

**ĐỀ THI CHÍNH THỨC**

Ngày thi thứ nhất: **16/4/2012**

Thời gian: **240** phút (không kể thời gian giao đề)

Hướng dẫn này có 8 trang

**CÂU I (4,0 điểm)**

1. a) **(1,0 đ)** Tính góc lệch

Theo định luật 2 Newton:

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = -\frac{GMm}{r^2} \vec{e}_r \quad (1).$$

Vì trường lực xuyên tâm nên mômen động lượng không đổi.

$$L = mr^2 \frac{d\theta}{dt} = mv_0 d \quad (2) \dots\dots\dots (0,25 \text{ đ})$$

Vì  $\frac{d\vec{e}_\theta}{dt} = -\frac{d\theta}{dt} \vec{e}_r$  nên:

$$d\vec{p} = \frac{GM}{mv_0 d} d\theta \vec{e}_r = \frac{GMm}{v_0 d} d\vec{e}_\theta \quad (3) \dots\dots\dots (0,25 \text{ đ})$$

Tích phân (3) từ vị trí ban đầu tới điểm cực cận ta có

$$\vec{p} - \vec{p}_0 = \frac{GMm}{v_0 d} (\vec{e}_{\theta_{cc}} - \vec{e}_{\theta_\infty}) \quad (4) \dots\dots\dots (0,25 \text{ đ})$$

Nhân vô hướng (4) với  $\vec{e}_{r_{cc}}$

$$mv_0 \sin \frac{\theta}{2} = \frac{GMm}{v_0 d} \cos \frac{\theta}{2}, \text{ Suy ra : } \tan \frac{\theta}{2} = \frac{GM}{dv_0^2} \quad (5) \dots\dots\dots (0,25 \text{ đ})$$

b) **(1,0 đ)**

$$\text{Nhân vô hướng (4) với } \vec{e}_{\theta_{cc}} \text{ cho ta } mv - mv_0 \cos \frac{\theta}{2} = \frac{GMm}{v_0 d} \left(1 + \sin \frac{\theta}{2}\right) \quad (6)$$

Viết lại (2) ở dạng  $dv_0 = rv \quad (7)$ .

$$\text{Từ (5), (6), (7) ta có } r = \sqrt{\frac{G^2 M^2}{v_0^4} + d^2} - \frac{GM}{v_0^2} \quad (8).$$

$$\text{Điều kiện để tàu vũ trụ không chạm vào mặt hành tinh: } r = \sqrt{\frac{G^2 M^2}{v_0^4} + d^2} - \frac{GM}{v_0^2} \geq R$$

$$d \geq R \sqrt{1 + \frac{2GM}{Rv_0^2}} = d_{\min} \quad (9) \dots\dots\dots (0,5 \text{ đ})$$

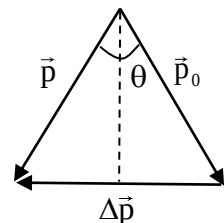
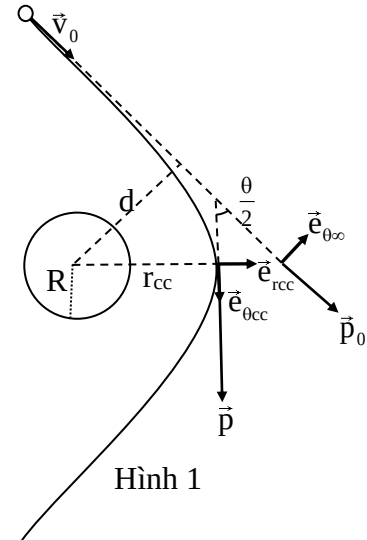
Từ (5),  $\theta$  lớn nhất khi  $d = d_{\min}$ ;

$$\tan \frac{\theta_{\max}}{2} = \frac{GM}{d_{\min} v_0^2} = \frac{GM}{Rv_0^2 \sqrt{1 + \frac{2GM}{Rv_0^2}}} \quad (10) \dots\dots\dots (0,25 \text{ đ})$$

$\Delta \vec{p}$  được xác định như hình vẽ:

$$\Delta p = 2mv_0 \sin \frac{\theta}{2} = \frac{2mv_0}{\sqrt{1 + \cot^2 \frac{\theta}{2}}} = \frac{2mv_0}{\sqrt{1 + \frac{R^2 v_0^4 + 2GMv_0^2}{G^2 M^2}}} \quad (11) \dots\dots\dots (0,25 \text{ đ})$$

2. a) **(1,0 đ)** Ở cận điểm phương chuyển động lệch góc  $\frac{\theta}{2} = 45^\circ$ .



dự thảo

Tính d:  $\tan \frac{\theta}{2} = \frac{GM}{dv_0^2} = 1$ ;  $\frac{GM}{v_0^2} = d$  nên  $r = \sqrt{\frac{G^2 M^2}{v_0^4} + d^2} - \frac{GM}{v_0^2} = d(\sqrt{2} - 1) = 2R$ .

