

ĐỀ CHÍNH THỨC

Thời gian làm bài: 180 phút (không kể thời gian giao đề)
(Đề thi có 02 trang, gồm 05 câu)

Câu 1 (3,0 điểm):

Một con lắc lò xo, một đầu cố định, đầu còn lại gắn với vật nặng có khối lượng $m = 120\text{g}$, lò xo nhẹ có độ cứng $k = 48\text{ N/m}$. Lấy $g = 10\text{m/s}^2$, $\pi^2 = 10$.

1. Đặt con lắc lò xo trên mặt phẳng nằm ngang không ma sát. Ban đầu vật đứng yên ở vị trí lò xo không bị biến dạng, chọn gốc tọa độ O tại vị trí này, trục Ox dọc theo trục lò xo. Kích thích cho vật dao động điều hòa dọc theo trục Ox với biên độ 6cm . Chọn gốc thời gian là lúc vật có li độ $x = 3\text{cm}$ và đang tăng.

a. Viết phương trình dao động của vật.

b. Xác định giá trị lực kéo về tại thời điểm $t = \frac{\pi}{20}\text{s}$.

c. Xác định thời điểm vật có li độ $x = -2\text{ cm}$ và đang tăng lần đầu tiên (tính từ lúc $t = 0$).

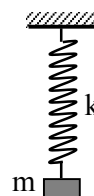
d. Xác định tốc độ trung bình trong thời gian tính từ lúc $t = 0$ đến khi vật tới vị trí có li độ $x = 4\text{ cm}$ lần thứ 2.

e. Tính từ thời điểm $t = 0$, khi vật đi hết quãng đường 18cm thì vật có li độ x . Tìm x , tìm tỉ số giữa động năng và thế năng của con lắc tại vị trí này.

2. Treo con lắc lò xo thẳng đứng như hình vẽ. Chọn gốc tọa độ O tại vị trí cân bằng của vật, trục Ox thẳng đứng hướng xuống. Kích thích cho vật dao động điều hòa theo phương thẳng đứng dọc theo trục lò xo với biên độ 8cm .

a. Xác định khoảng thời gian lò xo bị nén trong một chu kì.

b. Xác định khoảng thời gian lực kéo về cùng hướng lực kéo về trong một chu kì.



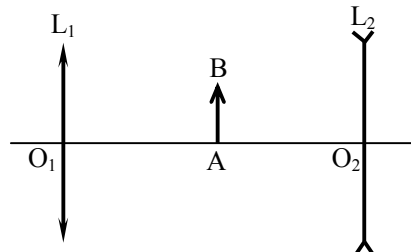
Câu 2 (1,5 điểm):

Thấu kính hội tụ L_1 và thấu kính phân kì L_2 có các tiêu cự tương ứng là $f_1 = 15\text{cm}$, $f_2 = -15\text{cm}$ được đặt đồng trục như hình vẽ. Vật sáng AB phẳng mỏng được đặt vuông góc với trục chính trong khoảng giữa hai quang tâm O_1 , O_2 (Hình vẽ), A nằm trên đoạn O_1O_2 . Biết $O_1O_2 = 40\text{cm}$.

a. Đặt vật ở vị trí cách đều hai thấu kính, tìm vị trí ảnh của AB cho bởi mỗi thấu kính.

b. Xác định vị trí đặt vật AB trên đoạn O_1O_2 để hai ảnh có vị trí trùng nhau.

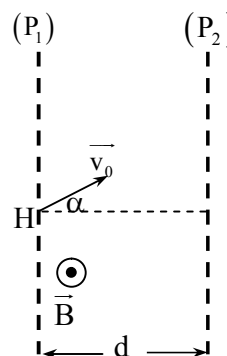
c. Đặt vật AB trên đoạn O_1O_2 . Gọi A_1B_1 là ảnh của AB qua thấu kính L_1 , A_2B_2 là ảnh của AB qua thấu kính L_2 . Xác định vị trí đặt vật AB trên đoạn O_1O_2 để $A_1B_1 = 2A_2B_2$.



Câu 3 (2,0 điểm):

Một hạt prôtôn (có khối lượng $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}\text{kg}$ và điện tích $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$) đang chuyển động thẳng đều với tốc độ $v_0 = 4790\text{m/s}$ thì bay vào miền không gian giới hạn bởi hai mặt phẳng thẳng đứng (P_1) ; (P_2) song song với nhau và vuông góc với mặt phẳng hình vẽ.

