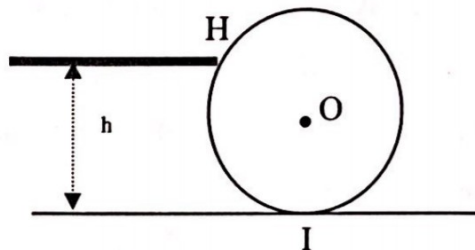


Câu 1 (3 điểm).

Nhờ một chiếc gậy, người ta tác dụng vào quả bi-a (bán kính r , khối lượng m) một xung lực nằm ngang cách mặt bàn bi-a một khoảng h nằm trong mặt phẳng thẳng đứng đi qua khối tâm của bi-a. Biết momen quán tính của vật

đối với trục quay qua khối tâm là: $\frac{2}{5}mr^2$.



1. Hãy thiết lập hệ thức giữa vận tốc góc ω và vận tốc v_0 của khối tâm quả bi-a. Biết ban đầu bi-a đứng yên.

2. Hãy nghiên cứu chuyển động của quả bi-a sau khi ngừng tác dụng trong các trường hợp sau:

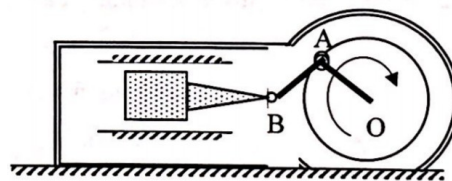
a) $h > \frac{7r}{5}$.

b) $h = \frac{7r}{5}$.

c) $h < \frac{7r}{5}$.

Câu 2. (4 điểm).

Một mô hình động cơ hơi nước đặt nằm ngang trên mặt sàn nhẵn. Tay quay OA có chiều dài r và quay đều với tốc độ góc ω , điểm B luôn chuyển động thẳng. Thanh truyền AB dài bằng tay quay. Coi khối lượng của các bộ phận chuyển động rút về thành 2 khối lượng m_1 và m_2 tập trung ở A và B, khối lượng của vỏ động cơ là m_3 .



1. Cho rằng vỏ động cơ chỉ chuyển động ngang và ban đầu pit-tông ở vị trí xa nhất về bên trái. Xác định phương trình chuyển động của vỏ động cơ.

2. Nếu động cơ được bắt vít xuống nền bằng bu-lông, tìm áp lực của động cơ lên nền và lực cắt ngang bu-lông. Bỏ qua lực căng ban đầu của bu-lông.

Câu 3. (4 điểm).

Cho mạch điện như hình 3: $u_{AB} = 80\sqrt{2} \cos 100\pi t (V)$, L là cuộn dây cảm thuần có độ tự cảm $\frac{0,4}{\pi} H$ tụ điện C và điện trở R đều có thể thay đổi được.

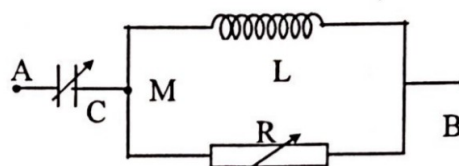
1. Cho $Z_C = Z_L$, $R = R_1 = 75\Omega$. Chứng minh rằng:

a) i_R sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với u_{AB} .

b) Khi $Z_C = Z_L$ thì U_C đạt cực đại. Tính $U_{C_{\max}}$.

2. Giữ nguyên C điều chỉnh R, chứng tỏ công suất tiêu thụ $P = kR$, k là hằng số không phụ thuộc vào R.

3. Giữ $R = R_1$. Tìm C để u_{AB} cùng pha với i .



Hình 3

Câu 4 (4 điểm).

Một hạt tích điện bay vào một môi trường có lực cản tỉ lệ với độ lớn vận tốc hạt. Đến khi dừng lại hạt đã đi quãng đường $L = 10\text{cm}$ (tính từ lúc đi vào môi trường). Nếu trong môi trường đó có đặt một từ

trường đều vuông góc với vận tốc hạt thì với vận tốc ban đầu như trước hạt, sẽ dừng lại sau khi đi được đoạn đường $l_1 = 6\text{cm}$. Nếu cảm ứng từ giảm đi 2 lần thì hạt đi được quãng đường l_2 bằng bao nhiêu trước khi dừng lại?

Câu 5. (5 điểm).

Trong một xi-lanh cao, cách nhiệt đặt thẳng đứng, ở dưới pit-tông mảnh và nặng có một lượng khí lý tưởng đơn nguyên tử. Ở bên trên pit-tông tại độ cao nào đó, người ta giữ vật nặng có khối lượng bằng khối lượng pit-tông. Sau đó, người ta thả nhẹ vật nặng và nó rơi xuống pit-tông. Sau va chạm tuyệt đối không đàn hồi của vật và pit-tông một thời gian, hệ chuyển về trạng thái cân bằng, tại đó pit-tông có cùng độ cao như lúc ban đầu. Hỏi độ cao ban đầu của vật tính từ đáy xi-lanh bằng bao nhiêu lần độ cao của pit-tông? Biết bên trên pit-tông không có khí. Bỏ qua mọi ma sát và trao đổi nhiệt.

