

ĐÁP ÁN ĐỀ THI OLYMPIC VẬT LÝ SINH VIÊN TRƯỜNG ĐẠI HỌC VINH NĂM 2008

Câu 1.

a. Điều kiện cân bằng của Thanh:

$$\begin{cases} \sum \vec{F}_i = \vec{0} \\ \sum \vec{M}_i = \vec{0} \end{cases}$$

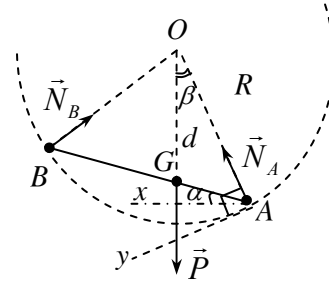
Các phản lực

\vec{N}_A, \vec{N}_B đi qua O nên giá của trọng lực $\vec{P} = 3m\vec{g}$ của thanh là đường thẳng đứng đi qua khối tâm G ($GA = \frac{1}{2}GD = \frac{R}{3}$) cũng phải đi qua O.

Đặt $\beta = \widehat{GOA}, d = GD$

$$d^2 = R^2 + \frac{R^2}{9} - 2\frac{R^2}{3}\cos 60^\circ; d = \frac{\sqrt{7}}{3}R$$

$$\frac{\sin \beta}{\frac{R}{3}} = \frac{\sin 60^\circ}{d}; \beta = 19^\circ$$



Hình 1a

Kẻ Ax nằm ngang, Ay tiếp tuyến với đường tròn tại A, ta có

$$\alpha = 90^\circ - (60^\circ + \beta) = 11^\circ$$

b. Ta có $\vec{P} + \vec{N}_A + \vec{N}_B = \vec{0}$ (1)

Chiếu (1) lên trục Ax :

$$N_A \sin \beta - N_B \sin \gamma = 0$$
 (2)

$$\gamma = 60^\circ - \beta = 41^\circ$$

Thay β, γ vào (2) được:

$$0,327N_A = 0,656N_B$$
 (3)

Chiếu (1) lên trục thẳng đứng:

$$N_A \cos \beta + N_B \cos \gamma = 3mg$$
 (4)

$$0,946N_A + 0,755N_B = 3mg$$

Từ (3) và (4) có $N_A = 2N_B$; $N_B = 1,133mg$; $N_A = 2,266mg$

Quả cầu B cân bằng dưới tác dụng của trọng lực $m\vec{g}$, phản lực \vec{N}_B và lực của thanh \vec{T} :

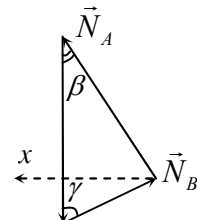
$$m\vec{g} + \vec{N}_B + \vec{T} = \vec{0}$$
 (5)

Lực \vec{T} có hướng như hình 1c do đó quả cầu tác dụng vào thanh lực \vec{T}' có hướng ngược lại, tức là thanh bị nén.

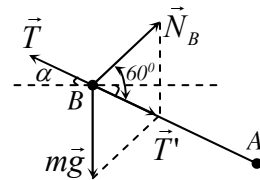
$$T \cos \alpha = N_B \cos(60^\circ - \alpha)$$

$$T = \frac{N_B \cdot 0,656}{0,982} = 0,757mg$$

(có thể xét cân bằng của quả cầu A, nhận được kết quả như trên).



Hình 1b



Hình 1c

Câu 2.

a. Pít-tông cân bằng khí

$$(P_1 - P_0)S = Mg$$

$$\boxed{P_1 = P_0 + \frac{Mg}{S}} \quad (1)$$

Quá trình biến đổi của khí là quá trình đoạn nhiệt thuận nghịch, ta có phương trình $P_0V_0^\gamma = P_1V_1^\gamma$. Do $V = Sh$ nên

$$P_0h_0^\gamma = P_1h_1^\gamma \Rightarrow h_1 = h_0 \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{1/\gamma}$$

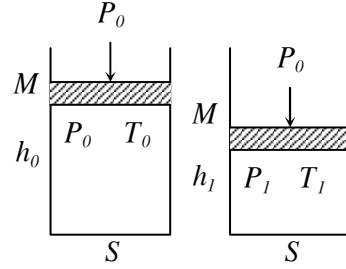
Thay P_1 từ (1) được

$$\boxed{h_1 = h_0 \left(1 + \frac{Mg}{P_0S} \right)^{-1/\gamma}}$$

Từ phương trình trạng thái ta có

$$\frac{P_1h_1}{T_1} = \frac{P_0h_0}{T_0}; T_1 = T_0 \frac{P_1h_1}{P_0h_0};$$

$$\boxed{T_1 = T_0 \left(1 + \frac{Mg}{P_0S} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}$$



b. Để tính công A' mà khí nhận được, áp dụng nguyên lý I nhiệt động lực học

$$Q = \Delta U + A; Q = 0 \quad (\text{quá trình đoạn nhiệt})$$

$$\Delta U = -A = A' \quad (A' \text{ là công khí nhận của ngoại lực}).$$

$$A' = \Delta U = \frac{m}{\mu} C_V (T_1 - T_0) = \frac{m}{\mu} \frac{R}{\gamma - 1} (T_1 - T_0)$$

(m là khối lượng khí trong xi-lanh).

