

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN
TRƯỜNG THPT CHUYÊN KHOA HỌC TỰ NHIÊN
THI OLYMPIC CHUYÊN KHOA HỌC TỰ NHIÊN 2015

Môn thi: Vật lý

Ngày thi: 2 (10/05/2015)

Thời gian làm bài: 180 phút, không kể thời gian phát

Câu 1: [7 điểm]

(a) Một vật \$v'\$ là vật chuyển động sau va chạm, \$S\$ và \$v_M\$ là vận tốc góc và vận tốc của khối tâm của thanh, \$x\$ là khoảng cách từ trục \$C\$ đến khối tâm của thanh. Công suất và mô men động lượng về trục \$C\$ của thanh trước và sau va chạm:

$$mv = mv' + Mv_M \quad (1)$$

$$mv.x = mv'.x + \frac{1}{12}ML^2\check{S} \quad (2)$$

Trục \$A\$ trở thành trục quay tức thì, tức là ngay sau va chạm \$A\$ có vận tốc tức thời bằng không.

$$v_M - \check{S} \frac{L}{2} = 0 \Rightarrow v_M = \frac{\check{S}L}{2} \quad (3)$$

Sử dụng (1); (2) và (3) ta có:

$$\left. \begin{aligned} m(v - v') &= Mv_M \\ m(v - v').x &= \frac{1}{12}ML^2 \frac{2v_M}{L} \end{aligned} \right\} \Rightarrow x = \frac{L}{6} \Rightarrow AC = \frac{2L}{3}$$

(b) Từ những điều trên, ta có các phương trình bảo toàn:

$$mv = mv' + Mv_M$$

$$mv \cdot \frac{L}{4} = mv' \cdot \frac{L}{4} + \frac{1}{12}ML^2\check{S}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv'^2 + \frac{1}{2}Mv_M^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{12}ML^2\right)\check{S}^2$$

Với \$m = M\$:

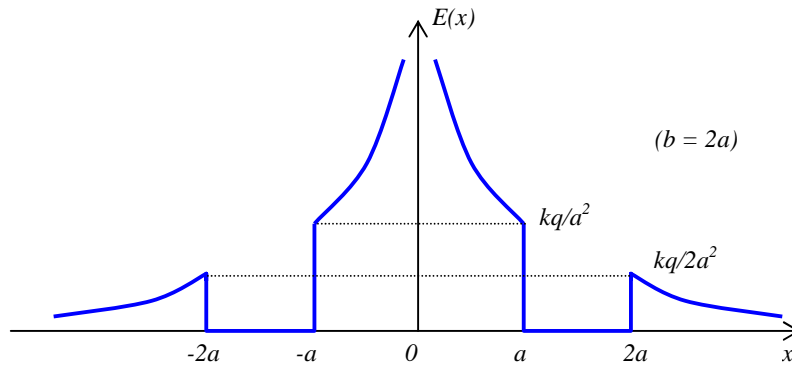
$$v = v' + v_M \quad (4)$$

$$3v = 3v' + L\check{S} \quad (5)$$

$$12v^2 = 12v'^2 + 12v_M^2 + \check{S}^2L^2 \quad (6)$$

Từ (4) và (5) ta có: \$v_M = \frac{\check{S}L}{3}\$;

$$(6) \Rightarrow 12 \left(\frac{v - v'}{\frac{\check{S}L}{3}} \right) (v + v') = 12 \left(\frac{\check{S}L}{3} \right)^2 + \check{S}^2L^2$$



iii. i n th đ c theo tr c x ($0 \leq x < \infty$).

