

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 gồm vật nặng có khối lượng $m = 50\text{g}$, lò xo nhẹ độ cứng $k = 50\text{N/m}$ đặt trên mặt phẳng nằm ngang. Lấy $\pi^2 = 10$; $g = 10\text{m/s}^2$, vật đang đứng yên ở vị trí lò xo không bị biến dạng. Kéo vật dọc theo trục lò xo tới vị trí lò xo giãn 10cm , thả nhẹ vật. Chọn trục Ox trùng với trục lò xo, chiều dương hướng theo chiều lò xo bị giãn, gốc tọa độ tại vị trí lò xo không biến dạng.

1. Bỏ qua mọi ma sát và lực cản, vật dao động điều hòa dọc theo trục Ox . Chọn gốc thời gian ($t = 0$) là lúc vật có li độ $x = -5\text{cm}$ và đang tăng.

1.1. Viết phương trình dao động của vật.

1.2. Xác định thời điểm vật có độ lớn li độ bằng 2cm lần thứ 2015 tính từ lúc $t = 0$.

1.3. Xác định khoảng thời gian vật có độ lớn gia tốc không vượt quá $400\pi^2 \text{ cm/s}^2$ trong một chu kì.

1.4. Xác định tốc độ trung bình của vật trong khoảng thời gian ngắn nhất từ lúc vật có vận tốc $-50\pi\sqrt{3}\text{ cm/s}$ đến lúc vật có vận tốc $60\pi\text{ cm/s}$.

1.5. Trong quá trình vật dao động, đúng lúc vật có li độ $x = 5\text{cm}$ và đang chuyển động theo chiều âm trục tọa độ thì đặt nhẹ một vật có khối lượng $m' = 25\text{g}$ vào vật m , hai vật dính chặt vào nhau và cùng dao động điều hòa. Xác định biên độ dao động của hệ vật lúc này.

2. Hệ số ma sát giữa vật m và mặt phẳng ngang là $0,3$. Xác định độ lớn vận tốc cực đại của vật trong quá trình dao động.

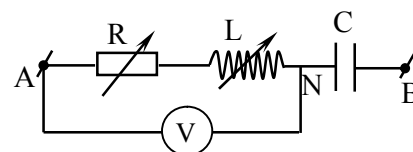
Câu 2 (2,5 điểm):

Cho mạch điện xoay chiều như hình vẽ. Cuộn dây thuần cảm có độ tự cảm L có giá trị thay đổi được, R là một biến trở (điện

trở có giá trị R thay đổi được), tụ điện có điện dung $C = \frac{10^{-4}}{\pi} \text{ F}$.

Điện áp giữa hai đầu mạch điện có phương trình

$u = 200\sqrt{2}\cos 100\pi t \text{ (V)}$. Vôn kế nhiệt lý tưởng (điện trở vôn kế vô cùng lớn), bỏ qua điện trở dây dẫn và chỗ nối.



1. Cho $L = \frac{2}{\pi} \text{ H}$. Thay đổi giá trị của R .

a. Khi giá trị của R thay đổi thì tồn tại hai giá trị của R để mạch điện có cùng một giá trị công suất tiêu thụ, một trong hai giá trị đó bằng 50Ω . Xác định giá trị thứ hai của R và công suất tiêu thụ của mạch khi đó.

b. Xác định giá trị của R để công suất tiêu thụ của mạch điện đạt giá trị lớn nhất.

2. Cho $R = 100\Omega$, thay đổi giá trị của độ tự cảm L .

a. Xác định giá trị của độ tự cảm L để điện áp hiệu dụng giữa hai đầu cuộn dây đạt giá trị lớn nhất.

b. Xác định giá trị của độ tự cảm L để số chỉ Vôn kế đạt giá trị lớn nhất.

3. Cho $L = L_0$, trong khi thay đổi giá trị của điện trở R thì thấy số chỉ vôn kế không thay đổi. Tìm giá trị L_0 .

Câu 3 (2,0 điểm):

Trong thí nghiệm Young về giao thoa ánh sáng, khoảng cách giữa hai khe sáng là a , khoảng cách từ mặt phẳng chứa hai khe sáng đến màn quan sát là D .