$d = \frac{R}{\sqrt{2} - 1}$  (8)..... (0,5 đ)

Tính  $v_0$ : từ  $\frac{GM}{v_0^2} = d$  suy ra  $v_0^2 = \frac{GM}{d} = \frac{GM}{R}(\sqrt{2} - 1)$

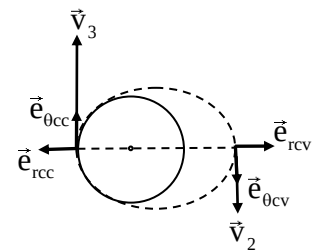
Tại cực cận của hyperbol:  $v_1 = \frac{dv_0}{r} = \frac{v_0}{\sqrt{2} - 1} = \sqrt{\frac{GM}{R(\sqrt{2} - 1)}}$  (10) ..... (0,5 đ)

b) (1,0 đ) Để hạ cánh tàu cần có vận tốc  $v_2$  để khi vừa chạm đất có vận tốc  $v_3$ . Sử dụng (4) với quỹ đạo elip ta có

$mv_3 + mv_2 = \frac{GMm}{2Rv_2} \cdot 2$  ..... (0,25 đ)

Kết hợp với bảo toàn momen động lượng  $2Rv_2 = Rv_3$  ta có

$v_2 = \sqrt{\frac{GM}{3R}}$  ..... (0,25 đ)



Hệ tàu và khí cô lập nên động lượng bảo toàn.

$mv = (m - dm)(v + dv) + dm(v + u)$ . Khai triển và bỏ qua số hạng chứa  $dm \cdot dv$  còn lại  $mdv + udm = 0$ .

Để giảm vận tốc thì  $u > 0$  tức là khí phụt về phía trước

$\Rightarrow \frac{dm}{m} = -\frac{dv}{u}$ . Tích phân hai vế ta có: Tàu cần hãm tốc độ từ  $v_1$  đến  $v_2$ .

$m = m_0 e^{-\frac{v_1 - v_2}{u}}$ . Khối lượng nhiên liệu là  $\Delta m$  với  $v_1$  và  $v_2$  có giá trị như trên.

$\frac{\Delta m}{m} = 1 - e^{-\frac{1}{u} \sqrt{\frac{GM}{R}} \left( \frac{1}{\sqrt{2} - 1} - \frac{1}{\sqrt{3}} \right)}$  ..... (0,5 đ)

## CÂU II (4,0 điểm)

1. a) (1,0 đ) Dòng hơi nước ổn định nên khối lượng hơi nước qua mặt cầu bất kì đồng tâm với giọt nước bán kính  $r$  là không đổi:

$q = -D \cdot 4\pi r^2 \frac{d\rho}{dr} = \text{const}$ ;  $d\rho = -\frac{q}{4\pi D r^2} dr$ .  $\rho = \frac{q}{4\pi D r} + C$  với  $C = \rho_\infty$

Suy ra:  $\rho = \frac{q}{4\pi D r} + \rho_\infty$  (1) ..... (0,5 đ)

Ở bề mặt giọt nước ( $r = a$ ) hơi nước bão hoà  $\rho = \rho_{bh}$ . Do đó, khối lượng nước khuếch tán trong một đơn vị thời gian là  $q = 4\pi D a (\rho_{bh} - \rho_\infty)$  (2) ..... (0,5 đ)

b) (1,0 đ) Trong dt khối lượng quả cầu bán kính  $r$  thay đổi là:  $dm = q dt = d\left(\frac{4}{3} \pi r^3 \rho_n\right)$  với  $\rho_n$  là

khối lượng riêng của nước.  $dm = 4\pi D r (\rho_{bh} - \rho_\infty) dt = 4\pi r^2 \rho_n dr \Rightarrow D(\rho_{bh} - \rho_\infty) dt = r \rho_n dr$ . Tích

phân hai vế:  $\int_0^\tau D(\rho_{bh} - \rho_\infty) dt = \int_0^a r \rho_n dr$  suy ra  $\tau = \frac{a^2 \rho_n}{2D(\rho_{bh} - \rho_\infty)}$ .