Với chú ý $\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{m}{\mu} R$ ta được

$$\boxed{A' = \frac{P_0V_0}{T_0} \frac{1}{\gamma - 1} (T_1 - T_0)}$$

Công

$$\boxed{A_k = P_0S(h_0 - h_1)}$$

Công

$$\boxed{A_p = mg(h_0 - h_1)}$$

Nhận thấy $A' \neq A_k + A_p$; nguyên nhân là do quá trình đi xuống của pít-tông là quá trình thuận nghịch nên cần phải tác dụng vào pít-tông thêm một lực, lúc đầu bằng và ngược chiều với trọng lực của pít-tông sau đó cường độ giảm dần sao cho pít-tông đi xuống một cách thuận nghịch, công này chưa tính đến trong các phép tính toán trên.

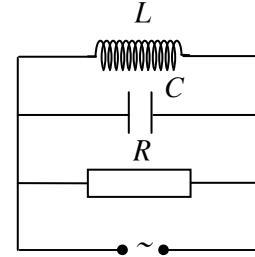
Câu 3.

a. Coi cuộn dây L_1 và cuộn dây L_2 song song tương đương cuộn cảm L với hệ số tự cảm

$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} = \frac{20}{3} \text{ mH}$$

Hai tụ C_1 và C_2 song song tương đương tụ C có điện dung $C = C_1 + C_2 = 15 \text{ nF}$

Ta có mạch điện tương đương (hình 4a) là mạch R, L, C gộp song song. Tổng trở của mạch



Hình 4a

$$Z = \left[\frac{1}{R^2} + \left(C\omega - \frac{1}{L\omega} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}$$

Công suất mạch:

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{I^2 Z^2}{R} = \frac{I^2}{R} \frac{1}{\frac{1}{R^2} + \left(C\omega - \frac{1}{L\omega} \right)^2}$$

Công suất cực đại khi $C\omega - \frac{1}{L\omega} = 0$; $\omega = \omega_m = \frac{1}{LC}$; $f_m = \frac{\omega_m}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 15,9 \text{ kHz}$

b. Giả sử các dòng điện có chiều như hình 4b.

$$I = i_2 + i_{C2} = -i_1 - i_{C1}$$

Do đó

$$i_1 + i_2 + i_{C1} + i_{C2} = 0 \quad (1)$$

Gọi u là hiệu điện thế giữa hai đầu các cuộn cảm và tụ điện:

$$u = -e_{tc} = L_1 \frac{di_1}{dt} = L_2 \frac{di_2}{dt}$$

(e_{tc} là suất điện động tự cảm).

Mặt khác $q = Cu$; $dq = Cdu$

$$i_{C1} = \frac{dq_1}{dt} = C_1 \frac{du}{dt}; i_{C2} = C_2 \frac{du}{dt} \quad (3)$$

Lấy đạo hàm (1) theo thời gian ta được

$$\frac{di_1}{dt} + \frac{di_2}{dt} + \frac{di_{C1}}{dt} + \frac{di_{C2}}{dt} = 0 \quad (4)$$

Thay (2) và (3) vào (4) được

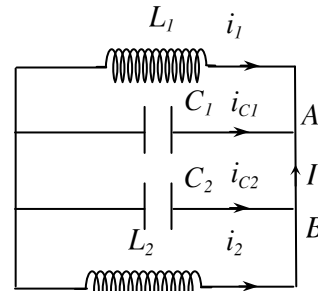
$$\left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \right) u + (C_1 + C_2) u'' = 0$$

$$u'' + \frac{L_1 + L_2}{L_1 L_2 (C_1 + C_2)} u = 0 \quad (6)$$

Đặt $\omega^2 = \frac{L_1 + L_2}{L_1 L_2 (C_1 + C_2)}$

Phương trình (6) thành $u'' + \omega^2 u = 0$

Đây là phương trình vi phân của dao động điều hoà của hiệu điện thế u với tần số góc



Hình 4b

$$\omega = \sqrt{\frac{L_1 + L_2}{L_1 L_2 (C_1 + C_2)}} = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 10^5 (\text{rad/s})$$

Theo giả thiết lại có $L_1 C_1 = L_2 C_2 = LC$

Do vậy
$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}} = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = 15,9 \text{ kHz}$$

Hai mạch $L_1 C_1$ và $L_2 C_2$ dao động độc lập với cùng tần số f bằng tần số f_m đã tính ở câu 1.