V c u là m t v t đ n nên là m t ng th . i n th t i $r = a$ b ng i n th t i $r = b$. T i i m bên ngoài v c u, do tính i x ng và dùng nh lu t Gauss, h t ng ng nh m t i n tích i m t t i tâm c u. Do ó:

$$V(r \geq b) = \frac{k2q}{r} = \frac{2kq}{x}$$

$$\Rightarrow V(r = a) = V(r = b = 2a) = V(r, a \leq r \leq b) = \frac{2kq}{b} = \frac{kq}{a}$$

V i $x < a$:

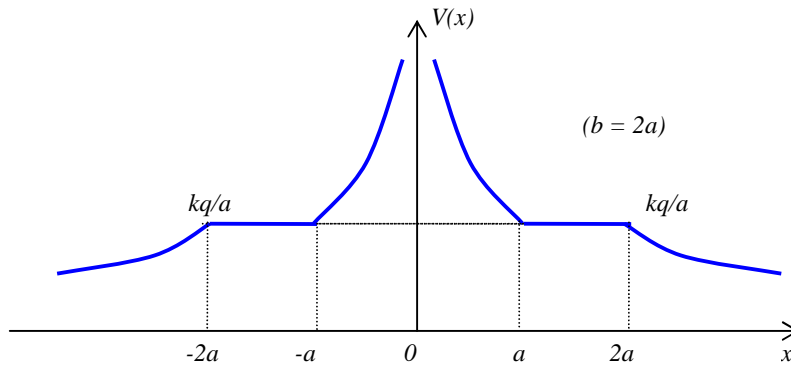
$$V(x) - V(a) = \int_x^a E(r) dr = \frac{kq}{x} - \frac{kq}{a}$$

$$\Rightarrow V(x) = V(a) + \frac{kq}{x} - \frac{kq}{a} = \frac{kq}{x}$$

Tóm l i:

$$V(x) = \begin{cases} \frac{2kq}{x} & (x \geq b) \\ \frac{kq}{a} & (a \leq x \leq b) \\ \frac{kq}{x} & (x \leq a) \end{cases}$$

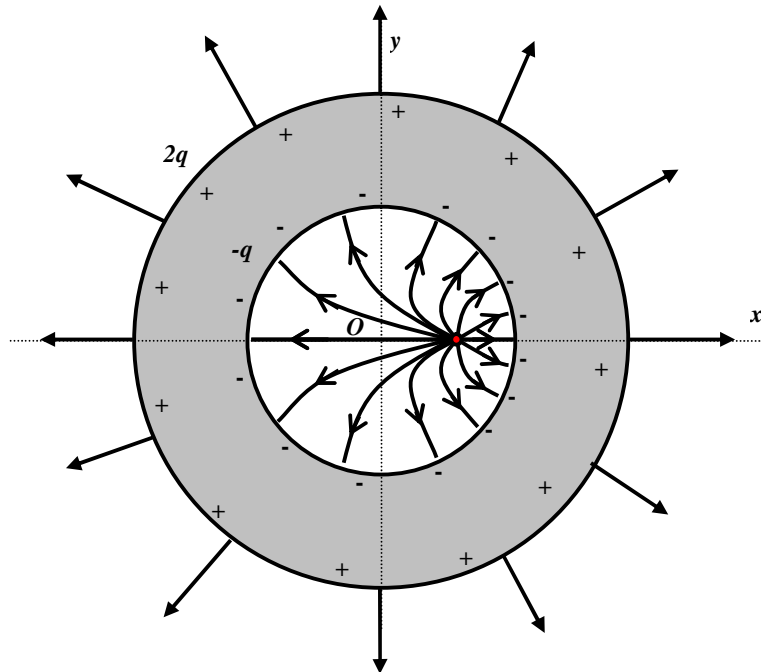
iv. th i n th đ c theo tr c x .



(b) tính điện trường trên trục x tại $x = a/2$.

- i. Cũng như trong thí nghiệm trong lòng vật dẫn cân bằng điện tích không, dùng định luật Gauss ta thấy, tác động tổng thể của không gian điện tích bên trong cavac (tích điện vào trong) ra bên ngoài là bằng không, như thể vật trung hòa vậy. Vì vậy điện tích bên trong cavac cũng bằng $-q$, tuy nhiên sự phân bố điện tích không còn đều. Vả ngoài vì thế không bằng nhau bên trong nên có điện tích bằng $2q$ và phân bố đều. Phía ngoài cavac, điện thế và điện trường không thay đổi so với trường phẳng trên.