Miền không gian này có từ trường đều với vector cảm ứng từ \vec{B} vuông góc với mặt phẳng hình vẽ ($\vec{B} \perp \vec{v}_0$), hướng từ trong ra, $B = 5 \cdot 10^{-3}\text{T}$, bề rộng của miền này là $d = 0,75\text{cm}$. Gọi H là vị trí hạt prôtôn bắt đầu đi vào miền không gian có từ trường, lúc này vector vận tốc \vec{v}_0 hợp với phương nằm ngang góc $\alpha = 30^\circ$ (Hình vẽ).

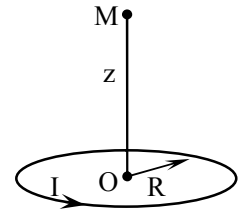


Bỏ qua tác dụng của trọng lực, ma sát, lực cản. Prôtôn chỉ chuyển động trong mặt phẳng hình vẽ.

1. Xác định bán kính quỹ đạo của prôtôn trong miền không gian có từ trường.
2. Xác định thời gian prôtôn chuyển động trong miền không gian có từ trường.

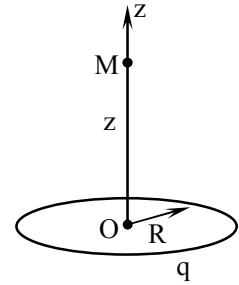
Câu 4 (1,5 điểm):

Một vòng dây dẫn mảnh tâm O, bán kính R, có dòng điện không đổi cường độ I chạy qua. Một điểm M nằm trên đường thẳng qua tâm O và vuông góc với mặt phẳng vòng dây, M cách mặt phẳng vòng dây một đoạn z. Hệ đặt trong không khí. Xác định cảm ứng từ tại điểm M (kết quả tính theo μ_0, I, R, z).



Câu 5 (2,0 điểm):

Một vòng dây mảnh, tròn có bán kính R được tích điện q phân bố đều theo chiều dài của vòng dây. Vòng dây được đặt nằm ngang trong không khí (Hình vẽ). Chọn trục Oz thẳng đứng trùng với trục của vòng dây, gốc O tại tâm vòng dây. Một điểm M nằm trên trục Oz, tọa độ của điểm M là z.



Cho biết: Một vi phân điện tích dq (ứng với vi phân chiều dài dl trên vòng dây) gây ra tại điểm M một điện thế dV được xác định theo công thức $dV = k \frac{dq}{\epsilon r}$ (với $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$, ϵ_0 là hằng số điện).

1. Áp dụng công thức trên hãy tính điện thế do toàn bộ điện tích trên vòng dây gây ra tại điểm M (kết quả tính theo q, ϵ_0, R, z).
2. Xét một hạt khối lượng m, mang điện tích đúng bằng điện tích q của vòng dây. Ta chỉ nghiên cứu chuyển động của hạt dọc theo trục Oz. Ban đầu hạt ở vị trí N có tọa độ $z = h$. Hạt được cung cấp vận tốc đầu \vec{v}_0 hướng về phía tâm O của vòng dây. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.
 - a. Tính công của lực điện do vòng dây tác dụng lên hạt đó trong quá trình dịch chuyển từ vị trí N đến vị trí O.
 - b. Tìm điều kiện của v_0 (theo q, ϵ_0, R, h, m) để hạt có thể vượt qua mặt phẳng vòng dây.
3. Xét có ảnh hưởng của trọng lực, chọn khối lượng m của hạt thỏa mãn điều kiện $2\sqrt{2} mg = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 R^2}$, với g là gia tốc trọng trường. Xác định tọa độ của hạt trên trục Oz khi nó ở vị trí cân bằng (kết quả tính theo R).

-----Hết-----

- Thí sinh không được sử dụng tài liệu;
- Giám thị không giải thích gì thêm.

ĐÁP ÁN

Câu 1 (3,0 điểm):

Câu 2 (1,5 điểm):

a.