2. a) (1,0 đ) Giả thiết bán kính  $r$  của giọt nước giảm  $dr$ , một khối lượng  $\rho_n 4\pi r_0^2 dr$  biến thành

hơi bão hoà có thể tích  $\frac{\rho_n 4\pi r_0^2 dr}{\rho_{bh}}$ . Khi nhiệt độ không đổi thì độ giảm năng lượng mặt ngoài

của giọt nước bằng công đẩy thể tích khí nói trên dưới hiệu số áp suất  $p_{bh} - p_{bh\infty}$ :

dự thảo

$$\Delta E = \sigma \cdot 4\pi \left[ r_0^2 - (r_0 - dr)^2 \right] = 8\sigma\pi r_0 dr = (p_{bh} - p_{bh\infty}) \frac{\rho_n}{\rho_{bh}} 4\pi r_0^2 dr,$$

suy ra  $(p_{bh} - p_{bh\infty}) = \frac{2\sigma}{r_0} \frac{\rho_{bh}}{\rho_n} \cdot \dots\dots\dots (1,0 \text{ đ})$

b) (1,0 đ)

Từ phương trình trạng thái:  $p_{bh} - p_{bh\infty} = \frac{RT}{\mu} (\rho_{bh} - \rho_{bh\infty})$  trong đó  $p_{bh}$ ,  $p_{bh\infty}$  là áp suất hơi bão hoà ở sát mặt cầu bán kính và ở xa vô cùng

Theo (2):  $q = 4\pi Da(\rho_{bh} - \rho_{bh\infty}) = 4\pi Da \frac{\mu}{RT} (p_{bh} - p_{bh\infty})$ . Thay  $(p_{bh} - p_{bh\infty}) = \frac{2\sigma}{a} \frac{\rho_{bh}}{\rho_n}$

$$q = 4\pi Da \frac{\mu}{RT} \frac{2\sigma}{a} \frac{\rho_{bh}}{\rho_n} = \frac{8D\pi\sigma\mu\rho_{bh}}{RT\rho_n} = \text{const không phụ thuộc vào bán kính } a$$

Vậy dòng hơi khuếch tán không đổi theo thời gian. .... (0,5 đ)

Vậy thời gian bay hơi để giọt nước thay đổi bán kính từ  $a$  xuống  $a/3$ :

$$\tau = \left( \frac{4\pi a^3}{3} - \frac{4\pi a^3}{27} \right) \frac{\rho_n}{q} = \frac{32\rho_n^2 RT a^3}{27D\sigma\rho_{bh}\mu} \dots\dots\dots (0,5 \text{ đ})$$

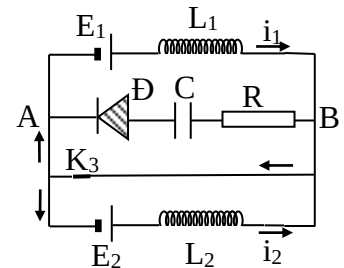
### CÂU III (3,0 điểm)

Ngay trước lúc ở  $K_3$ : kí hiệu các dòng điện với chiều như trên hình vẽ. Dòng  $i_1$  đã tồn tại trong thời gian  $(t_1 + t_2)$ , còn dòng  $i_2$  đã tồn tại trong thời gian  $t_2$ . Ta có các phương trình:

$$-E_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} = 0 \quad (1); \quad -E_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} = 0 \quad (2)$$

$$\text{Từ (1)} \Rightarrow L_1 di_1 = E_1 dt \Rightarrow I_{10} = \frac{E_1(t_1 + t_2)}{L_1} = \frac{5,0,3}{0,5} = 3A$$

$$\text{Tương tự từ (2)} \Rightarrow L_2 di_2 = E_2 dt \Rightarrow I_{20} = \frac{E_2 t_2}{L_2} = \frac{5,0,2}{0,25} = 4A \dots\dots\dots (0,5 \text{ đ})$$



Tại thời điểm mở  $K_3$  (chọn làm gốc thời gian  $t = 0$ ) thì điốt  $D$  mở, ta có mạch như trên hình. Ký hiệu điện tích trên bản nối với B của tụ C là  $q$ . Tại thời điểm  $t$  sau khi mở  $K_3$  ta có các phương trình

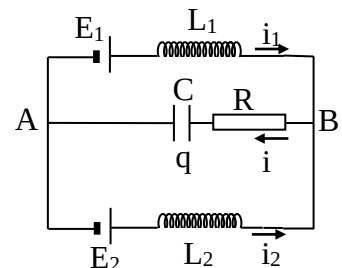
$$\begin{cases} E_1 - L_1 \frac{di_1}{dt} = E_2 - L_2 \frac{di_2}{dt} = \frac{q}{C} + iR \quad (3) \\ i = i_1 + i_2 = \frac{dq}{dt} \quad (4) \end{cases}$$

$$\text{Từ (4): } i'_1 + i'_2 = q'' \quad (5)$$

$$\text{Từ (3); } i'_1 = -\frac{q}{CL_1} + \frac{E_1}{L_1} - \frac{(i_1 + i_2)}{L_1} R; \quad i'_2 = -\frac{q}{CL_2} + \frac{E_2}{L_2} - \frac{(i_1 + i_2)}{L_2} R$$

