhau chuyển động theo ba phương vuông góc nhau (theo ba trục Đề-các vuông góc), trong đó có một phương vuông góc với lỗ thủng. Theo mỗi phương lại có hai chiều ngược nhau tương đương nhau, tức là gồm có 6 nhóm phân tử bằng nhau chuyển động theo 6 hướng khác nhau.

– Gọi n là mật độ phân tử khí, S là diện tích lỗ thủng, τ là khoảng thời gian cần tìm, $\bar{v}$ là vận tốc trung bình của phân tử khí; N_1 là số phân tử khí có trong hình hộp có đáy là S và chiều cao là $\ell = \bar{v} \cdot \tau$ (hình vẽ).



Ta có: $N_1 = nS \ell = nS \bar{v} \tau$

- Số phân tử khí N đi qua lỗ thủng trong khoảng thời gian τ là:

$$N = \frac{1}{6} N_1 = \frac{1}{6} nS \bar{v} \tau \quad (1)$$

Gọi V là thể tích của bình chứa khí thì độ giảm mật độ phân tử khí trong khoảng

thời gian τ là: $\Delta n = \frac{N}{V} = \frac{nS \bar{v} \tau}{6V}$

$$\Rightarrow \tau = 6 \frac{\Delta n}{n} \cdot \frac{V}{S \bar{v}} \quad (2)$$

- Theo phương trình cơ bản của thuyết động học chất khí, ta có:

$$p = \frac{2}{3} n \bar{W}_d = nkT$$

- Vì nhiệt độ khí không đổi nên p tỉ lệ với n, suy ra:

$$\frac{\Delta n}{n} = \frac{\Delta p}{p} = 0,01 \quad (3)$$

- Mặt khác, ta có: $\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$ (4)

- Thay (3) và (4) vào (2), ta được:

$$\tau = 6 \cdot \frac{\Delta p}{p} \cdot \frac{V}{S \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}} = 6 \cdot \frac{\Delta p}{p} \cdot \frac{V}{S} \cdot \sqrt{\frac{\mu}{3RT}}$$

$$\Rightarrow \tau = 6 \cdot 0,01 \cdot \frac{100}{10^{-4}} \cdot \sqrt{\frac{29 \cdot 10^{-3}}{3,8 \cdot 31,273}} \approx 123,8 \text{ s} \approx 2 \text{ phút}$$

Vậy: Khoảng thời gian để áp suất bên trong vệ tinh giảm đi 1% là 2 phút.

- * *Ghi chú:* Đối với loại bài này cần phải thỏa mãn điều kiện là kích thước của lỗ và bề dày của lỗ là nhỏ so với quãng đường tự do trung bình để khi đi qua lỗ các phân tử khí không va chạm nhau.

C. BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1. Tính vận tốc trung bình của khí có khối lượng riêng 2kg/m^3 ở áp suất 760mmHg .

Bài 2. Tính động năng trung bình và vận tốc trung bình của phân tử khí hêli ở nhiệt độ 0°C .

Bài 3. Một chất khí mà các phân tử có vận tốc trung bình là 1760m/s ở 0°C . Tính vận tốc trung bình của các phân tử khí này ở nhiệt độ 1000°C .

Bài 4. Ở nhiệt độ nào vận tốc trung bình của các phân tử khí ôxi đạt vận tốc vũ trụ cấp I ($7,9\text{km/s}$)?

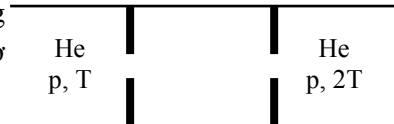
Bài 5. Ở nhiệt độ nào vận tốc trung bình của phân tử CO_2 là 720km/h ?

Bài 6. Lượng khí hiđrô có $T_1 = 200\text{K}$, $p_1 = 400\text{N/m}^2$ được nung nóng đến $T_2 = 10000\text{K}$, khi đó các phân tử hiđrô bị phân li hoàn toàn thành nguyên tử hiđrô. Coi thể tích, khối lượng khí không đổi. Tìm áp suất p_2 của khí hiđrô.

Bài 7. Một bình đựng khí loãng được chia thành 2 phần bằng một vách mỏng có lỗ thủng. Kích thước lỗ khá nhỏ so với quãng đường tự do trung bình của phân tử khí trong bình. Tìm tỉ số áp suất của khí trong mỗi phần của bình nếu chúng được giữ ở những nhiệt độ khác nhau T_1 và T_2 .

Bài 8. Một bình thông với không gian xung quanh qua một lỗ nhỏ. Không gian bên ngoài có nhiệt độ T , áp suất p . Khí trong và ngoài bình là khí loãng sao cho các phân tử khí chuyển động trong bình và từ bình qua lỗ đều không va chạm với nhau. Khí trong bình được duy trì ở nhiệt độ $4T$. Tìm áp suất khí trong bình.

Bài 9. Một cái hốc cách nhiệt được nối với hai thể tích chứa khí hêli bằng các lỗ thủng nhỏ giống nhau (hình vẽ). Các thể tích khí hêli được giữ ở áp suất p , nhiệt độ T và $2T$ không đổi. Tính áp suất và nhiệt độ của khí trong hốc.



D. HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài 1.

Công thức liên hệ giữa áp suất và vận tốc trung bình của khí:

$$p = \frac{1}{3} n_0 m_0 \overline{v^2} \Rightarrow \overline{v^2} = \frac{3p}{n_0 m_0} \quad (1)$$

(n_0 là mật độ phân tử khí và m_0 là khối lượng của một phân tử khí)

Gọi ρ là khối lượng riêng của khí trong bình, ta có:

$$\rho = n_0 m_0 \quad (2)$$

Thay (2) vào (1) ta được: $\overline{v^2} = \frac{3p}{\rho}$ ($p = 760\text{mmHg} = 1,013 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$)

$$\text{Suy ra: } \bar{v} = \sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,013 \cdot 10^5}{2}} = 390 \text{ m/s}$$

Vậy: Vận tốc trung bình của khí trên là 390m/s.

Bài 2.

- Động năng trung bình của phân tử khí:

$$\bar{W}_d = \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 273 = 5,65 \cdot 10^{-21} \text{ J}$$

- Vận tốc trung bình của phân tử khí:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \cdot 273}{4 \cdot 10^{-3}}} = 1304 \text{ m/s}$$

Bài 3.

- Ta có: $\bar{v}_1 = \sqrt{\frac{3RT_1}{\mu}}$; $\bar{v}_2 = \sqrt{\frac{3RT_2}{\mu}}$.

$$\text{Suy ra: } \frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \Rightarrow \bar{v}_2 = \bar{v}_1 \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = 1760 \sqrt{\frac{1273}{273}} = 3800 \text{ m/s}$$

Vậy: Vận tốc trung bình của các phân tử khí này ở nhiệt độ 1000°C là 3800m/s.

Bài 4.

$$\text{Ta có: } \bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \Rightarrow T = \frac{\mu \bar{v}^2}{3R} = \frac{32 \cdot 10^{-3} \cdot (7,9 \cdot 10^3)^2}{3 \cdot 8,31} = 8 \cdot 10^4 \text{ K}$$

Vậy: Ở nhiệt độ 8.10⁴K thì vận tốc trung bình của các phân tử khí ôxi đạt vận tốc vũ trụ cấp I.

Bài 5.

Ta có: 720 km/h = 200 m/s

$$\text{Từ công thức: } \bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \Rightarrow T = \frac{\mu \bar{v}^2}{3R} = \frac{44 \cdot 10^{-3} \cdot 200^2}{3 \cdot 8,31} = 70,6 \text{ K}$$

Vậy: Ở nhiệt độ 70,6K thì vận tốc trung bình của phân tử CO₂ là 720km/h.

Bài 6.

- Gọi n₀₁ và n₀₂ lần lượt là mật độ phân tử khí hiđrô và mật độ nguyên tử khí hiđrô, ta có:

$$p_1 = n_{01} k T_1; p_2 = n_{02} k T_2$$

- Vì thể tích và khối lượng khí không đổi nên: $\frac{n_{02}}{n_{01}} = 2$

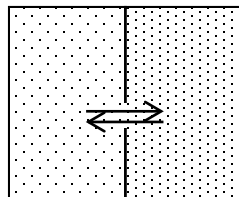
$$\text{Suy ra: } \frac{p_2}{p_1} = \frac{n_{02}}{n_{01}} \cdot \frac{T_2}{T_1} = 2 \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Rightarrow p_2 = 2p_1 \frac{T_2}{T_1} = 2.400 \cdot \frac{10000}{200} = 4.10^4 \text{ N/m}^2$$

Vậy: Áp suất của khí hiđrô khi bị phân li hoàn toàn thành nguyên tử là $p_2 = 4.10^4 \text{ N/m}^2$.

Bài 7.

- Ở trạng thái dừng (cân bằng động) thì số phân tử khí ở mỗi nửa bình không thay đổi theo thời gian, nghĩa là trong cùng một khoảng thời gian số phân tử N_1 từ phần bên trái bay qua lỗ sang bên phải bằng số phân tử N_2 từ phần bên phải bay qua lỗ sang bên trái (hình vẽ).



Ta có: $N_1 = N_2$ (1)

- Mặt khác, tương tự bài 6, ta có:

$$N_1 = \frac{1}{6} n_1 S \bar{v}_1 \tau; N_2 = \frac{1}{6} n_2 S \bar{v}_2 \tau \quad (2)$$

(n_1 và n_2 là mật độ phân tử khí trong hai bình).

- Từ (1) và (2) suy ra: $n_1 \bar{v}_1 = n_2 \bar{v}_2$ (3)
- Sử dụng các công thức về chất khí ta có:

$$n_1 = \frac{p_1}{kT_1}; n_2 = \frac{p_2}{kT_2} \quad (4)$$

$$\bar{v}_1 = \sqrt{\frac{3RT_1}{\mu}}; \quad \bar{v}_2 = \sqrt{\frac{3RT_2}{\mu}} \quad (5)$$

- Thay (4) và (5) vào (3) ta được: $\frac{p_1}{kT_1} \cdot \sqrt{\frac{3RT_1}{\mu}} = \frac{p_2}{kT_2} \cdot \sqrt{\frac{3RT_2}{\mu}} \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$

Vậy: Tỉ số áp suất của khí trong mỗi phần lúc này là $\frac{p_1}{p_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$.