- Xét với thấu kính L_1

$$d_1 = 20\text{cm} \Rightarrow d_1' = \frac{d_1 f_1}{d_1 - f_1} = \frac{20 \cdot 15}{20 - 15} = 60\text{cm}$$

- Xét với thấu kính L_2

$$d_2 = 20\text{cm} \Rightarrow d_2' = \frac{d_2 f}{d_2 - f} = \frac{20 \cdot (-15)}{20 + 15} = \frac{-60}{7} \text{cm} \approx -8,6\text{cm}$$

b.

$$AB \xrightarrow[d_1]{L_1} A_1 B_1 \quad ; \quad AB \xrightarrow[d_2]{L_2} A_2 B_2$$

Gọi x là khoảng cách từ AB đến thấu kính L_1

$$\Rightarrow d_1 = x \Rightarrow d_2 = 40 - x \quad (\text{cm})$$

Do ảnh $A_2 B_2$ luôn là ảnh ảo, nằm trong đoạn $O_2 F_2'$ nên để ảnh $A_2 B_2$ trùng với $A_1 B_1$ thì $A_1 B_1$ phải là ảnh ảo.

$$\Rightarrow -d_1' - d_2' = O_1 O_2 = 40$$

$$\Leftrightarrow -\frac{15x}{x-15} + \frac{15(40-x)}{40-x+15} = 40$$

$$\Rightarrow x = 10\text{cm}$$

c.

Để $A_1 B_1 = 2A_2 B_2$.

$$\Rightarrow |k_1| = 2|k_2|$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{f_1}{f_1 - x} = 2 \cdot \frac{f_2}{f_2 - (40 - x)} \Leftrightarrow \frac{1}{15 - x} = \frac{2}{40 - x + 15} \Leftrightarrow x = -25\text{cm} \\ \frac{f_1}{f_1 - x} = -2 \cdot \frac{f_2}{f_2 - (40 - x)} \Leftrightarrow \frac{1}{15 - x} = \frac{-2}{40 - x + 15} \Rightarrow x = \frac{85}{3} \text{cm} \approx 28,3\text{cm} \end{cases}$$

Câu 3 (2,0 điểm):

Khi prôtôn chuyển động trong từ trường có vectơ cảm ứng từ vuông góc với vectơ vận tốc, nó chịu tác dụng của lực Lo - ren- xơ như hình vẽ.

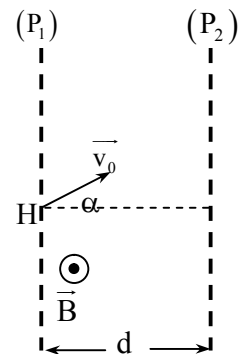
Vì $\vec{F}_L \perp \vec{v}_0$ nên độ lớn vận tốc không đổi, chỉ bị thay đổi hướng, quỹ đạo chuyển động của prôtôn là một cung tròn

1.

- Áp dụng định luật II Niu-ton cho prôtôn, chiếu lên phương HO chiều hướng về tâm O

$$F_L = m_p a_{ht} \Leftrightarrow q_p v_0 B_1 \sin(\vec{v}_0, \vec{B}_1) = m_p \frac{v_0^2}{R}$$

$$\Leftrightarrow R = \frac{m_p v_0}{q_p B_1} = \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 4790}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^{-3}} \approx 0,01\text{m} = 1\text{cm}$$



2.

- Prôtôn bắt đầu ra khỏi miền 1 ở điểm E trên mặt phẳng (Δ_2).

- Từ hình vẽ, ta có

$$OD = d_1 - R \sin \alpha = 0,75 - 1 \cdot \sin 30^\circ = 0,25 \text{ cm}$$

- Xét tam giác ODE

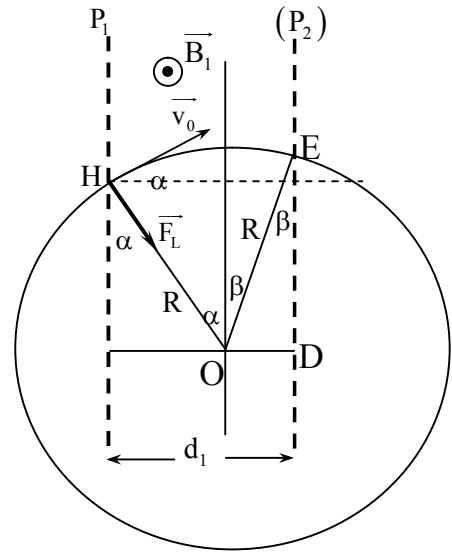
$$\sin \beta = \frac{OD}{R} = 0,25 \Rightarrow \beta \approx 14,4775^\circ$$