Thay vào (5):

$$\rightarrow q'' + \frac{(L_1 + L_2)R}{L_1 L_2} q' + \frac{(L_1 + L_2)}{CL_1 L_2} q - \frac{(L_1 + L_2)}{L_1 L_2} E_1 = 0 \quad (6)$$



dự thảo

$$\text{Đặt } q - CE_1 = Q \text{ thì (6) cho: } Q'' + \frac{(L_1 + L_2)R}{L_1 L_2} Q' + \frac{(L_1 + L_2)}{CL_1 L_2} Q = 0 \text{ (7) ..... (0,5 đ)}$$

1. (1,0 đ) Với  $R = 5 \Omega$

$$\text{Ta có } \frac{L_1 + L_2}{CL_1 L_2} - \left( \frac{L_1 + L_2}{2L_1 L_2} R \right)^2 > 0 \text{ nên nghiệm của (7) có dạng:}$$

$$Q = Ae^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi) \text{ với } \omega = \sqrt{\frac{L_1 + L_2}{CL_1 L_2} - \left( \frac{L_1 + L_2}{2L_1 L_2} R \right)^2} = 172,55 \text{ rad/s}$$

$$\beta = \frac{L_1 + L_2}{2L_1 L_2} R = 15 \text{ rad/s}$$

$$\Rightarrow q = Ae^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi) + CE_1 \text{ (8) ..... (0,5 đ)}$$

$$\text{Lúc } t = 0: q = 0 \Rightarrow A \cos \varphi = -CE_1 \text{ (9)}$$

$$i_0 = q' = I_{10} + I_{20} = 7 \text{ (A)} \Rightarrow -A\omega \sin \varphi - A\beta \cos \varphi = 7 \text{ (10).}$$

$$\text{Từ (9) và (10): } \tan \varphi = \frac{7 - \beta CE_1}{\omega CE_1} \Rightarrow \varphi = 1,546 \text{ rad} \sim 88,59^\circ \text{ và } A = -0,04$$

$$\text{Biểu thức của } q: q = 10^{-3} - 0,04e^{-15t} \cos(172,554t + 1,546) \text{ C ..... (0,25 đ)}$$

Ta có hiệu điện thế trên tụ đạt cực đại khi  $q$  đạt cực trị đầu tiên ứng với

$$q'(t) = 0 \Rightarrow t = \frac{\pi + \arctan\left(-\frac{\beta}{\omega}\right) - \varphi}{\omega} = 87,44 \cdot 10^{-4} \text{ (s); } q_{\max} = 3,64 \cdot 10^{-2} \text{ C}$$

$$U_{\text{cmax}} = \frac{q_{\max}}{C} \approx 182 \text{ (V) ..... (0,25 đ)}$$

Như vậy sau  $87,44 \cdot 10^{-4} \text{ s}$  kể từ thời điểm đóng  $K_3$  thì tụ đạt giá trị điện áp cực đại, kể từ thời điểm này trở đi hiệu điện thế trên tụ không đổi.

2. (1,0 đ) Khi  $R = 60 \Omega$

$$\text{Ta có } \frac{L_1 + L_2}{CL_1 L_2} - \left( \frac{L_1 + L_2}{2L_1 L_2} R \right)^2 < 0 \text{ nên nghiệm của (7) có dạng: } Q = e^{-\beta t} (Ae^{-\omega t} + Be^{\omega t})$$

$$\Rightarrow q = e^{-\beta t} (Ae^{-\omega t} + Be^{\omega t}) + CE_1 \text{ với } \omega = \sqrt{\left( \frac{L_1 + L_2}{2L_1 L_2} R \right)^2 - \frac{L_1 + L_2}{CL_1 L_2}} = 49 \text{ rad/s}$$

$$\text{và } \beta = \frac{L_1 + L_2}{2L_1 L_2} R = 180 \text{ rad/s ..... (0,5 đ)}$$

$$\text{Lúc } t = 0: q = 0 \Rightarrow A + B + CE_1 = 0$$

$$i_0 = q' = I_{10} + I_{20} = 7 \text{ (A)} \Rightarrow -A\omega + B\omega - \beta(A + B) = 7$$

$$\text{Do đó } A = \frac{\beta CE_1 - 7 - \omega CE_1}{2\omega} = -0,070; B = \frac{7 - \beta CE_1 - \omega CE_1}{2\omega} = 0,069 \text{ ..... (0,25 đ)}$$

dự thảo

Điện tích biến thiên theo thời gian là:  $q = e^{-180t}(-0,07e^{-49t} + 0,069e^{49t}) + 10^{-3}$

Điện tích cực đại  $q_{\max} = 14,75 \cdot 10^{-3} \text{ C} \Rightarrow U_{\text{cmax}} = 73,7 \text{ V} \dots\dots\dots (0,25 \text{ đ})$