1. Cho $a = 1\text{mm}$, $D = 2\text{m}$, nguồn sáng phát ra ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 600\text{nm}$.

a. Xác định hiệu đường đi từ vân tối thứ 3 đến hai khe sáng.

b. Hai điểm M , N trên màn quan sát, thuộc miền giao thoa, ở về hai phía vân sáng trung tâm O , với $OM = 6\text{mm}$, $ON = 9\text{mm}$. Xác định số vân sáng, số vân tối trên đoạn MN .

c. Một điểm P thuộc miền giao thoa trên màn quan sát, tại P là vị trí của vân sáng bậc 3. Dịch chuyển màn quan sát theo phương vuông góc với mặt phẳng chứa hai khe sáng một đoạn d , thì tại P là vị trí của vân sáng bậc 5. Xác định d .

2. Nguồn sáng phát ra đồng thời hai bức xạ đơn sắc có bước sóng tương ứng là $\lambda_1 = 480\text{nm}$, $\lambda_2 = 540\text{nm}$.
- Xác định khoảng cách ngắn nhất giữa hai vân sáng cùng màu vân sáng trung tâm.
 - Xác định số vân sáng trên miền giao thoa có bề rộng 19mm (vị trí các vân sáng trùng nhau chỉ tính là một vân sáng).
3. Nguồn sáng phát ra đồng thời ba bức xạ đơn sắc có bước sóng tương ứng là 400nm , 450nm , 550nm . Xác định số vân sáng trong khoảng giữa hai vân sáng liên tiếp cùng màu vân sáng trung tâm (vị trí các vân sáng trùng nhau chỉ tính là một vân sáng).
4. Nguồn sáng phát ra các bức xạ có bước sóng từ 400nm đến 750nm .
- Một điểm B thuộc miền giao thoa trên màn quan sát cách vân sáng trung tâm O một đoạn $OB = 3,7\text{mm}$. Tại B có bao nhiêu bức xạ cho vân tối, xác định bước sóng của các bức xạ đó.
 - Một điểm Q thuộc miền giao thoa trên màn quan sát. Tại Q chỉ có 4 bức xạ cho vân sáng, xác định khoảng cách ngắn nhất từ Q đến vân sáng trung tâm O.

Câu 4 (1,5 điểm):

Một lượng chất phóng xạ ${}^{210}_{84}\text{Po}$ ban đầu nguyên chất có khối lượng m_0 , chu kì bán rã 138 ngày. Biết ${}^{210}_{84}\text{Po}$ phóng xạ α và biến đổi thành hạt nhân X, $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$.

- Cho $m_0 = 2\text{g}$.
 - Xác định số hạt nhân X được tạo thành sau thời gian 414 ngày.
 - Xác định khối lượng chất X được tạo thành sau thời gian 690 ngày.
- Tại thời điểm t , tỉ số giữa khối lượng chất X và khối lượng chất phóng xạ ${}^{210}_{84}\text{Po}$ trong mẫu phóng xạ là 5 . Hỏi sau đó bao lâu thì tỉ số giữa khối lượng chất X và khối lượng chất phóng xạ ${}^{210}_{84}\text{Po}$ trong mẫu phóng xạ là 9 .
- Biết năng lượng tỏa ra từ một phản ứng trên là $6,43\text{MeV}$, $1\text{uc}^2 = 931,5\text{MeV}$, tốc độ ánh sáng trong chân không là $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$.
 - Xác định năng lượng tỏa ra khi phản ứng hết $2,5\text{g}$ lượng chất phóng xạ ${}^{210}_{84}\text{Po}$ (tính từ thời điểm ban đầu).
 - Xác định năng lượng tỏa ra khi lượng chất X được tạo thành là $0,8\text{g}$ (tính từ thời điểm ban đầu).
 - Coi khối lượng hạt nhân tính theo đơn vị u bằng số khối của nó. Xác định tốc độ của hạt α ngay sau khi xảy ra phản ứng trên.