- * *Ghi chú:* Đối với loại bài này cần phải thỏa mãn điều kiện là kích thước của lỗ và bề dày của lỗ là nhỏ so với quãng đường tự do trung bình để khi đi qua lỗ, các phân tử khí không va chạm nhau.

Bài 8.

Gọi p_1 và T_1 là áp suất và nhiệt độ của khí trong bình.

Tương tự bài 7, ta có: $\frac{p_1}{p} = \sqrt{\frac{T_1}{T}} = 2 \Rightarrow p_1 = 2p$

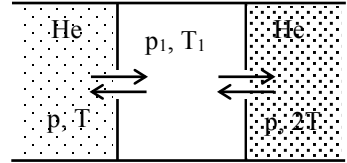
Vậy: Áp suất khí trong bình lúc này là $p_1 = 2p$.

Bài 9.

- Khi đã có trạng thái dừng (cân bằng động) thì số phân tử trong hốc không đổi (hình vẽ).
- Lập luận tương tự như bài 7 ta thấy số phân tử hêli từ bên trái vào hốc tỉ lệ với

$\frac{p}{\sqrt{T}}$, ta có thể viết:

$$N_1 = a \frac{p}{\sqrt{T}} \quad (a \text{ là hệ số tỉ lệ}) \quad (1)$$



- Tương tự như vậy, số phân tử hêli từ bên phải vào hốc tỉ lệ với $\frac{p}{\sqrt{2T}}$, ta có thể viết:

$$N_2 = a \frac{p}{\sqrt{2T}} \quad (a \text{ là hệ số tỉ lệ}) \quad (2)$$

Gọi p_1 và T_1 là áp suất và nhiệt độ của khí trong hốc khi đã có trạng thái dừng. Số phân tử hêli rời hốc để đi sang hai bên là:

$$N = 2a \frac{p_1}{\sqrt{T_1}} \quad (3)$$

- Phương trình cân bằng: $N = N_1 + N_2$ (4)

- Thay (1), (2) và (3) vào (4) ta được: $\frac{2p_1}{\sqrt{T_1}} = \frac{p}{\sqrt{T}} + \frac{p}{\sqrt{2T}}$ (5)

- Mặt khác, ở trạng thái dừng thì nhiệt độ của khí trong hốc không đổi, tức là động năng các phân tử khí hêli trong hốc không đổi. Suy ra động năng do N_1 và N_2 phân tử khí mang đến hốc bằng động năng do N phân tử khí mang đi khỏi hốc.

- Từ công thức: $\bar{W}_d = \frac{3}{2} kT$, ta có:

- + Động năng trung bình của N_1 phân tử hêli từ bên trái vào hốc:

$$\bar{W}_{1d} = N_1 \frac{3}{2} kT = a \frac{p}{\sqrt{T}} \cdot \frac{3}{2} kT = bp\sqrt{T} \quad (b = \frac{3}{2} ka \text{ là hệ số tỉ lệ})$$

- + Động năng trung bình của N_2 phân tử hêli từ bên phải vào hốc:

$$\bar{W}_{2d} = N_2 \frac{3}{2} k \cdot 2T = a \frac{p}{\sqrt{2T}} \cdot \frac{3}{2} k \cdot 2T = bp\sqrt{2T}$$

- + Động năng trung bình của N phân tử hêli từ hốc đi sang hai bên:

$$\bar{W}_d = N \frac{3}{2} k \cdot T_1 = 2a \frac{p_1}{\sqrt{T_1}} \cdot \frac{3}{2} k \cdot T_1 = 2bp_1\sqrt{T_1}$$

- + Cân bằng động năng đến và rời khỏi hốc:

$$\bar{W}_d = \bar{W}_{1d} + \bar{W}_{2d} \Leftrightarrow 2p_1 \sqrt{T_1} = p \sqrt{T} + p \sqrt{2T} \quad (6)$$

+ Nhân theo vế (5) với (6), ta được:

$$\frac{2p_1}{\sqrt{T_1}} \cdot 2p_1 \sqrt{T_1} = \left(\frac{p}{\sqrt{T}} + \frac{p}{\sqrt{2T}} \right) \cdot (p \sqrt{T} + p \sqrt{2T})$$

$$\Leftrightarrow 4 \sqrt{2} p_1^2 = (3 + 2 \sqrt{2}) p^2 = (1 + \sqrt{2})^2 p^2$$

$$\Rightarrow p_1 = \frac{1 + \sqrt{2}}{2\sqrt[4]{2}} p \quad (7)$$

– Từ (7) và (6) suy ra: $T_1 = T \sqrt{2}$.

Vậy: Áp suất và nhiệt độ của khí trong hốc là $p_1 = \frac{1 + \sqrt{2}}{2\sqrt[4]{2}} p$ và $T_1 = T \sqrt{2}$.