#### CÂU IV (3,5 điểm)

1(1,5 đ).  $n$  là mật độ photon nên số photon đến trong 1 giây là  $S$  là  $nSc \cdot \cos i$ . Ta có  $f = \frac{c}{\lambda}$

a) Động lượng của các photon đến diện tích  $S$  của mặt phẳng trong 1s là:

$$\left(\frac{hf}{c} nSc \cos i\right) \frac{\vec{c}}{c} = (uSc \cos i) \frac{\vec{c}}{c} \text{ với } u = nhf \text{ là mật độ năng lượng.}$$

Tương tự động lượng của chùm photon phản xạ với hệ số phản xạ  $r$  là  $ruSc \cos i \frac{\vec{c}'}{c}$

$$\text{Lực tác dụng lên mặt phẳng: } \vec{F} = -\left(ruSc \cos i \frac{\vec{c}'}{c} - uSc \cos i \frac{\vec{c}}{c}\right) = -uSc \cos i \left(r \frac{\vec{c}'}{c} - \frac{\vec{c}}{c}\right);$$

Phân tích lực  $\vec{F} = \vec{F}_{\perp} + \vec{T}$

$$\text{ta có: } F_{\perp} = uS(1+r) \cos^2 i = nh \frac{c}{\lambda} S(1+r) \cos^2 i \text{ vì } \left(r \frac{\vec{c}'}{c} - \frac{\vec{c}}{c}\right) \Big|_{\perp} = -r \cos i - \cos i$$

$$T = uSc \cos i \sin i - ruSc \cos i \sin i = u(1-r) \sin i \cos i \text{ hay } T = \frac{u}{2} S(1-r) \sin 2i = \frac{nhc}{2\lambda} S(1-r) \sin 2i.$$

$$\text{Lực tác dụng trên một đơn vị diện tích: } F = \frac{nhc}{2\lambda} \sqrt{(1-r)^2 \sin^2 2i + 4(1+r)^2 \cos^4 i}$$

$$\text{Áp suất ánh sáng: } p = \frac{nhc}{\lambda} (1+r) \cos^2 i \dots\dots\dots (0,75 \text{ đ})$$

b) Trong một giây, số photon tới diện tích mặt  $S$  là  $nSc \cdot \cos i$ .

Giữa hai hình nón có góc ở đỉnh  $\theta$  và  $\theta + d\theta$  có góc khối:  $d\Omega = 2\pi \sin \theta d\theta$ .

Số photon chiếu đến mặt phẳng sẽ tán xạ trong góc khối này tỉ lệ với  $\frac{d\Omega}{2\pi} = \sin \theta d\theta$

Hình chiếu động lượng theo phương pháp tuyến của một photon mặt là  $\frac{hf}{c} \cos \theta$ .

Tổng động lượng chiếu theo phương pháp tuyến của các photon tán xạ trong góc  $d\Omega$  là:

$$nSc \cdot \cos i \cdot \frac{hf}{c} \cos \theta \sin \theta d\theta.$$

Tổng động lượng của các photon tán xạ theo phương pháp tuyến trên toàn bề mặt:

$$F_{\perp} = nSc \cdot \cos i \cdot \frac{hf}{c} \int_0^{\pi/2} \cos \theta \sin \theta d\theta = \frac{Su}{2} \cos i \text{ (vì } \int_0^{\pi/2} \cos \theta \sin \theta d\theta = \frac{1}{2}).$$

Tổng xung lượng của các photon tới mặt phẳng dưới góc tới  $i$  là  $(Su \cos i) \frac{\vec{c}}{c}$ .

$$\text{Áp suất ánh sáng là: } p = \frac{uSc \cos i \cdot \cos i + \frac{uS}{2} \cos i}{S} = \frac{nhc}{\lambda} \left(\cos^2 i + \frac{1}{2} \cos i\right)$$

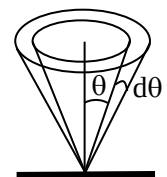
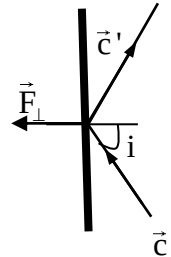
Theo phương tiếp tuyến, các photon tán xạ tác dụng lực tổng cộng bằng không do đó chỉ đóng góp bởi thành phần photon tới:  $T = nSc \frac{hf}{c} \cos i \cdot \sin i = \frac{nhc}{\lambda} Sc \cos i \cdot \sin i$

$$\text{Lực tác dụng trên một đơn vị diện tích } F = \frac{nhc}{\lambda} \sqrt{\left(\cos^2 i + \frac{1}{2} \cos i\right)^2 + \cos^2 i \cdot \sin^2 i} \dots\dots\dots (0,75 \text{ đ})$$

$$\text{Lực tác dụng trên một đơn vị diện tích } F = \frac{nhc}{\lambda} \sqrt{\left(\cos^2 i + \frac{1}{2} \cos i\right)^2 + \cos^2 i \cdot \sin^2 i} \dots\dots\dots (0,75 \text{ đ})$$