Hình vẽ minh họa phân bố điện tích và các sức điện trường như hình vẽ (chú ý các điện tích trong vật dẫn cân bằng).



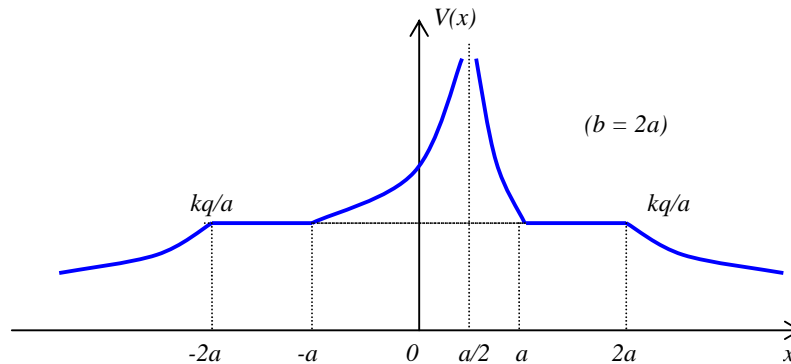
- ii. Cũng như trong thí nghiệm có to x :

$$\begin{cases} E(x) = \frac{2kq}{x^2} & (|x| \geq b) \\ E(x) = 0 & (a < |x| < b) \end{cases}$$

iii. i n th ph thu c vào x ($a \leq x < \infty$).

$$V(x) = \begin{cases} \frac{2kq}{x} & (x \geq b) \\ \frac{kq}{a} & (a \leq x \leq b) \end{cases}$$

iv. th i n th đ c theo tr c x .



Câu 3: [8 i m]

(a) Ký hi u S là ti t di n xy lanh, m là kh i l ng piston, h là cao ban u c a c t khí, h_1 là cao ph n r ng phía trên piston, p_0 là áp su t khí quy n, ρ_{Hg} và ρ_1 là kh i l ng riêng c a thu ngân và không khí (tr ng thái ban u ã cho) c v nhi t dung mol ng tích.

Áp su t lúc u và lúc sau là:

$$p_2 = [p_0 + (m + m_{Hg})g / S] = p_0 + mg / S + \rho_{Hg}gx$$

Theo nh lu t Boyle:

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

Thay các bi u th c c a p_1, p_2, V_1 và V_2 , ta có:

$$\begin{aligned} (h + h_1 - x)S &= \frac{p_0 + mg / S}{p_0 + mg / S + \rho_{Hg}gx} \cdot S \cdot h \\ \Rightarrow (p_0 + mg / S + \rho_{Hg}gx)(h + h_1 - x) &= (p_0 + mg / S)h \end{aligned}$$

S p l i ph ã ng tr ãnh:

$$\rho_{Hg} g x^2 - [\rho_{Hg} g (h + h_1) - (p_0 + mg / S)] x - (p_0 + mg / S) h_1 = 0$$

Thay s ã li u:

$$p_0 = 10^5 Pa; \frac{mg}{S} = 3,6 \times 10^4 Pa; \rho_{Hg} g = 1,36 \times 10^5 N / m^3$$

Ta ã c ph ã ng tr ãnh:

$$1,36 \times 10^5 x^2 - [1,36 \times 10^5 \times 0,4 - (10^5 + 3,6 \times 10^4)] x - (10^5 + 3,6 \times 10^4) \times 0,07 = 0$$

Hay:

$$x^2 + 0,6x - 0,07 = 0$$

$$\Rightarrow x = 0,1m = 10cm.$$

Kh ã i l ã ng thu ã ng ãn $m_{Hg} = \rho_{Hg} Sx$:

$$m_{Hg} = \rho_{Hg} \cdot V_{Hg} = 1,36 \cdot 10^4 \times 2 \times 10^{-4} = 2,72(kg)$$

