

Môn: **VẬT LÝ**

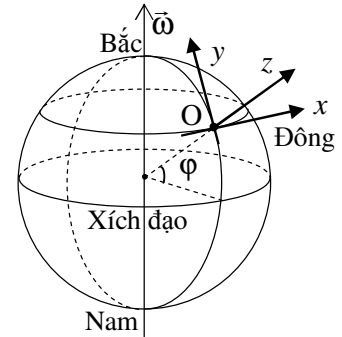
Thời gian: **180 phút** (không kể thời gian giao đề)

Ngày thi thứ hai: **07/01/2016**

(Đề thi có 03 trang, gồm 05 câu)

Câu I (4,0 điểm).

Vào giữa thế kỷ 19, nhà khoa học Fu-cô đã khảo sát chuyển động của một con lắc có cấu tạo tương tự như một con lắc đơn. Căn cứ vào chuyển động của mặt phẳng dao động của con lắc, ông đã chứng tỏ rằng Trái Đất tự quay xung quanh trục của nó. Con lắc đó gọi là con lắc Fu-cô. Trong bài này ta khảo sát chuyển động của con lắc Fu-cô dưới dạng chuyển động của một con lắc đơn trong hệ quy chiếu quay được đặc trưng bởi lực quán tính Cô-ri-ô-lit và dưới tác dụng của trọng lực.



Hình 1.

Tại một nơi có vĩ độ φ trên bán cầu Bắc của Trái Đất người ta treo một con lắc đơn khối lượng M , chiều dài ℓ . Gọi O là vị trí cân bằng của vật M khi con lắc đứng yên. Chọn hệ tọa độ $Oxyz$ gắn cố định với Trái Đất, mặt phẳng Oxy nằm ngang song song với bề mặt Trái Đất, trục Ox theo hướng Đông và tiếp tuyến với đường vĩ tuyến đi qua điểm O ; trục Oy theo hướng Bắc và tiếp tuyến với đường kinh tuyến đi qua điểm O ; trục Oz đi qua tâm Trái Đất (Hình 1). Do Trái Đất tự quay quanh trục của nó với vận tốc góc $\vec{\omega}$ (có phương trùng với trục quay của Trái Đất, chiều từ địa cực Nam tới địa cực Bắc) nên hệ tọa độ đã chọn cũng quay với vận tốc góc $\vec{\omega}$. Khi vật M chuyển động với vận tốc $\vec{v}$ sẽ chịu tác dụng của lực Cô-ri-ô-lit theo công thức $\vec{F}_C = -2M(\vec{\omega} \times \vec{v})$. Trong đó $\vec{\omega} \times \vec{v}$ là tích hiệu vectơ của hai vectơ $\vec{\omega}$ và $\vec{v}$. Lực $\vec{F}_C$ có phương

vuông góc với mặt phẳng chứa $\vec{\omega}$ và $\vec{v}$ và có các thành phần $F_x = -2M(\omega_y v_z - \omega_z v_y)$, $F_y = -2M(\omega_z v_x - \omega_x v_z)$, $F_z = -2M(\omega_x v_y - \omega_y v_x)$. Giả thiết vật M chỉ chịu tác dụng của trọng lực (coi gần đúng hướng theo phương Oz), lực Cô-ri-ô-lit và lực căng của dây treo. Gọi mặt phẳng chứa trục Oz và dây treo của con lắc là mặt phẳng dao động. Coi biên độ góc của con lắc là nhỏ, vật M chỉ chuyển động trong mặt phẳng Oxy và độ lớn của thành phần lực Cô-ri-ô-lit theo phương Oz là rất nhỏ so với trọng lực.

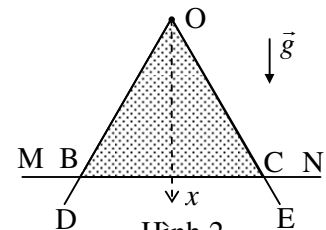
1. Bỏ qua sự thay đổi tần số dao động của con lắc gây bởi tác dụng của lực Cô-ri-ô-lit. Mô tả chuyển động của mặt phẳng dao động và vẽ phác dạng quỹ đạo của vật M trên mặt phẳng Oxy trong khoảng thời gian bằng 1 chu kỳ. Biết rằng thời điểm $t = 0$ vật M ở điểm O và có vận tốc ban đầu hướng theo chiều dương Oy .

2. Hai thành phần của lực Cô-ri-ô-lit theo phương Ox và Oy có thể viết dưới dạng: $F_x = Mb v_y$ và $F_y = -Mb v_x$, trong đó b được gọi là thông số Cô-ri-ô-lit (cho vĩ độ φ). Tìm b .