Câu 1. 1. Định lý biến thiên động lượng và momen động lượng:

$$\Delta P = P - 0 = F \cdot \Delta t$$

$$\Delta L_0 = L - 0 = OH \cdot F \cdot \Delta t$$

Chiếu các phương trình vectơ trên lên trục:

$$Ox: mv_0 = F \cdot \Delta t$$

$$Oy: \frac{2}{5}mr^2\omega = (h - r)F \cdot \Delta t$$

$$\text{Từ đó: } \frac{2}{5}mr^2\omega = (h - r)v_0$$

$$\text{Hay: } \omega = \frac{5(h - r)}{2r^2}v_0$$

$$2. \text{ Ta có: } m \frac{dv_0}{dt} = F_{ms}; \frac{2mr^2}{5} \frac{d\omega}{dt} = OI \times F_{ms}$$

$$\text{Trên trục Oy: } \frac{2mr^2}{5} \frac{d\omega}{dt} = \pm \mu mg$$

Nhiều trường hợp được xét tùy theo vận tốc trượt u_α của bi-a:

$$u_\alpha = v_0 - \frac{5}{2} \cdot \frac{h - r}{r^2} \cdot v_0 = 1 - \frac{5(h - r)}{2r} = \frac{7r - 5h}{2r} v_0$$

a) Nếu $h > \frac{7r}{5}$ khi đó $u_\alpha < 0 \Rightarrow F_{ms} > 0$ quả bi-a lúc đầu trượt với gia tốc hướng theo trục x, sau đó lăn không trượt vì ω tăng.

b) Nếu $h = \frac{7r}{5} \Rightarrow u = 0$ quả bi-a lăn trượt.

c) Nếu $h < \frac{7r}{5} \Rightarrow u > 0 \Rightarrow F_{ms} < 0; F_{ms} = -\mu mg$ lúc đầu quả bi-a trượt với gia tốc âm sau đó lăn không trượt.

Câu 2. 1. Xét tại thời điểm t góc quay của vật $BOA = \varphi = \omega t$ (hình 2a). Các bộ phận có khối

lượng m_1, m_2 có vận tốc lần lượt là v_1 và v_2 trong hệ quy chiếu gắn với vỏ. Vỏ có vận tốc v_3 đối với sàn.

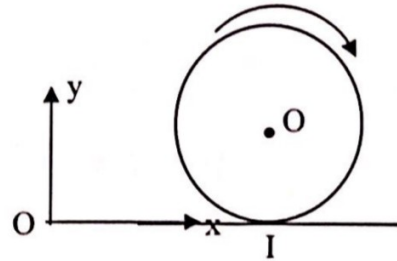
Theo phương ngang hệ không chịu tác dụng của ngoại lực nên bảo toàn động lượng:

$$m_3v_3 + m_2(v_2 + v_3) + m_1(v_1 \sin \omega t + v) = 0$$

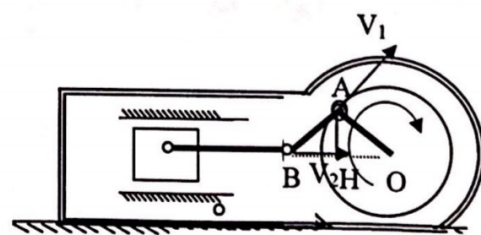
$$\Rightarrow v_3 = - \frac{m_2v_2 + m_1v_1 \sin \omega t}{m_1 + m_2 + m_3} \quad (1) \text{ với } v_1 = \omega r,$$

$$v_2 = - \frac{dOB}{dt} = - \frac{dOH}{dt} = 2 \frac{d(r \cos \omega t)}{dt} = 2\omega r \sin \omega t \quad (2)$$

$$\text{Thay (2) vào (1) ta có: } v_3 = - \frac{(2m_2 + m_1)r \sin \omega t}{m_1 + m_2 + m_3} \quad (3)$$



Hình 1a



Hình 2a

Lấy nguyên hàm của (3): $x = \frac{(2m_2 + m_1)r \cos \omega t}{m_1 + m_2 + m_3} + C$

Chọn $x = 0$ tại $t = 0$ ta có $C = \frac{(2m_2 + m_1)r}{m_1 + m_2 + m_3}$

Vậy $x = \frac{(2m_2 + m_1)r(\cos \omega t - 1)}{m_1 + m_2 + m_3}$.

