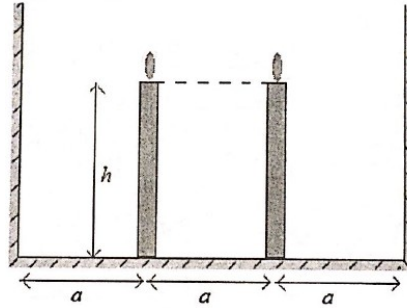


THPT CHUYÊN LÝ TỰ TRỌNG – CẦN THƠ

Câu 1: (5 điểm)

Hai ngọn nến có chiều cao ban đầu như nhau là h được đặt cách nhau một đoạn là a và mỗi ngọn nến lại được đặt cách tường gần nhất một đoạn cũng là a (hình vẽ). Tìm vận tốc các bóng đen của ngọn nến trên các tường, biết rằng ngọn nến thứ nhất cháy hết trong thời gian t_1 và ngọn nến thứ hai cháy hết trong thời gian t_2 .



Câu 2: (5 điểm)

Vật 1 khối lượng $m_1 = 200\text{g}$. Vật 2 khối lượng $m_2 = 100\text{g}$. Hai vật nối với nhau bằng dây không dẫn $l = 0,4\text{m}$. Dây nối hai vật được bắt qua ròng rọc cố định ở đầu A của giá AB đặt nghiêng 30° so với phương ngang. Vật 1 có thể trượt trên AB với hệ số ma sát $k = 0,2$. Quay tròn đều cơ hệ quanh trục thẳng đứng đi qua dây treo vật 2 với vận tốc góc ω .

1. Cho $\omega = 10\text{rad/s}$. Khi quay không làm lệch dây treo vật 1 và vật 2. Xác định vị trí các vật.
2. Làm lệch dây treo vật 2 khỏi phương thẳng đứng đồng thời quay cơ hệ quanh trục thẳng đứng đi qua tâm ròng rọc với vận tốc góc ω_1 sao cho dây nối 2 vật căng thẳng và 2 vật nằm trên đường thẳng trùng với đường thẳng căng bởi dây nối. Xác định vị trí các vật và vận tốc góc ω_1 .

Câu 3: (5 điểm)

Hai quả cầu có khối lượng $m_1 = 100\text{g}$ và $m_2 = 500\text{g}$, được nối với nhau bằng dây không dẫn. Đặt các quả cầu trong lòng trụ rỗng đang quay tròn đều quanh trục nằm ngang đi qua trục của khối trụ.

Các quả cầu sẽ đứng yên trong lòng khối trụ. Bán kính nối tâm của khối trụ với quả cầu 1 lệch góc 15° so với phương thẳng đứng. Bán kính nối tâm của khối trụ với quả cầu 2 lệch góc 30° so với phương thẳng đứng. Hệ số ma sát giữa quả cầu 1 với lòng trụ là $k_1 = 0,1$. Xác định:

1. Lực căng của dây nối 2 quả cầu.
2. Hệ số ma sát k_2 giữa quả cầu 2 và lòng trụ.

Câu 4: (5 điểm)

Một thanh cứng AB khối lượng không đáng kể, chiều dài l , ở hai đầu có gắn chặt hai viên bi nhỏ giống nhau, mỗi viên bi có khối lượng m . Ban đầu thanh được đặt đứng yên ở trạng thái thẳng đứng, viên bi 1 ở dưới tiếp xúc với mặt phẳng ngang trơn, viên bi 2 ở trên (hình vẽ).

Một viên bi nhỏ thứ 3 cũng có khối lượng m chuyển động với vận tốc v_0 hướng vuông góc với AB đến va chạm và dính chặt vào bi 1, sau đó hệ ba viên bi liên kết với nhau cùng chuyển động.

1. Hãy tìm điều kiện v_0 để hai viên bi 1 và 3 không rời mặt phẳng ngang?

2. Độ lớn vận tốc của viên bi 2 bằng bao nhiêu khi sắp chạm vào mặt phẳng ngang lần đầu?

Câu 5: (5 điểm)

Một xilanh đặt theo phương thẳng đứng, bên trong có một pittông nặng khối lượng M , diện tích S , có thể trượt không ma sát. Pittông và đáy xilanh được nối với nhau bởi một lò xo có độ cứng k . Trong xilanh có chứa khối khí với khối lượng m , phân tử gam là μ .