Câu 5 (1,0 điểm):

- Theo thuyết tương đối: Một hạt đang đứng yên có năng lượng nghỉ E_0 , khi hạt đó chuyển động thì có động lượng và năng lượng tương đối tính tương ứng là p , E . Tốc độ ánh sáng trong chân không là c . Chứng minh công thức $p^2 \cdot c^2 = E^2 - E_0^2$.
- Một photon có bước sóng λ chuyển động theo phương Ox tới va chạm với một electron đang đứng yên làm cho electron này chuyển động còn photon bị đổi hướng. Sau va chạm, góc lệch giữa phương chuyển động của photon và electron so với phương Ox tương ứng là θ và φ . Hệ được xét trong môi trường chân không. Hằng số Planck là h , tốc độ ánh sáng trong chân không là c , khối lượng nghỉ của electron là m_e . Xem tương tác giữa electron và photon lúc này như va chạm giữa hai hạt tương đối tính, động lượng của photon đang xét là $p = \frac{h}{\lambda}$. Chứng minh rằng: bước sóng của photon ngay trước và ngay sau va chạm biến

thiên một lượng $\Delta\lambda$ được xác định theo công thức $\Delta\lambda = 2 \frac{h}{m_e \cdot c} \cdot \sin^2 \frac{\theta}{2}$

-----Hết-----

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

ĐÁP ÁN

Câu 1:

1.1. $x = 10 \cos(10\pi t - \frac{2\pi}{3}) \text{cm}$

1.2. $t = 100,71 \text{s}$

1.3. $0,0524 \text{s}$

1.4. $130,07 \text{cm/s}$

1.5. $5\sqrt{3} \text{cm}$

2. $97\pi \text{cm/s}$

Câu 2:

1.

$$U = 200 \text{V}; Z_L = L\omega = \frac{2}{\pi} \cdot 100\pi = 200\Omega; Z_C = \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{\frac{10^{-4}}{\pi} \cdot 100\pi} = 100\Omega$$

Công suất tiêu thụ của mạch điện được xác định theo biểu thức

$$P = I^2 R = \frac{U^2 R}{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} \Leftrightarrow PR^2 - U^2 R + P(Z_L - Z_C)^2 = 0 \quad (1)$$

Vì tồn tại hai giá trị của R để mạch có cùng một giá trị của công suất tiêu thụ nên phương trình (1) phải có 2 nghiệm phân biệt.

Theo Vi-ét, ta có:

$$\begin{cases} R_1 + R_2 = \frac{U^2}{P} \\ R_1 R_2 = (Z_L - Z_C)^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} R_1 + R_2 = \frac{200^2}{P} \\ R_1 R_2 = (200 - 100)^2 \end{cases}$$

Không làm mất tính tổng quát, giả sử $R_1 = 50\Omega$, thay vào trên, ta được

$$\begin{cases} 50 + R_2 = \frac{200^2}{P} \\ 50R_2 = (200 - 100)^2 = 100^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 50 + R_2 = \frac{200^2}{P} \\ R_2 = \frac{100^2}{50} = 200\Omega \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} R_2 = 200\Omega \\ P = 160 \text{W} \end{cases}$$

Phương trình biểu diễn sự phụ thuộc của công suất tiêu thụ của mạch theo R là

$$P = I^2 R = \frac{U^2 R}{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \frac{U^2}{\frac{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}{R}} = \frac{U^2}{R + \frac{(Z_L - Z_C)^2}{R}} \leq \frac{U^2}{2|Z_L - Z_C|}$$

$$\text{Vậy } P_{\max} \text{ khi } R = |Z_L - Z_C| = 100\Omega$$

2a.

$$R = 100\Omega$$

- Điện áp hiệu dụng giữa hai đầu cuộn dây được xác định theo biểu thức

$$U_L = I Z_L = \frac{U Z_L}{\sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}} = \frac{U}{\sqrt{\frac{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}{Z_L^2}}} = \frac{U}{\sqrt{\frac{R^2 + Z_C^2}{Z_L^2} - 2\frac{Z_C}{Z_L} + 1}}$$

$$= \frac{U}{\sqrt{\left(\frac{\sqrt{R^2 + Z_C^2}}{Z_L}\right)^2 - 2\frac{\sqrt{R^2 + Z_C^2}}{Z_L} \frac{Z_C}{\sqrt{R^2 + Z_C^2}} + \left(\frac{Z_C}{\sqrt{R^2 + Z_C^2}}\right)^2 - \left(\frac{Z_C}{\sqrt{R^2 + Z_C^2}}\right)^2 + 1}}$$

$$= \frac{U}{\sqrt{\left(\frac{\sqrt{R^2 + Z_C^2}}{Z_L} - \frac{Z_C}{\sqrt{R^2 + Z_C^2}}\right)^2 + \frac{R^2}{R^2 + Z_C^2}}} \leq \frac{U\sqrt{R^2 + Z_C^2}}{R}$$

Vậy $(U_L)_{\max}$ khi $Z_L Z_C = R^2 + Z_C^2 \Leftrightarrow Z_L = \frac{R^2 + Z_C^2}{Z_C} = \frac{100^2 + 100^2}{100} = 200\Omega$

2b.