(b) Nhi t l ã ng c p cho kh ã ã c x ác ã nh theo nguy ãn lý s ã I c ã a nhi t ã ng l c h c:

$$Q = \Delta U + W_{gas} \quad (1)$$

Trong ó W_{gas} công th c hi ã n b ã kh ã.

b ã n ã ã ã ã ã ng:

$$\Delta U = c_v m \Delta T \quad (2)$$

Công th c hi ã n b ã kh ã kh ã có th ã tính b ã bi u th c:

$$W_{gas} = \frac{p_2 + p_3}{2} \Delta V \quad (3)$$

Áp su t kh ã lúc b ã nén m ã nh nh t:

$$p_2 = p_0 + \frac{mg}{S} + \rho_{Hg} g x = 1,496 \times 10^5 Pa$$

Còn lúc cu ã ã cùng là:

$$p_3 = p_0 + \frac{mg}{S} = p_1 = 1,36 \times 10^5 Pa$$

Kh ã i l ã ng kh ã, tính theo lúc ã ã là:

$$m_{air} = \rho_1 S h = 1,8 \times 0,20 \times 3,3 = 1,118g$$

Xét tr ã ng th á ã ã ã và tr ã ng th á ã cu ã ã ta có ph ã ng tr ãnh:

$$\frac{V_1}{V_3} = \frac{T_1}{T_3} \quad \Rightarrow T_3 = \frac{V_3}{V_1} T_1$$

Hay:

$$T_3 = T_1 \frac{(h+h_1)S}{hS} = T_1 \frac{(h+h_1)}{h} = 273 \times \frac{40}{33} = 390,91K$$

thay i nhi t :

$$\Delta T = T_3 - T_1 = 57,91K \approx 58K.$$

S d ng (1), (2) và (3) và thay s ta c:

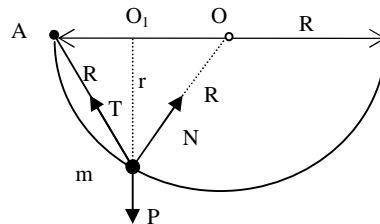
$$\begin{aligned} Q &= 700 \times 1,118 \times 58 + \frac{1,36 + 1,496}{2} \times 10^5 \times 200 \times 10^{-6} \\ &= 48,23 + 28,65 = 76,79J \end{aligned}$$

Trong quá trình này, n i n ng khí t ng lên 48,23 J, và khí th c hi n m t công 28,65 J.

Câu 4: [5 i m]

(a) Vì s i dây luôn c ng trong quá trình chuy n ng nên m luôn cách A nh ng kho ng không i. Do v y, m chuy n ng trên m t c u tâm A bán kính $L = R$.

Nh v y m n m trên c hai m t c u (O,R) và (A,R) .



\Rightarrow Qu o c a m là ng giao nhau c a hai m t c u nên s là m t ng tròn tâm O_1 t t i trung i m c a OA, bán kính r :

$$r = R \sin 60^\circ = R \frac{\sqrt{3}}{2}$$

(b) T i i m th p nh t c a qu o, m ch u tác d ng c a ba l c nh trên hình v .

Do m luôn chuy n ng trên m t m t ph ng th ng ng $\Rightarrow T = N$.

L c h ng tâm:

$$F_c = -P + (T \times \cos 30^\circ + N \times \cos 30^\circ)$$

$$\frac{mv^2}{r} = -mg + 2T \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}T - mg \quad (1)$$

C n ng b o toàn:

$$\Rightarrow \frac{mv^2}{2} = mgr \Rightarrow \frac{mv^2}{r} = 2mg \quad (2)$$

$$\xrightarrow{(1) \& (2)} 2mg = \sqrt{3}T - mg \Rightarrow T = \sqrt{3}mg$$