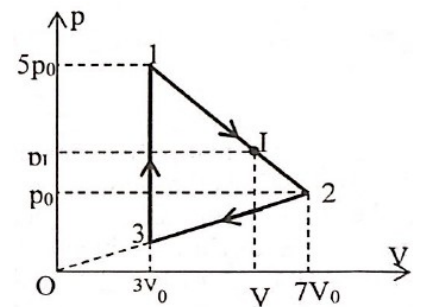
a. Hệ thống đặt trong không khí. Ở nhiệt độ T_1 , lò xo giãn ra, pittông cách đáy một khoảng h_1 . Hỏi nhiệt độ T_2 bằng bao nhiêu thì pittông cách đáy một khoảng h_2 ($h_2 > h_1$)?

b. Hệ thống đặt trong chân không. Trong xilanh lúc này chứa 2 mol khí lý tưởng đơn nguyên tử ở thể tích V_0 , nhiệt độ $t_0 = 37^\circ\text{C}$. Ban đầu, lò xo ở trạng thái không co giãn. Sau đó truyền cho khí một nhiệt lượng Q , thể tích khí lúc này bằng $\frac{4}{3}V_0$, nhiệt độ 147°C . Biết rằng thành xilanh cách nhiệt, $R = 8,31\text{J/mol.K}$. Tìm nhiệt lượng đã truyền cho khối khí?

Câu 6: (5 điểm)

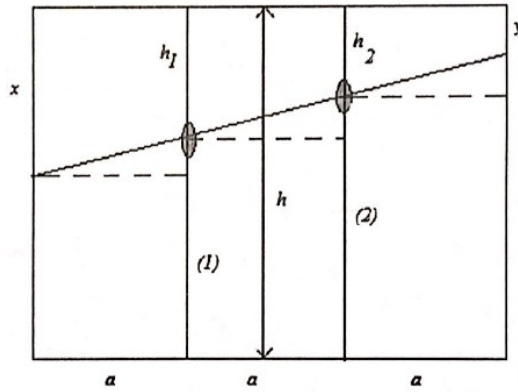
Một động cơ nhiệt có tác nhân sinh công là n mol khí lý tưởng đơn nguyên tử thực hiện một chu trình kín được biểu diễn trong hệ tọa độ $(p-V)$ như hình vẽ. Các đại lượng p_0, V_0 đã biết.

1. Tính nhiệt độ và áp suất khí tại trạng thái (3).
2. Tính công do chất khí thực hiện trong cả chu trình.
3. Tính hiệu suất của động cơ nhiệt.



HƯỚNG DẪN GIẢI

Câu 1:



Giả sử ở thời điểm t , nến (1) đã cháy hết đoạn h_1 , nến (2) đã cháy hết đoạn h_2 thì bóng đèn in lên các tường bên trái và bên phải là $(h - x)$ và $(h - y)$, với:

$$x = h_1 + (h_1 - h_2) = 2h_1 - h_2$$

$$y = h_2 - (h_1 - h_2) = 2h_2 - h_1$$

Ngoài ra: nến (1) cháy trong thời gian t_1 thì $v_1 = \frac{h}{t_1} \Rightarrow h_1 = \frac{h}{t_1} \cdot t$

nến (2) cháy trong thời gian t_2 thì $v_2 = \frac{h}{t_2} \Rightarrow h_2 = \frac{h}{t_2} \cdot t$

Vận vận tốc bóng đèn bên trái là:

$$v_1 = \frac{x}{t} = \frac{2h_1 - h_2}{t} = \frac{2 \frac{h}{t_1} t - \frac{h}{t_2} t}{t} = 2 \frac{h}{t_1} - \frac{h}{t_2} = \frac{h}{t_1 t_2} (2t_2 - t_1)$$

Vận tốc bóng đèn bên phải là:

$$v_2 = \frac{y}{t} = \frac{2h_2 - h_1}{t} = \frac{2 \frac{h}{t_2} t - \frac{h}{t_1} t}{t} = 2 \frac{h}{t_2} - \frac{h}{t_1} = \frac{h}{t_1 t_2} (2t_1 - t_2)$$

Biện luận:

+ Nếu $t_1 < t_2$: nến (1) cháy nhanh hơn nến (2) thì $v_1 > 0$ còn v_2 có thể âm: bóng đèn trên tường trái dịch chuyển xuống, bóng đèn bên tường phải có thể dịch chuyển lên.