2. Mặt cầu

a) (1,0 đ) Khi mặt cầu là mặt gương:



dự thảo

Chia nửa mặt cầu thành các đới cầu vuông góc với phương chùm sáng

Lực pháp tuyến tác dụng lên 1 đơn vị diện tích có phương pháp tuyến mặt hợp với phương tia tới góc  $\varphi$  là:  $f_{\perp} = \frac{nhc}{\lambda} \cos \varphi$  nên lực pháp tuyến

tác dụng lên toàn đới cầu có diện tích  $dS = 2\pi R^2 \sin \varphi d\varphi$  là

$$\frac{nhc}{\lambda} \cos \varphi \cdot 2\pi R^2 \sin \varphi d\varphi$$

lực tác dụng theo phương ánh sáng là  $f = \left( \frac{nhc}{\lambda} \cos \varphi \right) (2\pi R^2 \sin \varphi d\varphi) \cos \varphi \dots\dots\dots (0,5đ)$

Ta có lực tiếp tuyến = 0.

Lực tổng cộng  $F = \int_0^{\pi/2} \frac{nhc}{\lambda} \cos^2 \varphi \cdot 2\pi R^2 \sin \varphi d\varphi = \frac{2\pi R^2 nhc}{3\lambda}$  và có phương là phương chùm sáng.

..... (0,5đ)

b) (1,0 đ) Khi mặt cầu là mặt nhám

Do mặt nhám nên lực tác dụng lên một đơn vị diện tích  $f_{\perp} = \frac{nhc}{\lambda} (\cos^2 \varphi + \frac{1}{2} \cos \varphi)$

Tại phần tử diện tích  $dS = 2\pi R^2 \sin \varphi d\varphi$  chùm sáng chiếu tới với góc  $\varphi$  thì lực tác dụng lên

diện tích  $dS$  theo phương pháp tuyến là:  $dF_{\perp} = \frac{nhc}{\lambda} (\cos^2 \varphi + \frac{1}{2} \cos \varphi) dS$

theo phương tiếp tuyến là  $dF_{//} = \frac{nhc}{\lambda} \sin \varphi \cos \varphi dS$ . ..... (0,5đ)

Thành phần lực theo hướng tia tới là  $dF_x = (dF_{\perp} \cos \varphi + dF_{//} \sin \varphi)$

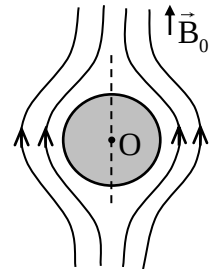
Lực tác dụng:  $F = \int_0^{\pi/2} dF_x = \frac{nhc}{\lambda} 2\pi R^2 \left[ \int_0^{\pi/2} (\cos^2 \varphi + \frac{1}{2} \cos \varphi) \cos \varphi \sin \varphi d\varphi + \int_0^{\pi/2} \sin^3 \varphi \cos \varphi d\varphi \right]$

$$F = \frac{nhc}{\pi} 2\pi R^2 \left[ \left( \frac{1}{4} \cos^4 \varphi + \frac{1}{6} \cos^3 \varphi \right) \Big|_0^{\pi/2} - \frac{\sin^4 \varphi}{4} \Big|_0^{\pi/2} \right] = \frac{4nhc}{3\lambda} \pi R^2 \dots\dots\dots (0,5 đ)$$

### CÂU V (2,5 điểm)

1.a) Từ trường gần quả cầu có dạng hình vẽ. .... (0,25đ)

b). Khi đặt trong từ trường, trên bề mặt xuất hiện các dòng điện để sao cho từ trường tổng hợp bên trong quả cầu bằng 0. Do tính đối xứng, các dòng điện có dạng hình tròn chạy trên các mặt phẳng vuông góc với từ trường ngoài  $\vec{B}_0$ . Ta có thể thay thế các dòng điện này bằng một mômen từ  $\vec{\mu}$  đặt tại tâm O của quả cầu và có chiều ngược với từ trường  $\vec{B}_0$ .



Xét một điểm N trên mặt cầu có  $\vec{ON}$  hợp với  $\vec{B}_0$  một góc  $\theta$ . Vì từ trường

bên trong quả cầu bằng 0 nên tại N các đường sức phải tiếp tuyến với mặt cầu, hay thành phần pháp tuyến của từ trường tổng hợp bằng 0.