- Quỹ đạo chuyển động của prôtôn là cung tròn

$$\widehat{HE} = (\alpha + \beta) \frac{\pi}{180} \cdot R \approx 0,7763 \text{ cm}$$

- Thời gian prôtôn chuyển động trong miền 1 là

$$\Delta t = \frac{\widehat{HE}}{v_0} \approx 1,62 \cdot 10^{-6} \text{ s}$$



Câu 4 (1,5 điểm):

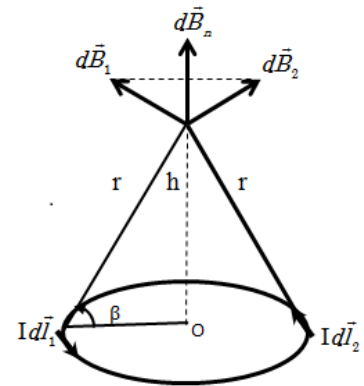
Chia dòng điện thành các phần tử $I d\vec{\ell}$, mỗi phần tử này gây ra tại M một vec tơ cảm ứng từ

$$d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0 [I d\vec{\ell} \cdot \vec{r}]}{4\pi r^3}, \text{ trong đó } \mu = 1 \text{ vì đặt dòng điện trong không}$$

khí.

- Độ lớn của cảm ứng từ là

$$dB = \frac{\mu_0 I d\ell}{4\pi r^2}$$



$$dB_z = 2 \frac{\mu_0 I d\ell}{4\pi r^2} \sin \theta = 2 \frac{\mu_0 I d\ell}{4\pi r^2} \cdot \frac{R}{r} = 2 \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I d\ell R}{(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (1)$$

Cảm ứng từ tổng hợp do cả vòng dây gây ra tại điểm M là

$$B_z = \int dB_z = \int_0^{\pi R} 2 \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I d\ell R}{(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}$$

Câu 5 (2,0 điểm):

Chia vành thành nhiều phần tử dl , điện tích trên mỗi phần tử

$$dq = \frac{dl}{2\pi R} q = \frac{q}{2\pi} d\alpha$$

- Điện thế do mỗi phần tử gây ra tại điểm M trên trục, có tọa độ z:

$$dV = k \frac{dq}{\sqrt{R^2 + z^2}} = \frac{qd\alpha}{8\pi^2 \epsilon_0 \sqrt{R^2 + z^2}}$$

- Điện thế V do vành tròn tích điện gây ra tại M:

$$V = \int_0^{2\pi} dV = \int_0^{2\pi} \frac{qd\alpha}{8\pi^2 \epsilon_0 \sqrt{R^2 + z^2}} = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 \sqrt{R^2 + z^2}}$$

2- a- Điện thế do vành gây ra tại tâm: $V_o = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 R}$.

Đề hạt có thể xuyên qua vòng dây thì :

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}mv_0^2 + qV_M &\geq qV_o \Leftrightarrow \\ \frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{q^2}{4\pi \epsilon_0 \sqrt{R^2 + h^2}} &\geq \frac{q^2}{4\pi \epsilon_0 R} \\ \Rightarrow v_0 &\geq \sqrt{\frac{q^2}{2\pi m \epsilon_0} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + h^2}} \right)} \end{aligned}$$

b- Khi hạt ở độ cao z, thế năng của hạt: $U = mgz + \frac{q^2}{4\pi \epsilon_0 \sqrt{R^2 + z^2}}$

$$\text{- Có } \frac{dU}{dz} = mg - \frac{q^2 z}{4\pi \epsilon_0 \sqrt{(R^2 + z^2)^3}}$$

$$\text{- Thay } 2\sqrt{2} mg = \frac{q^2}{4\pi \epsilon_0 R^2}, \text{ tìm được: } \frac{dU}{dz} = mg \left(1 - \frac{2\sqrt{2} R^2 z}{\sqrt{(R^2 + z^2)^3}} \right)$$

Khi $z = R$ thì $\frac{dU}{dz} = 0$. Vậy $z = R$ là vị trí cân bằng của hạt.