3. Do tác dụng của lực Cô-ri-ô-lit, mặt phẳng dao động và tần số dao động của con lắc đều thay đổi. Viết phương trình định luật II Niu-ton cho vật M trên mặt phẳng Oxy và tìm các tần số góc Ω đặc trưng cho dao động của con lắc. Biết rằng hệ phương trình chuyển động của vật M có nghiệm dạng $x = A \sin(\Omega t)$ và $y = B \cos(\Omega t)$, trong đó A, B là các hệ số không đổi.

Câu II (4,0 điểm).

1. Một màng nước xà phòng có suất căng bề mặt σ được căng trên một khung cứng gồm hai thanh cố định OD và OE trên đó có thanh mảnh MN nằm ngang, tạo thành một tam giác đều OBC . Khung nằm trong mặt phẳng thẳng đứng. Thanh MN nằm ngang có khối lượng m , có thể trượt tịnh tiến không ma sát trên hai thanh OD và OE . Chọn trục tọa độ Ox theo phương thẳng đứng và chiều dương hướng xuống dưới (Hình 2).



Hình 2.

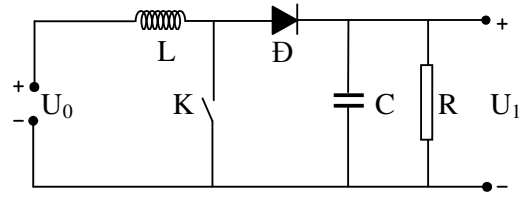
a) Khi thanh MN nằm cân bằng, trung điểm của thanh ở vị trí ứng với tọa độ x_0 trên trục Ox ; tìm x_0 theo m, g và σ (g là gia tốc trọng trường).

b) Từ vị trí cân bằng, kéo thanh MN tịnh tiến xuống dưới một đoạn nhỏ rồi thả nhẹ. Chứng minh thanh MN dao động điều hòa và tính chu kỳ dao động của thanh.

2. Tính công nhỏ nhất để thổi được một quả bong bóng xà phòng có bán kính R. Biết trong quá trình đó nhiệt độ không đổi, áp suất khí quyển là p_0 và suất căng bề mặt của màng xà phòng là σ .

Câu III (4,0 điểm).

Trong các xe ô tô, xe máy điện người ta thường dùng nguồn từ ác quy điện áp thấp và sử dụng một mạch khuếch đại hiệu điện thế một chiều (mạch nhân áp) để cấp hiệu điện thế cao cho động cơ. Hình 3 mô tả sơ đồ nguyên lý đơn giản của một mạch khuếch đại hiệu điện thế một chiều. Mạch điện gồm cuộn dây L thuần cảm, diốt Đ lí tưởng, tụ điện C và khóa chuyển mạch K được mắc vào nguồn điện có hiệu điện thế U_0 không đổi. Hiệu điện thế cao được lấy ra ở hai đầu của tụ C. Tụ có điện dung khá lớn. Khóa K trong mạch điện là khóa điện tử và chu kỳ đóng ngắt của khóa K là rất ngắn nên chỉ một phần năng lượng tích trữ trong cuộn cảm chuyển sang tụ sau mỗi chu kỳ đóng ngắt. Trong mỗi chu kỳ đóng ngắt, khóa đóng trong khoảng thời gian t_1 và ngắt trong khoảng thời gian t_2 . Chu kỳ đóng ngắt $T = t_1 + t_2$ rất ngắn, thỏa mãn $T \ll 2\pi\sqrt{LC}$. Điện trở tải R là lớn nên dòng qua điện trở là nhỏ và có thể bỏ qua.



Hình 3.

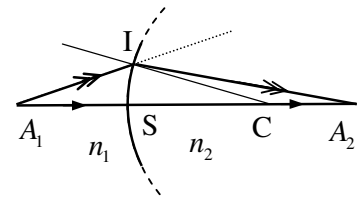
1. Ở thời điểm ban đầu $t = 0$, tụ điện chưa được tích điện và trong mạch chưa có dòng điện, đóng khóa K và nối mạch với nguồn U_0 . Tìm biểu thức hiệu điện thế U_1 giữa hai đầu tụ điện và cường độ dòng điện qua cuộn cảm theo thời gian t trong chu kỳ đóng ngắt đầu tiên.

2. Sau nhiều chu kỳ đóng ngắt khóa K, dòng điện qua cuộn cảm sẽ biến thiên tuần hoàn với chu kỳ T và hiệu điện thế U_1 giữa hai đầu tụ điện gần như không thay đổi. Tính tỉ số $\frac{U_1}{U_0}$ theo hệ số

$$\alpha = \frac{t_1}{t_1 + t_2}.$$

Câu IV (4,5 điểm).