Do đó  $B_{0n} = -B_n$ ; mặt khác  $B_{0n} = B_0 \cos \theta$ ;  $B_n = \frac{\mu_0}{4\pi} \left( \frac{3\mu \cos \theta}{R^3} - \frac{\mu \cos \theta}{R^3} \right) = \frac{\mu_0 \mu \cos \theta}{2\pi R^3}$ . .... (0,5đ)

$$\text{Vậy momen từ } \vec{\mu} = -\frac{2\pi}{\mu_0} R^3 \vec{B}_0$$

Cảm ứng từ do quả cầu sinh ra tại điểm M là:  $\vec{B} = \frac{R^3}{2r^3} \vec{B}_0 - \frac{3R^3 (\vec{B}_0 \cdot \vec{r})}{2r^5} \vec{r}$  ..... (0,5đ)

2. Do  $a \ll R$  nên ta có thể coi từ trường xung quanh quả cầu là đều.

dự thảo

Khi quả cầu cách tâm vòng dây đoạn  $x$ , từ trường xung quanh quả cầu

$$\text{là } B(x) = \frac{\mu_0 I a^2}{2(a^2 + x^2)^{3/2}}$$

Từ trường  $\vec{B}(x)$  sinh ra momen từ  $\vec{\mu}(x) = -\frac{2\pi}{\mu_0} R^3 \vec{B}(x)$  ..... (0,5đ)

Xét tác dụng của  $\vec{\mu}(x)$  dưới tác dụng của  $\vec{B}(x)$ . Do tác dụng của momen lực, momen từ bị quay đi góc nhỏ  $d\varphi$ . Công do momen từ sinh ra  $dA = \vec{\tau} \cdot d\vec{\varphi} = [\vec{\mu}(x) \wedge \vec{B}(x)] \cdot \vec{n} d\varphi$ , với  $\vec{n}$  là vectơ pháp tuyến của mặt phẳng quay.

Ta có  $dA = \vec{\tau} \cdot d\vec{\varphi} = [\vec{\mu}(x) \wedge \vec{B}_\perp(x)] \cdot \vec{n} d\varphi = -\mu(x) \cdot B(x) \sin \varphi d\varphi \cdot \vec{n}^2 = d(\mu(x) \cdot B(x) \cos \varphi)$ .

Năng lượng tương tác là  $U = -\vec{\mu}(x) \cdot \vec{B}(x) = -\frac{2\pi}{\mu_0} R^3 B^2$  ..... (0,25đ)

Vận tốc của quả cầu ở vị trí cách tâm vòng dây một khoảng  $h$  là nhỏ nhất khi vận tốc của nó tại tâm vòng dây bằng 0.

$$\text{Do đó } \frac{1}{2} m v_{\min}^2 + \frac{\mu_0 \pi I^2 R^3 a^4}{2(a^2 + h^2)^3} = \frac{\mu_0 \pi I^2 R^3}{2a^2} \text{ hay } v \geq \sqrt{\frac{\mu_0 \pi I^2 R^3}{m} \left( \frac{1}{a^2} - \frac{1}{(a^2 + h^2)^3} \right)} \text{ ..... (0,5đ)}$$

### CÂU VI (3,0 điểm)

1.a) Vận tốc khối tâm  $\vec{v}_G = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 \vec{v}_1}{m_1 + m_2} = \text{const}$  ..... (0,25đ)

Ta ký hiệu động lượng các hạt 1 (2) trước va chạm trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm là  $\vec{p}_1 (\vec{p}_2)$ , trong hệ quy chiếu khối tâm là  $\vec{p}_1^* (\vec{p}_2^*)$ . Các đại lượng tương ứng sau va chạm là  $\vec{p}_1' (\vec{p}_2')$ ,  $\vec{p}_1^{*'} (\vec{p}_2^{*'})$

Công thức chuyển hệ quy chiếu  $\vec{p}_x^* + m_x \vec{V}_G = \vec{p}_x$

Trước va chạm  $\vec{p}_2^* + m_2 \vec{V}_G = \vec{p}_2 = 0 \Rightarrow \vec{p}_2^* = -\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \vec{v}_1 \equiv \mu \vec{v}_1$  với  $\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$  là khối lượng

rút gọn.

Trong hệ quy chiếu khối tâm, tổng động lượng hai hạt bằng luôn bằng 0 nên ta có

$$\vec{p}_1^* + \vec{p}_2^* = \vec{p}_1^{*'} + \vec{p}_2^{*'} = 0 \text{ ..... (0,5đ)}$$