+ Nếu $t_1 > t_2$: hiện tượng xảy ra ngược lại

Câu 2:

1. Tìm vị trí các vật:

Theo định luật 2 Newton ta có:

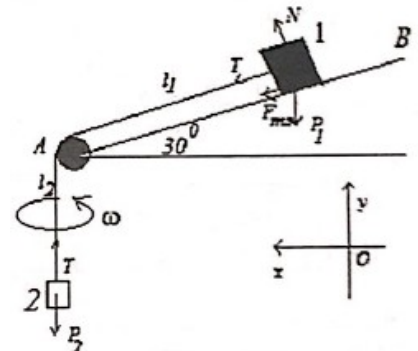
$$\text{Vật 2: } T = P_2 = m_2 g = 1(N) \quad (1)$$

$$\text{Vật 1: } O_x: N \cdot \sin 30^\circ + T \cdot \cos 30^\circ + F_{ms} \cdot \cos 30^\circ = m_1 \omega^2 \cdot l_1 \cdot \cos 30^\circ$$

$$\Leftrightarrow N \cdot \frac{1}{2} + T \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + kN \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,2 \cdot 100 \cdot l_1 \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$\Leftrightarrow N \left(\frac{1}{2} + 0,2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right) + 1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 10\sqrt{3} l_1 \quad (2)$$

$$O_y: P_1 + F_{ms} \cdot \sin 30^\circ + T \cdot \sin 30^\circ = N \cos 30^\circ$$

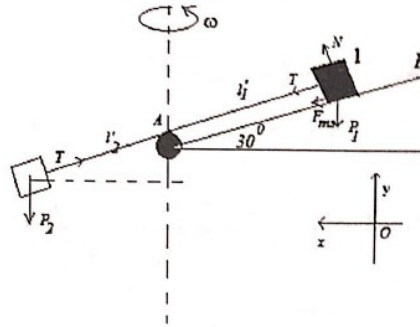


$$\Leftrightarrow 2 + 0,2.N \cdot \frac{1}{2} + 1 \cdot \frac{1}{2} = N \frac{\sqrt{3}}{2} \Leftrightarrow N = 3,26(N) \quad (3)$$

Thế (3) vào (2) tìm được $l_1 = 17,7(\text{cm})$

Suy ra: $l_2 = l - l_1 = 40 - 17,7 = 22,3(\text{cm})$

2. Tìm vị trí các vật và ω_1 :



Khi quay quanh trục thẳng đứng với tốc độ ω_1 , các vật cùng nằm trên đường thẳng AB, lúc này vật 2 cũng quay theo. Theo định luật 2 Newton ta có:

Vật 2: Oy: $T \sin 30^\circ = m_2 g \Leftrightarrow T = 2(N)$

$$\text{Ox: } -T \cos 30^\circ = -m_2 \cdot \omega_1^2 \cdot l_2 \cos 30^\circ \Leftrightarrow \omega_1^2 \cdot l_2 = \frac{T}{m_2} = \frac{2}{0,1} = 20 \quad (4)$$

Vật 1: Oy: $P_1 + F_{ms} \cdot \sin 30^\circ + T \sin 30^\circ = N \cos 30^\circ$

$$\Leftrightarrow 2 + 0,2N \frac{1}{2} + 2 \cdot \frac{1}{2} = N \frac{\sqrt{3}}{2} \Leftrightarrow N = 3,916(N)$$

Ox: $N \cdot \sin 30^\circ + T \cdot \cos 30^\circ + F_{ms} \cdot \cos 30^\circ = m_1 \cdot \omega_1^2 \cdot l_2 \cos 30^\circ$

$$3,916 \cdot \frac{1}{2} + 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 0,2 \cdot 3,916 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,2 \cdot \omega_1^2 \cdot l_1 \frac{\sqrt{3}}{2} \Leftrightarrow \omega_1^2 \cdot l_1 = 25,22 \quad (5)$$

Từ (4) và (5) suy ra: $l_1 = 22,3(\text{cm})$; $l_2 = 17,7(\text{cm})$; $\omega_1 = 10,63(\text{rad/s})$

Câu 3:

Hai quả cầu nằm cân bằng trong lòng khối trụ trống. Mỗi quả cầu chịu các lực tác dụng gồm trọng lực, phản lực, lực căng và lực ma sát. Phân tích lực như hình vẽ. Áp dụng điều kiện cân bằng của các quả cầu, ta có:

Quả cầu 1:

Ox:

$$\Leftrightarrow \left(\frac{\sqrt{6} - \sqrt{2}}{4} - \frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{40} \right) N_1 = 0,924.T \quad (1)$$

Oy: $P_1 = N_1 \cdot \sin 75^\circ + T \cdot \cos 67,5^\circ + F_1 \cdot \sin 75^\circ$

$$\Leftrightarrow 1 = \left(\frac{\sqrt{6} - \sqrt{2}}{4} - \frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{40} \right) N_1 + T \cdot 0,382 \quad (2)$$

Từ (1) và (2) tìm được: $N_1 = 0,944(N)$ và $T = 0,166(N)$

Quả cầu 2:

Ox: $N_2 \cdot \cos 60^\circ + T \cdot \cos 22,5^\circ = F_2 \cdot \cos 30^\circ$

$$\Leftrightarrow N_2 \frac{1}{2} + T \cdot 0,924 = k_2 N_2 \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (3)$$

$$\text{Oy: } P_2 + T \cdot \sin 22,5^\circ = N_2 \cdot \sin 60^\circ + F_2 \cdot \sin 30^\circ$$

$$\Leftrightarrow 5 + 0,166 \cdot 0,383 = N_2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + k_2 N_2 \frac{1}{2}$$

$$\Leftrightarrow 10,127 = \sqrt{3} N_2 + k_2 N_2 \quad (4)$$

Từ (3) và (4) tìm được: $N_2 = 4,3(\text{N})$; $k_2 = 0,62$

Câu 4:

1. Tìm v_0 để hai quả cầu 1 và 3 không rời mặt phẳng ngang:

* Ngay sau khi va chạm mềm giữa bi 1 và 3, hệ quả cầu 13 chuyển động theo phương ngang: bảo toàn động lượng theo phương ngang, độ lớn vận tốc v_{13} : $mv_0 = 2mv_{13} \Rightarrow v_{13} = \frac{v_0}{2}$

* Xét hệ gồm ba viên bi, bi 3 va chạm với khối tâm C của bi 1 và 2 thì C có vận tốc theo phương ngang v_C : bảo toàn động lượng theo phương ngang, ta có: $mv_0 = 3mv_C \Rightarrow v_C = \frac{v_0}{3}$

* Chọn hệ qui chiếu (Q) gắn với khối tâm C, viên bi 13 chuyển động đối với C có vận tốc:

$$v_{13/C} = \frac{v_0}{2} - \frac{v_0}{3} = \frac{v_0}{6}$$

$$\Rightarrow \text{gia tốc hướng tâm của viên bi 13 đối với C: } a_{ht/C} = \frac{\left(\frac{v_0}{6}\right)^2}{\frac{l}{3}} = \frac{v_0^2}{12l}$$

* Mặt khác: khối tâm C của hệ chuyển động theo phương thẳng đứng dưới tác dụng của P và N.

$$\text{Theo định luật II Newton, ta có: } a_C = \frac{N - P}{3m}$$

$$\text{Vậy viên bi 13 đối với đất có gia tốc là: } a_{13} = a_{ht/C} + a_C = \frac{v_0^2}{12l} + \frac{N - P}{3m}$$

$$\text{* Nếu viên bi 13 nâng lên thì } N = 0 \text{ và } a_{13} > 0 \text{ nên: } \frac{v_0^2}{12l} > \frac{P}{3m} \Rightarrow v_0^2 > 12gl$$

Vậy để vật 13 không nâng lên thì: $v_0^2 \leq 12gl$

2. Vận tốc của viên bi 2 khi sắp chạm vào mặt phẳng ngang lần đầu:

Chọn hệ qui chiếu gắn với sàn, viên bi 13 trượt không ma sát trên sàn. Ngay trước khi bi 2 chạm sàn, vận tốc của hệ 3 bi theo phương ngang đều bằng nhau:

$$v_{1n} = v_{2n} = v_{3n} = \frac{v_0}{3}$$

$$\text{Theo định luật bảo toàn cơ năng: } \frac{1}{2}mv_0^2 + mgl = \frac{1}{2}m\left(\frac{v_0}{3}\right)^2 \cdot 2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\text{Vậy: } v_2 = \sqrt{2gl + \frac{7v_0^2}{9}}$$

Câu 5:

a. Gọi p_0, p_1, p_2 lần lượt là áp suất khí quyển, áp suất khí trạng thái đầu và áp suất khí ở trạng thái sau của khí; $\Delta x_1, \Delta x_2$ là độ biến dạng của lò xo ở hai trạng thái đầu và cuối.