3.

Số chỉ vôn kế bằng điện áp hiệu dụng giữa hai điểm A, N

$$U_V = U_{AN} = I\sqrt{R^2 + Z_{L_0}^2} = \frac{U\sqrt{R^2 + Z_{L_0}^2}}{\sqrt{R^2 + (Z_{L_0} - Z_C)^2}} = \frac{U}{\sqrt{\frac{R^2 + (Z_{L_0} - Z_C)^2}{R^2 + Z_{L_0}^2}}}$$

$$= \frac{U}{\sqrt{1 + \frac{Z_C^2 - 2Z_{L_0}Z_C}{R^2 + Z_{L_0}^2}}}$$

Để số chỉ vôn kế không phụ thuộc vào giá trị của điện trở R, thì ta phải có

$$\frac{Z_C^2 - 2Z_{L_0}Z_C}{R^2 + Z_{L_0}^2} = 0 \Leftrightarrow Z_C = 2Z_{L_0} \Leftrightarrow Z_{L_0} = \frac{Z_C}{2} = 50\Omega \Leftrightarrow L_0 = \frac{50}{100\pi} = \frac{1}{2\pi} \text{ H}$$

Câu 3:

Câu 4:

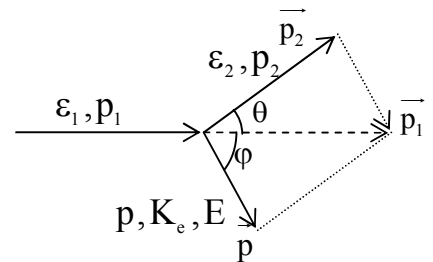
Câu 5:

Các kí hiệu được gọi như trên hình vẽ. Gọi năng lượng nghỉ của electron là E_e .

Theo định luật bảo toàn động lượng và năng lượng, ta có :

$$\begin{cases} \varepsilon_1 + E_e = \varepsilon_2 + E \\ \vec{p}_1 = \vec{p}_2 + \vec{p} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + E_e = E \\ \vec{p} = \vec{p}_1 - \vec{p}_2 \end{cases}$$

$$p^2 \cdot c^2 = E^2 - E_e^2$$



$$\Leftrightarrow \begin{cases} E^2 - E_e^2 = \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 - 2\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 + 2E_e \cdot (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) \\ p^2 \cdot c^2 = p_1^2 \cdot c^2 + p_2^2 \cdot c^2 - 2\vec{p}_1 \cdot \vec{p}_2 \cdot c \end{cases}$$

Với $p_1 = \frac{h}{\lambda_1} \Rightarrow \varepsilon_1 = p_1 c ; \varepsilon_2 = p_2 c ; \theta = (\vec{p}_1, \vec{p}_2)$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} E^2 - E_e^2 = \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 - 2\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 + 2E_e \cdot (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) \\ E^2 - E_e^2 = \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 - 2\varepsilon_1 \varepsilon_2 \cos \theta \end{cases}$$

$$\Rightarrow \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 (1 - \cos \theta) = E_c \cdot (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)$$

$$\Rightarrow \frac{hc}{\varepsilon_2} - \frac{hc}{\varepsilon_1} = \frac{hc}{E_c} \cdot (1 - \cos \theta)$$

$$\Rightarrow \Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = \frac{h}{m_e \cdot c} (1 - \cos \theta) = \lambda_c \cdot (1 - \cos \theta) \Leftrightarrow \Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = 2 \cdot \frac{h}{m_e c} \cdot \sin^2 \frac{\theta}{2} = 2 \cdot \lambda_c \cdot \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

$$\text{Với } \lambda_c = \frac{h}{m_e c}$$