2. Xét cả hệ chỉ có v_1 có thành phần vận tốc theo phương thẳng đứng: $v_y = v_1 \cos \omega t = \omega r \cos \omega t$,

Do đó áp lực của hệ đè lên sàn theo phương thẳng đứng là $N = (m_1 + m_2 + m_3)g + \frac{d(m_1 y)}{dt}$.

$$N = (m_1 + m_2 + m_3)g - m_1 \omega^2 r \cdot \sin \omega t$$

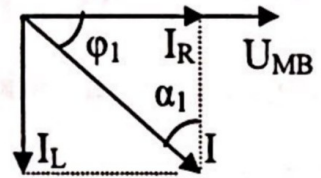
Động lượng của hệ theo phương ngang khi vò được giữ đứng yên là

$$p = m_2 v_2 + m_1 v_1 \sin \omega t = (m_1 + 2m_2) \omega r \cdot \sin \omega t.$$

Do đó lực cắt ngang bulong là: $T = \frac{dp}{dt} = (m_1 + 2m_2) \omega^2 r \cdot \cos \omega t$.

Câu 3. 1. a) Xét đoạn mạch MB ta thấy i_R cùng pha với u_{MB} , i_L trễ pha

$\frac{\pi}{2}$ so với u_{MB} nên ta có giản đồ véc tơ bên.



Chọn I làm trục chuẩn ta có u_C chậm pha $\frac{\pi}{2}$ so i_{AB} , u_{MB} sớm pha φ_1 so với i_{AB} ta có:

$$U_{AM} = U_{AM} + U_{MB} = U_C + U_{MB}$$

Ta có $U_{AM} = I \cdot Z_C$, $U_{MB} = I_R \cdot R = I_L \cdot Z_L$ và $\frac{U_{MB}}{U_{AM}} = \frac{I_R \cdot R}{I_C \cdot Z_C} = \frac{I_L}{I}$ ($I_C = I$) lại có

$$\frac{U_{MB}}{U_{AM}} = \frac{I_L}{I} = \sin\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_1\right) = \cos \varphi_1.$$

Mặt khác góc hợp bởi giữa U_{MB} và U_C là $\alpha_2 = \alpha_1 = \left(\frac{\pi}{2} - \varphi_1\right)$ nên U_{MB} vuông góc với U_{AB} vậy i_B

sớm pha hơn u_{AB} góc $\frac{\pi}{2}$.

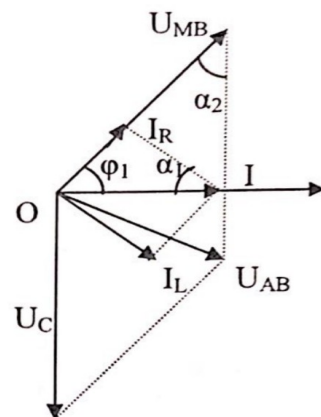
b) Chứng minh $U_C = U_{C_{\max}} \cdot 0$

Xét $\triangle ONP$ $\frac{U_C}{\sin(\varphi_1 + \varphi)} = \frac{U}{\sin \alpha_2}$ vì $\sin \alpha_2 = \frac{I_L}{I} = \text{const}$ và U_{MB}

Vuông góc với U_{AB} nên $U_{C_{\max}}$.

$$\begin{aligned} \sin \alpha_2 &= \frac{I_L}{I} = \frac{U_{MB}}{R} \cdot \frac{Z_{MB}}{U_{MB}} = \frac{Z_{MB}}{R} = \frac{R Z_L}{R \sqrt{R^2 + Z_L^2}} \\ &= \frac{Z_L}{\sqrt{R^2 + Z_L^2}} = \frac{8}{17}. \end{aligned}$$

Vậy $U_{C_{\max}} = \frac{80 \cdot 17}{8} = 170V$.



2. $P = I_R^2 \cdot R$ với $I_R = \frac{U_{MB}}{R}$. Lại có $\tan \varphi_{MB} = \frac{I_L}{I_R}$, $\tan \varphi_1 = \frac{U_{MB}}{U}$.

Vì $\varphi_{MB} = \varphi_1$ nên $\frac{I_L}{I_R} = \frac{U_{MB}}{U}$.

$$\Rightarrow U_{MB} = U \cdot \frac{I_L}{I_R} = U \cdot \frac{R}{Z_L} \Rightarrow I_R = \frac{U_{MB}}{R} = \frac{U}{Z_L}.$$

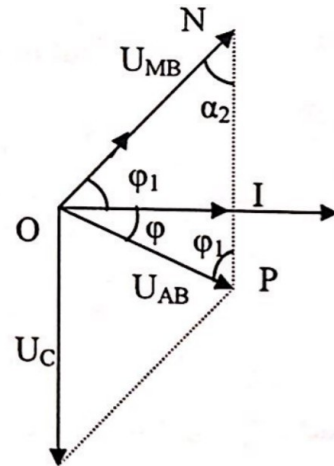
Vậy $P = \left(\frac{U}{Z_L}\right)^2 \cdot R = 4R$.