Điều kiện cân bằng của pittông ở hai trạng thái cho ta:

$$Mg + p_0 S + k \Delta x_1 = p_1 S \quad (1)$$

$$Mg + p_0 S + k \Delta x_2 = p_2 S \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra: $k(\Delta x_2 - \Delta x_1) = (p_2 - p_1)S$

$$\text{Mà: } \Delta x_2 - \Delta x_1 = h_2 - h_1 \Rightarrow p_2 - p_1 = \frac{k}{S}(h_2 - h_1)$$

$$\frac{mRT_2}{\mu S h_2} - \frac{mRT_1}{\mu S h_1} = \frac{k}{S}(h_2 - h_1)$$

$$\text{Giải ra ta được: } T_2 = \frac{T_1 h_2}{h_1} + \frac{k \mu h_2}{mR}(h_2 - h_1)$$

b. Các trạng thái của khí lúc đầu và lúc sau: (p_0, V_0, T_0) và (p_3, V_3, T_3) với $V_3 = \frac{4}{3}V_0$

Sau khi truyền một nhiệt lượng Q , pittông dịch chuyển lên một đoạn $x = \frac{\Delta V}{S} = \frac{V_0}{3S} \Rightarrow V_0 = 3xS$

Xét điều kiện cân bằng của pittông lúc đầu và lúc sau, ta có:
$$\begin{cases} Mg = p_0 S \\ Mg + kx = p_3 S \end{cases}$$

Công mà khí thực hiện được:

$$A = Mgx + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{3}p_0 V_0 + \frac{1}{6}(p_3 - p_0)V_0 = \frac{1}{6}p_0 V_0 + \frac{1}{8}p_3 V_3 = nR \left(\frac{1}{6}T_0 + \frac{1}{8}T_3 \right) = 1731,25 \text{ (J)}$$

Độ tăng nội năng của khí: $\Delta U = C_V \Delta T = \frac{3}{2}nR(T_3 - T_0) = 2742,3 \text{ (J)}$

Nhiệt lượng đã truyền cho khí: $Q = \Delta U + A = nR \left(\frac{13}{8}T_3 - \frac{4}{3}T_0 \right) = 4473,55 \text{ (J)}$

Câu 6:

1. Đường 2-3 có dạng: $\frac{p}{p_0} = k \frac{V}{V_0}$

+ Trạng thái 2: $V_2 = 7V_0$; $p_2 = p_0 \Rightarrow k = \frac{1}{7}$

+ Trạng thái 3: $V_3 = 3V_0$; $p_3 = kp_0 \cdot \frac{V_3}{V_0} = \frac{3p_0}{7}$

+ Theo phương trình Claperon-Mendeleep: $T_3 = \frac{p_3 V_3}{nR} = \frac{9p_0 V_0}{nR}$

2. Công do chất khí thực hiện có giá trị: $A = S(123) = \frac{64p_0 V_0}{7}$

3. Khí nhận nhiệt trong toàn bộ quá trình 3-1 và một phần của quá trình 1-2, trên đoạn 1-1

+ Xét quá trình đẳng tích 3-1:

$$Q_{31} = \Delta U = nR \frac{i}{2} \Delta T = \frac{3}{2}nR \left(\frac{p_1 V_1}{nR} - \frac{p_2 V_3}{nR} \right) \Rightarrow Q_{31} = \frac{144p_0 V_0}{7}$$

+ Xét quá trình 1-2: $p = aV + b$

$$\text{TT1: } 5p_0 = a \cdot 3V_0 + b$$

$$\text{TT2: } p_0 = -\frac{p_0}{V_0} \cdot V + 8p_0 \Rightarrow a = -\frac{p_0}{V_0} \text{ và } b = 8p_0$$

$$\text{Vì vậy quá trình 1-2 có phương trình: } p = -\frac{p_0}{V_0} \cdot V + 8p_0 \quad (1)$$

Thay $p = \frac{nRT}{V}$ vào ta có:

$$nRT = -\frac{p_0}{V_0} \cdot V^2 + 8p_0 V \Rightarrow nR\Delta T = -2\frac{p_0}{V_0} \cdot \Delta V \cdot V + 8p_0 \Delta V \quad (2)$$

+ Theo NL I: Khi thể tích biến thiên ΔV ; nhiệt độ biến thiên ΔT thì nhiệt lượng biến thiên:

$$\Delta Q = \frac{3}{2} nR\Delta T + p\Delta V \quad (3)$$

$$\text{+ Thay (1), (2) vào (3) ta có: } \Delta Q = \left(20p_0 - 4\frac{p_0}{V_0} V \right) \cdot \Delta V$$

$$\Rightarrow \Delta Q = 0 \text{ tại điểm I khi } V_1 = 5V_0 \text{ và } p_1 = 3p_0$$

Như vậy khi $3V_0 \leq V \leq 5V_0$ thì $\Delta Q > 0$ tức là chất khí nhận nhiệt lượng

$$Q_{12} = Q_{11} = \Delta U_{11} + A_{11} = \frac{3}{2} nR (T_1 - T_1) + \frac{p_1 + p_1}{2} (V_1 - V_1) = 8p_0 V_0$$

$$\text{* Hiệu suất chu trình là: } H = \frac{A}{Q_{31} + Q_{11}} = 32\%$$