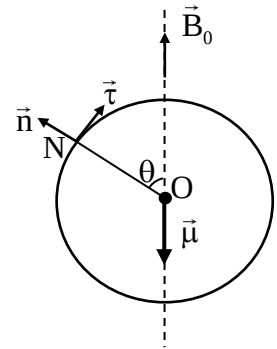
Do va chạm là hoàn toàn đàn hồi nên trong hệ quy chiếu khối tâm sau va chạm động lượng mỗi hạt chỉ đổi hướng chứ không đổi độ lớn  $\vec{p}_1^{*'} = \vec{n} \cdot |\vec{p}_1^*| = \vec{n} \cdot |\vec{p}_2^*| = \mu v_1 \cdot \vec{n}$

$$\vec{p}_2^{*'} = -\mu v_1 \cdot \vec{n}$$

$$\text{Chuyển về hệ phòng thí nghiệm } \begin{cases} \vec{p}_1' = \vec{p}_1^{*'} + m_1 \vec{V}_G = \mu v_1 \cdot \vec{n} + \mu \frac{m_1}{m_2} \cdot \vec{v}_1 \\ \vec{p}_2' = \vec{p}_2^{*'} + m_2 \vec{V}_G = -\mu v_1 \cdot \vec{n} + \mu \cdot \vec{v}_1 \end{cases} \text{ (1) ..... (0,25đ)}$$

$$\text{b) Từ (1) ta có } p_1'^2 = \mu^2 v_1^2 \left[ 1 + \left( \frac{m_1}{m_2} \right)^2 + 2 \frac{m_1}{m_2} \cos \Phi \right]$$

$$x = \frac{E_1'}{E_1} = \frac{p_1'^2}{p_1^2} = \frac{m_2^2}{(m_1 + m_2)^2} \left[ 1 + \left( \frac{m_1}{m_2} \right)^2 + 2 \frac{m_1}{m_2} \cos \Phi \right] = \frac{m_1^2 + m_2^2 + 2m_1 m_2 \cos \Phi}{(m_1 + m_2)^2} \text{ (2) ..... (0,5đ)}$$



dự thảo

2.a) Do tán xạ là đẳng hướng, khi N neutron tới sẽ có N neutron tán xạ theo các phương khác nhau. Xét với góc khối  $d\Omega$  ta có dn neutron tán xạ.

$$\frac{dn}{N} = \frac{d\Omega}{4\pi} = \frac{2\pi \sin \Phi d\Phi}{4\pi} = \frac{1}{2} \sin \Phi d\Phi \quad (3)$$

Neutron bị tán xạ nằm trong góc khối này có năng lượng:  $E'_1 = xE_1 = \frac{m_1^2 + m_2^2 + 2m_1m_2 \cos \Phi}{(m_1 + m_2)^2} E_1$

Lấy vi phân năng lượng của neutron tán xạ (chỉ tính giá trị tuyệt đối) ta được:

$$dE'_1 = d(xE_1) = -\frac{2m_1m_2}{(m_1 + m_2)^2} E_1 \sin \Phi d\Phi \quad (4)$$

Khử biến  $\Phi$  từ (3) và (4) ta được  $\frac{dn}{N} = \frac{1}{4} \frac{(m_1 + m_2)^2}{m_1m_2} \frac{dE'_1}{E_1}$

Với  $m_1 = 1$  và  $m_2 = A$  ta có xác suất:  $\frac{dn}{N} = \frac{(1+A)^2}{4A} \frac{dE'_1}{E_1} \dots\dots\dots (0,5đ)$

b) Khi góc  $\Phi$  biến thiên, tỷ số  $\frac{dn}{dE'_1} = \frac{(1+A)^2}{4A} \frac{N}{E_1}$  là không đổi trong khoảng  $x$  kẹp giữa:

+ giá trị cực tiểu:  $\frac{1+A^2-2A}{(1+A)^2} = \left(\frac{1-A}{1+A}\right)^2$  ứng với  $\Phi = \pi$

+ giá trị cực đại  $\frac{1+A^2+2A}{(1+A)^2} = \left(\frac{1+A}{1+A}\right)^2 = 1$  ứng với  $\Phi = 0$

Vậy tỷ phần của năng lượng trung bình của neutron tán xạ so với neutron tới:

$$y = \frac{1}{2} \left[ 1 + \left( \frac{1-A}{1+A} \right)^2 \right] = \frac{1+A^2}{(1+A)^2}$$

Khi chậm neutron bằng hạt nhân bo ( $A = 10$ )  $y = \frac{1+10^2}{(1+10)^2} = \frac{101}{121} = 83,5\% \dots\dots\dots (0,5đ)$

c) Sau k va chạm, năng lượng trung bình của neutron tán xạ bằng  $E_k = y^k E_1 = \left[ \frac{1+A^2}{(1+A)^2} \right]^k E_1$

Vậy số va chạm cần thiết để là chậm neutron tới năng lượng  $E_k$  là  $k = \frac{\ln(E_k / E_1)}{\ln \left[ (1+A)^2 / (1+A^2) \right]}$

Thay số vào ta được:

+ đối với  $A = 1$  (hidro):  $k = 24$

+ đối với  $A = 10$  (bo):  $k = 93$

+ đối với  $A = 56$  (sắt):  $k = 479$

Vậy người ta thường dùng các hạt nhân nhẹ là chất là chậm neutron. .... (0,5đ)

-----HẾT-----