Lưỡng chất cầu là một tập hợp hai môi trường trong suốt, ngăn cách nhau bởi một phần (hoặc toàn bộ) mặt cầu. Trong bài này, chúng ta sẽ chỉ xét lưỡng chất cầu có đường kính khẩu độ nhỏ. Quy ước chiều truyền ánh sáng là chiều dương và sử dụng kí hiệu $\overline{AB}$ để biểu diễn độ dài đại số của đoạn thẳng nối hai điểm A, B bất kì ($\overline{AB} = AB > 0$ khi từ A tới B cùng chiều dương quy ước và ngược lại).



Hình 4.

1. Cho một chòm cầu bán kính R, tâm C, đỉnh S, ngăn cách hai môi trường trong suốt có chiết suất n_1, n_2 khác nhau. A_1 là một điểm sáng ở trong môi trường chiết suất n_1 qua lưỡng chất cầu sẽ tạo ảnh là điểm A_2 (Hình 4). Các điểm A_1, S, C, A_2 nằm trên cùng một đường thẳng. Biết công thức

cơ bản của lưỡng chất cầu $\frac{n_1 \overline{CA_1}}{\overline{IA_1}} = \frac{n_2 \overline{CA_2}}{\overline{IA_2}}$, trong đó I là một điểm tới nằm trên chòm cầu phân

cách giữa hai môi trường.

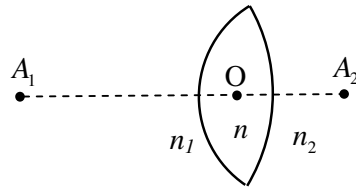
a) Chứng minh công thức liên hợp của lưỡng chất cầu có đường kính khẩu độ nhỏ

$$\frac{n_1}{\overline{SA_1}} - \frac{n_2}{\overline{SA_2}} = \frac{n_1 - n_2}{\overline{SC}}.$$

b) Dịch chuyển điểm A_1 trên đường thẳng đi qua S và C. Khi điểm A_1 dần tới một điểm F_1 thì điểm ảnh A_2 xa dần ra vô cực, $\overline{SF_1} = f_1$ gọi là tiêu cự vật. Còn khi điểm A_1 xa dần ra vô cực thì điểm ảnh A_2 của nó dần tới một vị trí giới hạn F_2 , $\overline{SF_2} = f_2$ gọi là tiêu cự ảnh. Chứng minh

$$f_1 = \frac{n_1 \overline{SC}}{n_1 - n_2} \text{ và } f_2 = -\frac{n_2 \overline{SC}}{n_1 - n_2}.$$

2. Cho một thấu kính mỏng có chiết suất n giới hạn bởi hai chòm cầu bán kính R_1 và R_2 . Đặt thấu kính giữa hai môi trường trong suốt có chiết suất n_1, n_2 . A_1 là một điểm sáng trên trục chính ở trong môi trường chiết suất n_1 tạo ảnh là điểm A_2 (minh họa trên hình 5). Gọi O là quang tâm của thấu kính. Tính tiêu cự vật f_1 , tiêu cự ảnh f_2 và chứng minh hệ thức $\frac{f_1}{OA_1} + \frac{f_2}{OA_2} = 1$.



Hình 5.

Câu V (3,5 điểm).

Một photon có năng lượng cao chuyển động theo phương Ox tới va chạm với một electron đang đứng yên làm cho electron này chuyển động còn photon bị thay 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 . Cho hằng số Planck $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ J.s, tốc độ ánh sáng trong chân không $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, khối lượng nghỉ của electron $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg, độ lớn điện tích của electron $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

1. Chứng minh rằng động năng mà electron thu được không bao giờ đạt tới giá trị bằng năng lượng của photon trước va chạm.

2. Xét trường hợp $\theta + \varphi = \frac{\pi}{2}$.

a) Chứng minh rằng động năng của electron (tính theo đơn vị J) thu được sau va chạm có biểu thức $K = \frac{m_e c^2 (1 - \sin \varphi)}{\sin \varphi}$.

b) Cho góc $\theta = 0,007$ rad, electron (sau khi bị va chạm bởi photon) chuyển động đến đập vào một nguyên tử hiđrô đứng yên ở trạng thái cơ bản. Nguyên tử hiđrô có thể phát ra các bức xạ có bước sóng bằng bao nhiêu? Biết rằng ở trạng thái dừng nguyên tử hiđrô có năng lượng $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ (eV) trong đó $n = 1, 2, 3, 4 \dots$

-----HẾT-----

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