Câu 4.

a.

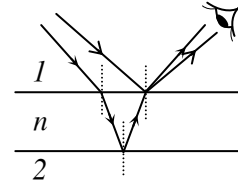
* Ta nhìn thấy ánh sáng có màu cầu vồng khi quan sát vầng dầu trên mặt nước là do sự giao thoa của ánh sáng trắng trên bản mỏng. Ánh sáng trắng (ánh sáng mặt trời) rọi vào vầng dầu (bản mỏng chiết suất n) tách thành 2 thành phần:

- Chùm khúc xạ vào bản mỏng phản xạ ở mặt 2 của bản mỏng rồi ló ra không khí.
- Chùm phản xạ tại mặt 1.

Hai chùm này giao thoa tại mặt 1. Vân giao thoa định xứ trên mặt 1 (mặt trên của bản mỏng).

Ánh sáng trắng khi giao thoa cho hình ảnh quang phổ có màu cầu vồng.

* Màu cầu vồng khi nhìn vào đĩa compact là do sự nhiễu xạ của ánh sáng trắng (ánh sáng mặt trời) qua các rãnh rất nhỏ và gần nhau được xếp trên mặt đĩa compact, lúc này mặt đĩa compact (về mặt quang học) giống như một cách tử nhiễu xạ (cách tử phản xạ).



b. Có thể chọn một trong hai cách giải sau:

Cách 1: Coi thấu kính dày như hai thấu kính mỏng ghép sát với bản song song. Sơ đồ tạo ảnh

$$f_1 = \frac{R_1}{n-1} = -40(\text{cm}) \quad (\text{Mặt lõm } R < 0)$$

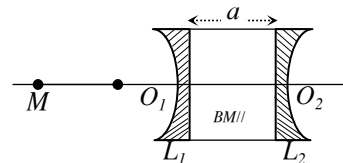
$$f_2 = \frac{R_2}{n-1} = -80(\text{cm})$$

$$d_1' = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = -\frac{200}{9}(\text{cm}) \approx 22,2(\text{cm}) \quad M_1 \text{ ảnh ảo}$$

Độ dịch chuyển ảnh qua bản mặt song song

$$\Delta d = a \left(1 - \frac{1}{n} \right) = \frac{10}{3}(\text{cm})$$

$$\begin{aligned} d_2 &= a - (d_1' + \Delta d) = 10 - \left(-\frac{200}{9} + \frac{10}{3} \right) \\ &= \frac{260}{9}(\text{cm}) \approx 28,9(\text{cm}) \end{aligned}$$



$$d_2' = \frac{d_2 f_2}{d_2 - f_2} = -21,2(\text{cm}).$$

ảnh M_3 (ảnh cuối cùng là ảnh ảo cách O_2 một khoảng 21,2 (cm) về phía trái O_2).

Cách 2: Coi thấu kính dày như hai lưỡng chất cầu liên tiếp giữa là thủy tinh chiết suất là 1,5, hai bên là không khí chiết suất bằng 1.

Sơ đồ tạo ảnh

$$M \xrightarrow[d_1]{O_1} M_1 \xrightarrow[d_2]{O_2} M_2$$

Mặt cầu O_1 có bán kính $R_1 < 0$, $n < n'$

$$\frac{n - n'}{R_1} = \frac{n}{d_1} - \frac{n'}{d_1'}$$

Với $R_1 = -20\text{cm}$; $n = 1$; $n' = 1,5$

Tính được $d_1' = -\frac{100}{3}(\text{cm}) \approx -33,3(\text{cm})$

$$d_2 = d_1' - O_1 O_2 = \frac{130}{3}(\text{cm}) \approx 43,3(\text{cm})$$

. Mặt cầu O_2 có bán kính $R_2 > 0$, $n > n'$

$$\frac{n - n'}{R_2} = \frac{n}{d_2} - \frac{n'}{d_2'}$$

với $R_2 = 40\text{cm}$
 $n = 1,5$; $n' = 1$

Tính được $d_2' = -\frac{1040}{49}(\text{cm}) \approx 21,2(\text{cm})$

Ảnh M_2 (ảnh cuối cùng) là ảnh ảo cách O_2 một khoảng 21,2 (cm) về phía trái O_2 (trùng với kết quả tính ở câu 1).