3. Để u_{AB} và i cùng pha thì

$$\sin \varphi = \frac{U_C}{U_{MB}} = \frac{Z_C}{Z_{MB}} \Rightarrow Z_C = \sin \varphi \cdot Z_{MB}$$

Mà $\sin \varphi = \cos \alpha_2 = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha_2} = \frac{15}{17}$.

$$Z_C = \frac{15}{17} \cdot \frac{R \cdot Z_L}{\sqrt{R^2 + Z_L^2}} = \frac{15 \cdot 40 \cdot 75}{85} = 31,14 \Omega \Rightarrow C = 10^{-4} F.$$



Câu 4. Giả sử hạt mang điện tích dương và tại thời điểm t vận tốc hạt là v .

Theo bài hạt bay vào từ trường theo hướng vuông góc với từ trường nên trong từ trường hạt chịu tác dụng của các lực:

Lực cản: $F_C = -kv$; Lực Lorent: $F = |qv \times B|$

Từ hình vẽ ta có: $(ma)^2 = (kv)^2 + (qvB)^2$

$$\Rightarrow \left(m \cdot \frac{dv}{dt}\right)^2 = (k^2 + q^2 B^2) \cdot v^2$$

$$\Rightarrow \sqrt{k^2 + q^2 B^2} \cdot v dt = -mdv \text{ (vì } v \text{ giảm dần)} \Rightarrow \sqrt{k^2 + q^2 B^2} \cdot ds = -mdv$$

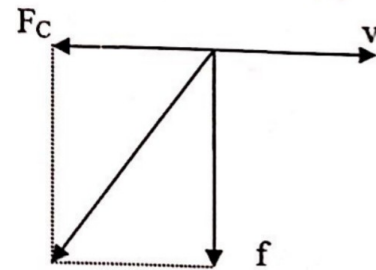
$$\Rightarrow \sqrt{k^2 + q^2 B^2} \int_0^s ds = -m \int_{v_0}^0 dv \Rightarrow s^2 = \frac{m^2 v_0^2}{k^2 + q^2 B^2}.$$

Khi $B = 0$: $s^2 = L^2 = \frac{m^2 v_0^2}{k^2}$; Khi $B = B_0$: $s^2 = l_1^2 = \frac{m^2 v_0^2}{k^2 + q^2 B_0^2}$

Khi $B = \frac{B_0}{2}$: $s^2 = l_2^2 = \frac{4m^2 v_0^2}{4k^2 + q^2 B_0^2}$

Từ trên suy ra: $\frac{1}{l_2^2} = \frac{4k^2 + q^2 B_0^2}{4m^2 v_0^2} = \frac{3k^2}{4m^2 v_0^2} + \frac{k^2 + q^2 B_0^2}{4m^2 v_0^2} = \frac{3}{4L^2} + \frac{1}{4l_1^2}$

$$\Rightarrow l_2 = \frac{2Ll_1}{\sqrt{3l_1^2 + L^2}} \approx 8,3 \text{ cm}.$$



Câu 5. Khối lượng của vật là m_1 , của pit-tông là m_2 ($m_1 = m_2 = m$)

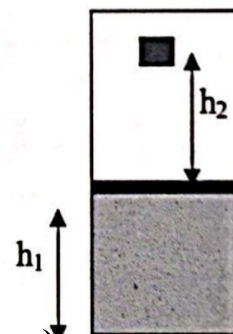
Vận tốc của vật ngay sau khi va chạm được xác định từ các phương trình:

$$m_1 \cdot gh_2 = m_1 \cdot \frac{v^2}{2} \quad (1)$$

$$m_1 v = (m_1 + m_2) v_1 \quad (2)$$

Định luật bảo toàn năng lượng của hệ sau va chạm và khi có cân bằng mới:

$$\frac{3}{2} nRT_1 + (m_1 + m_2) \frac{v_1^2}{2} + (m_1 + m_2) h_1 = \frac{3}{2} nRT_2 + (m_1 + m_2) h \quad (3) \quad (h = h_1)$$



Lại có $p_1.S = m_1 g$ (4); $nRT_1 = p_1 S h_1$ (5)

$p_2.S = (m_1 + m_2)g$ (6); $nRT_2 = p_2 S h$ (7)

Từ các phương trình trên thay vào phương trình (3) giải ra: $h_2 = 3h_1$.

Vậy độ cao của vật bằng 4 lần độ cao của pít-tông.